การทดลองที่ 4 การไบอัสทรานซิสเตอร์

ทฤษฎี

คุณสมบัติที่ควรรู้ก่อนนำทรานซิสเตอร์มาใช้งานได้แก่

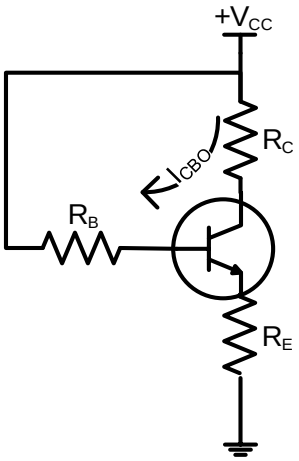
1.อัตราทนได้สูงสุด (Maximum rating) ของทรานซิสเตอร์ที่จะทำงานได้ตามปกติ ผู้ผลิตจะบอกให้ผู้ใช้ทราบถึงคุณสมบัติทางด้านกระแส แรงดัน กำลังงานและอุณหภูมิสูงสุดที่ทรานซิสเตอร์ทนได้

2.ช่วงอัตราการขยายกระแสของทรานซิสเตอร์

3.ความถี่สูงสุดที่ใช้งานได้

<u>การไบอัสทรานซิสเตอร์</u>

เมื่อจะนำทรานซิสเตอร์มาต่อเป็นวงจรขยายสัญญาณ เป็นตัวควบคุมสัญญาณหรือเป็นตัวกำเนิดสัญญาณ จะมีการไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ก่อนเป็นสิ่งแรก การไบอัสก็คือ การป้อนแรงดันไฟตรงมาเลี้ยงทรานซิสเตอร์ให้ทำงานอยู่ในช่วงที่เราต้องการนั่นเองซึ่งอาจทำได้ดังรูป



รูปแสดงวงจรไบอัส

แต่วงจรไบอัสที่ดีจะต้องรักษาจุดทำงาน (Q) ของทรานซิสเตอร์ให้เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของ V_{BE} และ I_{CBO} เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป และเนื่องมาจากการที่ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวที่ผลิตออกมาอาจมีค่า β_0 (h_{FE})ไม่เท่ากันแม้ว่าจะเป็นเบอร์เดียวกันก็ตาม

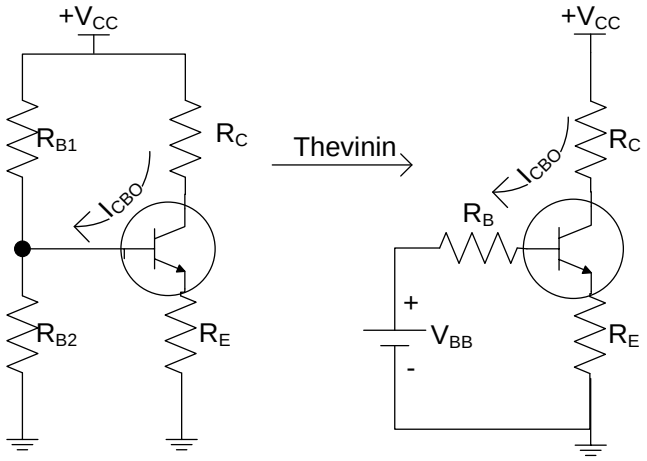
<u>การไบอัสเพื่อให้วงจรมีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิดีขึ้น</u>

- เพิ่มเสถียรภาพโดย รีซิสเตอร์ R_E ที่ขาอีมิเตอร์

$$R_B = R_{B1}//R_{B2}$$

$$I_{BB} = \frac{V_{CC}}{R_{B1}+R_{B2}}$$

$$V_{BB} = \frac{V_{cc}R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}}$$



รูปที่ 1

กรณี $I_B = \frac{V_{BB}-V_{BE}}{R_B+(\beta_0+1)R_E}$

ถ้า $I_{CBO} = 0$

$$I_C = \beta_0 I_B$$

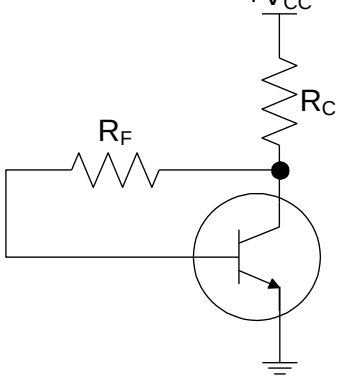
$$= \frac{\beta_0(V_{BB}-V_{BE})}{R_B+(\beta_0+1)R_E}$$

