



# ทฤษฎีเพื่อแก้ปัญหาตัวเสีย ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

สาขาคณิตศาสตร์

หลักการวิทยาศาสตร์มีเหตุผล มีที่มาและที่ไปอย่างถูกต้อง เราไม่อาจปฏิเสธได้เลยว่า เนื้อหาทางด้านวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์นั้นมาจากวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ (Physics) ซึ่งเนื้อหาวิชาทางด้านฟิสิกส์นี้เองทำให้เกิดสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดขึ้นมากมาย ช่วยทำให้เรามีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สะดวกสบายมากขึ้นแต่ถ้าหลักการทางวิทยาศาสตร์ ปราศจากคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์แล้ว ถือได้ว่าไม่ประสบความสำเร็จ นั่นหมายความว่าบุคคลที่จะเป็นนักวิทยาศาสตร์ตัวจริงต้องมีความรอบรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างชำร่วย

หลักการที่ถูกต้องจะต้องนำมาพิจารณา ก่อนการคำนวณทุกครั้งไป ยกตัวอย่างเช่น ผลสัม 1 กิโลกรัม รวมกับผลสัม อีก 1 กิโลกรัม ทำไม่จึงได้คำตอบเป็นผลสัม 2 กิโลกรัม บางคนก็ตอบว่า เพราะเลข 1 บวกกับเลข 1 ต้องได้เท่ากับ 2 อยู่แล้ว บ้างก็ให้หลักการที่เป็นวิทยาศาสตร์คือ เป็นเพราะผลสัมทั้งหมดมารวมกันจึงได้ปริมาณมากขึ้น ซึ่งปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้จะต้องนำสิ่งทั้ง 2 สิ่งมาบวกเข้าด้วยกันตามหลักการคณิตศาสตร์ เห็นไหมครับว่า เนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปด้วยกันตลอด จะมาแบ่งแยกมิได้

เนื้อหาทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็เช่นกัน ย่อมมีหลักการทฤษฎีที่เป็นกฎเกณฑ์ เกิดรูปธรรมออกมายชัดเจน เช่น เครื่องเสียงระบบวิทยุโทรทัศน์ อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

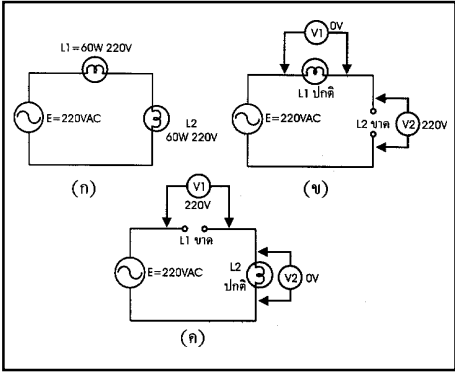
เป็นต้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว ถ้าเกิดเสียขึ้นมา เราต้องวิเคราะห์ออกมาให้ได้ว่า ตัวเสียคือตัวไหน เพราะหลักการที่กล่าวถึงในคอลัมน์นี้เป็นพื้นฐานในการตรวจสอบได้ทีเดียว และเป็นแนวทางในการตรวจสอบวงจรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้อย่างไม่ยากนัก

## วงจรรุ่นมอดูโตได้ว่าเป็นไม้เด็ดเพื่อหาตัวเสีย

ในวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้งาน สามารถนำมาใช้เป็นวงจรรุ่นมอดู ขนานและผสมได้ ซึ่งวงจรในรูปที่ 1 ได้แสดงการนำหลอดไฟอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp) มาต่อกันเป็นวงจรรุ่นมอดู เมื่อพิจารณาไปที่รูปที่ 1ก. พบว่ามี

การนำหลอดไฟขนาด 60 วัตต์ จำนวน 2 หลอดต่ออนุกรมเข้ากับแรงดันไฟสลับไฟบ้านที่มีค่าแรงดันไฟ 220 V<sub>AC</sub> ในสภาวะปกติพบว่า หลอดไฟ L1 มีความสว่างเท่ากับหลอดไฟ L2 กระแสไฟสลับที่ไหลในวงจรดังกล่าวมีค่าเท่ากัน เนื่องจากค่าของกำลังวัตต์ของหลอดไฟ L1 กับ L2 มีค่าเท่ากัน จึงทำให้ความสว่างของหลอดไฟทั้งสองเท่ากัน แรงดันไฟตกคร่อมหลอดไฟ L1 กับ L2 ย่อมมีค่าเท่ากัน คือ  $\frac{220}{2} V_{AC}$  เท่ากับ 110 V<sub>AC</sub> นั้นหมายความว่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟสลับ 220 V<sub>AC</sub> มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันตกคร่อมหลอด L1 กับ L2 รวมกันนั่นเอง

สมมุติว่าถ้าเหตุการณ์ของวงจรในรูปที่ 1ก. เกิดผิดปกติขึ้น คือหลอดไฟ L2 ขาดเมื่อวงจรอยู่ในรูปที่ 1ข. ย่อมทำให้กระแสไม่



รูปที่ 1 : ก) แสดงการต่อหลอดไฟ L1 กับ L2 ในสภาวะปกติ หลอดทั้งคู่สว่าง

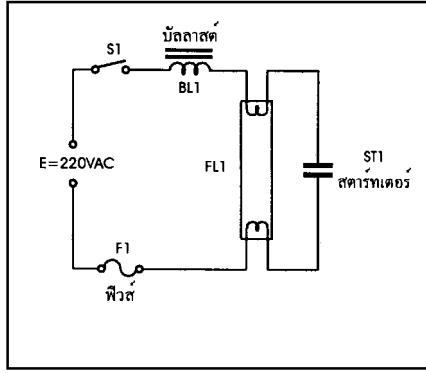
ข) แสดงหลอด L2 ขาด ทำให้หลอด L1 ดับ  
ค) แสดงหลอด L1 ขาด ทำให้หลอด L2 ดับ

ไหลครบวงจรได้ หลอดไฟ L1 กับ L2 ตอนนี้ไม่สว่าง ค่าความต้านทานของหลอดไฟ L2 สูงกว่าปกติ และเมื่อนำเอชโวลท์มิเตอร์มาวัดแรงดันตกคร่อมหลอดไฟ L1 กับ L2 พบว่าแรงดันตกคร่อมหลอดไฟ L1 คือแรงดัน V1 วัดได้ศูนย์ ส่วนแรงดันตกคร่อมหลอดไฟ L2 คือแรงดัน V2 วัดได้เท่ากับแหล่งจ่ายคือแรงดัน 220 โวลท์เอช ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาไปที่รูป 1ค. ตอนนี้อาสมมติให้หลอดไฟ L1 ขาดเพียงหลอดเดียว ส่วนหลอดไฟ L2 เป็นปกติ พบว่า แรงดันตกคร่อม L1 คือแรงดัน V1 วัดได้ 220 โวลท์เอช ส่วนแรงดันตกคร่อม L2 คือ V2 เมื่อวัดด้วยเอชโวลท์มิเตอร์วัดออกมาได้เท่ากับศูนย์

เราจึงสรุปหลักการที่เป็นไม้เด็ดสำหรับวงจรอนุกรมดังนี้คือ โหลดใดๆ ก็ตามเมื่อต่ออยู่ในวงจรอนุกรม ถ้ามีหลอดตัวใดตัวหนึ่งเกิดขาดวงจรอยู่เพียงตัวเดียวย่อมทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดตัวที่ขาดวงจรมีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่ายไฟ ส่วนโหลดที่มีค่าปกติจะไม่มีแรงดันไฟ เราเรียกสั้นๆ ว่า “ตัวเสียมีไฟสูง ตัวดีปกติไม่มีไฟ”

### วงจรไฟฟ้าพื้นฐานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ระบบวงจรไฟฟ้า (Electrical circuit system) จะสามารถทำงานได้ต้องมีกระแสไหลครบวงจร เรามิเคยเห็นตัวกระแสไฟฟ้าจริงสักที เราเพียงแต่เห็นผลของกระแสไฟฟ้าที่มีรูปแบบแตกต่างกันคือ แสงสว่าง ความ



รูปที่ 2 : แสดงการต่อหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์พื้นฐาน

ร้อน พลังงานเสียง เป็นต้น ผลของกระแสไฟฟ้าที่เป็นพื้นฐานง่ายที่สุดก็คือเรื่องของความสว่าง วงจรในรูปที่ 2 ได้แสดงถึงวงจรพื้นฐานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp) จากหลักการดังกล่าวข้างต้น เรามาดูกันว่า ลักษณะของการทำงานและการตรวจสอบนั้นมีวิธีการอย่างไร ถ้าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ไม่สว่าง เราจะรู้ได้อย่างไรว่าตัวไหนเสีย

จากหลักการทำงานของวงจรในรูปที่ 2 อธิบายได้ว่า S1 คือสวิตช์ปิด-เปิดกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรซึ่งถ้าสวิตช์ S1 ตัวนี้ มีอาจต่อวงจรได้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ FL1 ก็มีอาจที่จะส่องสว่างได้ บัลลัสต์ (Ballast) BL1 ทำหน้าที่จำกัดสัญญาณรบกวนและลดระดับแรงดันไฟให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ FL1 มิให้แรงดันไฟสลับไปตกคร่อมหลอด FL1 มากเกินความจำเป็น (แรงดันไฟตกคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ FL1 เมื่อใช้งานปกติมีแรงดันไฟประมาณ 70-90 โวลท์เอช) เพราะถ้าปล่อยให้แรงดันไฟสลับ 220 โวลท์เข้าสู่หลอดไฟ FL1 ย่อมทำให้หลอดไฟเสียหายได้ สตาร์ทเตอร์ (Starter) ST1 ทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้นระบบให้กับหลอด FL1 เพราะถ้าสตาร์ทเตอร์ ST1 มีอาจทำงานได้ ย่อมทำให้หลอดไฟ FL1 ดับ และตัวสุดท้ายคือฟิวส์ F1 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลเกินให้กับหลอด FL1

เมื่อต่อสวิตช์ให้ปิดวงจร (Close circuit) ย่อมทำให้ค่าของกระแสไฟสลับไหลผ่านบัลลัสต์ ไปผ่านตัวเริ่มต้นระบบคือ

สตาร์ทเตอร์ ตัวสตาร์ทเตอร์ ST1 นี้เองจึงได้รับความร้อน ส่งผลให้หน้าสัมผัสของสตาร์ทเตอร์ ST1 ต้องจรจิ่งกัน ก๊าซภายในของหลอด FL1 จึงเกิดการแตกตัวขึ้น ส่งผลให้หลอดไฟ FL1 สว่างขึ้นทันทีที่สตาร์ทเตอร์ ST1 ในตอนแรกยังไม่สามารถทำงานได้ ต้องรอให้แรงดันไฟตกคร่อมหลอด FL1 สูงขึ้น ซึ่งแรงดันไฟตกคร่อมหลอด FL1 ที่สูงขึ้นนี้ยอมทำให้หน้าสัมผัสของสตาร์ทเตอร์เกิดเข้ามาแตะกัน ทำให้สตาร์ทเตอร์ ST1 ต้องจรให้กับหลอด FL1 ได้นั่นเอง

ที่นี้ปัญหาที่คือว่า ถ้าวจรในรูปที่ 2 เกิดอาการผิดปกติขึ้นคือหลอดฟลูออเรสเซนต์ FL1 ไม่สว่าง เราจะมีวิธีการเช็กร้อยไรว่าอุปกรณ์ตัวไหนเสีย ซึ่งเราก็รู้อยู่แล้วว่า ตัวเสียอาจจะสวิตช์ S1 ที่ขาดวงจร หรือบัลลัสต์ BL1 เกิดขาด ตัวสตาร์ทเตอร์ ST1 อาจเป็นปัญหา ฟิวส์ F1 เกิดขาด วงจรหรืออาจจะเป็นหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ FL1 ก็ได้ วิธีง่ายๆ สำหรับการตรวจเช็คจะต้องรู้ว่า อุปกรณ์ตัวที่ขาดวงจรยอมมีไฟสูง อุปกรณ์ที่เป็นปกติจะไม่มีแรงดันไฟ ตั้งย่านเอชโวลท์มิเตอร์ พร้อมทั้งต่อสวิตช์ S1 เข้าสู่วงจรแล้วนำเอชโวลท์มิเตอร์ดังกล่าวไปวัดแรงดันตกคร่อม สวิตช์ S1, บัลลัสต์ BL1, หลอด FL1 และฟิวส์ F1 ถ้าอุปกรณ์ที่กล่าวมาตัวไหนมีไฟสูงเท่ากับ 220 โวลท์ นั้นหมายความว่าอุปกรณ์ตัวนั้นขาดวงจรไปแล้วนั่นเอง

หลักการทางด้านวงจรไฟฟ้างกล่าวถูกนำมาใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาตัวเสียอย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นซ่อมเครื่องขยายเสียง ซ่อมวิทยุเทปโทรทัศน์ต่างๆ ล้วนใช้หลักการที่ว่า “ตัวขาดมีไฟสูง ตัวปกติไม่มีไฟ” แทบทั้งนั้นเพราะการเช็คตัวเสียในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะต้องเช็คจากโวลท์มิเตอร์เพื่อดูว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่กล่าวมานั้นมันทำงานได้หรือไม่ และจะไม่นิยมถอดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ออกมาวัดโอห์มข้านองวงจร ซึ่งวิธีการวัดโอห์มของอุปกรณ์ดังกล่าวย่อมทำให้การตรวจเช็คไม่แน่นอน ขอยกตัวอย่างที่เป็นทรานซิสเตอร์ โอห์มมิเตอร์สามารถเช็คทรานซิสเตอร์ในกรณีเมื่อทรานซิสเตอร์ตั้ง

กล่าวเกิดการลัดวงจรหรือเกิดการขาดวงจรได้เท่า นั้น มีอาจจะนำโอห์มมิเตอร์มาเช็กรั่วของทรานซิสเตอร์ได้ เพราะถ้าทรานซิสเตอร์นั้น จะรั่วในไฟสูงมาก ซึ่งถ้าพังแรงดันไฟจากโอห์มมิเตอร์ไม่เพียงพอต่อการเช็คทรานซิสเตอร์รั่ว หวังว่านักอ่านอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านคงเข้าใจตามนี้ เพราะผู้เขียนเจอเหตุการณ์อย่างนี้มาแล้ว คือจับทรานซิสเตอร์ที่เราสงสัยว่าจะเสียมาเช็คด้วยโอห์มมิเตอร์ ผลปรากฏว่าดีเป็นปกติ แต่เมื่อนำทรานซิสเตอร์เบอร์เดิมตัวใหม่เปลี่ยนใส่แทนทรานซิสเตอร์ตัวเก่าที่เราเช็คโอห์มว่าดี เท่านั้นแหละวงจรเวิร์คดีเป็นที่สุด ซึ่งเราเรียกอาการอย่างนี้ว่า *“วัดแล้วดี เปลี่ยนแล้วแจ๋ว”*

**วิธีเช็คทรานซิสเตอร์ในวงจรอนุกรมไฟตรง**

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นักอิเล็กทรอนิกส์จะต้องศึกษาคือตัวต้านทานซึ่งเรียกว่ารีซิสเตอร์ (Resistor) วงจรอิเล็กทรอนิกส์แทบทุกวงจรจะต้องมีตัวต้านทานเพื่อทำหน้าที่จำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ให้งจรได้ทำงานอย่างสมบูรณ์ วงจรตัวอย่างของรีซิสเตอร์ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 3

จากวงจรในรูปที่ 3 ก. มีตัวต้านทาน R1 กับ R2 ต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า E ที่มีค่าเท่ากับ 9 โวลต์ที่ซี ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานทั้งสองดัง

กล่าวย่อมมีค่าเท่ากัน โดยที่แรงดันไฟตกคร่อม R1 ได้จากค่ากระแสไฟฟ้ารวม (It = Total current) คูณกับตัวต้านทาน R1 ส่วนแรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน R2 ได้จากปริมาณกระแสไฟฟ้ารวม (It) คูณกับตัวต้านทาน R2

$$V_{R1} = It \times R1 ; \text{เมื่อ } V_{R1} \text{ คือแรงดันตกคร่อม } R1$$

$$V_{R2} = It \times R2 ; \text{เมื่อ } V_{R2} \text{ คือแรงดันตกคร่อม } R2$$

ผลรวมของ  $V_{R1}$  กับ  $V_{R2}$  คือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ารวม (E) = 9 โวลต์ ดังนั้นเมื่อหาค่ากระแสรวม (It) จะได้เท่ากับ  $E/R_T$  โดยที่  $R_T$  คือค่าความต้านทานรวมทั้งหมดคือ  $R1+R2 = R_T$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $100\Omega + 4.7\text{ k}\Omega = 4,800\Omega = 4.8\text{ k}\Omega$ , ค่ากระแสรวม  $It = 9\text{V}/4.8\text{ k}\Omega$  มีค่าเท่ากับ 1.87 mA, แรงดันตกคร่อม R1 ( $V_{R1}$ ) =  $It \times R1$  มีค่าเท่ากับ  $1.87\text{ mA} \times 100\Omega = 0.187\text{V}$ , ย่อมทำให้ค่าแรงดันตกคร่อม R2 ( $V_{R2}$ ) =  $It \times R2$  คือ  $1.87\text{ mA} \times 4.7\text{ k}\Omega = 8.813\text{V}$  (สังเกตว่าผลรวมของแรงดันตกคร่อม R1 และ R2 ย่อมมีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 9 โวลต์) สังเกตว่าตอนนี้ตัวต้านทาน R2 มีค่ามากกว่าตัวต้านทาน R1 ย่อมทำให้แรงดันไฟตกคร่อม R2 มีค่ามากกว่าแรงดันไฟตกคร่อม R1 อย่างแน่นอน

