

หน่วยที่ 12

ยูนิจังก์ชันทรานซิสเตอร์

สาระสำคัญ

UJT มีชื่อเต็มว่า Unijunction transistor มีลักษณะโครงสร้างเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดรอยต่อ P-N เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรกำเนิดสัญญาณเพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปกระตุ้น (Trigger) หรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จำพวกไทรสเตอร์เช่น SCR และ Triac อุปกรณ์ UJT มีขาสำหรับต่อใช้งานสามขา คือ อิมิตเตอร์ (Emitter , E) , เบส 1 (Base 1 , B₁) และเบส 2 (Base 2 , B₂)

เรื่องที่จะศึกษา

- 12.1 บทนำ
- 12.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ UJT
- 12.3 คุณลักษณะและการใช้งาน UJT
- 12.4 การตรวจสอบ UJT

จุดประสงค์การสอน

1. จุดประสงค์ทั่วไป

- 1.1 เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ UJT
- 1.2 เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและการใช้งาน UJT
- 1.3 เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบ UJT
- 1.4 เพื่อให้ นักเรียน มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเกี่ยวกับ UJT ทั้งในด้านการทำงานร่วมกัน-เป็นกลุ่ม ความมีวินัย ความรับผิดชอบ การใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัดและรู้คุณค่า

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทเรียนหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- 2.1 บอกโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ UJT ได้
- 2.2 บอกคุณลักษณะของ UJT ได้
- 2.3 กำหนดค่าต่าง ๆ ในวงจรการใช้งาน UJT ได้
- 2.4 บอกวิธีการตรวจสอบ UJT ได้
- 2.5 สามารถต่อวงจรทดลองหาคุณลักษณะของ UJT ได้

คุณธรรมและจริยธรรมที่มุ่งเน้น

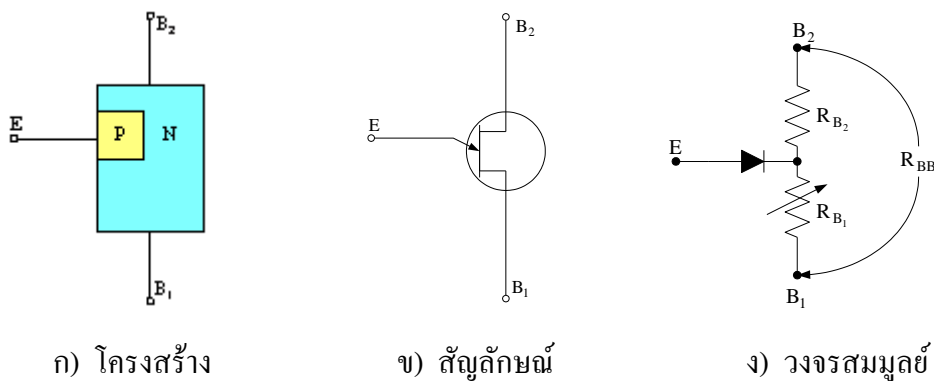
1. ความมีวินัย
2. ความรับผิดชอบ
3. ความมีมนุษยสัมพันธ์
4. ความสนใจใฝ่รู้
5. ความเชื่อมั่นในตนเอง

12.1 บทนำ

ยูนิจังก์ชันทรานซิสเตอร์(Unijunction transistor,UJT)มักนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า “ยูเจที” คำอธิบายเล่มอาจเรียกว่า “ทรานซิสเตอร์หัวต่อเดียว” เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจำพวก Double base นิยมนำมาใช้ในการสร้างสัญญาณพัลส์เล็ก ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จำพวก ไทริสเตอร์ (Thyrister)

12.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ UJT

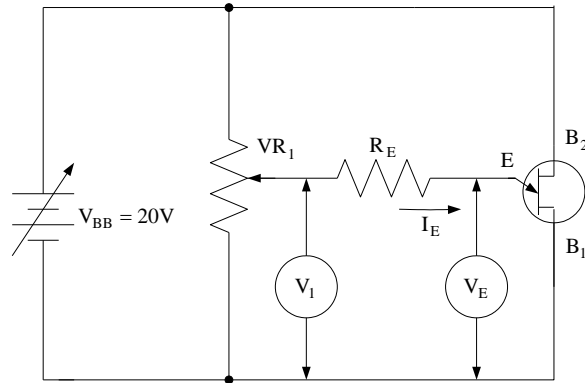
UJT จะประกอบด้วยขา 3 ขา คือ Emitter (E) Base 1 (B_1) และ Base 2 (B_2) โดยโครงสร้างประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำชนิด N หนึ่งพื้นที่ปลายทั้งสองด้านจะต่อขาออกมาใช้งาน 2 ขา คือ B_1 และ B_2 บริเวณเกือบกึ่งกลางของสารกึ่งตัวนำ N จะนำสารกึ่งตัวนำชนิด P มาต่อให้เกิดเป็นรอยต่อ PN โดยจะต่อใกล้ ๆ กับด้าน B_2 มากกว่าด้าน B_1 และที่สารชนิด P นี้จะต่อขาออกมาใช้งาน เรียกว่า ขา E