ถ้าคิดผลของ I_{CBO} จะได้

$$I_B = \frac{V_{BB}-V_{BE}}{R_B+(\beta_0+1)R_E} + \frac{(\beta_0+1)}{\beta_0} I_{BCO}$$

ค่า I_B จะขึ้นอยู่กับ V_{BB}, V_{BE} และ $I_E R_E$, ถ้า V_{BE} ลด ทำให้ I_B เพิ่มขึ้น I_C และ I_E จะเพิ่มขึ้นตาม, แต่เมื่อใส่ R_E ในวงจรด้วย เมื่อ I_E เพิ่มขึ้นแรงดันที่ตกคร่อม R_E จะมากขึ้นตามเป็นผลให้ I_B , I_C และ I_E ลดลงในเวลาต่อมา

- เพิ่มเสถียรภาพด้วยรีซิสเตอร์ระหว่างคอลเล็คเตอร์กับเบส R_F



$$V_{CC} - \beta_0 I_B R_C - I_B R_C - I_B R_F - V_{BE} = 0$$

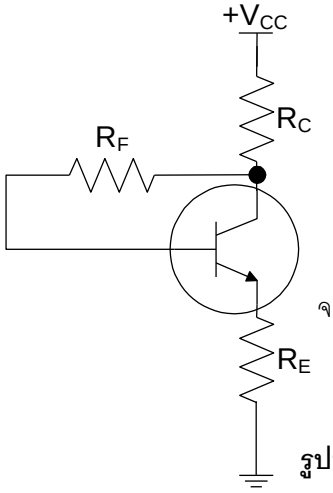
$$I_B = \frac{V_{CC}-V_{BE}}{R_F+(\beta_0+1)R_C} \text{ เมื่อ } I_{CBO} = 0$$

$$I_C = \frac{\beta_0(V_{CC}-V_{BE})}{R_F+(\beta_0+1)R_C}$$

รูปที่ 2

เมื่อพิจารณาผลของ V_{BE} ที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้ I_B และ I_C เพิ่มขึ้นตาม ทำให้มีแรงดันตกคร่อม R_C มากขึ้น ดังนั้นแรงดัน V_{CE} จะลดลงซึ่งจะเป็นผลทำให้ I_B ลดลง I_C จึงมีค่าลดลง จึงทำให้ I_B และ I_C มีค่าคงที่แม้ว่า V_{BE} จะลดลงก็ตาม

- เพิ่มเสถียรภาพด้วย R_E และ R_F *โดยที่* R_c คือ R_L



$$V_{CC} - \beta_0 I_B R_L - I_B R_L - I_B R_F - (\beta_0 + 1)R_E - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_F + (\beta_0 + 1)(R_L + R_E)}$$

$$I_C = \frac{\beta_0 (V_{CC} - V_{BE})}{R_F + (\beta_0 + 1)(R_L + R_E)}$$

จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของ β_0 จะมีผลต่อ I_C น้อยลงไปอีกเมื่อเทียบกับวงจรที่ไม่มี R_E และผลของ R_E

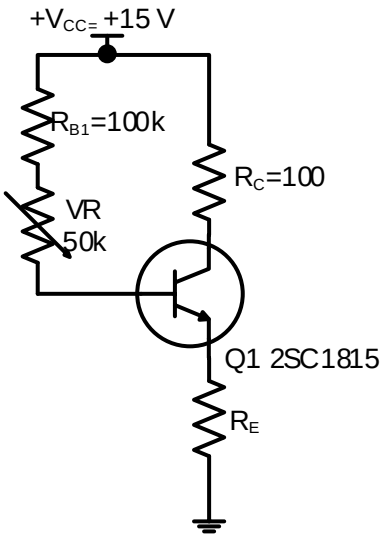
รูปที่ 3

อุปกรณ์การทดลอง

1. Transistor 2SC1815 3
2. Resistor 6k, 560, 100, 10, 200, 6.8k, 200, 50k, 22k, 1kx2, 24k,10k,12k,4.7k
3. VR 50k, 1M

การทดลอง

1). การทดลองวัดผลของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีต่อ I_C ของวงจรไบอัสแบบต่างๆ



