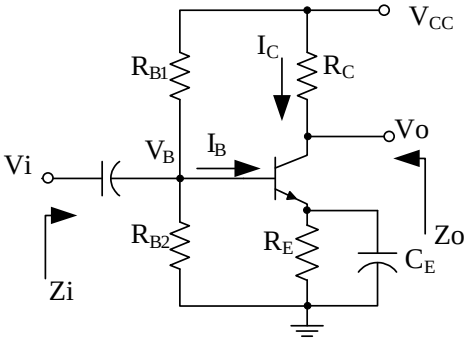
แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 8

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ลงบนข้อคำตอบที่ถูกที่สุด

1. จากวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญตรงกับข้อใด
   ก. h_{ie} และ h_{fe}
   ข. h_{fe} และ h_{re}
   ค.h_{re} และ h_{ie}
   ง.h_{te} และ h_{fe}
2. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร h_{fe} ในวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ ตรงกับข้อใด
   ก. ตัวต้านทาน
   ข. แหล่งจ่ายแรงดัน
   ค. แหล่งจ่ายกระแส
   ง. วงจรสวิทช์เปิด

3. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร h_{ie} ในวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ ตรงกับข้อใด
   ก. ตัวต้านทาน
   ข. แหล่งจ่ายแรงดัน
   ค. แหล่งจ่ายกระแส
   ง. เปิดวงจร
4. ข้อใดไม่ใช่ ตัวแปรที่คุณสมบัติเหมือนกับตัวแปร h_{ie}
   ก. $\beta \cdot r_e$
   ข. r_b
   ค. r_π
   ง. r_e

5. สมการอัตราขยายแรงดันของวงจร ตรงกับข้อใด



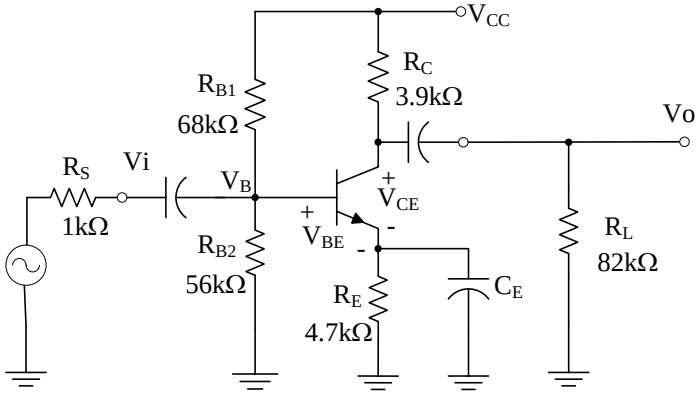
ก. $\frac{R_C}{R_E}$

ข. $-\frac{h_{fe}R_C}{h_{ie}}$

ค. $-\frac{R_C}{R_E}$

ง. $-\frac{R_C}{R_{B2}}$

6.จากวงจรกำหนดให้มีค่า h_{ie} = 2.1 kΩ , h_{fe} = 100 ค่าอัตราการขยายแรงดัน(Av)มีค่าตรงกับข้อใด



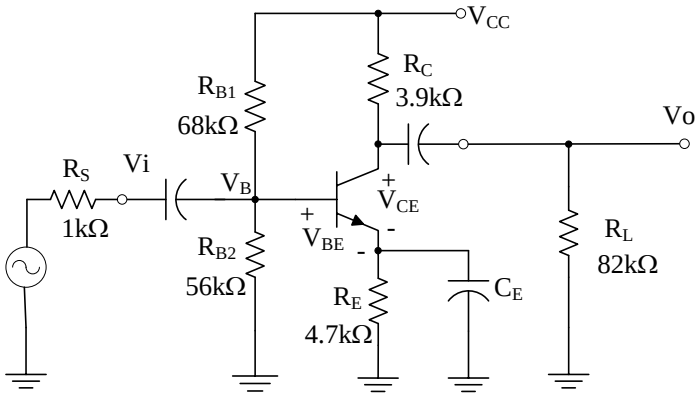
ก. 177

ข. -1.85

ค.-177

ง. -185

7. จากวงจรกำหนดให้มีค่า h_{ie} = 2.1 kΩ , h_{fe} = 100 ค่าแรงดันแหล่งจ่าย VCC จะมีค่าตรงกับข้อใด