รูปที่ 12.1 โครงสร้าง สัญลักษณ์ และวงจรสมมูลย์ของ UJT

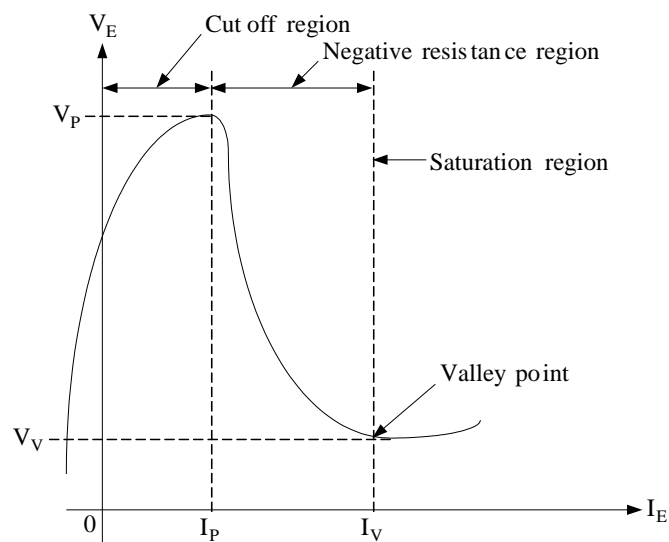
พิจารณารูปที่ 12.1 จะเห็นโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ UJT ในส่วนของวงจรสมมูลย์นั้นจะเห็นว่า สารกึ่งตัวนำ N จะเสมือนเป็นตัวต้านทาน R_{B_2} และ R_{B_1} รวมกัน เราเรียกความต้านทานส่วนนี้ว่า R_{BB} ซึ่งในส่วนของ R_{B_2} จะมีค่าคงที่แต่ที่ R_{B_1} จะเปลี่ยนแปลงค่าลดลง ถ้าเกิดการนำกระแสจาก E มายัง B_1 โดยทั่วไปค่า R_{BB} ของ UJT จะมีค่าความต้านทานในขณะเปิดวงจรอยู่ที่ 4 k Ω ถึง 10 k Ω ส่วน R_{B_1} ประมาณ 5 k Ω และจะลดลงมาเหลือประมาณ 50 Ω เมื่อเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าจากขา E มายัง B_1

12.3 คุณสมบัติและการใช้งาน UJT



รูปที่ 12.2 วงจรหาคุณสมบัติของ UJT

พิจารณาวงจรรูปที่ 12.2 ถ้าปรับ V_{BB} ให้มีขนาด 20 V แรงดัน 20 V นี้จะตกคร่อม VR_1 จากนั้นเมื่อปรับ VR_1 ให้มีค่า V_1 เพิ่มขึ้น ค่า V_E ก็จะเพิ่มตามไปจนกระทั่งปรับค่า V_1 จนทำให้ V_E มีค่าแรงดันสูงกว่าค่าหนึ่งเรียกว่า V_P จะทำให้กระแส I_E มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และไหลผ่านขา E ไปยัง B_1 ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ความต้านทานภายใน UJT บริเวณ R_{B_1} ลดค่าความต้านทานลงค่าแรงดัน V_E ก็จะลดลงด้วย ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การนำกระแสในสภาวะความต้านทานเป็นลบ (Negative resistance) เมื่อ V_E ลดลงจนถึงค่า ๆ หนึ่งเรียกว่า V_V (Valley point) ค่า I_E ที่เพิ่มขึ้นจะเริ่มคงที่หรือเรียกว่า อยู่ในสภาวะอิ่มตัว (Saturation region) โดยทั่วไปมีค่าที่ประมาณ 50 mA



รูปที่ 12.3 กราฟคุณสมบัติของ UJT

กำหนดให้

- R_{BB} = ความต้านทานภายในเนื้อสารชนิด N ของ UJT ระหว่างขา $B_2 - B_1$ มีค่าประมาณ 4 – 10 k Ω
- V_{BB} = แรงดันที่จ่ายให้ระหว่างขา B_2 และ B_1
- η = Intrinsic stand – off ratio มีค่าระหว่าง 0.5 – 0.75
- V_E = แรงดันที่ป้อนให้ขา E ของ UJT จนทำให้รอยต่อไดโอดที่ขา E นำกระแส
- V_D = แรงดันตกคร่อมรอยต่อไดโอด มีค่าประมาณ 0.6 – 0.7 V
- I_E = กระแสที่ไหลผ่านขา E ไปยัง B_1 มีค่าสูงสุดประมาณ 50 mA
- V_V = แรงดันต่ำสุดที่ตกคร่อมระหว่างขา E กับ B_1 ณ จุด Valley point
- I_V = กระแส I_E ที่ไหลในขณะที่ขา V_E ต่ำสุด (V_V)
- I_P = กระแส I_E ที่ไหลในขณะที่มีค่า V_E สูงกว่าหรือเท่ากับ V_P