ทีนี้ ถ้าในวงจรรูปที่ 3 ก. เกิดปัญหาขึ้นมาเป็นวงจรในรูปที่ 3 ข. โดยมีตัวต้านทาน R1 ขาดเพียงตัวเดียว สภาพตอนนี้จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เมื่อนำดีซีโวลท์มิเตอร์มาวัดแรงดันไฟตกคร่อม R1 ย่อมทำให้แรงดันไฟที่ R1 มีค่าสูงขึ้นเท่ากับแหล่งจ่าย และในทำนองเดียวกันเมื่อนำดีซีโวลท์มิเตอร์มาวัดแรงดันไฟตกคร่อม R2 จะไม่มีแรงดันไฟปรากฏขึ้นมาเลยแม้แต่โวลท์เดียว

จากวงจรในรูปที่ 3 ค. สมมติให้ R2 เกิดการขาดวงจร ผลของกระแสไฟฟ้าก็อาจจะไหลได้เช่นเดียวกัน แรงดันไฟตัวต้านทาน R2 ที่ขาดย่อมมีไฟสูง ส่วนตัวต้านทาน R1 ที่เป็นปกติจะไม่มีความดันไฟ

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 3 ง. สมมติ

ให้ R1 กับ R2 เกิดขาดวงจรทั้งคู่ลักษณะเช่นนี้ กระแสไฟฟ้ามีอาจจะสามารถไหลครบวงจรได้ แรงดันไฟตกคร่อม R1 กับ R2 จึงไม่มีแรงดันไฟตกคร่อมเลยแม้แต่โวลท์เดียว

เพราะฉะนั้นหลักการที่ว่า *“ตัวขาดมีไฟสูง ตัวปกติไม่มีไฟ”* จึงใช้ได้กับโหนดในวงจรอนุกรมที่มีโหนดตัวใดตัวหนึ่งขาดเพียงตัวเดียวเท่านั้น

**การใช้งานพร้อมตรวจเช็ควงจรหลอดแอลอีดี**

หลอดไดโอดเปล่งแสงเรียกว่าหลอดแอลอีดี (LED) ซึ่งย่อมาจากคำว่าไลต์เอมิตติงไดโอด (Light emitting diode) มีขาใช้งาน 2 ขาคือ ขาแอนอด (Anode) กับขาคาทอด (Cathode) การใช้งานของหลอดแอลอีดีเราต้องให้ไบอัสชนิดฟอร์เวิร์ด (Forward bias) หมายถึงจ่ายไฟบวกเข้ากับขาแอนอด ส่วนขาคาทอดของหลอดแอลอีดีต้องรับแรงดันไฟลบ แต่ถ้าจ่ายไบอัสชนิดรีเวิร์ส (Reverse) ให้กับหลอดแอลอีดี ย่อมทำให้หลอดแอลอีดีไม่อาจนำกระแส แสงสว่างจึงไม่เปล่งออกมาจากหลอดแอลอีดีวงจรในรูปที่ 4 ก. แสดงวงจรใช้งานพื้นฐานของหลอดแอลอีดี แหล่งจ่ายแรงดันของวงจร (E) มีค่าเท่ากับ 9 โวลต์ และมีตัวต้านทาน R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสให้กับหลอดแอลอีดีตามปกติหลอดไดโอดเปล่งแสงทั่วไปจะกินกระแสประมาณ 10-20 mA แรงดันตกคร่อมหลอด LED1 มีค่าประมาณ 1-2 โวลต์ เราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

กำหนดให้  $V_{R1}$  คือแรงดันตกคร่อม  $R1$

$I_{LED}$  คือ กระแสที่ไหลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง (10-20mA)

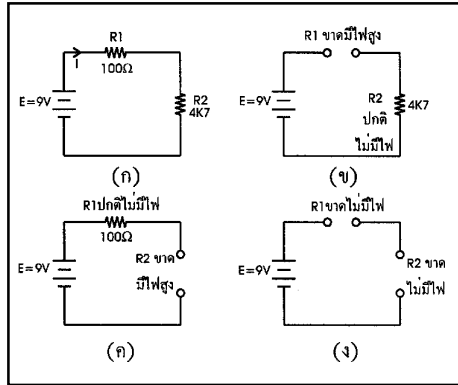
$V_{LED}$  คือแรงดันตกคร่อมหลอด LED (1-2 โวลต์)

$$E = V_{R1} + V_{LED}$$

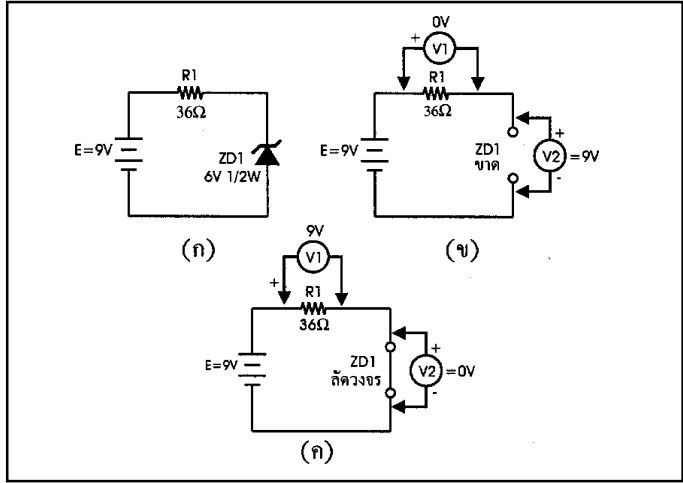
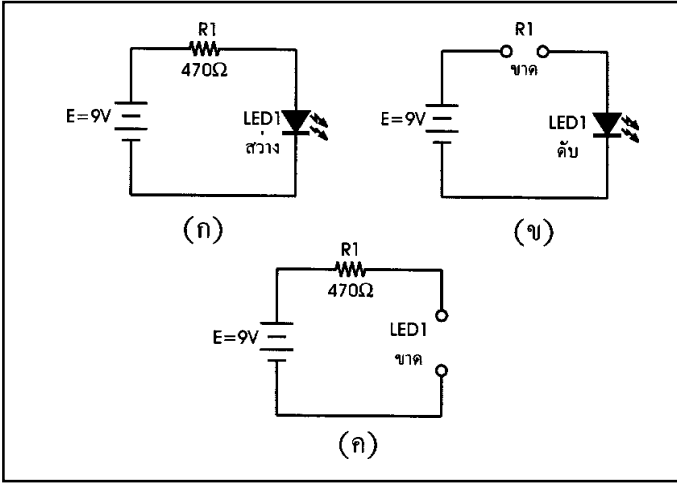
$$E = (I_{LED} \cdot R1) + V_{LED}$$

$$(E - V_{LED}) / I_{LED} = R1$$

และเมื่อสมมติว่า วงจรในรูปที่ 4 ก. มีตัวต้านทาน R1 ขาดดังปรากฏอยู่ในรูปที่



รูปที่ 3 : ก) แสดง R1 ต่ออนุกรมกับ R2 เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ  
ข) แสดง R1 ขาดในวงจรทำให้โวลท์ตกคร่อม R1 สูงเท่ากับแหล่งจ่าย  
ค) แสดง R2 ขาดในวงจรทำให้โวลท์ตกคร่อม R2 สูงเท่ากับแหล่งจ่าย  
ง) แสดง R1 กับ R2 ขาดในวงจรทั้งคู่ทำให้ไม่มีโวลท์ตกคร่อม R ทั้งคู่



รูปที่ 4 : ก) แสดงการใช้งาน LED1 โดยมี R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแส  
ข) แสดง R1 ขาด ทำให้หลอด LED1 ดับ,  
ค) แสดง LED1 ขาด ย่อมทำให้หลอดตกคร่อม LED1 สูงเท่ากับ 9 โวลต์

รูปที่ 5 : ก) แสดงวงจรซีเนอร์ปกติ เมื่อ  $V_Z$  เท่ากับ 6 โวลต์  
ข) แสดงซีเนอร์ไดโอดขาด  
ค) แสดงซีเนอร์ลัดวงจร

4ข. ย่อมทำให้หลอด LED1 ไม่สว่าง ไม่มีกระแสไหลในวงจร เมื่อนำดีซีโวลต์มิเตอร์มาวัดแรงดันตกคร่อม R1 จะมีไฟปรากฏออกมาให้เห็นคือมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายแรงดัน (E) 9 โวลต์ และเมื่อนำดีซีโวลต์มิเตอร์มาวัดแรงดันไฟตกคร่อมหลอดแอลอีดี (ขั้วบวกมิเตอร์แตะที่ขาแอนด และที่ขาแอนด ขั้วลบมิเตอร์แตะที่ขาแคโทดของแอลอีดี) จะทำให้ไม่มีแรงดันไฟ และเช่นเดียวกันในวงจรในรูปที่ 4ค. เราสมมุติให้หลอด LED1 ขาดจากวงจรเพียงตัวเดียว ย่อมทำให้กระแสไฟฟ้ามีอาจไหลขึ้นได้ในวงจรแรงดันไฟตกคร่อมหลอดไดโอดเปล่งแสง LED1 จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 9 โวลต์ ส่วนแรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน R1 จึงไม่มีแรงดันไฟปรากฏออกมาให้เห็นเลย เราจึงสรุปวงจรในรูปที่ 4 ได้ว่า ถ้าหลอด LED1 เกิดไม่สว่างขึ้นมา อาจเป็นได้ 2 กรณีด้วยกันคือ ตัวต้านทาน R1 ขาดและยึดค่า หรือไม่มีหลอดไดโอดเปล่งแสง LED1 ขาดวงจร วิธีที่จะเช็กว่าอุปกรณ์ตัวใดคือตัวเสียให้นำดีซีโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์ดังกล่าว ถ้าอุปกรณ์ตัวไหนได้ไฟสูงเราถือว่าอุปกรณ์ตัวนั้นเสีย

**การใช้งานพร้อมตรวจเช็วงจรซีเนอร์ไดโอด**

ซีเนอร์ไดโอด (Zener diode) เป็นไดโอดชนิดพิเศษทำหน้าที่รักษาระดับแรงดัน

ไฟดีซีให้คงที่ มีการทำงานตามลักษณะของรีเวิร์สไบอัส (Reverse bias) กล่าวคือไฟบวกต้องจ่ายเข้าที่แคโทด ไฟลบต้องจ่ายเข้าที่ขาแอนด แต่ถ้านำซีเนอร์ไดโอดมาต่อไบอัสแบบฟอร์เวิร์ด (Forward bias) ซีเนอร์ไดโอดดังกล่าวจะทำงานแบบไดโอดธรรมดาโดยทั่วไป สเปคของซีเนอร์จะบอกอัตราทนแรงดันซีเนอร์ (Zener voltage =  $V_Z$ ) และอัตราทนกำลังวัตต์ (Zener power =  $P_Z$ ) ส่วนค่ากระแสซีเนอร์ (Zener current =  $I_Z$ ) สามารถคำนวณได้จากค่าของอัตราส่วนกำลังไฟต่อแรงดันซีเนอร์ นั่นหมายความว่า  $I_Z = P_Z/V_Z$  วงจรในรูปที่ 5ก. เป็นวงจรการใช้งานพื้นฐานของซีเนอร์ไดโอด ตัวต้านทาน R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสให้กับซีเนอร์ ZD1 กระแสที่ไหลผ่าน R1 คือกระแสที่ไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด ZD1 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

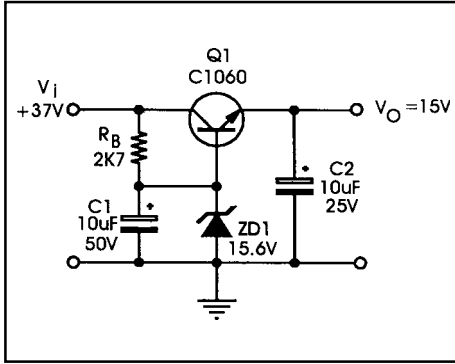
$$E = V_{R1} + V_{ZD1}$$

$$E = (I_Z \cdot R_1) + V_{ZD1}$$

$$R_1 = (E - V_{ZD1}) / I_Z$$

จากวงจรในรูปที่ 5ก. ซีเนอร์ไดโอด ZD1 ตอนนี้มีแรงดันซีเนอร์ ( $V_Z$ ) เท่ากับ 6 โวลต์ ค่ากำลังวัตต์ของซีเนอร์ไดโอด ( $P_Z$ ) มีค่าเท่ากับ 0.5 วัตต์ หากกระแสซีเนอร์ ( $I_Z$ ) จะได้เท่ากับ  $0.5W/6V = 83.33 \text{ mA}$  ดังนั้นค่าความต้านทานของ R1 จึงมีค่าเท่ากับ  $(9V - 6V)/83.33 \text{ mA} = 36 \text{ โอห์ม}$

ถ้าสมมุติว่าวงจรซีเนอร์ไดโอด มีความผิดปกติคือ ซีเนอร์ ZD1 มีอาจรักษาแรงดันแรงดันไฟโวลต์ได้ในรูปที่ 5ข. เราสมมุติให้ซีเนอร์ ZD1 เกิดขาดจากวงจร ทำให้กระแสที่เคยไหลในวงจรกลับกลายเป็นว่าไม่มีกระแสไหลในวงจร เมื่อนำดีซีโวลต์มิเตอร์มาวัดแรงดันตกคร่อม R1 คือ V1 จะได้แรงดันศูนย์โวลต์ และเมื่อนำดีซีโวลต์มิเตอร์มาวัดแรงดันตกคร่อมซีเนอร์ ZD1 (ขั้วบวกของมิเตอร์แตะที่ขาแคโทด ขั้วลบมิเตอร์แตะที่ขาแอนดของซีเนอร์ไดโอด ZD1) ย่อมทำให้แรงดันได้เท่ากับ 9 โวลต์ คือ แรงดันแหล่งจ่าย เมื่อพิจารณาในรูปที่ 5ค. เราสมมุติให้ซีเนอร์ ZD1 เกิดการลัดวงจรในตัวเอง ย่อมทำให้ซีเนอร์ไดโอด ZD1 มีอาจรักษาแรงดันไฟ 6 โวลต์ได้ เมื่อนำดีซีโวลต์มิเตอร์ V1 มาวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R1 ย่อมได้แรงดันสูงเท่ากับ แหล่งจ่ายคือ 9 โวลต์ และนำดีซีโวลต์มิเตอร์ V2 มาวัดแรงดันตกคร่อมซีเนอร์ดังกล่าวจะได้แรงดันไฟศูนย์โวลต์ ลักษณะของวงจรในรูปที่ 5 ที่กล่าวมาทั้งหมด ส่วนใหญ่แล้วเมื่อวงจรผิดปกติ ย่อมจะทำให้ซีเนอร์ไดโอดมีอาจรักษาแรงดัน  $V_Z$  ได้ คือแรงดันซีเนอร์เท่ากับศูนย์โวลต์ ฉะนั้นความเป็นไปได้เพื่อเช็คหาตัวเสียคือตัวต้านทาน R1 เกิดขาดวงจรหรือไม่ก็ซีเนอร์ไดโอดลัดวงจร ดังนั้นเมื่อวัดแรงดันตกคร่อม R1 สูงเท่ากับแหล่งจ่าย วัดแรงดันซีเนอร์ไดโอดได้เท่ากับศูนย์ นั้น



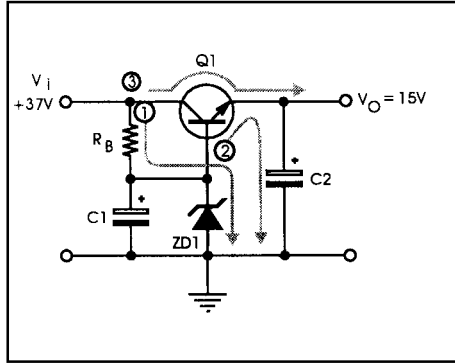
รูปที่ 6 : แสดงวงจรทรานซิสเตอร์เรกูเลเตอร์