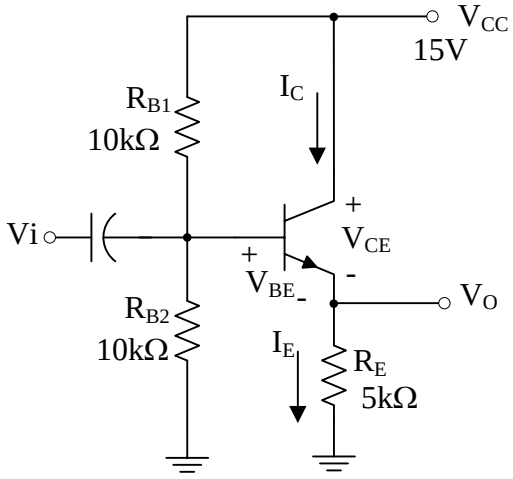
ก. 10V

ข. 12V

ค. 15V

ง. 30V

8.จากวงจรกำหนดให้ค่า h_{ie} = 2.1kΩ , h_{fe} = 75 และ re = 38.6Ω ค่าอัตราการขยายแรงดัน(Av)มีค่าตรงกับข้อใด



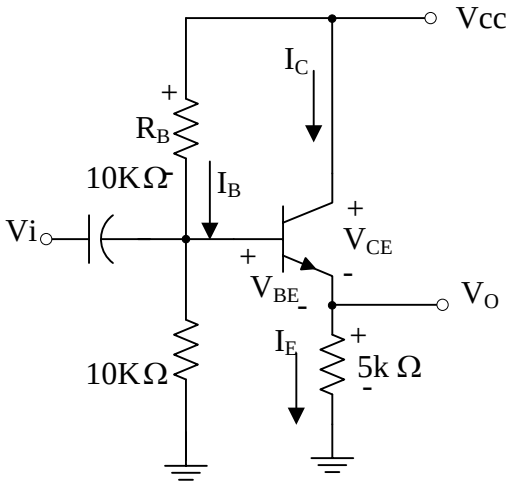
ก. 100

ข. -1

ค. 0.99

ง. 75

9.จากวงจรกำหนดให้ค่า h_{ie} = 2.1 kΩ ,h_{fe} = 75 , Z_b = 382.1Ω ค่าอัตราขยายกระแส (Ai) ตรงกับข้อใด



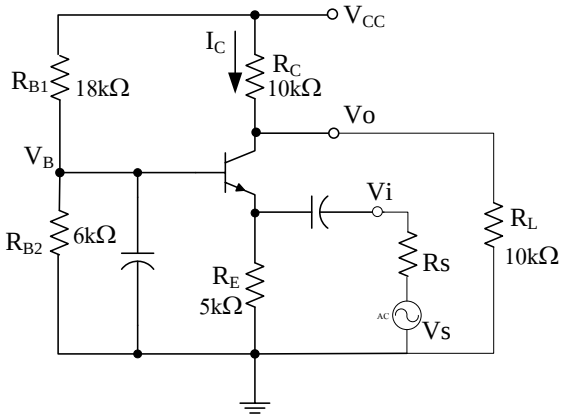
ก. 75

ข. 76

ค. 100

ง. 1.23 mA

10.จากวงจรกำหนดให้ h_{ie} = 2.1 kΩ ,h_{fe} = 100 จงคำนวณหาค่าอัตราขยายแรงดัน เมื่อ R_L = 10kΩ