จากกราฟคุณลักษณะของ UJT ตามรูปที่ 12.3 ซึ่งเป็นกราฟที่ได้จากวงจรในรูปที่ 12.2 จะได้

$$R_{BB} = R_{B_1} + R_{B_2} \quad \dots\dots\dots(12.1)$$

ในขณะที่ $I_E = 0$ (ยังไม่เกิดการไหลของ I_E มายัง B_1)

$$\begin{aligned} V_{RB_1} &= \frac{R_{B_1} \cdot V_{BB}}{R_{BB}} \\ &= \eta V_{BB} \quad \dots\dots\dots(12.2) \end{aligned}$$

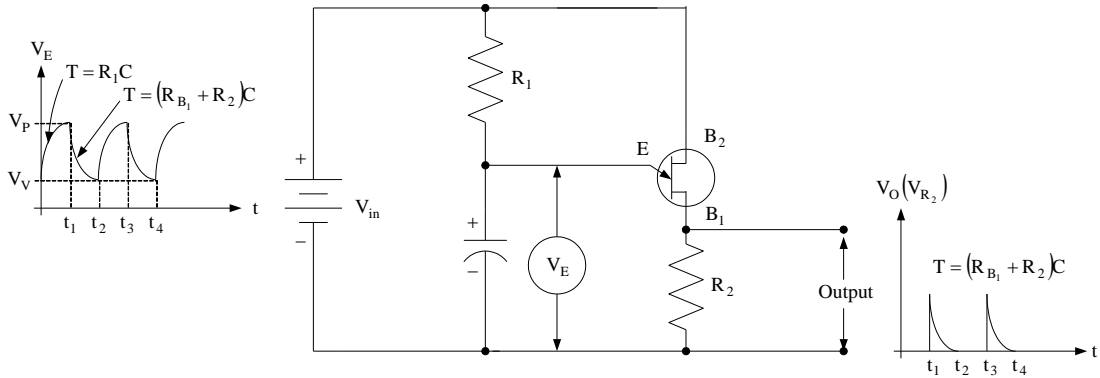
เมื่อ η เรียกว่า Intrinsic stand – off ratio

$$\eta = \frac{R_{B_1}}{R_{BB}} \quad \dots\dots\dots(12.3)$$

เมื่อ V_E มีค่ามากกว่าหรือประมาณเท่ากับ V_P ไดโอดที่รอยต่อจะเกิดการนำกระแส I_E จะไหลผ่านจากขา E ไปยัง B_1 เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนความต้านทานภายใน R_{B_1} จะลดลง ดังนั้นสมการขณะที่รอยต่อไดโอดเริ่มนำกระแสนี้คือ

$$V_P = \eta V_{BB} + V_D \quad \dots\dots\dots(12.4)$$

จึงพอสรุปคุณลักษณะของ UJT ได้ว่า เมื่อใดก็ตามที่ V_E น้อยกว่า V_P , ค่าของ I_E จะมีค่าน้อยมากอยู่ในช่วงไมโครแอมป์ และถ้าเมื่อใดค่า V_E มากกว่า V_P ค่าแรงดัน V_E จะลดลง แต่กระแส I_E จะเพิ่มขึ้นไปจนกระทั่งถึงสภาวะอิ่มตัว เราจึงนำคุณลักษณะเช่นนี้ไปใช้งานในการสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse) เล็ก ๆ ที่เรียกว่า ออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)



รูปที่ 12.4 การใช้ UJT ในวงจร Relaxation oscillator

พิจารณารูปที่ 12.4 ตัวเก็บประจุ (C) ที่นำมาต่อจะถูกประจุแบบ Exponential อยู่ในช่วงระหว่าง V_V ถึง V_P ดังนั้นเมื่อแรงดันตกคร่อมตัวมันมีค่าเท่ากับ V_P มันจะคายประจุลงมาถึงค่า V_V ช่วงที่ C คายประจุ V_E จะลดลงแต่ I_E จะเพิ่มขึ้น V_{R_2} จึงเพิ่มขึ้นและเมื่อ C ทำการประจุใหม่ V_E จะเพิ่มขึ้น I_E จะลดลง V_{R_2} ก็จะลดลง

$$\text{ช่วงเวลาในการประจุ ; } t_1 = R_1 C \ln\left(\frac{1}{1-\eta}\right) \dots\dots\dots(12.5)$$

$$\text{หรือ } t_1 = 2.3 R_1 C \log\left(\frac{1}{1-\eta}\right) \dots\dots\dots(12.6)$$