หมายความว่าซีเนอร์ไดโอดลัดวงจรไปแล้วนั่นเอง

**เข็วงจรทรานซิสเตอร์เรกูเลเตอร์**

วงจรถานซิสเตอร์เรกูเลเตอร์ (Regulator transistor circuit) พบเห็นบ่อยมาก ในเครื่องรับวิทยุเทปคาสเซ็ททั้งระบบอะนาล็อก (Analogue) และดิจิทัล (Digital) รวมไปถึงเครื่องเล่นซีดี (Compact disc) โดยวงจรดังกล่าวจะอยู่แถวๆ วงจรภาคจ่ายไฟของระบบ ซึ่งวงจรถานซิสเตอร์เรกูเลเตอร์พื้นฐานแสดงอยู่ในรูปที่ 6

จากวงจรในรูปที่ 6 ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ คือ ซีเนอร์ไดโอด ZD1 กับทรานซิสเตอร์ Q1 แรงดันอินพุต  $V_i$  จะต้องมีค่าสูงกว่าแรงดันเอาต์พุต  $V_o$  แรงดัน  $V_i$  อาจมาจากวงจรแปลงไฟแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรงที่เราเรียกว่าวงจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier circuit) ส่วนแรงดันเอาต์พุต  $V_o$  อาจนำไปจ่ายไฟให้กับภาคอื่นๆ ของระบบ โดยวงจรรูปที่ 6 เราได้นำมาจากวงจรขยายเสียงอินดิเกรตแอมป์วงจรหนึ่ง แรงดันอินพุต  $V_i$  มาจากวงจรเรกติไฟเออร์เพื่อจ่ายไฟเข้าสู่วงจขยายกำลัง (Power amplifier) มีค่าแรงดันเท่ากับ 37 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต  $V_o$  มีแรงดันเท่ากับ 15 โวลต์ เพื่อนำไปจ่ายให้กับวงจรโทนคอนโทรลของระบบเพื่อปรับแต่งเสียงทุ้มและเสียงแหลม หลักการทำงานของวงจรก็คือ ซีเนอร์ไดโอด ZD1 ทำหน้าที่ไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q1 เมื่อ Q1 ทำงานจะจ่ายแรงดันและกระแสไปยังโหลดต่อไป อุปกรณ์ตัวต้านทาน  $R_B$  ทำหน้าที่จำกัด



รูปที่ 7 : แสดงทิศทางการไหลของกระแสในวงจรถานซิสเตอร์เรกูเลเตอร์

กระแสให้กับทรานซิสเตอร์ Q1 กับซีเนอร์ไดโอด ZD1 คาปาซิเตอร์ C1 ทำหน้าที่สำรองแรงดันไฟคงที่ให้กับซีเนอร์ ZD1 ส่วนคาปาซิเตอร์ C2 ทำหน้าที่สำรองแรงดันไฟให้กับแรงดันของ  $V_o$  เพื่อจ่ายไฟไปยังโหลดต่อไป แรงดันเอาต์พุต  $V_o$  ที่จ่ายให้กับโหลดนั้นขึ้นอยู่กับกระแสของทรานซิสเตอร์ Q1 ถ้า Q1 จ่ายกระแสได้อย่างพอเพียง แรงดันเอาต์พุต  $V_o$  ก็จะมีค่าคงที่สม่ำเสมอ ส่งผลให้โหลดทำงานได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ แต่ถ้าเมื่อใดทรานซิสเตอร์ Q1 จ่ายกระแสได้ไม่เพียงพอ โหลดเกิดปัญหาอย่างแน่นอน และยังทำให้แรงดันเอาต์พุต  $V_o$  ตกลงมาด้วยเช่นกัน

การทำงานของวงจรในรูปที่ 6 เมื่อเราไล่ทิศทางการไหลของกระแสแล้ว จะเป็นไปตามวงจรในรูปที่ 7 กล่าวคือ เมื่อมีแรงดันอินพุต 37 โวลต์ จ่ายเข้ามายังวงจรถานซิสเตอร์เรกูเลเตอร์ ย่อมทำให้เกิดกระแสหมายเลข 1 โดยไหลจากแรงดันอินพุต  $V_i$  ที่มีค่าเท่ากับ 37 โวลต์ ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  เข้าไปที่ขาโคไลดออกไปที่ขาอาโนดของซีเนอร์ไดโอด ZD1 ไหลไปครบวงจรกับกราวด์ซึ่งเป็นแรงดันไฟลบของระบบ ตอนนี้อยากทราบว่าซีเนอร์ไดโอด ZD1 มีแรงดันไฟคงที่ 15.6 โวลต์ แรงดันซีเนอร์ ZD1 จะไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q1 ได้เป็นกระแสหมายเลข 2 ซึ่งเป็นกระแสเบสของ Q1 โดยไหลเข้าขาเบสออกไปที่ขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 เข้าไปเก็บประจุไว้ที่คาปาซิเตอร์ C2 ตอนนี้อยากทราบว่าทรานซิสเตอร์ Q1 มีกระแสเบสอินพุตไหลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ย่อมส่งผลให้ค่าความต้านทานและแรงดันโพรหหว่างขาคอไลด์กับขาอีมิเตอร์

ของทรานซิสเตอร์ Q1 ลดลง กระแสหมายเลข 3 ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อมไหลผ่านตัวมันส่งแรงดันและกระแสออกไปทางแรงดันเอาต์พุต  $V_o$  ได้

เมื่อเราเขียนเป็นสมการจากวงจรในรูปที่ 6 จะได้ดังนี้

1. กระแสอินพุต  $V_i$  มีค่าเท่ากับ กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  รวมกับกระแสเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ดังนั้น  $I_i = I_{RB} + I_{CQ1}$

2. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  คือกระแสเบสของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  รวมกับกระแสของซีเนอร์ไดโอด ZD1 ดังนั้น  $I_{RB} = I_{BQ1} + I_{ZD1}$

3. แรงดันเอาต์พุต  $V_o$  เท่ากับแรงดันซีเนอร์ ZD1 ลบกับแรงดันที่ขาเบส-อีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ดังนั้น  $V_o = V_Z - V_{BEQ1}$

4. แรงดันตกคร่อมคาปาซิเตอร์ C1 มีค่าเท่ากับแรงดันซีเนอร์ ZD1 ดังนั้น  $V_{C1} = V_{ZD1}$

5. แรงดันตกคร่อมคาปาซิเตอร์ C2 มีค่าเท่ากับแรงดันเอาต์พุต  $V_o$  ดังนั้น  $V_{C2} = V_o$

6. กระแสเอาต์พุตซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเท่ากับ  $bI_B$  โดยที่  $b$  (เบต้า = Beta) คือค่าอัตราขยายกระแสของ Q1 มีหน่วยเป็นเท่า ส่วน  $I_B$  คือกระแสเบสอินพุตของ Q1

7. แรงดันอินพุต  $V_i$  มีค่าเท่ากับแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  รวมกับแรงดันซีเนอร์จึงได้ออกมาว่า  $V_i = V_{RB} + V_{ZD1}$

ที่นี้ปัญหาของวงจรถานซิสเตอร์เรกูเลเตอร์ก็คือว่า ส่วนใหญ่แล้ว แรงดันเอาต์พุต  $V_o$  ไม่มีแรงดันจ่ายให้กับโหลด คือหมายถึงแรงดัน  $V_o$  เป็นศูนย์ เมื่อแรงดัน  $V_o$  เป็นศูนย์ อาจเป็นไปได้ว่า แรงดันอินพุต  $V_i$  ไม่ได้จ่ายไฟออกมาเลี้ยงระบบ หรืออาจเป็นไปได้ว่า ซีเนอร์ไดโอด ZD1 เกิดปัญหาลัดวงจร ซึ่งถ้าซีเนอร์ ZD1 เกิดลัดวงจรย่อมทำให้แรงดันตกคร่อมซีเนอร์ ZD1 มีค่าเป็นศูนย์ ทรานซิสเตอร์ Q1 จึงไม่มีไบอัส แรงดันไฟที่ขา

คอลเล็กเตอร์กับขาอีมีตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อมมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้แรงดัน  $V_O$  ไม่มีไฟจ่ายเลี้ยงไปยังโหลด หรืออีกกรณีหนึ่ง อาจเป็นเพราะทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดปัญหาขึ้นมา เช่น ขาดวงจรทางขาเบสกับขาอีมีตเตอร์ หรือไม่ก็อาจเกิดปัญหาคือ ขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ก็เป็นได้

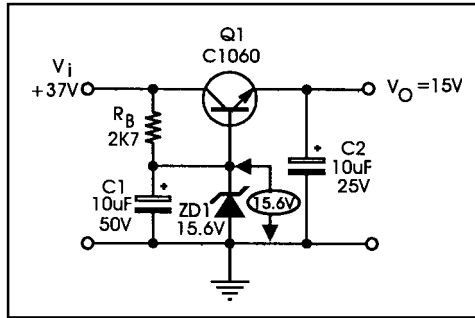
วิธีที่จะเช็คตัวเสียว่าวงจรในรูปที่ 6 เกิดปัญหาคือแรงดันเอาต์พุต  $V_O$  ไม่จ่ายไฟออกไปควรกระทำขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เช็คแรงดันอินพุต  $V_i$  ว่ามีหรือไม่ ถ้าแรงดัน  $V_i$  ไม่มีไฟจ่ายให้เช็คแรงดัน  $V_i$  ถ้าเช็คแรงดัน  $V_i$  มีเป็นปกติให้ไปเช็คขั้นตอนในข้อที่ 2

2. วัดแรงดันซีเนอร์ไดโอด ZD1 ตั้งย่านดีซีโวลต์มิเตอร์ โดยขั้วบวกมิเตอร์แตะไปที่ขาคาโอดของซีเนอร์ ZD1 ส่วนขั้วลบมิเตอร์ให้ไปแตะที่ขาแอนดของซีเนอร์ ZD1 หรือไปแตะกับกราวด์ก็ได้ ปกติแรงดันไฟซีเนอร์ ZD1 ต้องมีค่าเป็นปกติคือมีค่าเท่ากับ  $V_O + V_{BE}$  หรือมีค่าประมาณเท่ากับแรงดันเอาต์พุต  $V_O$  แต่ถ้าวัดแรงดันซีเนอร์ ZD1 ออกมาผลปรากฏว่าไม่มีแรงดันไฟ เราถือว่าซีเนอร์ไดโอดเสียหรือไม่ก็วัดค่าต้านทาน  $R_B$  อาจเกิดขาดวงจร (ประเด็นเมื่อ  $R_B$  ขาดวงจรพบได้น้อยมากส่วนใหญ่ซีเนอร์ ZD1 ถูกลัดวงจร) แต่ถ้าเช็คแรงดันซีเนอร์ ZD1 มีเป็นปกติ ให้ไปเช็คในขั้นตอนที่ 3

3. เมื่อเช็คแรงดันซีเนอร์ ZD1 เป็นปกติ ลักษณะอย่างนี้อาจเป็นไปได้ว่าทรานซิสเตอร์ Q1 เสียเองคือ อาจขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีตเตอร์ของ Q1 ก็เป็นได้ วิธีที่จะเช็คว่า Q1 เกิดขาดวงจรหรือไม่ เราจำเป็นจะต้องถอดอุปกรณ์ออกจากวงจรแต่อย่างใด วัดไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีตเตอร์ของ Q1 โดยนำขั้วบวกดีซีโวลต์มิเตอร์ไปแตะที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q1 ขั้วลบมิเตอร์ให้ไปแตะที่ขาอีมีตเตอร์ของ Q1 ถ้าได้แรงดันไฟสูงเท่ากับแรงดันอินพุต เราถือว่าทรานซิสเตอร์ Q1 เสีย

4. อีกกรณีหนึ่งที่ทำให้แรงดัน  $V_O$



รูปที่ 8 : แสดงแรงดันเอาต์พุตเป็นศูนย์เมื่อซีเนอร์ถูกลัดวงจร

ไม่มีไฟจ่ายอาจเป็นไปได้ว่าโหลดทางด้านเอาต์พุตเกิดการลัดวงจร วิธีที่จะเช็คโหลดว่าลัดวงจรหรือไม่ ให้ปลดไฟแรงดันอินพุต  $V_i$  ออกจากระบบ ตั้งย่านโอห์มมิเตอร์ RX1 วัดค่าความต้านทานของซีเนอร์ไดโอด ZD1 โดยวัดสลับสายมิเตอร์ทั้ง 2 ครั้ง ถ้าวัดโอห์มทั้ง 2 ครั้งแล้วได้ค่าความต้านทานศูนย์โอห์ม เราถือว่าโหลดลัดวงจร เพื่อให้แน่ใจอีกครั้งว่าโหลดลัดวงจรให้วัดโอห์มที่ขาเบสกับขาอีมีตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 โดยวัดสลับสายมิเตอร์ทั้ง 2 ครั้ง ถ้าวัดโอห์มทั้ง 2 ครั้งได้ค่าความต้านทานศูนย์โอห์ม แสดงว่าโหลดลัดวงจรแน่แท้ทีเดียว

**ตัวอย่างการวิเคราะห์วงจรทรานซิสเตอร์เรกูเลเตอร์**

วงจรในรูปที่ 8 ให้ท่านวิเคราะห์ว่าอุปกรณ์ตัวใดเสียเมื่อแรงดันเอาต์พุต  $V_O$  ไม่มีไฟจ่ายออกไปให้กับโหลด โดยมีเงื่อนไขต่อไปนี้คือ

- 1. แรงดันตกคร่อมซีเนอร์ไดโอด ZD1 มีค่าเป็นปกติ คือ 15.6 โวลต์
- 2. แรงดันไฟระหว่างขาเบสกับขาอีมีตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 วัดได้ประมาณ 0.6-0.7 โวลต์

**วิธีแก้ไขและตรวจเช็ค**

ตอนนีซีเนอร์ ZD1 มีแรงดันปกติ กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีเป็นปกติสังเกตจากแรงดันที่ขาเบส-อีมีตเตอร์ของ Q1 มีค่าประมาณ 0.6-0.7 โวลต์ นั้นหมายความว่าถ้ากระแสคอลเล็กเตอร์ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตของ Q1 สามารถไหลได้จริง แรงดันเอาต์

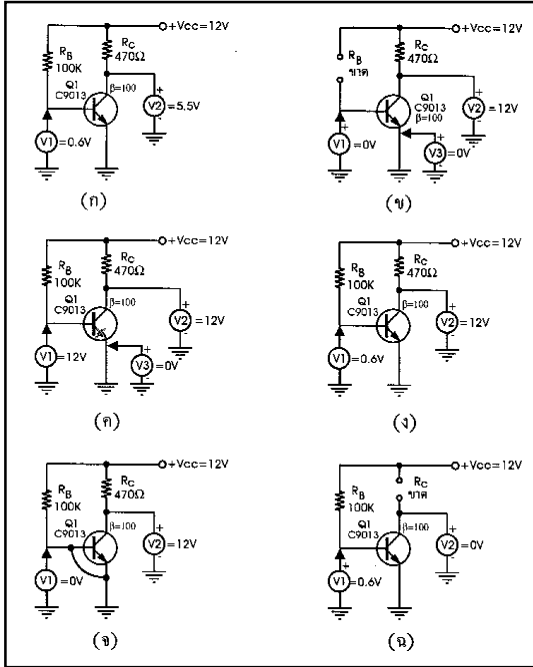
พุต  $V_O$  ต้องจ่ายไฟออกไป ตัวเสียคือทรานซิสเตอร์ Q1 ที่ขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีตเตอร์ของตัวมัน จึงทำให้ Q1 ไม่มีกระแสคอลเล็กเตอร์เกิดขึ้นนั่นเอง

**การตรวจเช็ควงจรไบอัสทรานซิสเตอร์**

การกำหนดจุดทำงานให้กับทรานซิสเตอร์ เรียกว่าการไบอัส (Biasing) ซึ่งเรากัทรานกันดีอยู่แล้วว่าทรานซิสเตอร์ทำงานด้วยหลักการของกระแส กล่าวคือ ทรานซิสเตอร์จะนำกระแสอินพุตที่เป็นกระแสเบส (Base current =  $I_B$ ) มาควบคุมกระแสเอาต์พุตซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ กระแสเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราขยายกระแสที่เรียกว่าเบต้า (Beta =  $\beta$ )