รูปที่ 4

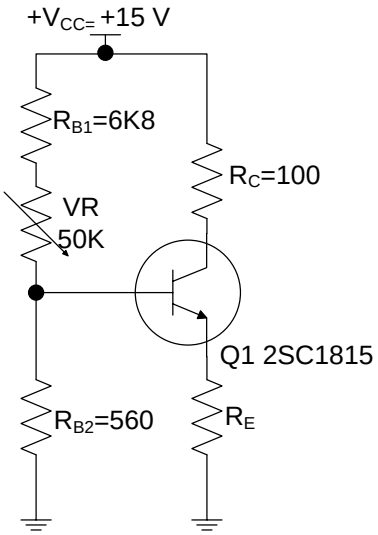
1.1 ต่อวงจรดังรูปที่ 4, R_E=0

1.2 ปรับค่า VR 50k ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ให้มี I_C ไหลประมาณ 10mA ในการวัดกระแสให้ทำการวัดโดยทางอ้อม คือ วัดค่าศักดาคร่อม $R_C(V_{RC})$ ให้ได้ 1V บันทึกลงในตารางที่ 1 หลังจากนี้ห้ามปรับ VR อีก

1.3 ให้ความร้อนประมาณ 20 วินาที สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของ I_C ที่เกิดขึ้น และให้วัดค่า V_{RC} และ V_{BE} บันทึกลงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 R_E = 0

	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
$V_{RC}(V)$	1	
V_{BE} (V)		
$V_{CE}(V)$		
$I_C(mA)$	10	
$I_C x V_{CE}(mW)$	190	



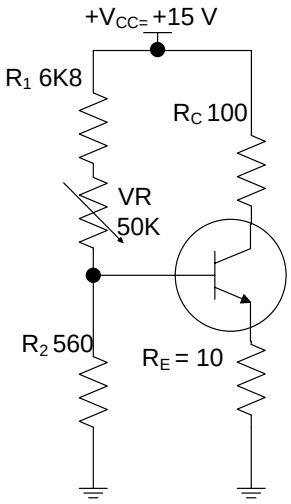
รูปที่ 5

1.4 ต่อวงจรดังรูปที่ 5, R_E=0 ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 1.2 และ 1.3 บันทึกผลลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 R_E = 0Ω

	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
$V_{RC}(V)$	1	
V_{BE} (V)		
$V_{CE}(V)$		
$I_C(mA)$	10	
$I_C x V_{CE}(mW)$		

1.5 ต่อ R_E = 10Ω เพิ่มเข้าไปที่ขาอีมิตเตอร์ ดังรูปที่ 6 ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 1.2 และ 1.3 บันทึกผลลงในตารางที่ 3

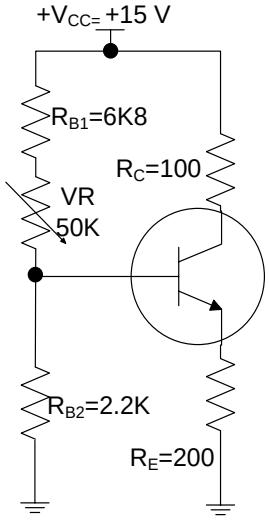


รูปที่ 6

ตารางที่ 3 R_E = 10Ω

	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
$V_{RC}(V)$	1	
V_{BE} (V)		
$V_{CE}(V)$		
$I_C(mA)$	10	
$I_C x V_{CE}(mW)$		

1.6 ต่อ R_E = 200Ω เพิ่มเข้าไปที่ขาอีมิตเตอร์ ดังรูปที่ 7 ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 1.2 และ 1.3 บันทึกผลลงในตารางที่ 4

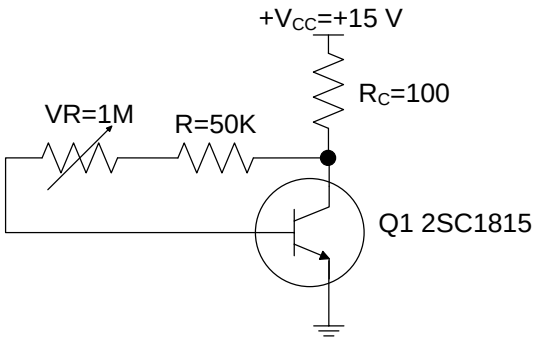


รูปที่ 7

ตารางที่ 4 R_E =200Ω

	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
$V_{RC}(V)$	1	
V_{BE} (V)		
$V_{CE}(V)$		
$I_C(mA)$	10	
$I_C x V_{CE}(mW)$		