เหตุที่สมการ 12.6 ต้องคูณด้วย 2.3 เป็นเพราะ ค่า ln ในสมการ 12.5 มีค่ามากกว่า log ในสมการที่ 12.6 อยู่ 2.3 เท่า ที่ η เดียวกัน

อย่างไรก็ตามช่วงเวลาในการคายประจุของ C มักจะเร็วกว่าการเก็บประจุ ดังนั้น ความถี่ในการออสซิลเลตที่เอาต์พุตหาได้จาก

$$f_o = \frac{1}{t_2} \cong \frac{1}{t_1} = \frac{1}{R_1 C \ln\left(\frac{1}{1-\eta}\right)} \dots\dots\dots(12.7)$$

$$\text{ส่วน } R_2 \text{ ในวงจรมีค่าประมาณ } = \frac{0.28 R_{BB}}{\eta V_{BB}} \dots\dots\dots(12.8)$$

$$R_{I_{\min}} = \frac{V_{BB} - V_V}{I_V} \quad \dots\dots\dots(12.9)$$

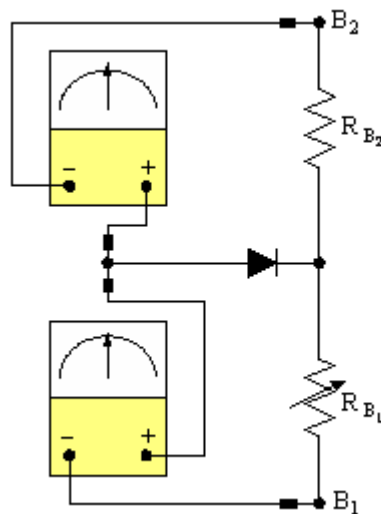
$$R_{I_{\max}} = \frac{V_{BB} - V_P}{I_P} \quad \dots\dots\dots(12.10)$$

$$V_O = V_P - V_V \quad \dots\dots\dots(12.11)$$

12.4 การตรวจสอบ UJT

ก่อนนำ UJT ไปใช้งานจะต้องทำการวัดทดสอบหาขาต่างๆ ของ UJT สามารถกระทำได้โดยใช้มัลติมิเตอร์แบบเข็มชี้ตั้งสเกล R x 1k แล้ววัดขาทั้ง 3 ขา ดังนี้

1) วัดหาขา E



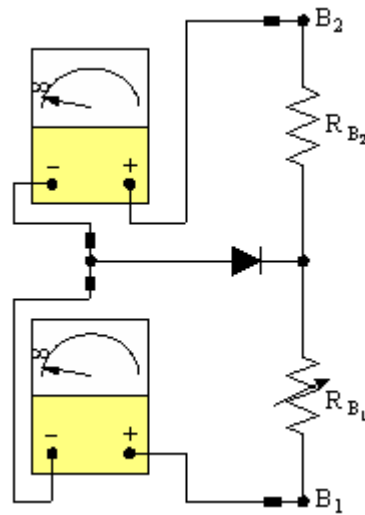
รูปที่ 12.5 การตรวจสอบหาขา E ของ UJT

จากรูปที่ 12.5 ถ้าขั้ว + ของมิเตอร์ ต่อกับขา E คงที่ไว้ และนำขั้ว (-) ไปแตะ 2 ขาที่เหลือจะอ่านค่าความต้านทานได้ 2 ครั้งใกล้เคียงกัน

2) หา B₂ และ B₁

ต่อเนื่องจากข้อ 1) เมื่อทำการอ่านค่าความต้านทานทั้ง 2 ค่า ให้สังเกตว่าขาใดเมื่อวัดค่าความต้านทานเทียบกับขา E แล้วมีค่าความต้านทานสูงกว่าอีกขาหนึ่ง แสดงว่าขาที่เทียบกับ E แล้วความต้านทานสูงกว่า คือขา B₁ ส่วนขาที่เทียบกับขา E แล้วได้ค่าความต้านทานต่ำกว่า คือขา B₂

3) เมื่อวัดไบแอสกลับ $E - B_1$ และ $E - B_2$ โดยให้นำสายวัดของมิเตอร์ด้านซ้าย - ไปต่อกับขา E คงที่ไว้ ส่วนสายมิเตอร์ด้านขวา - ให้นำไปแตะกับขา B_2 และ B_1 เข็มมิเตอร์จะต้องไม่กระดิก และชี้อยู่ที่ ∞ ดังรูปที่ 12.6



รูปที่ 12.6 การตรวจสอบหาขา B_2 และ B_1 ของ UJT เมื่อวัดไบแอสกลับ