ทรานซิสเตอร์มีขาใช้งาน 3 ขาด้วยกันคือ ขาเบส ขาคอลเล็กเตอร์ และขาอีมีตเตอร์ โครงสร้างของขาที่ใหญ่ที่สุดได้แก่ ขาคอลเล็กเตอร์ โครงสร้างที่ใหญ่รองลงมาคือขาอีมีตเตอร์และโครงสร้างที่เล็กที่สุดคือ ขาเบส ชนิดของทรานซิสเตอร์มีอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดเอ็นพีเอ็น กับชนิดพีเอ็นพี ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะมีหัวลูกศรออกมาจากขาเบส ส่วนทรานซิสเตอร์ชนิด PNP จะมีหัวลูกศรชี้เข้าไปที่ขาเบส ทิศทางของหัวลูกศรชี้ของทรานซิสเตอร์แสดงถึงทิศทางการไหลของกระแสที่เกิดขึ้นภายในทรานซิสเตอร์นั้นๆ

การไบอัสของทรานซิสเตอร์จะต้องฟอร์เวิร์ดไบอัส (Forward bias) ที่ขาเบสกับขาอีมีตเตอร์ และจะต้องรีเวิร์สไบอัส (Reverse bias) ที่ขาเบสกับขาคอลเล็กเตอร์ทรานซิสเตอร์ถึงจะทำงานอย่างสมบูรณ์ วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์พื้นฐานมี 4 แบบด้วยกันคือวงจรไบอัสคงที่ (Fixed bias), วงจรไบอัสตัวเอง (Self bias), วงจรรีซิสเตอร์อีมีตเตอร์ไบอัส ( $R_E$  bias) และวงจรไบอัสแบ่งแรงดัน (Voltage divider bias) ซึ่งวงจรไบอัสที่กล่าวมาส่วนใหญ่พบมากในวงจรขยายเสียงเช่น วงจรปรีแอมป์, วงจรปรีไมโครโฟน, วงจรบัฟเฟอร์แอมป์ที่อยู่ในภาควงจรโทนคอนโทรล



รูปที่ 9 ก) แสดงวงจรไบอัสคงที่เมื่อ Q1 (NPN) อยู่ในสภาวะปกติ  
 ข) แสดง  $R_B$  ขาดจากวงจร  
 ค) แสดงขาเบสกับขาคอเล็กเตอร์ของ Q1 ขาดจากวงจร  
 ง) แสดงขาคอเล็กเตอร์ กับขาคอเล็กเตอร์ของ Q1 เกิดขาดวงจร  
 จ) แสดงขาเบสกับขาคอเล็กเตอร์ของ Q1 ลัดวงจร  
 ฉ) แสดง  $R_C$  ขาดจากวงจร

หรืออาจเป็นวงจรเรจิสเตอร์ แอมป์ สายอากาศ AM และ FM ในเครื่องรับวิทยุ เป็นต้น

**วงจรไบอัสคงที่ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN**

วงจรพื้นฐานในการไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์คือวงจรฟิกซ์ ไบอัส (Fixed bias) ซึ่งแปลตามตรงว่าวงจรไบอัสคงที่ ประกอบด้วยตัวต้านทานเพียง 2 ตัวกับทรานซิสเตอร์อีก 1 ตัว ก็สามารถนำมาทำเป็นวงจรไบอัสดังกล่าวได้แล้ว โดยวงจรแสดงอยู่ในรูปที่ 9ก. แหล่งจ่ายไฟใช้ไฟเลี้ยง 12 โวลต์ ทรานซิสเตอร์ Q1 เลือกใช้เบอร์ C9013 มีอัตราขยายกระแส (b) เท่ากับ 100 เท่า ตัวต้านทาน  $R_B$  ทำหน้าที่จำกัดกระแสเบสทางด้านอินพุต กล่าวคือถ้าเลือก  $R_B$  มีค่ามากขึ้น ย่อมทำให้กระแสเบส ( $I_B$ ) มีค่าน้อยลง และในทางตรงกันข้ามถ้าเลือก  $R_B$  มีค่าน้อยลง ย่อมทำให้กระแสเบสมีค่าสูงขึ้น ตัวต้านทาน

$R_C$  ทำหน้าที่จำกัดกระแสเอาต์พุตซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 เนื่องจากทรานซิสเตอร์ Q1 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็น ศักย์ไฟที่ขาคอเล็กเตอร์ของ Q1 ย่อมมีค่าเป็นบวกมากที่สุด ศักย์ไฟที่ขาคอเล็กเตอร์ต้องเป็นลบสูงสุด ส่วนศักย์ไฟที่ขาเบสจะต้องเป็นบวกเมื่อเทียบกับขาคอเล็กเตอร์ แต่ศักย์ไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 จะต้องเป็นบวกน้อยกว่าศักย์ไฟที่ขาคอเล็กเตอร์ของตัวมัน นี่คือการกำหนดจุดทำงานให้กับทรานซิสเตอร์ NPN ที่กล่าวมา เมื่อพิจารณาในรูปที่ 9ก. กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1

โดยกระแสเบสของ Q1 ไหลจากแหล่งจ่ายที่มีค่าแรงดันเท่ากับ 12 โวลต์ ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  ไหลผ่านขาเบสออกไปที่ขาคอเล็กเตอร์ของ Q1 ไปครบวงจรกับกราวด์ซึ่งเป็นแรงดันไฟลบของวงจร กรณีเช่นนี้ย่อมทำให้กระแสเบสของ Q1 ไหลได้ ส่งผลให้ค่าความต้านทานระหว่างขาคอเล็กเตอร์กับขาคอเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าลดลง แรงดันไฟระหว่างขาคอเล็กเตอร์กับขาคอเล็กเตอร์ของ Q1 ย่อมมีค่าลดลงด้วยเช่นกัน กระแสเอาต์พุตซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อมไหลจากแหล่งจ่าย 12 โวลต์ ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_C$  ไหลเข้าไปที่ขาคอเล็กเตอร์ออกไปยังขาคอเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลไปครบวงจรกับกราวด์ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

1. แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลต์ มีค่าเท่ากับแรงดันตกคร่อม  $R_B$  รวมกับแรงดันที่ขาเบสกับขาคอเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ดังนั้น  $V_{CC} = 12V = V_{RB} + V_{BEQ1}$  (ซึ่งแรงดันตกคร่อม  $R_B$  คือ  $I_B \cdot R_B$  ส่วนแรงดัน  $V_{BEQ1}$  จะมีค่าประมาณ 0.6-0.7 โวลต์)
2. แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลต์ ย่อมมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  กับแรงดันที่ขาคอเล็กเตอร์-อิมิตเตอร์ของ Q1 ดังนั้น  $V_{CC} = 12V =$

$I_C R_C + V_{CEQ1}$

3. อัตราขยายกระแส (b) เท่ากับอัตราส่วนของกระแสเอาต์พุตต่อกระแสอินพุต ซึ่งกระแสเอาต์พุตคือกระแสคอลเล็กเตอร์ กระแสอินพุตคือกระแสเบส ดังนั้น  $b = I_C / I_B$
4. กระแสอิมิตเตอร์ ( $I_E$ ) เท่ากับกระแสอินพุต ( $I_B$ ) รวมกับกระแสเอาต์พุต ( $I_C$ ) ดังนั้น  $I_E = I_C + I_B$ ; เมื่อแทน  $I_C = b I_B$  จะได้  $I_E = b I_B + I_B$  ย่อมมีค่าเท่ากับ  $I_B(b + 1)$

จากวงจรในรูปที่ 9ก. แสดงวงจรทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงานในสภาวะปกติ ซึ่งตอนนี้แรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 คือแรงดัน  $V_1$  มีค่าเท่ากับ 0.6 โวลต์ ลักษณะอย่างนี้ย่อมทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  มีค่าเท่ากับ  $12V - 0.6V$  มีค่าเท่ากับ 11.4V เพราะฉะนั้น  $V_{RB} = 11.4V$  แรงดันไฟที่ขาคอเล็กเตอร์ของ Q1 คือแรงดัน  $V_2$  มีค่าแรงดันไฟเท่ากับ 5.5 โวลต์ ลักษณะเช่นนี้ย่อมทำให้แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  จึงมีค่าเท่ากับ  $12V - 5.5V$  เท่ากับ 6.5 โวลต์ เพราะฉะนั้น  $V_{RC} = 6.5V$  (แรงดันไฟที่ขาต่างๆ ของทรานซิสเตอร์ เร่วัดแรงดันไฟเทียบกับกราวด์ของวงจร หรือวัดเทียบกับขาคอเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 นั่นเอง)

ที่นี้ปัญหาที่คือว่า ถ้าวางจรในรูปที่ 9ก. เกิดอาการผิดปกติคือทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่ทำงาน เราสมมุติสถานการณ์ว่าตัวต้านทาน  $R_B$  ขาดจากวงจร ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 9ข. ลักษณะเช่นนี้ กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจไหลในวงจรได้ เพราะกระแสเบสมีอาจไหลไปครบวงจรกับกราวด์ได้ (เพราะ  $R_B$  ขาดวงจร) เมื่อนำดีซีโวลต์มิเตอร์มาวัดแรงดันตกคร่อม  $R_B$  ย่อมได้ไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์ ส่งผลให้แรงดันที่ขาเบสกับขาคอเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงไม่มีแรงดันไฟ (สังเกตจากแรงดัน  $V_1$  วัดไฟได้ศูนย์โวลต์ ซึ่งแรงดัน  $V_1$  นี้คือ  $V_B$  ของ Q1 หรือแรงดัน  $V_{BE}$  ของ Q1 ก็ได้เพราะเป็นจุดเดียวกัน) เมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่มีกระแสเบส กระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q1 ก็มีอาจไหลขึ้นได้ แรงดันตกคร่อม  $R_C$  จึงมีค่าเป็นศูนย์โวลต์

ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์เมื่อเทียบกับขาอีมิเตอร์ของ Q1 ซึ่งก็คือแรงดันไฟที่จุด V2 จึงมีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์

วงจรในรูปที่ 9ค. แสดงอาการผิดปกติเมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดไม่ทำงาน โดยเรสมมุติให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดวงจรทางขาเบสกับขาอีมิเตอร์ แรงดันและกระแสในวงจรย่อมเปลี่ยนแปลงอย่างแน่นอน ซึ่งตอนนี้เมื่อ Q1 เกิดขาดวงจรทางด้านเบสกับอีมิเตอร์ ทำให้กระแสเบสของ Q1 มีอาจไหลได้แรงดันไฟตกคร่อม  $R_B$  ได้ศูนย์โวลต์ แรงดันไฟที่ขาเบสกับขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งก็คือแรงดัน V1 จึงมีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์ (เพราะเราอย่าลืมว่า  $R_B$  ต่ออนุกรมกับขาเบส-อีมิเตอร์ของ Q1 กฎเกณฑ์ของวงจรอนุกรมกล่าวว่า ถ้ามีโหนดหนึ่งโหนดใดเกิดขาดวงจรเพียงตัวเดียวย่อมทำให้โหนดนั้นมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่าย ส่วนโหนดปกติไม่มีไฟปรากฏออกมาเลย) และเมื่อกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจไหลได้ กระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q1 จึงไม่สามารถเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกัน แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  จึงไม่มีแรงดันไฟส่งผลให้แรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ ซึ่งก็คือแรงดันที่จุด V2 จึงได้แรงดันไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์

วงจรในรูปที่ 9ง. เราสมมุติให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมิเตอร์เพียงอย่างเดียว ทรานซิสเตอร์ Q1 จึงไม่ทำงาน แต่ทว่ากระแสเบสอินพุตของ Q1 ไหลได้ตามปกติ (ทรานซิสเตอร์ทุกตัวจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีกระแสเบสและกระแสคอลเล็กเตอร์ ถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่ง เรากล่าวว่า ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน)

สังเกตจากแรงดันที่จุด V1 ซึ่งก็คือแรงดันไฟที่ขาเบสเทียบกับขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ได้แรงดันไฟประมาณ 0.6 โวลต์ แต่เมื่อวัดแรงดันไฟทางด้านเอาต์พุตทางขาคอลเล็กเตอร์ของ Q1 ซึ่งก็คือแรงดัน V2 ได้ไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์ เรากล่าวว่ากระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q1 มีอาจไหลได้ จึงทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$

มีค่าเป็นศูนย์ (จริงๆแล้ว แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จะต้องน้อยกว่าแหล่งจ่ายไฟ เมื่อ Q1 อยู่ในสภาวะปกติ)

เหตุการณ์ต่างๆ เรามีอาจล่วงรู้ได้ว่าอุปกรณ์ตัวใดเสีย เราถือว่าการใช้ดีซีโวลต์มิเตอร์ตรวจสอบวงจรทรานซิสเตอร์ถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุด เช็ททรานซิสเตอร์ได้แน่นอนกว่าจับลวดทรานซิสเตอร์ออกมาวัดด้วยโอห์มมิเตอร์ และสมมุติว่าทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดลัดวงจรทางขาเบสกับขาอีมิเตอร์ของตัวมันดังปรากฏอยู่ในรูปที่ 9จ. ย่อมทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่ทำงาน เรากล่าวว่าตอนนี้กระแสเบสของ Q1 มีอาจไหลได้ จึงทำให้แรงดันไฟที่ขาเบสเทียบกับขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเป็นศูนย์ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  จึงมีแรงดันสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์ กระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q1 มีอาจไหลได้ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน RC มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นแรงดันที่ตัวทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันที่จุด V2 นั้นเอง

รูปที่ 9 ฉ. สมมุติว่าตัวต้านทาน  $R_C$  ขาดจากวงจรเพียงอย่างเดียว ทรานซิสเตอร์ Q1 ก็มีอาจสามารถที่จะทำงานได้ กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 สามารถที่จะมีขึ้นได้ เพราะกระแสเบสสามารถไหลผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  ผ่านขาเบสออกไปยังขาอีมิเตอร์ไปครบวงจรกับกราวด์ แต่ทว่าในตอนนี้กระแสคอลเล็กเตอร์ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่มีไหล เนื่องจากตัวต้านทาน  $R_C$  ขาด จึงทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  มีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์เทียบกับขาอีมิเตอร์ของ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันที่จุด V2 จึงไม่มีแรงดันไฟปรากฏให้เห็นแม้แต่โวลต์เดียว แรงดันที่ขาเบสเทียบกับขาอีมิเตอร์ของ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันไฟจุด V1 จึงมีค่าปกติประมาณ 0.6-0.7 โวลต์

ทรานซิสเตอร์ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทุกวงจร มันจะทำงานได้นั้นจำเป็นต้องมีแหล่ง-

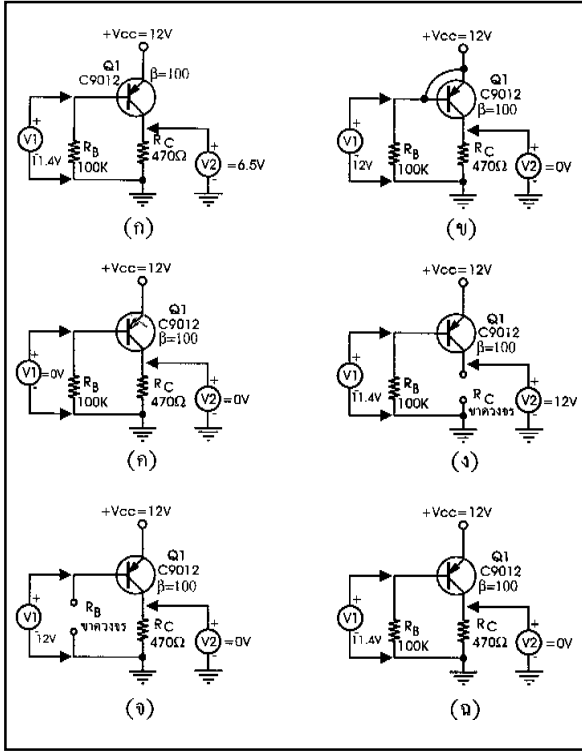
จ่ายไฟ ตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสในการไบอัส และสายทองแดงซึ่งเรียกว่าลายปริ้นท์ (Print circuit) จะต้องไม่ขาดจากวงจร เพราะบ่อยครั้งเหลือเกินเมื่อเกิดเวลาซ่อมจริงๆ ถ้าสายทองแดงขาดจากวงจร ย่อมทำให้การวิเคราะห์ทางด้านแรงดันไฟที่กล่าวมาเกิดความผิดพลาดอย่างใหญ่หลวง ฉะนั้นเมื่อถึงเวลาซ่อมจริงๆควรใช้หลักการสังเกตว่ามีลายปริ้นท์ขาดวงจรหรือลัดวงจรกันอยู่หรือไม่ อุปกรณ์ตัวใดมีเขม่าควันขึ้นมาบ้าง สายไฟหลุดจากจุดไหนมาบ้าง ลักษณะอย่างนี้เรียกว่าจะไม่มีการเกิดเส้นผมบังภูเขาอย่างแน่นอน และทำเงินให้กับท่านได้อย่างง่ายดาย