ก. 100

ข.150

ค. 238

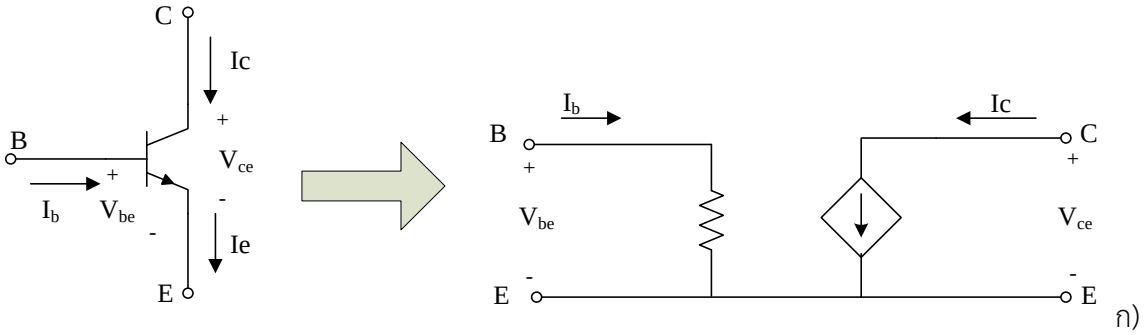
ง. 475.96

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

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

หน่วยที่ 8
วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กทรานซิสเตอร์

สำหรับการวิเคราะห์วงจรขยายด้วยทรานซิสเตอร์นั้น จะต้องอาศัยทฤษฎีทางไฟฟ้าวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ภายในของทรานซิสเตอร์ เพื่อนำมาเขียนให้เป็นอุปกรณ์และวงจรทางไฟฟ้าสำหรับการ วิเคราะห์หาค่าอัตราขยายและค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรขยายด้วยทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 1

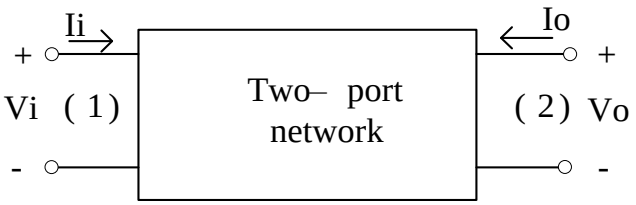


รูปที่ 1 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์

8.1 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ (Equivalent Circuit of Transistor)

วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ คือวงจรเทียบเคียงทางไฟฟ้าภายในของทรานซิสเตอร์ซึ่งได้จากการวิเคราะห์จากการทำงานทรานซิสเตอร์ เรียกว่าตัวแปรแบบไฮบริดจ์ (h –parameter)

วิธีการหาวงจรสมมูลของทรานซิสเตอร์ ใช้หลักการของ Two – port network เพื่อหาพารามิเตอร์ ภายในของ ทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2 การวิเคราะห์ด้วยหลักการ เน็ทเวิร์กทางไฟฟ้า

8.1.1 การเขียนสมการทางไฟฟ้า

การพารามิเตอร์ภายในของทรานซิสเตอร์ จะต้องวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีทางไฟฟ้าแบบ Two – port network ร่วมด้วยหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยหลักการใช้กระแสควบคุมแรงดัน ดังนั้นตัวแปรกระแส Ii และตัวแปรแรงดัน Vo ใช้เป็นตัวแปรอิสระ ส่วนตัวแปรกระแส Io และตัวแปรแรงดัน Vi จึงเป็นตัวแปรตาม ส่วนตัวแปรภายในทรานซิสเตอร์ใช้เป็นตัวแปร h เรียกว่าตัวแปร เอช พารามิเตอร์ (h –parameter) เขียนสมการตามหลักทางคณิตศาสตร์ในแต่ละพอร์ต (port) ได้ดังสมการดังต่อไปนี้