1.7 เปลี่ยนวงจรเป็นดังรูปที่ 8



รูปที่ 8

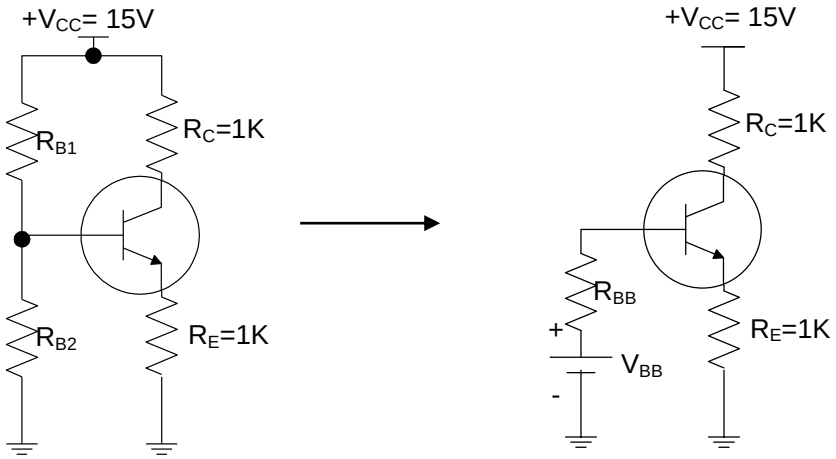
ปรับค่า R_{B1} จนทรานซิสเตอร์มีกระแส I_C ไหล 10mA โดยวัดศักดาคร่อม R_C ให้ได้ 1V ทำการทดลอง และบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับข้อ 1.3 ลงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 Voltage Feedback Bias

	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
$V_{RC}(V)$	1	
V_{BE} (V)		
$V_{CE}(V)$		
$I_C(mA)$	10	
$I_C x V_{CE}(mW)$		

2). การไบอัสเพื่อชดเชยการเปลี่ยนแปลงของ β_0 โดยใช้ทรานซิสเตอร์ 3 ตัว โดยใช้ทรานซิสเตอร์ 2sc1815 จำนวน 3 ตัว (ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวมีค่า β_0 ไม่เท่ากัน) และขณะทำการทดลองตามตารางที่ 6 7 8 ต้องเปลี่ยนทรานซิสเตอร์โดยให้ตัวที่ 1 ตัวที่ 2 และ ตัวที่ 3 เป็นตัวเดิม ตามลำดับ ในทุกตาราง

2.1 ต่อวงจรดังรูปที่ 9 ใช้ R_{B1} = 50k, R_{B2} = 22k



รูปที่ 9

2.2 วัดค่า V_{RC} และคำนวณหาค่าของกระแส I_C จากค่า V_{RC} และจากวงจรคำนวณหาค่า I_C จาก

$$I_C = \frac{\beta_0(V_{BB}-V_{BE})}{R_B+(\beta_0+1)R_E}$$

2.3 เปลี่ยนทรานซิสเตอร์ วัดและบันทึกผลเช่นเดียวกับข้อ 2.2 ลงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 R_{B1} = 50k, R_{B2} = 22k, R_{BB} =....., $V_{BB} = \frac{V_{CC}R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}} =$ .....

ทรานซิสเตอร์	V_{RC}	$I_C = V_{RC} / R_C$	I_C คำนวณ
Q_1			
Q_2			
Q_3			

2.4 เปลี่ยน R_{B1} เป็น 24k, R_{B2} = 10k ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 โดยใช้ Q_1, Q_2 และ Q_3 เป็น transistor 3 ตัวเดิมที่ใช้ในข้อ 2.2 และ 2.3 บันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 R_{B1} = 24k, R_{B2} = 10k, R_{BB} =....., $V_{BB} = \frac{V_{CC}R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}} =$ .....

ทรานซิสเตอร์	V_{RC}	$I_C = V_{RC} / R_C$	I_C คำนวณ
Q_1			
Q_2			
Q_3			

2.5 เปลี่ยนเป็น 12k ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 โดยใช้ Q_1 Q_2 Q_3 เป็น transistor 3 ตัวเดิมที่ใช้ในข้อ 2.2 และ 2.3 บันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 R_{B1} = 12k, R_{B2} = 4.7k, R_{BB} =....., $V_{BB} = \frac{V_{CC}R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}} =$ .....

ทรานซิสเตอร์	V_{RC}	$I_C = V_{RC} / R_C$	I_C คำนวณ
Q_1			
Q_2			
Q_3			

คำถาม

1) จากการทดลองในข้อ 1 ให้พล็อตกราฟความเปลี่ยนแปลงของ I_C ที่เวลาต่างๆสำหรับ R_E ค่าต่างๆโดยให้อยู่ในสเกลเดียวกัน แกนตั้งเป็นค่า I_C และแกนนอนเป็นค่าเวลา และอธิบายว่ามีวิธีที่จะ stabilized ค่าของกระแส I_{CQ} อย่างไร

_____

_____

_____

_____

_____

2) เปรียบเทียบผลการทดลองของตาราง 6 7 และ 8 และเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้ค่า I_{BB} มีความสัมพันธ์กับ I_C อย่างไร

_____

_____

_____

_____

_____

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____