อาการเสียของตัวทรานซิสเตอร์สามารถที่จะลัดวงจร, ขาดวงจรและรั่วถึงกันได้ เนื่องจากทรานซิสเตอร์มีทั้งหมด 3 ขา สำหรับการใช้งาน ต้องเช็คกระแสเบสและกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ให้ได้ว่ามันไหลได้หรือไม่ ถ้ากระแสทั้งสองมีอาจไหลได้ แสดงว่าทรานซิสเตอร์เสีย แต่ถ้ามีกระแสใดกระแสหนึ่งก็ถือว่าทรานซิสเตอร์เสียเช่นกัน

### วงจรไบอัสคิงที่ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

ก่อนอื่นต้องขอทำความเข้าใจเกี่ยวกับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP กันสักหน่อยยกกล่าวคือ ขาอีมิเตอร์ต้องได้รับศักย์ลบมากที่สุด ขาคอลเล็กเตอร์ต้องได้รับศักย์ลบมากที่สุด ขาเบสต้องได้รับศักย์ลบเมื่อเทียบกับขาอีมิเตอร์ และเมื่อทรานซิสเตอร์ชนิด PNP นี้ได้นำกระแสได้แล้ว ย่อมทำให้แรงดันที่ขาอีมิเตอร์เทียบกับขาเบส มีแรงดันไฟประมาณ 0.6-0.7 โวลต์ ซึ่งวงจรไบอัสคิงที่ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP นี้แสดงอยู่ในรูปที่ 10ก. สังเกตว่าทรานซิสเตอร์ Q1 เลือกใช้เบอร์ C9012 เส้นทางกระแสเบสอินพุตของทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อมไหลจากแรงดันไฟ  $+V_{CC}$  ที่มีค่าแรงดันไฟ 12 โวลต์ ไหลเข้าไปที่ขาอีมิเตอร์ออกไปยังขาเบสของ Q1 ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  ( $R_B$  ทำหน้าที่จำกัดกระแสเบสอินพุตให้กับทรานซิสเตอร์ Q1) ไปครบวงจรกับกราวด์ซึ่งเป็นแรงดันไฟลบของวงจร ส่วนเส้นทางกระแส-





รูปที่ 10 : ก) แสดงวงจรไบอัสคงที่เมื่อ Q1 (PNP) อยู่ในสภาวะปกติ  
 ข) แสดงขาเบสกับขาอีมีตเตอร์ของ Q1 ลัดวงจร  
 ค) แสดง Q1 ขาดทางขาเบสกับขาอีมีตเตอร์  
 ง) แสดง RC ขาดจากวงจร  
 จ) แสดง RB ขาดจากวงจร  
 ฉ) แสดง Q1 ขาดทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีตเตอร์

เอาต์พุตซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q1 ย่อมไหลจากแรงดันแหล่งจ่าย +V<sub>CC</sub> ที่มีค่าแรงดัน 12 โวลต์ ส่งผ่านขาอีมีตเตอร์ออกไปที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผ่านตัวต้านทาน R<sub>C</sub> (R<sub>C</sub> ทำหน้าที่จำกัดกระแสเอาต์พุตให้กับทรานซิสเตอร์ Q1) ไปครบวงจรกับกราวด์ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าขาเบสมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าขาอีมีตเตอร์ประมาณ 0.6 โวลต์ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าขาเบสซึ่งก็คือแรงดันขุด V<sub>1</sub> จึงมีค่าเท่ากับ 11.40 โวลต์ ทำให้แรงดันไฟฟ้าขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีค่าเท่ากับ 6.5 โวลต์ กรณีเช่นนี้เราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

1. แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลต์ มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>B</sub> กับแรงดันที่ขาอีมีตเตอร์เทียบกับขาเบส

ของทรานซิสเตอร์ Q1 ดังนั้น V<sub>CC</sub> = 12V จึงมีค่าเท่ากับ V<sub>RB</sub> + V<sub>EBQ1</sub> ; (V<sub>EBQ1</sub> มีค่าคงที่ประมาณ 0.6-0.7 โวลต์)

2. แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลต์ ย่อมมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> กับแรงดันที่ขาอีมีตเตอร์เทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ดังนั้น V<sub>CC</sub> = 12V = V<sub>RC</sub> + V<sub>ECQ1</sub> (ซึ่งแรงดัน V<sub>RC</sub> มีค่าเท่ากับ I<sub>C</sub>·R<sub>C</sub>)

3. อัตราขยายกระแส เรียกว่า เบต้า (β) = I<sub>C</sub>/I<sub>B</sub>

4. แรงดันตกคร่อม R<sub>B</sub> (V<sub>RB</sub>) คือแรงดันไฟฟ้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ดังนั้น V<sub>RB</sub>

= V<sub>BQ1</sub> = V<sub>CC</sub> - V<sub>EBQ1</sub>  
 5. แรงดันตกคร่อม R<sub>C</sub> (V<sub>RC</sub>) คือแรงดันไฟฟ้าขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ดังนั้น V<sub>RC</sub> = V<sub>CQ1</sub> = V<sub>CC</sub> - V<sub>ECQ1</sub>  
 ที่นี้ปัญหาที่คือว่า ถ้าวจรในรูปที่ 10ก. เกิดผิดพลาดขึ้น จึงทำให้วงจรไบอัสคงที่ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ เช่น วงจรในรูปที่ 10ข. ตอนนีทรานซิสเตอร์ Q1 ถูกลัดวงจรทางขาอีมีตเตอร์กับขาเบสของตัวมัน กรณีเช่นนี้กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่เกิดขึ้นแรงดันไฟฟ้าขาอีมีตเตอร์เทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเท่ากับศูนย์โวลต์ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>B</sub> จึงมีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์ กระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ก็ไม่อาจเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกัน จึงไม่มีแรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อม R<sub>C</sub> นี้ก็คือแรงดันขุด V<sub>2</sub> นั่นเอง เราจึงสรุปว่าถ้าวจรในรูปที่ 10ข. เกิดลัดวงจรทางขาอีมีตเตอร์กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อมทำให้ค่าแรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 (V<sub>BQ1</sub>) มีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์ ค่าแรงดันที่ขาอีมีตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 (V<sub>EQ1</sub>) มีเป็นปกติคือแรงดัน 12 โวลต์ และ

ทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 (V<sub>CQ1</sub>) จึงไม่มีไฟปรากฏออกมาให้เห็นแม้แต่โวลต์เดียว

วงจรรูปที่ 10ค. แสดงวงจรรของทรานซิสเตอร์ Q1 เมื่อเกิดปัญหาขึ้นมาคือ ถ้าวจรขาดทางขาอีมีตเตอร์กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 แรงดันไฟฟ้าขาเบส, ขาคอลเล็กเตอร์และขาอีมีตเตอร์ของ Q1 ย่อมเปลี่ยนแปลงไปทันที ทำให้กระแสเบสของ Q1 มีอาจเกิดขึ้นได้ แรงดันไฟตกคร่อมที่ขาอีมีตเตอร์เทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ (V<sub>EBQ1</sub>) จึงมีแรงดันสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือแรงดัน 12 โวลต์ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>B</sub> (V<sub>RB</sub> = V<sub>BQ1</sub>) ซึ่งก็คือแรงดันไฟขุด V<sub>1</sub> จะไม่มีแรงดันไฟเกิดขึ้นแม้แต่โวลต์เดียว กระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ก็ไม่อาจเกิดขึ้นได้ เป็นเพราะกระแสเบสอินพุทไม่ไหลนั่นเอง ทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> (V<sub>RC</sub> = V<sub>CQ1</sub>) ซึ่งเป็นแรงดันไฟขุด V<sub>2</sub> จึงไม่มีแรงดันไฟส่งผลให้แรงดันไฟสูงที่มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย 12 โวลต์ ไปตกคร่อมตัวทรานซิสเตอร์ Q1 ระหว่างขาอีมีตเตอร์กับขาคอลเล็กเตอร์ของตัวมัน

วงจรรูปที่ 10ง. แสดงวงจรรทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดปัญหาขึ้นมาคือเกิดการขาดวงจรของตัวต้านทาน R<sub>C</sub> เพียงอย่างเดียว กรณีเช่นนี้ย่อมทำให้กระแสเบสอินพุทของทรานซิสเตอร์ Q1 สามารถไหลเกิดขึ้นได้ แรงดันไฟฟ้าขาเบสของ Q1 (V<sub>BQ1</sub>) คือแรงดันไฟขุด V<sub>1</sub> จึงมีค่าเป็นปกติคือแรงดัน 11.4 โวลต์ (แรงดัน 11.4 โวลต์มาจากแรงดัน +V<sub>CC</sub> ลบกับ 0.6 โวลต์ที่ขาอีมีตเตอร์เทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1) เมื่อตัวต้านทาน R<sub>C</sub> เกิดขาดวงจร ย่อมทำให้กระแสคอลเล็กเตอร์ไม่อาจเกิดขึ้น แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> จึงมีค่าไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่าย ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันไฟขุด V<sub>2</sub> นั่นเอง

วงจรรูปที่ 10จ. สมมุติว่า R<sub>B</sub> เกิดขาดวงจร กรณีเช่นนี้กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจไหลได้ จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าขาเบสของ Q1 มีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่ายส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าขาอีมีตเตอร์เทียบกับขาเบส

ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงไม่มีแรงดันไฟเมื่อ Q1 ไม่มีกระแสเบสไหล ค่าความต้านทานที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าสูงขึ้น กระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q1 มีอาจไหลได้ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  จึงไม่มีไฟเลย ทำให้แรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีไฟเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลท์ทันที

วงจรในรูปที่ 10 ฉ. สมมุติให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดวงจรทางขาอิมิตเตอร์กับขาคอลเล็กเตอร์เพียงอย่างเดียว กรณีเช่นนี้ย่อมทำให้กระแสเบสของ Q1 สามารถไหลได้เป็นปกติ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  ซึ่งเป็นแรงดันไฟที่ขาเบสของ Q1 จึงมีแรงดันไฟเป็นปกติคือมีแรงดันไฟเท่ากับ  $12V - 0.6V$  คือ 11.4 โวลต์ แรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าประมาณ 0.6-0.7 โวลท์ เมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอิมิตเตอร์กระแสเข้าที่พู่ซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q1 มีอาจเกิดขึ้นได้ จึงทำให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ไม่มีแรงดันไฟ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของ Q1 มีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายทันที

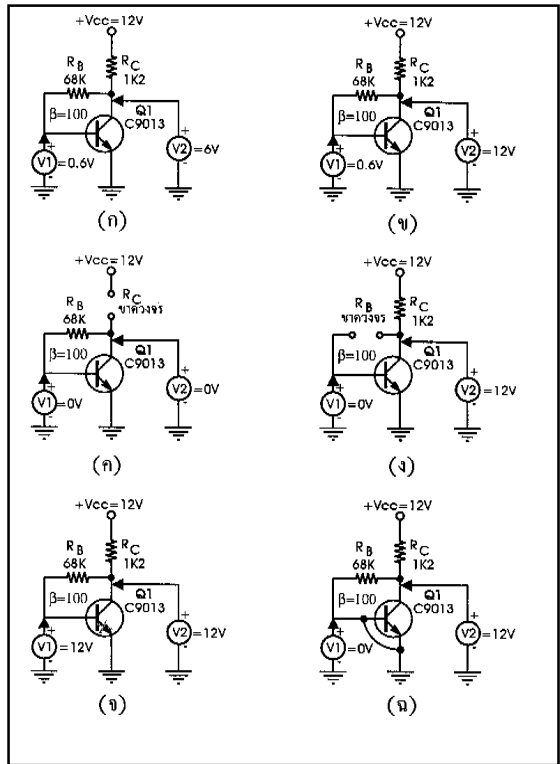
**วงจรไบอัสตัวเองของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN**

วงจรไบอัสตัวเองเรียกทับศัพท์ว่า วงจรเซลฟ์ ไบอัส (Self bias) ซึ่งวงจรเซลฟ์ไบอัสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN นี้ ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 11ก. ลักษณะของการไบอัสตัวเองของทรานซิสเตอร์จะนำกระแสเข้าที่พู่ของตัวมันมาป้อนกลับเป็นกระแสอินพุทโดยผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  ส่วนตัวต้านทาน  $R_C$  ทำหน้าที่จำกัดกระแสเอาต์พุทให้กับทรานซิสเตอร์ Q1

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 11ก. พบเห็นบ่อยมากในวงจรปริโมโคโรโฟน, วงจรปริโทนคอนโทรล ในระบบเครื่องขยายเสียงอย่างนี้เป็นต้น กระแสเบสอินพุทของทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อมไหลจากแรงดันแหล่ง

จ่าย  $+V_{CC}$  ที่มีค่าแรงดันไฟ 12 โวลท์ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_C, R_B$  เข้าไปที่ขาเบสออกไปที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ครอบคลุมกับกราวด์ เมื่อกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 สามารถมีขึ้นได้ย่อมทำให้ค่าความต้านทานและแรงดันไฟระหว่างขาคอลเล็กเตอร์กับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าลดลงกระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q1 จึงเกิดขึ้นได้โดยไหลจากแรงดันแหล่งจ่ายไฟ  $+V_{CC}$  ส่งผ่าน  $R_C$  ไหลเข้าไปที่ขาคอลเล็กเตอร์ออกไปที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ไปครอบคลุมกับกราวด์ซึ่งเป็นแรงดันไฟลบของวงจร ลักษณะเช่นนี้คือลักษณะการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q1 เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{BQ1}$ ) มีค่าประมาณ 0.6-0.7 โวลท์ แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อมมีค่าน้อยกว่าแรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลท์อย่างแน่นอน คือกำหนดแรงดันชุด V2 เท่ากับ 6 โวลท์ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

1. แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลท์ มีค่าเท่ากับแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  รวมกับแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  รวมกับแรงดันที่ขาเบสเทียบกับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ดังนั้น  $V_{CC} = 12V = V_{RC} + V_{RB} + V_{BEQ1}$  (ซึ่งแรงดัน  $V_{RC}$  มีค่าเท่ากับ  $I_E \cdot R_C$  ส่วนแรงดัน  $V_{RB}$  มีค่าเท่ากับ  $I_B \cdot R_B$ )
  2. แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลท์ มีค่าเท่ากับแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ( $V_{RC}$ ) รวมกับแรงดันตกคร่อมระหว่างขาคอลเล็กเตอร์กับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{CEQ1}$ ) ดังนั้น  $V_{CC} = 12V = V_{RC} + V_{CEQ1}$  (ซึ่งแรงดันตกคร่อม  $R_C = I_E \cdot R_C$ )
  3. อัตราขยายกระแส ( $b$ ) =  $I_C / I_B$
- ที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นการทำงานของวงจรในรูปที่ 11ก. เมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงานในสภาวะปกติ ซึ่งรูปที่ 11ข. - 11 ฉ.