พอร์ตที่ 1

$$V_i = h_{11} \cdot I_i + h_{12} \cdot V_o$$

พอร์ตที่ 2

$$I_o = h_{21} \cdot I_i + h_{22} \cdot V_o$$

ซึ่งความหมายของตัวแปรทั้ง 4 ตัวมีดังนี้

h_{11} คือพารามิเตอร์ระหว่างพอร์ต 1 กับพอร์ต 1

h_{12} คือพารามิเตอร์ระหว่างพอร์ต 1 กับพอร์ต 2

h_{21} คือพารามิเตอร์ระหว่างพอร์ต 2 กับพอร์ต 1

h_{22} คือพารามิเตอร์ระหว่างพอร์ต 2 กับพอร์ต 2

เมื่อได้พารามิเตอร์มาแล้วจะต้องหาว่าจะแทนพารามิเตอร์แต่ละตัวด้วยคุณสมบัติและสัญลักษณ์ทางวงจรไฟฟ้าแบบใด การวิเคราะห์จะต้องสมมติตัวแปรแรงดันหรือตัวแปรกระแสในสมการที่ยังไม่สนใจให้มีค่าเป็นศูนย์ก่อนเช่น ถ้าต้องการหาพารามิเตอร์ h_{11} จะต้องสมมติให้สมการ Vo มีค่าเป็นศูนย์ เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ h_{12} มีค่าเป็นศูนย์ก่อน ดังวิธีการข้างล่าง

จากสมการ

$$V_i = h_{11} \cdot I_i + h_{12} \cdot V_o$$

เมื่อ Vo = 0 จะได้

$$V_i = h_{11} \cdot I_i + 0$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$h_{11} = \frac{V_i}{I_i}$$

จากสมการที่ได้ของ h_{11} เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนแรงดันต่อกระแส ซึ่งตามกฎของโอห์มก็คือ ค่าตัวต้านทาน มีหน่วยเป็นโอห์ม แทนด้วยสัญลักษณ์ตัวต้านทาน เรียกว่า อินพุตอิมพีแดนซ์ (short circuit input impedance parameter)

ในทำนองเดียวกัน

$$V_i = h_{11} \cdot I_i + h_{12} \cdot V_o$$

เมื่อ $I_i = 0$ จะได้

$$h_{12} = \frac{V_i}{V_O}$$

เรียกว่า อัตราส่วนผกผันของแรงดัน (open circuit revers transfer voltage ratio parameter)แทนด้วยสัญลักษณ์แหล่งจ่ายแรงดันสมมุติ

จากสมการ

$$I_o = h_{21} \cdot I_i + h_{22} \cdot V_o$$

เมื่อ $V_o = 0$ จะได้

$$h_{21} = \frac{I_o}{I_i}$$

เรียกว่า อัตราขยายของกระแส (short circuit forward transfer current ratio parameter) แทนด้วยสัญลักษณ์แหล่งจ่ายกระแสสมมุติ

$$I_o = h_{21} \cdot I_i + h_{22} \cdot V_o$$

เมื่อ $I_i = 0$ จะได้

$$h_{22} = \frac{I_O}{V_O}$$

เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของกระแสต่อแรงดัน ซึ่งตามกฎของโอห์มก็คือ ค่าความนำทางไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโมห์หรือซิเมนต์ (siemens) แทนด้วยสัญลักษณ์ตัวต้านทานเรียกว่า เอาท์พุตคอนดักแตนซ์ (open circuit output admittance parameter)

จากสมการที่ได้จาก เน็ทเวิร์กทางไฟฟ้า ก่อนที่จะนำมาเขียนเป็น วงจรสมมูลทางไฟฟ้า (equivalent) ได้มีการกำหนดชื่อขึ้นใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับที่มาของแต่ละตัวแปรจึงกำหนดชื่อใหม่ดังนี้

h_{11} : input resistance ($h_{i_}$)

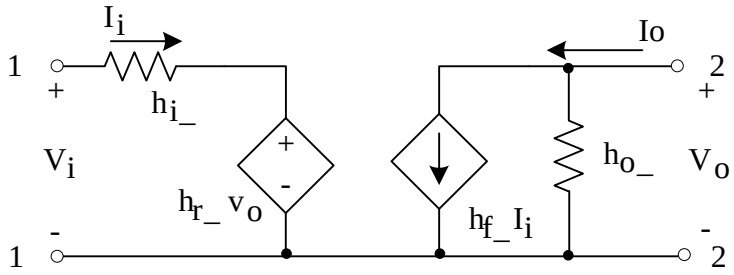
h_{12} : reverse transfer voltage ratio ($h_{r_}$)

h_{21} : forward transfer current ratio ($h_{f_}$)

h_{22} : output conductance ($h_{o_}$)