รูปที่ 11 : ก) แสดงวงจรไบอัสคั้งที่เมื่อ Q1 (NPN) อยู่ในสภาวะปกติ  
 ข) แสดง Q1 ขาดทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอิมิตเตอร์  
 ค) แสดง  $R_C$  ขาดจากวงจร  
 ง) แสดง  $R_B$  ขาดจากวงจร  
 จ) แสดง Q1 ขาดทางขาเบสกับขาอิมิตเตอร์  
 ฉ) แสดง Q1 ถัดวงจรทางขาเบสกับขาอิมิตเตอร์ของ

เป็นการสมมุติอาการเสียต่างๆ เรามาดูกันว่าแรงดันและกระแสในวงจรเปลี่ยนแปลงเช่นไรสามารถนำหลักการไปใช้ในงานซ่อมได้มีดังต่อไปนี้

จากวงจรในรูปที่ 11ข. เป็นการสมมุติให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอิมิตเตอร์ของตัวมัน ลักษณะอาการเช่นนี้ กระแสเบสอินพุทของทรานซิสเตอร์ Q1 สามารถไหลได้เป็นปกติ แรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{BQ1}$ ) ซึ่งก็คือแรงดันชุด V1 จึงมีแรงดันไฟประมาณ 0.6-0.7 โวลต์ แต่ทว่ากระแสเข้าที่พู่ซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจไหลขึ้นได้ จึงทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ( $V_{RC}$ ) มีค่าศูนย์โวลท์ ส่งผลให้ค่าความต้านทานและแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์เทียบกับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์

Q1 ( $V_{CEQ1}$ ) ซึ่งเป็นชุดแรงดัน  $V_2$  จึงมีค่าแรงดันสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์

จากวงจรในรูปที่ 11ค. สมมุติให้ตัวต้านทาน  $R_C$  ที่ทำหน้าที่จำกัดกระแสเอาต์พุตซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดการขาดวงจร กรณีอย่างนี้ทั้งกระแสเบสอินพุตและกระแสคอลเล็กเตอร์เอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่สามารถที่จะมีขึ้นได้ ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ( $V_{RC}$ ) จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือแรงดัน 12 โวลต์ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{BQ1}$ ) ซึ่งเป็นแรงดันชุด  $V_1$  มีค่าเป็นศูนย์ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  มีค่าเป็นศูนย์ และในทำนองเดียวกัน แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์เทียบกับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีแรงดันศูนย์โวลต์เช่นเดียวกัน

จากวงจรในรูปที่ 11ง. สมมุติว่าตอนนี้ตัวต้านทาน  $R_B$  เกิดขาดวงจรเพียงตัวเดียว ลักษณะอาการเช่นนี้ กระแสเบสอินพุตของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจที่จะมีได้เพราะตัวต้านทาน  $R_B$  ได้ขาดวงจรไปแล้ว จึงทำให้ลูกระแสเบสอินพุตไม่ครบวงจรกับกราวด์ ส่งผลให้ค่าความต้านทานที่ขาคอลเล็กเตอร์ เมื่อเทียบกับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าสูงขึ้น แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีค่าสูงตามไปด้วย ดังนั้นแรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{BQ1}$ ) ซึ่งเป็นแรงดันชุด  $V_1$  จึงไม่มีไฟแรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  ( $V_{RB}$ ) มีไฟสูงเท่ากับ 12 โวลต์ แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ( $V_{RC}$ ) จึงได้ศูนย์โวลต์ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์เมื่อเทียบกับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{CEQ1}$ ) ที่เป็นแรงดันชุด  $V_2$  จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือแรงดันไฟ 12 โวลต์

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 11 จ. เราสมมุติให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดวงจรทางขาเบสกับขาอีมีเตอร์ของตัวเองนั้น ลักษณะเช่นนี้ ลูป (Loop) กระแสเบสอินพุตไม่สามารถไหลไปครบวงจรกับกราวด์ได้ พุดง่ายๆ ว่า กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่ไหล ส่งผลให้ค่าความต้านทานที่ขาคอลเล็กเตอร์เทียบกับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ( $V_{RC}$ ) ไม่มีแรงดันไฟแม้แต่โวลต์เดียว เพราะตอนนี้ กระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลไม่ได้ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  ( $V_{RB}$ ) จึงได้แรงดันศูนย์ ส่งผลทำให้แรงดันที่ขาเบสเมื่อเทียบกับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งก็คือแรงดันชุด  $V_1$  จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือแรงดัน 12 โวลต์ นั่นหมายความว่าตอนนี้แรงดันไฟระหว่างขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันไฟชุด  $V_2$  จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์

เมื่อเราสมมุติให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดลัดวงจรทางขาเบสกับขาอีมีเตอร์ของตัวเองนั้น ทรานซิสเตอร์ดังกล่าว ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 11 ฉ. กรณีเช่นนี้ กระแสเบสอินพุตของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจไหลได้ แรงดันไฟที่ขาเบสของ Q1 ย่อมมีค่าเท่ากับแรงดันที่ขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันไฟชุด  $V_1$  จึงมีไฟศูนย์โวลต์ จึงทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  มีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือมีไฟ 12 โวลต์ เมื่อกระแสเบสอินพุตของทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่ไหล ย่อมส่งผลให้ค่าความต้านทานและแรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าสูง ดังนั้นแรงดันไฟชุด  $V_2$  จึงมีไฟสูงตามไปด้วยคือมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่าย

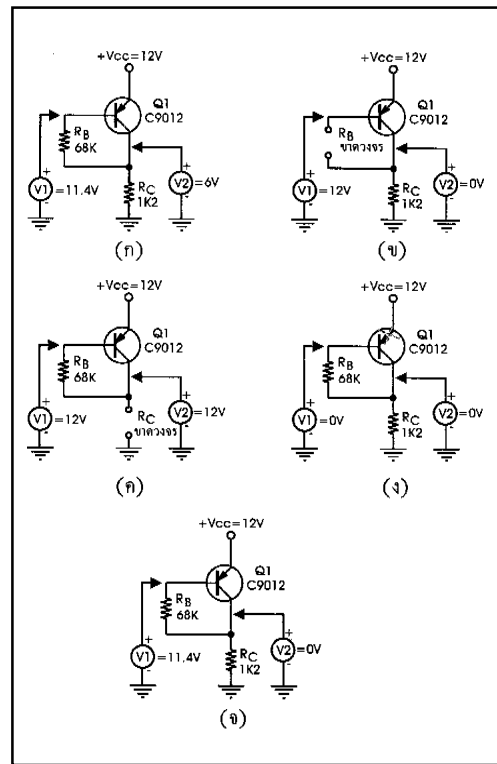
ผลให้ค่าความต้านทานที่ขาคอลเล็กเตอร์เทียบกับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ( $V_{RC}$ ) ไม่มีแรงดันไฟแม้แต่โวลต์เดียว เพราะตอนนี้ กระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลไม่ได้ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  ( $V_{RB}$ ) จึงได้แรงดันศูนย์ ส่งผลทำให้แรงดันที่ขาเบสเมื่อเทียบกับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งก็คือแรงดันชุด  $V_1$  จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือแรงดัน 12 โวลต์ นั่นหมายความว่าตอนนี้แรงดันไฟระหว่างขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันไฟชุด  $V_2$  จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์

**วงจรไบอัสตัวเองของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP**

วงจรไบอัสของทรานซิสเตอร์ไม่ได้มีเพียงทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เท่านั้น ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ก็สามารถนำมาทำเป็นวงจรไบอัสได้เช่นกัน โดยวงจรไบอัสตัวเองของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP นี้แสดงอยู่ในรูปที่ 12ก.

จากวงจรในรูปที่ 12ก. เป็นวงจรของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ วงจรไบอัสแบบนี้จัดอยู่ในคอมมอนอีมีเตอร์ โดยตัดคาปาซิเตอร์คัปปลิงอินพุตและคาปาซิ-

เตอร์คัปปลิงเอาต์พุตออกไป เพราะเราพิจารณาเฉพาะแรงดันไฟที่ขาเบสที่นั่น แรงดันไฟเลี้ยงวงจรมีค่าเท่ากับ 12 โวลต์ กระแสเบสทางด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อมไหลจากแรงดันไฟ  $+V_{CC}$  ที่มีค่าเท่ากับ 12 โวลต์ ไหลเข้าไปที่ขาอีมีเตอร์ออกไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ดังกล่าว ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  กับ  $R_C$  ไปครบวงจรกับกราวด์ซึ่งเป็นแรงดันไฟลบของวงจร กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลได้แล้ว ย่อมทำให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกัน มีค่าลดต่ำลง กระแสคอลเล็กเตอร์ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ Q1 สามารถไหลได้โดยไหลจากแรงดันแหล่งจ่ายที่มีค่าเท่ากับ 12 โวลต์ ส่งผ่านขาอีมีเตอร์ออกไปที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าว ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_C$  ไปครบวงจรกับกราวด์ที่ทรานซิสเตอร์ Q1 ย่อม-



รูปที่ 12 : ก) แสดงวงจรไบอัสคงที่เมื่อ Q1 (NPN) อยู่ในสภาวะปกติ  
 ข) แสดง Q1 ขาดทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมีเตอร์  
 ค) แสดง  $R_C$  ขาดจากวงจร  
 ง) แสดง  $R_B$  ขาดจากวงจร  
 จ) แสดง Q1 ขาดทางขาเบสกับขาอีมีเตอร์  
 ฉ) แสดง Q1 ลัดวงจรทางขาเบสกับขาอีมีเตอร์ของ

เกิดการนำกระแสได้ จึงทำให้แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันชุด V1 มีค่าแรงดันน้อยกว่าแรงดันที่ขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวอยู่ถึง 0.6 โวลท์ ซึ่งก็คือแรงดัน 11.4 โวลท์ จึงส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกันซึ่งเป็นแรงดันชุด V2 มีค่าเท่ากับ 6 โวลท์ นั้นหมายความว่าแรงดันไฟที่ขาอีมิเตอร์เมื่อเทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีแรงดัน 6 โวลท์ด้วยเช่นกัน สามารถเขียนสมการลูป (Loop) กระแสอินพุทและเอาท์พุทได้ดังนี้

1. แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลท์ มีค่าเท่ากับแรงดันที่ขาอีมิเตอร์เทียบกับแรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 รวมกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>B</sub> รวมกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> จะได้ V<sub>CC</sub> = 12V = V<sub>EBQ1</sub> + V<sub>RB</sub> + V<sub>RC</sub> ; ค่าของ V<sub>RB</sub> = I<sub>B</sub>·R<sub>B</sub> ส่วนค่าของ V<sub>RC</sub> = I<sub>E</sub>·R<sub>C</sub> = (b + 1) I<sub>B</sub>R<sub>C</sub>

2. แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลท์ ย่อมมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub>(V<sub>RC</sub>) รวมกับแรงดันที่ตกคร่อมระหว่างขาอีมิเตอร์กับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จะได้ V<sub>CC</sub> = 12V = V<sub>RC</sub> + V<sub>ECQ1</sub> ; ค่าของ V<sub>RC</sub> = (b + 1)I<sub>B</sub>R<sub>C</sub>

3. อัตราขยายกระแส (b) = I<sub>C</sub>/I<sub>B</sub> ซึ่งก็คืออัตราส่วนของกระแสเอาท์พุทซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ต่อกระแสอินพุทที่เป็นกระแสเบสนั่นเอง

วงจรในรูปที่ 12ข. - รูปที่ 12 จ. เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์ถึงอาการเสีย ว่าถ้ามีอาการเสียเกิดขึ้นย่อมทำให้ค่าของแรงดันและกระแสเปลี่ยนไปตัวอย่างเช่นวงจรในรูปที่ 12ข. ตอนนี้เราสมมุติให้ตัวต้านทาน R<sub>B</sub> ขาดวงจรเพียงตัวเดียว กรณีเช่นนี้ทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่อาจที่จะมีกระแสเบสไหลได้ เพราะกระแสเบสไม่สามารถไหลไปครบวงจรกับกราวด์ได้ เพราะว่าตัวต้านทาน R<sub>B</sub> ขาดวงจร จึงทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>B</sub> (V<sub>RB</sub>) มีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่าย แรงดันที่ขาอีมิเตอร์เมื่อเทียบกับขาเบสของทราน

ซิสเตอร์ Q1 จะไม่มีแรงดันไฟ ส่วนแรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> (V<sub>RC</sub>) ไม่มีแรงดันไฟปรากฏ จึงสรุปได้ว่าตอนที่ทรานซิสเตอร์ Q1 กระแสเบสไหลไม่ได้ ส่งผลให้ค่าความต้านทานและแรงดันไฟที่ขาอีมิเตอร์กับขาคอลเล็กเตอร์ของ Q1 มีค่าสูงขึ้น ทำให้แรงดันไฟชุด V2 มีแรงดันศูนย์โวลท์หรือไม่มีไฟนั่นเองจึงส่งผลให้แรงดันชุด V1 มีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลท์

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 12ค. เราสมมุติให้ตัวต้านทาน R<sub>C</sub> ขาดวงจร สภาพของทรานซิสเตอร์ Q1 จะไม่นำกระแส เพราะกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลไม่ได้ คือมันไม่สามารถไหลไปครบวงจรกับกราวด์ได้ ส่งผลให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> มีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายคือแรงดัน 12 โวลท์ แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>B</sub> จะไม่มีแรงดันตกคร่อม ส่งผลให้แรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 (แรงดันชุด V1) จึงมีค่าเท่ากับแรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>B</sub> รวมกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> ดังนั้นแรงดันชุด V1 จึงมีค่าเท่ากับ 12 โวลท์ เมื่อกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลไม่ได้ กระแสเอาท์พุทซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวไม่สามารถไหลได้เช่นกัน แรงดันไฟชุด V2 ซึ่งเป็นแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีไฟสูงคือ 12 โวลท์ ส่งผลให้แรงดันไฟระหว่างขาอีมิเตอร์กับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกันจึงไม่มีแรงดันไฟ

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 12ง. โดยเราสมมุติให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดทางขาอีมิเตอร์กับขาเบส กรณีเช่นนี้ย่อมทำให้กระแสและแรงดันไฟในวงจรเปลี่ยนไป กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจไหลได้ ตัวต้านทาน R<sub>B</sub> และตัวต้านทาน R<sub>C</sub> จึงไม่มีแรงดันไฟ เพราะว่าค่าของกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกันก็ไม่อาจที่จะไหลได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นแรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันชุด V1 จึงไม่มีแรงดันไฟ ส่งผลให้แรงดันที่ขาอีมิเตอร์เมื่อเทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ดังกล่าว

จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลท์ เมื่อกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจไหลได้ ย่อมทำให้ค่าความต้านทานที่ขาอีมิเตอร์กับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีค่าสูงขึ้น แรงดันไฟที่ขาดังกล่าวจึงมีค่าสูงขึ้นด้วย เราจึงสรุปว่าแรงดันไฟชุด V1 ซึ่งเป็นแรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเท่ากับศูนย์ แรงดันไฟชุด V2 ซึ่งเป็นแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q1 จึงไม่มีไฟด้วยเช่นกัน

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 12 จ. ตอนนี้เราสมมุติให้เกิดขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ค่าของกระแสและแรงดันไฟในวงจรย่อมเปลี่ยนแปลงไปอย่างแน่นอน ค่าของกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลได้ตามปกติ แต่ทว่ากระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกัน มีอาจไหลได้ แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R<sub>C</sub> (แรงดันไฟชุด V2) จึงไม่มีแรงดันไฟ ลักษณะอย่างนี้จึงทำให้แรงดันที่ขาอีมิเตอร์เมื่อเทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวมีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่าย ซึ่งแรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 (แรงดันไฟชุด V1) จึงมีค่าแรงดันน้อยกว่าแหล่งจ่ายประมาณ 0.6 โวลท์ จึงทำให้แรงดันชุด V1 มีค่าเท่ากับ 11.40 โวลท์

และนั่นคือแนวทางในการตรวจเช็คสำหรับวงจรเชฟฟ์ โบ๊ส แต่บางทีเวลานานไปปฏิบัติแล้ว ค่าที่ได้จะไม่ตรงตามหลักการมากนัก แต่จะมีค่าใกล้เคียงกันอย่างแน่นอน เพราะว่าโวลท์มิเตอร์แต่ละตัวที่เราทำการวัดมีค่าความไวต่างกัน ซึ่งคุณสมบัติของโวลท์มิเตอร์เราก็น่าจะรู้กันอยู่แล้ว จะต้องมีความต้านทานสูงมาก ถึงจะทำให้การวัดแรงดันไม่เกิดการผิดพลาดมากนัก แต่ถ้าเมื่อใดท่านนำดีซีโวลท์มิเตอร์ที่มีค่าความต้านทานภายในต่ำ ลักษณะอย่างนี้ย่อมทำให้การวัดแรงดันไฟเกิดความผิดพลาดขึ้นอย่างแน่นอน

**วงจรตัวต้านทานอีมิเตอร์ไบอัสของทรานซิสเตอร์ NPN**

วงจรไบอัสแบบที่ 3 นี้เรียกว่า วงจร-

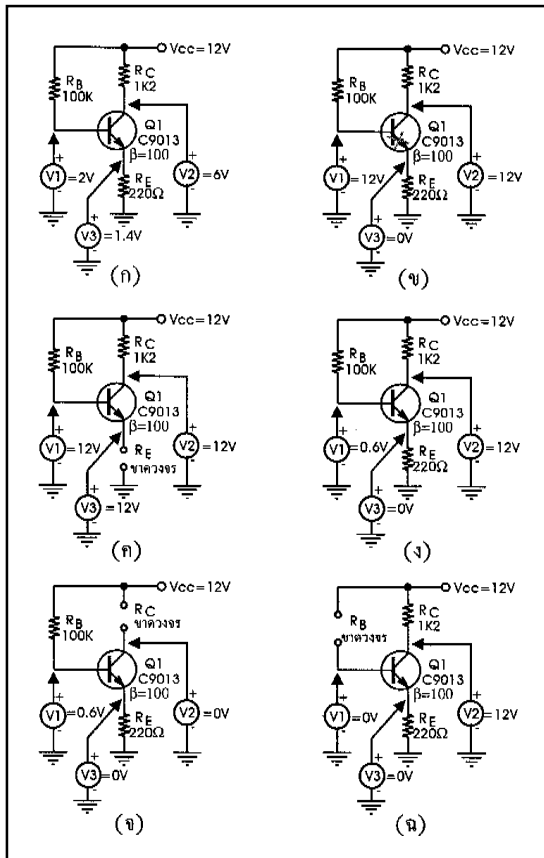
ไบอัสใช้ตัวต้านทานอิมิตเตอร์ต่ออยู่ทางขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 13ก. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ได้ถูกจัดไบอัสชนิดนี้ไว้  $R_E$  มีไว้เพื่อมิให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ร้อนเร็วเกินไป เป็นการควบคุม Q1 ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น วงจรที่อยู่ในรูปที่ 13ก. ถือได้ว่าเป็นที่นิยมและแพร่หลายมากในวงจรขยายเสียงเช่นปริแอมป์, ปรีโทนต่างๆ เป็นต้น ตัวต้านทาน  $R_B$  ทำหน้าที่จำกัดกระแสเบสอินพุทให้กับทรานซิสเตอร์ Q1 กล่าวคือถ้า  $R_B$  มีค่าน้อยเกินไป การควบคุมการไหลของกระแสเบสจะมีค่ามากขึ้น แต่ถ้า  $R_B$  มีค่ามากเกินไป กระแสอินพุทซึ่งเป็นกระแสเบสจะไหลได้น้อยลง ตัวต้านทาน  $R_C$  ทำหน้าที่จำกัดกระแสเอาต์พุทที่เป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ และตัวต้านทาน  $R_E$  เรียกว่า ตัวต้านทานอิมิตเตอร์ไบอัส (Bias emitter resistor) ทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพในการไบอัสหรือเป็นการป้องกันการอิมิตตัวของทรานซิสเตอร์ Q1 นั้นเอง

จากวงจรในรูปที่ 13ก. เส้นทางกระแสเบสทางด้านอินพุท ย่อมสามารถที่จะไหลจากแรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลท์ซึ่งเป็นแรงดัน  $+V_{CC}$  ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  เข้าไปที่ขาเบสออกไปยังขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_E$  ไปครบวงจรกับกราวด์ซึ่งเป็นแรงดันไฟลบของระบบ สภาพตอนนี้ Q1 มีกระแสเบสไหลแล้ว ย่อมส่งผลให้ค่าความต้านทานและแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์เมื่อเทียบกับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าลดลง กระแสคอลเล็กเตอร์ที่เป็นกระแสเอาต์พุทของทรานซิสเตอร์ดังกล่าว ย่อมสามารถที่จะไหลได้ โดยไหลจากแรงดันไฟ  $+V_{CC}$  ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_C$  ไหลเข้าไปที่ขาคอลเล็กเตอร์ออกไปยังขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกัน ไหลผ่านตัวต้านทาน  $R_E$  ไปครบวงจรกับแรงดันไฟลบ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงานในสภาวะปกติลักษณะเช่นนี้ยอมทำให้แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันไฟชุด V1 มีค่าแรงดันประมาณ 2 โวลท์ โดยแรงดันไฟชุด V1 นี้มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันที่ตก

คร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  รวมกับแรงดันที่ขาเบสเทียบกับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวอีกประมาณ 0.6 โวลท์ ส่วนแรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกันซึ่งเป็นแรงดันไฟชุด V2 มีค่าแรงดันไฟประมาณ 6 โวลท์ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  จึงมีแรงดัน 6 โวลท์ และแรงดันชุดที่ 3 (V3) ซึ่งเป็นแรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 หรือเป็นแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  ก็ไม่ผิดแต่ประการใด ดังนั้นแรงดันชุด V3 จึงมีแรงดันน้อยกว่าแรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 อยู่ประมาณ 0.6 โวลท์คือมีแรงดัน 1.4 โวลท์ สามารถนำหลักการดังกล่าวมาเขียนเป็นสมการตามกฎว่าด้วยแรงดันไฟฟ้าที่กล่าวว่า ผลรวมของแรงดันในวงจรรอบปิดมีค่าเท่ากับศูนย์หรือแรงดันที่แหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับแรงดันที่โหลดแต่ละโหลดรวมกันได้ดังนี้

1. พิจารณาลูฟอินพุทที่เป็นกระแสเบส จะพบว่าแรงดันแหล่งจ่ายไฟ  $+V_{CC}$  ที่มีค่าเท่ากับ 12 โวลท์ยอมมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  ( $V_{RB}$ ) รวมกับแรงดันไฟที่ขาเบสเมื่อเทียบกับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 รวมกับแรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าว ดังนั้น  $V_{CC} = 12V = V_{RB} + V_{BEQ1} + V_{EQ1}$  โดยที่ค่าของ  $V_{RB}$  มีค่าเท่ากับ  $I_B \cdot R_B$  ส่วนค่า  $V_{BEQ1}$  เป็นค่าคงที่มีค่าประมาณ 0.6-0.7 โวลท์ และค่าของ  $V_{EQ1}$  คือค่าของกระแสอิมิตเตอร์คูณกับ  $R_E$  จะได้  $V_{EQ1} = I_E \cdot R_E$

2. แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  ( $V_{RE}$ ) รวมกับแรงดันไฟที่ขาเบสเมื่อเทียบกับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จะได้  $V_{BQ1} = V_{BEQ1} + V_{EQ1}$ ;  $V_{EQ1} = V_{RE} = I_E \cdot R_E$  (สังเกตว่าแรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวจะต้องมีค่าน้อยกว่าแรงดันไฟที่ขาเบสของ



รูปที่ 13 : ก) แสดงวงจรตัวต้านทานอิมิตเตอร์ไบอัสเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานปกติ

- ข) แสดงขาเบสกับขาอิมิตเตอร์ของ Q1 ขาดวงจร
- ค) แสดงตัวต้านทาน  $R_E$  ขาดจากวงจร
- ง) แสดงทรานซิสเตอร์ Q1 ขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์
- จ) แสดงตัวต้านทาน  $R_C$  ขาดจากวงจร
- ฉ) แสดงตัวต้านทาน  $R_B$  ขาดจากวงจร

ทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกันประมาณ 0.6-0.7 โวลท์เสมอ)

3. ค่าของกระแสอิมิตเตอร์ ( $I_E$ ) มีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสเบสทางด้านอินพุท ( $I_B$ ) รวมกับกระแสคอลเล็กเตอร์ ( $I_C$ ) ทางด้านเอาต์พุท จะได้  $I_E = I_C + I_B$ ; ค่าของ  $I_C = bI_B$  ดังนั้น  $I_E = bI_B + I_B = (b + 1) I_B$

4. พิจารณาลูฟกระแสเอาต์พุทซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์ พบว่าแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ  $+V_{CC}$  ที่มีค่าเท่ากับ 12 โวลท์ มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ( $V_{RC} = I_C \cdot R_C$ ) รวมกับแรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์เมื่อเทียบกับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{CEQ1}$ ) รวมกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  ( $V_{RE} = I_E \cdot R_E$ )

จะได้  $V_{CC} = 12V = I_C \cdot R_C + V_{CEQ1} + I_E \cdot R_E$   
 สมมุติว่าวงจรอาร์มีเตอร์ไบอัส  
 ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่แสดงไว้ในรูปที่  
 13ก. เกิดมีปัญหา เราจะตรวจสอบแรงดันและ  
 กระแสที่เปลี่ยนแปลงในวงจรได้อย่างไร  
 เพราะถ้าเราวิเคราะห์แรงดันไฟในวงจรได้เรา  
 ก็ารู้ตัวเสียทันที ซึ่งวงจรที่อยู่ในรูปที่ 13ข.  
 - รูปที่ 13จ. เป็นการสมมุติเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น  
 เมื่อพิจารณาและวิเคราะห์วงจรในแต่ละวงจร  
 สามารถกระทำดังนี้

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 13ข. เรา  
 สมมุติให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดวงจรถ่าง  
 ขาเบสกับขาคอเล็กเตอร์ เราวิเคราะห์ได้ว่า  
 ตอนนี้อยู่ที่สถานะอินพุตของทรานซิสเตอร์ Q1  
 ไม่มีทางไหลขึ้นมาได้เป็นเพราะเงื่อนไขที่สมมุติ  
 ขึ้นนั้นคือขาเบส-อิมิตเตอร์ของ Q1 ขาดวงจรถ่าง  
 ทำให้แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$   
 ( $V_{RB}$ ) มีค่าเป็นศูนย์ แรงดันไฟที่ขาเบสเทียบ  
 กับขาคอเล็กเตอร์ ( $V_{BEQ1}$ ) ของทรานซิสเตอร์  
 Q1 จึงมีแรงดันไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายคือแรง  
 ดัน 12 โวลต์ เมื่อกระแสเบสไม่สามารถไหล  
 ได้ กระแสคอลเล็กเตอร์ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุต  
 ก็ไม่สามารถไหลได้เช่นกัน แรงดันไฟตกคร่อม  
 ตัวต้านทาน  $R_E$  จึงไม่มีแรงดันไฟ แรงดันที่  
 ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  เป็นแรงดันชุดเดียวกับ  
 V3 แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์  
 Q1 ( $V_{BQ1}$ ) เป็นแรงดันชุด V1 จึงมีแรงดัน  
 ไฟสูงเท่ากับ 12 โวลต์ แรงดันไฟตกคร่อมตัว  
 ต้านทาน  $R_C$  ไม่มีแรงดันไฟตกคร่อมอยู่เลย  
 แม้แต่โวลต์เดียว จึงส่งผลให้แรงดันชุด V2  
 ซึ่งเป็นแรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์เทียบกับ  
 กราวด์มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย 12 โวลต์ทันที

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 13ค. พบว่า  
 เราสมมุติให้ตัวต้านทาน  $R_E$  เกิดขาดวงจรถ่าง  
 แนนอนค่ากระแสและแรงดันไฟในวงจรย่อม  
 เปลี่ยนแปลง โดยเราสามารถที่จะวิเคราะห์ได้  
 ว่า ทั้งกระแสเบสอินพุตและกระแสคอลเล็ก  
 เตอร์เอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่  
 สามารถที่จะมีขึ้นได้ ทำให้แรงดันไฟที่ตกคร่อม  
 ตัวต้านทาน  $R_B$  มีค่าเป็นศูนย์ ( $V_{RB} = 0V$ )  
 แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1  
 ( $V_{BQ1}$ ) ซึ่งเป็นแรงดันชุด V1 มีค่าเท่ากับ 12

โวลต์ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  มี  
 ค่าเท่ากับศูนย์ ทำให้แรงดันไฟที่ขาคอลเล็ก  
 เตอร์ซึ่งเป็นแรงดันชุด V2 มีค่าเท่ากับแหล่ง  
 จ่าย และแรงดันไฟที่ขาคอเล็กเตอร์ของ  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่าย

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 13จ. โดย  
 สมมุติให้เกิดการขาดวงจรถ่างขาคอลเล็กเตอร์  
 กับขาคอเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 พบว่า  
 ตอนนี้อยู่ที่สถานะอินพุตยังคงไหลได้ตามปกติ  
 แต่ที่แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$   
 มีแรงดันต่ำมาก (เหตุที่  $V_{RE}$  มีค่าต่ำลง เพราะ  
 ที่กล่าวมาแล้วว่า  $V_{RE} = I_E \cdot R_E$  แต่ตอนนี้  $V_{RE}$   
 จึงกลายเป็น  $I_B \cdot R_E$  เลยทำให้  $V_{RE}$  มีค่า  
 ต่ำลงดังเหตุผลที่กล่าวมา) ดังนั้นแรงดันไฟชุด  
 V3 จึงมีค่าเป็นศูนย์ แรงดันไฟที่ขาเบสของ  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 (แรงดันชุด V1) มีค่าเท่า  
 กับ  $V_{BEQ1} + V_{RE}$  แต่ที่ตอนนี้  $V_{RE} =$   
 $0V$  เลยทำให้แรงดันชุด V1 จึงมีค่าเท่ากับ  
 แรงดัน  $V_{BEQ1}$  คือแรงดันประมาณ 0.6-0.7  
 โวลต์ แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$   
 ( $V_{RB}$ ) จึงมีค่าเท่ากับแรงดันแหล่งจ่ายที่มีค่า  
 12 โวลต์ ลบกับแรงดันไฟที่ขาเบสของ  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผลให้  $V_{RB}$  มีค่าเท่า  
 กับ  $12V - 0.6V$  เท่ากับ 11.4V เมื่อ  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 เกิดขาดวงจรถ่างขาคอล  
 เล็กเตอร์กับขาคอเล็กเตอร์ กระแสคอลเล็กเตอร์  
 ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตของ Q1 ไม่สามารถไหล  
 ได้ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  
 $R_C$  มีค่าเป็นศูนย์ ( $V_{RC} = 0V$ ) แรงดันไฟที่  
 ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 เป็น  
 แรงดันชุดเดียวกับ V2 มีค่าแรงดันสูงเท่ากับ  
 แหล่งจ่าย ( $V_{CQ1} = 12V$ ) ซึ่งแรงดันไฟที่ขา  
 คอลเล็กเตอร์เมื่อเทียบกับขาคอเล็กเตอร์ของ  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{CEQ1}$ ) จึงมีค่าเท่ากับ 12  
 โวลต์ด้วย

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 13จ. พบว่า  
 เราสมมุติให้ค่าความต้านทานของ  $R_C$  เกิดขาด  
 และยึดค่า ตอนนี้อยู่ที่ทรานซิสเตอร์ Q1 มีเพียง  
 กระแสเบสอินพุตไหลได้อย่างเดียว ส่วนกระ  
 แสคอลเล็กเตอร์ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตไม่  
 สามารถไหลได้ เมื่อพิจารณาลูกพวงจรถ่างด้าน  
 อินพุต สามารถวิเคราะห์ได้ว่า แรงดันไฟตก

คร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  ( $V_{RE}$ ) ตอนนี้มีค่าเท่า  
 กับกระแสเบสคูณกับตัวต้านทาน  $R_E$  เท่านั้น  
 ( $V_{RE} = I_B \cdot R_E$ ) ซึ่งแรงดัน  $V_{RE}$  ตอนนี้มีค่า  
 ต่ำมากคือ เราถือว่า  $V_{RE} = 0V$  นั้นหมาย  
 ความเป็นว่าแรงดันไฟชุด V3 จึงมีค่าเท่ากับศูนย์  
 โวลต์ตามไปด้วย แรงดันที่ขาเบสของ  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 เป็นแรงดันชุด V1 มีค่า  
 เท่ากับ  $V_{BEQ1} + V_{RE}$  แต่ที่ตอนนี้  $V_{RE}$   
 ตอนนี้มีค่าเป็นศูนย์ เลยทำให้แรงดันไฟที่ขา  
 เบสของทรานซิสเตอร์ดังกล่าว จึงมีค่าเท่ากับ  
 แรงดัน  $V_{BEQ1}$  มีค่าประมาณ 0.6-0.7 โวลต์  
 แต่เมื่อพิจารณาลูกพวงจรถ่างด้านเอาต์พุต  
 สังเกตว่า กระแสคอลเล็กเตอร์ของทราน  
 ซิสเตอร์ Q1 ไม่ไหลในวงจร แรงดัน  $V_{RE} =$   
 $0V$  แรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์เทียบกับขาคอ  
 เล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกัน มีค่า  
 เท่ากับศูนย์โวลต์ นั้นหมายความว่าแรงดันชุด  
 V2 ซึ่งเป็นแรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีแรงดันเท่ากับศูนย์  
 โวลต์ตามไปด้วย ส่งผลให้แรงดันแหล่งจ่ายไฟ  
 12 โวลต์ ไปตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  เพียง  
 ตัวเดียว ( $V_{RC} = 12V$ )

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 13จ. ตอนนี  
 เราสมมุติให้ตัวต้านทาน  $R_B$  เกิดขาดวงจรถ่าง  
 เพียงตัวเดียว (เมื่อไปตรวจสอบวงจรจริงตัว  
 ต้านทาน  $R_B$  ส่วนใหญ่เสียหายน้อยที่สุด)  
 พบว่ากระแสเบสอินพุตไม่สามารถไหลได้  
 ลักษณะเช่นนี้ทำให้ค่าความต้านทานที่ขาคอล  
 เล็กเตอร์เมื่อเทียบกับขาคอเล็กเตอร์ของ  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้แรงดัน  
 ไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q1 มีค่าสูงขึ้นด้วย  
 กระแสคอลเล็กเตอร์ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตไม่  
 ไหลในวงจร พิจารณาลูกพวงจรถ่างด้านอินพุต  
 สังเกตว่าตอนนี้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  
 $R_B$  ( $V_{RB}$ ) มีค่าเท่ากับแรงดันแหล่งจ่าย 12  
 โวลต์ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาเบสเมื่อเทียบกับ  
 ขาคอเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{BEQ1}$ )  
 มีค่าเป็นศูนย์ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  
 $R_E$  ตอนนี้มีค่าเท่ากับศูนย์ ( $V_{RE} = 0V$ ) นั้น  
 หมายความว่าแรงดันชุด V1 ซึ่งเป็นแรงดัน  
 ไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวจึงมีแรง  
 ดันเท่ากับศูนย์ ส่งผลให้แรงดันไฟชุด V3 มี