จากสมการที่พอร์ต 1 เป็นสมการแรงดันตามกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ จะเขียนแทนด้วยวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และตัวแปร h_{11} จะแทนด้วยสัญลักษณ์ความต้านทานส่วนตัวแปร h_{12} จะแทนด้วยสัญลักษณ์แหล่งจ่ายแรงดันสมมติ

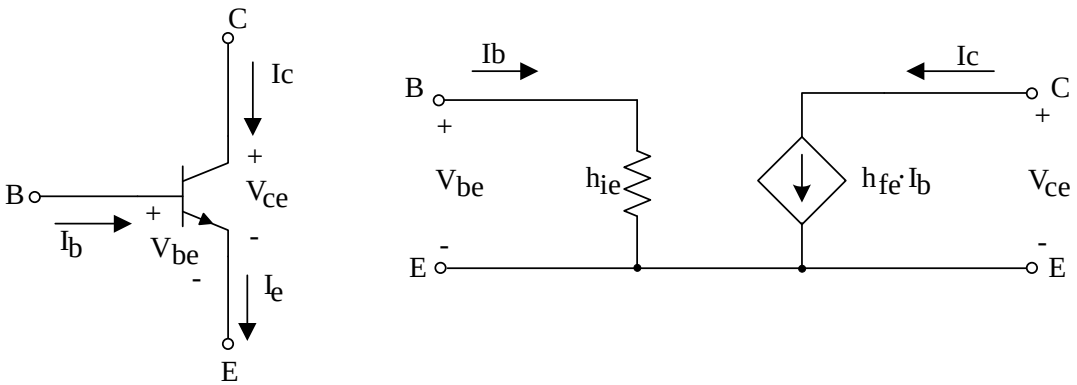
ส่วนสมการที่พอร์ต 2 เป็นสมการกระแสตามกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ จะเขียนแทนด้วยวงจรขนาน และตัวแปร h_{22} จะแทนด้วยสัญลักษณ์ความต้านทานส่วนตัวแปร h_{21} จะแทนด้วยสัญลักษณ์แหล่งจ่ายกระแสสมมติ ตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์

8.1.2วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของคอมมอนอีมิตเตอร์ (Common Emitter)

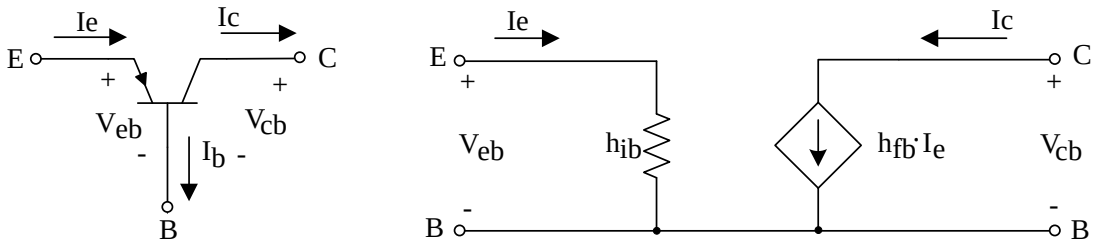
เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ก็จะทำการตัดพารามิเตอร์บางตัวที่ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ออกไป เช่น ค่า h_{re} มีค่าน้อยมากประมาณ 0 จะทำให้ค่าของ $h_{re}V_O$ มีค่าเท่ากับ 0 แทนตำแหน่งนี้ด้วยการลัดวงจร (short circuit) และ ค่า h_{oe} เป็นค่าความนำไฟฟ้าซึ่งมีค่าน้อยมาก และเมื่อพิจารณาเป็นค่าความต้านทาน ($\frac{1}{h_{oe}}$) จะทำให้มีค่าความต้านทานมากประมาณอินฟินิท (∞) ตำแหน่งนี้ จึงถูกแทนด้วยการเปิดวงจร (open circuit) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของคอมมอนอีมิตเตอร์

8.1.3 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของคอมมอนเบส (Common Base)

จากรูปที่ 4 นำมาเปลี่ยนชื่อขาและตัวแปรกระแสกับแรงดันของทรานซิสเตอร์ ส่วนตัวแปร h - พารามิเตอร์ เปลี่ยนตัวห้อยจากตัวอี (e) เป็นตัวบี (b) จุดสังเกตตัวแปรที่ใช้ในวงจรจะใช้ตัวแปรพิมพ์เล็ก ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของคอมมอนเบส

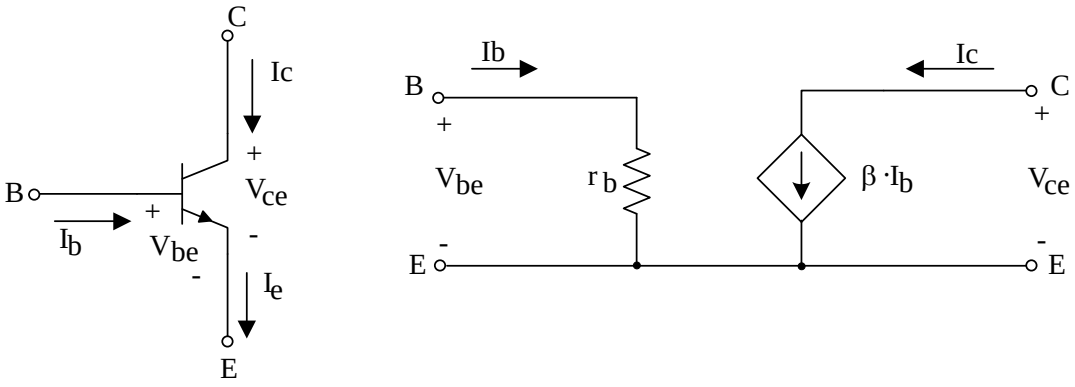
8.1.4 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าแบบ r_e (r_e model)

จากวงจรสมมูลทางไฟฟ้าตัวแปรที่ใช้เป็นตัวแปร h – พารามิเตอร์ซึ่งค่าต่างๆ จะได้มาจากคู่มือ(data sheet) ทรานซิสเตอร์เบอร์นั้นๆ จากวงจรสมมูลทางไฟฟ้าจะสังเกตเห็นว่าขาอินพุตจะเป็นขาเบสกับอีมิตเตอร์ ตามโครงสร้างแล้วจะมีคุณสมบัติเหมือนไดโอดดังนั้นก็จะสามารถคำนวณหาความต้านทานไดนามิกส์ของไดโอดได้ตามสมการข้างล่าง

$$r_d = \frac{26mV}{I_D}$$

ดังนั้นในวงจรแบบคอมมอนอีมิตเตอร์ ขาอินพุตคือขาเบส ดังนั้นความต้านทานอินพุตของคอมมอนอีมิตเตอร์ จะหาได้จากนำค่ากระแส I_B มาแทนลงในสมการความต้านทานไดนามิกส์จะได้ ความต้านทานขาเบส (r_b) ดังนี้

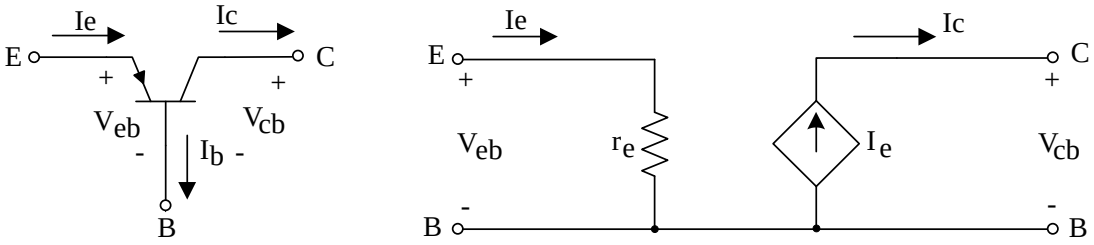
$$r_b = \frac{26mV}{I_B}$$



รูปที่ 6 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของคอมมอนอีมิตเตอร์ แบบ r_e model