ค่าเท่ากับศูนย์ และเมื่อพิจารณาอุปกรณ์กระแสทาง-  
 ด้านเข้าที่พบว่ากระแสคอลเล็กเตอร์ไม่ไหล-  
 ในวงจร แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$   
 ( $V_{RC}$ ) มีค่าเป็นศูนย์ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขา-  
 คอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 (แรงดัน-  
 ไฟชุด V2) มีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายคือ 12 โวลต์

**วงจรตัวต้านทานอีมิเตอร์ไบอัส-  
 ของทรานซิสเตอร์ PNP**

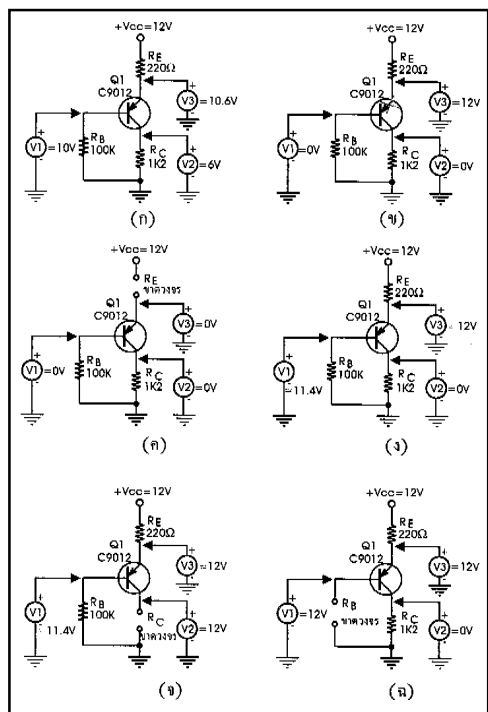
อย่างที่กล่าวมาแล้วตั้งแต่ตอนต้นว่า  
 วงจรไบอัสของทรานซิสเตอร์ สามารถจัดได้ทั้ง-  
 ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และชนิด PNP  
 การไบอัสของทรานซิสเตอร์ก็คือการกำหนดจุด-  
 ทำงานให้กับทรานซิสเตอร์อย่างเหมาะสมและ-  
 ถูกต้อง ซึ่งวงจรอาร์อีมิเตอร์ไบอัสหรือวงจร-  
 ตัวต้านทานอีมิเตอร์ไบอัสของทรานซิสเตอร์-  
 ชนิด PNP แสดงไว้ในรูปที่ 14

จากวงจรในรูปที่ 14 เราพิจารณา-  
 เฉพาะแรงดันไฟตรงที่อยู่ในวงจรเท่านั้นมิได้-  
 พิจารณาในส่วนของสัญญาณเสียงทางด้าน-  
 อินพุตและเอาต์พุต จึงทำการตัดคาปาซิเตอร์  
 คัปปลิ่งอินพุตและคาปาซิเตอร์คัปปลิ่งเอาต์  
 พูตออกไปจากวงจร เหตุที่กระทำเช่นนี้เพื่อ-  
 กรณีศึกษาหากว่าอุปกรณ์ในวงจรที่กล่าวมา-  
 เกิดอาการผิดปกติขึ้นเราจะเช็คได้อย่างไรว่า-  
 อุปกรณ์ตัวไหนเสีย ซึ่งวงจรไบอัสจะสมบูรณ์-  
 และถูกต้องนั้นจำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟจ่ายให้-  
 กับวงจร มีตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสในการ-  
 ไบอัส และทรานซิสเตอร์ต้องอยู่ในภาวะปกติ  
 แต่ถ้าอุปกรณ์ที่กล่าวมาเกิดผิดปกติย่อมทำให้-  
 วงจรเหล่านั้นไม่สามารถทำงานได้

เมื่อพิจารณาวงจรอาร์อีมิเตอร์ไบอัส-  
 อัสในรูปที่ 14ก. แสดงให้เห็นว่าวงจรอยู่ใน-  
 สภาวะปกติมีตัวต้านทาน  $R_B$  ทำหน้าที่จำกัด-  
 กระแสเบสอินพุตให้กับทรานซิสเตอร์ Q1  
 ตัวต้านทาน  $R_E$  ทำหน้าที่จำกัดกระแสอีมิ-  
 เตอร์ (กระแสอีมิเตอร์มีค่าประมาณเท่ากับ-  
 กระแสคอลเล็กเตอร์) ตัวต้านทาน  $R_C$   
 ทำหน้าที่จำกัดกระแสคอลเล็กเตอร์ให้กับ-  
 ทรานซิสเตอร์ดังกล่าว เนื่องจากว่าทราน-  
 ซิสเตอร์ Q1 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ขาอี-  
 มิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวต้องได้แรง-

ดันไฟบวกสูงสุด แรงดันไฟลบสูงสุดได้แก่ขา-  
 คอลเล็กเตอร์ แรงดันไฟที่ขาเบสจะต้องเป็นลบ-  
 เมื่อเทียบกับขาอีมิเตอร์เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะ-  
 ปกติ แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1  
 ซึ่งเป็นแรงดันชุด V1 มีค่าเท่ากับ 10 โวลต์  
 แรงดันไฟชุด V2 เป็นแรงดันที่ขาคอลเล็ก-  
 เตอร์มีค่าเท่ากับ 6 โวลต์ แรงดันไฟชุดที่ 3  
 (V3) คือแรงดันที่ขาอีมิเตอร์ของทรานซิส-  
 เตอร์ดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 10.6 โวลต์ เมื่อ-  
 พิจารณาทิศทางกระแสไหลของกระแส เราพบว่า  
 กระแสเบสทางด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์  
 Q1 สามารถไหลจากแรงดันไฟ  $+V_{CC}$  ที่มีค่า  
 12 โวลต์ ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_E$  ไหลเข้าไป-  
 ที่ขาอีมิเตอร์ออกไปยังขาเบสของทราน-  
 ซิสเตอร์ตัวเดียวกัน ส่งผ่านตัวต้านทาน  $R_B$   
 ไปครบวงจรกับกราวด์ซึ่งเป็นแรงดันไฟลบของ-  
 ระบบ กระแสเบสอินพุตของทรานซิสเตอร์ Q1  
 ไหลได้ ส่งผลให้ค่าความต้านทานระหว่างขาอี-  
 มิเตอร์กับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์-  
 ดังกล่าว มีค่าลดลง กระแสคอลเล็กเตอร์ซึ่ง-  
 เป็นกระแสเอาต์พุต สามารถไหลจากแรงดัน-  
 แหล่งจ่าย 12 โวลต์ ส่งผ่านมายังตัวต้านทาน  
 $R_E$  ไหลเข้าไปที่ขาอีมิเตอร์ออกไปยังขาคอล-  
 เล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลผ่านตัว-  
 ต้านทาน  $R_C$  ไปครบวงจรกับกราวด์ ส่งผล-  
 ให้แรงดันไฟที่ขาอีมิเตอร์เมื่อเทียบกับขาเบส-  
 ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าประมาณ 0.6-0.7  
 โวลต์ พิจารณาอุปกรณ์กระแสทางด้านอินพุต-  
 และเอาต์พุต สามารถเขียนออกมาเป็นสมการ-  
 ได้ดังนี้

1. พิจารณาอุปกรณ์กระแสอินพุต พบว่า-  
 แรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลต์ มีค่าเท่ากับผลรวม-  
 ของแรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  รวม-  
 กับแรงดันไฟที่ขาอีมิเตอร์เทียบกับขาเบสของ-  
 ทรานซิสเตอร์ Q1 รวมกับแรงดันไฟที่ตก-  
 คร่อม  $R_B$   
 ดังนั้น  $V_{CC} = 12V = V_{RE} + V_{EQ1} + V_{RB}$
- เมื่อ  $I_E$  คือกระแสอีมิเตอร์มีค่าเท่า-  
 กับ  $(b + 1)I_B$  ดังนั้น  $V_{RE} = R_E \cdot I_E = R_E \cdot (b + 1)I_B$
- เมื่อ  $I_B$  คือกระแสเบส ดังนั้น  $V_{RB} = I_B \cdot R_B$



รูปที่ 13 : ก) แสดงวงจรตัวต้านทานอีมิเตอร์ไบอัส-  
 เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานปกติ  
 ข) แสดงขาเบสกับขาอีมิเตอร์ของ Q1  
 ขาดวงจร  
 ค) แสดงตัวต้านทาน  $R_E$  ขาดจากวงจร  
 ง) แสดงทรานซิสเตอร์ Q1 ขาดวงจรทางขา-  
 คอลเล็กเตอร์  
 จ) แสดงตัวต้านทาน  $R_C$  ขาดจากวงจร  
 ฉ) แสดงตัวต้านทาน  $R_B$  ขาดจากวงจร

$V_{EBQ1}$  คือค่าคงที่มีค่าประมาณ 0.6-  
 0.7 โวลต์

2. พิจารณาอุปกรณ์กระแสเอาต์พุต สังเกต-  
 ว่าแรงดันจากแหล่งจ่ายที่มีค่าเท่ากับ 12 โวลต์  
 มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อมตัว-  
 ต้านทาน  $R_E$  รวมกับแรงดันไฟที่ตกคร่อมตัว-  
 ต้านทาน  $R_C$  รวมกับแรงดันไฟที่ขาอีมิเตอร์  
 เมื่อเทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิส-  
 เตอร์ Q1

- ดังนั้น  $V_{CC} = 12V = V_{RE} + V_{EQ1} + V_{RC}$
- เมื่อ  $V_{RE} = I_E \cdot R_E = R_E \cdot I_B (b + 1)$   
 $V_{RC} = I_C \cdot R_C = b I_B \cdot R_C$
3. อัตราขยายกระแส (b) คืออัตรา-  
 ส่วนระหว่างกระแสคอลเล็กเตอร์ต่อกระแส-  
 เบส ดังนั้น  $b = I_C / I_B$
4.  $V_{BQ1}$  เป็นแรงดันชุด V1 มีค่าเท่า-  
 กับ  $V_{CC} - V_{RE} - V_{EBQ1}$
5.  $V_{CQ1}$  เป็นแรงดันชุด V2 มีค่าเท่า-

กับ  $V_{CC} - V_{RE} - V_{ECQ1}$

6.  $V_{EQ1}$  เป็นแรงดันชุด V3 มีค่าเท่ากับ  $V_{CC} - V_{RE}$

สมมุติว่าวงจรตัวต้านทานอิมิตเตอร์ไบอัสของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ที่แสดงไว้ในรูปที่ 14ก. เกิดมีปัญหาขึ้นมา เราจะตรวจสอบแรงดันและกระแสในวงจรได้อย่างไร เพราะถ้าเราใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยแรงดันไฟ (DC Voltmeter) สามารถที่จะรู้ตัวเสียได้ง่ายขึ้น เมื่อวิเคราะห์พิจารณาแต่ละวงจร สามารถทำได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาไปในรูปที่ 14ข. ตอนนี้เกิดการขาดวงจรทางขาอิมิตเตอร์กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 กระแสเบสอินพุทของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวไม่ไหล จึงทำให้กระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่สามารถที่จะมีได้เช่นกัน ตอนนี้แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  จึงมีค่าเป็นศูนย์ ( $V_{RE} = 0V$ ) แรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์เมื่อเทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่าย ( $V_{EBQ1} = 12V$ ) แรงดันไฟที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ดังกล่าว ( $V_{RB}$ ) เป็นแรงดันชุด V1 มีค่าเท่ากับศูนย์ ลูกระแสทางด้านเข้าที่พุกพบว่าตอนนี้กระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีอาจไหลได้ ย่อมทำให้ค่าความต้านทานและแรงดันไฟที่ขาคอลเล็กเตอร์เทียบกับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกันมีค่าแรงดันสูงขึ้น แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  ( $V_{RC}$ ) มีค่าเท่ากับศูนย์ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  จึงไม่มีแรงดันไฟ ( $V_{RE} = 0V$ ) ส่งผลให้แรงดันไฟชุด V3 ซึ่งเป็นแรงดันที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเท่ากับแรงดันแหล่งจ่าย 12 โวลท์

ถ้าเราสมมุติให้ตัวต้านทาน  $R_E$  ขาดวงจรเพียงตัวเดียวดังแสดงอยู่ในรูปที่ 14ค. พบว่าทั้งกระแสเบสอินพุทและกระแสคอลเล็กเตอร์เข้าที่พุกไม่ไหลแม้แต่หนึ่งเดียว ส่งผลให้แรงดันไฟตามขาต่างๆ ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือแรงดันชุด V1, V2 และแรงดันชุด V3 ต่างก็มีค่าเท่ากับศูนย์โวลท์ด้วยเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 14จ. โดยเราสมมุติให้เกิดการขาดวงจรทางขาคอลเล็กเตอร์กับขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 เพียงอย่างเดียว ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้กระแสทางด้านอินพุทของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวไหลได้แต่เพียงอย่างเดียว แต่ทว่ากระแสเข้าที่พุกซึ่งเป็นกระแสคอลเล็กเตอร์มีอาจไหลได้ แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  เท่ากับศูนย์ แรงดันไฟตกคร่อมที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ( $V_{EBQ1}$ ) มีค่าเท่ากับแรงดัน 0.6 โวลท์ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  ( $V_{BQ1}$ ) มีค่าเท่ากับ 11.4 โวลท์ เนื่องจากว่ากระแสคอลเล็กเตอร์มีอาจไหลได้ แรงดันไฟตกคร่อมที่ตัวต้านทาน  $R_C$  จึงมีค่าเป็นศูนย์ ส่งผลให้แรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวมีไฟเท่ากับแหล่งจ่าย ( $V_{ECQ1} = 12V$ ) เพราะฉะนั้นแรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นแรงดันชุด V3 จึงมีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่ายด้วย

เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 14ฉ. พบว่าตอนนี้เราสมมุติให้ตัวต้านทาน  $R_C$  เกิดขาดวงจร ตอนนี้กระแสเบสอินพุทของทรานซิสเตอร์ Q1 ไหลได้เพียงอย่างเดียว ส่วนกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังกล่าวไม่ไหลในวงจร แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  มีค่าต่ำมาก เราถือว่า  $V_{RE} = 0V$  แรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 มีแรงดันไฟประมาณ 0.6-0.7 โวลท์ ( $V_{EBQ1} = 0.6V$ ) ส่งผลให้แรงดันไฟชุด V1 ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกันมีค่าประมาณ 11.40 โวลท์ ( $V_{RB} = V_{BQ1} = 11.40V$ ) แต่เมื่อพิจารณาลูกระแสทางด้านเข้าที่พุกพบว่าแรงดันชุด V3 ซึ่งเป็นแรงดันที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 มีไฟสูงเท่ากับแหล่งจ่าย ( $V3 = V_{EQ1} = 12V$ ) แรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกัน มีค่าเท่ากับศูนย์ ( $V_{ECQ1} = 0V$ ) ส่งผลให้แรงดันไฟตกคร่อม  $R_C$  ซึ่งเป็นแรงดันชุด V2 มีค่าสูงเท่ากับแหล่งจ่าย ( $V_{CQ1} = 12V$ )

เมื่อวงจรในรูปที่ 14ฉ. เกิดว่าตัวต้านทาน  $R_B$  ขาดจากวงจร (ในวงจรจริง  $R_B$  จะเสียหายได้ยาก) ทั้งกระแสเบสและกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่ไหลในวงจร ส่งผลให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_E$  มีค่าเป็นศูนย์ ( $V_{RE} = 0V$ ) แรงดันที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวเดียวกันมีค่าเท่ากับศูนย์ ( $V_{EBQ1} = 0V$ ) นั่นหมายความว่าตอนนี้จึงทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_B$  มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย ( $V1 = V_{RB} = V_{BQ1} = 12V$ ) แต่เมื่อพิจารณาลูกระแสทางด้านเข้าที่พุกพบว่าตอนนี้ไม่มีกระแสคอลเล็กเตอร์ไหลได้ ทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_C$  มีค่าเท่ากับศูนย์ ( $V_{RC} = V2 = 0V$ ) ดังนั้นจึงทำให้แรงดันไฟที่ขาอิมิตเตอร์เทียบกับกราวด์ซึ่งเป็นแรงดันไฟชุดเดียวกันกับแรงดัน V3 มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย ( $V_{EQ1} = V3 = 12V$ )

*“และที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นแนวทางในการตรวจสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้เป็นอย่างดี แนวทางที่นำเสนอในส่วนของค่าแรงดันไฟในวงจรถือว่าเป็นค่าที่ประมาณเอาไว้ซึ่งถือได้ว่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านคงนำหลักการดังกล่าวไปใช้งาน ไม่ว่าจะป็นงานระบบไฟฟ้า งานซ่อมเครื่องขยายเสียง วิทยุ เทป และซีดี เพื่องานบริการเครื่องรับโทรทัศน์ วิดีโอเทป หรืองานอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้เกิดความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น”...*