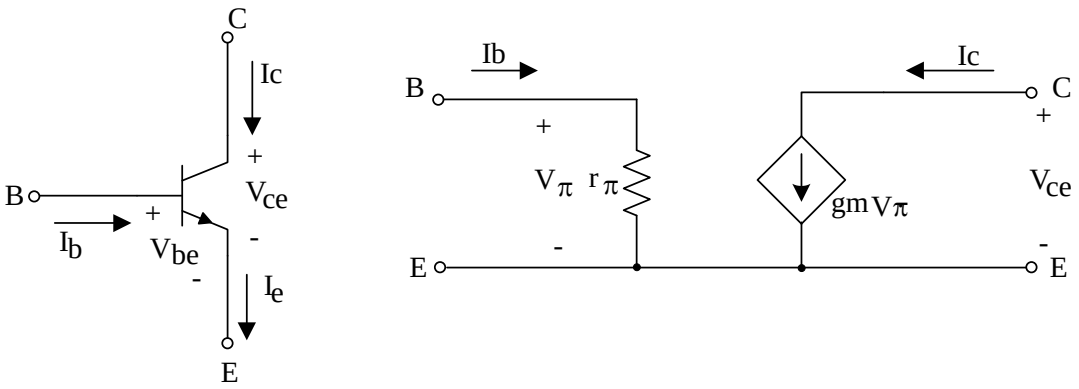
ส่วนความต้านทานอินพุตของคอมมอนเบส ขาอินพุตคือขาอีมิตเตอร์ กระแสทางอินพุตคือกระแส I_E มาแทนลงในสมการความต้านทานไดนามิกส์จะได้ ความต้านทานขาอีมิตเตอร์ (r_e)

$$r_e = \frac{26mV}{I_E}$$



รูปที่ 7 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของคอมมอนเบสแบบ r_e model

8.1.5 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์พาย(Hybridge - π)



รูปที่ 8 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์พาย

จะสังเกตุว่าทั้ง 3 โมเดลจะเขียนวงจรสมมูลไฟฟ้าได้หมือนกันคือ ในด้านอินพุตจะแทนด้วยสัญลักษณ์ตัวต้านทาน และในด้านเอาท์พุตจะแทนด้วยสัญลักษณ์แหล่งจ่ายกระแสแตกต่างกันตรงที่ใช้ตัวแปรไม่เหมือนกัน เปรียบเทียบพารามิเตอร์ ได้ดังนี้ของวงจรสมมูลแบบ กับตัวแปรในแบบ

ตัวแปร	h – พารามิเตอร์	r_e model	Hybridge - π
ตัวต้านทานอินพุต	h_{ie}	$\beta \cdot r_e = r_b$	r_π
อัตราขยายกระแส	h_{fe}	$\beta = H_{FE}$	$g_m V_\pi$

หลักการวิเคราะห์เบื้องต้นของวงจรขยาย

1. เขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์
2. จุดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงหรือไฟเลี้ยงวงจรให้ต่อกับจุดกลาวด์
3. ตำแหน่งของคาปาซิเตอร์ ให้แทนด้วยการลัดวงจร
4. เขียนวงจรตัวต้านทานที่ต่ออยู่ในแต่ละขาของทรานซิสเตอร์ ลงในวงจรสมมูลของทรานซิสเตอร์ ให้ครบทุกขา
5. วิเคราะห์หาสมการของอินพุต(Z_i)และเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_O) อัตราขยายแรงดัน A_V

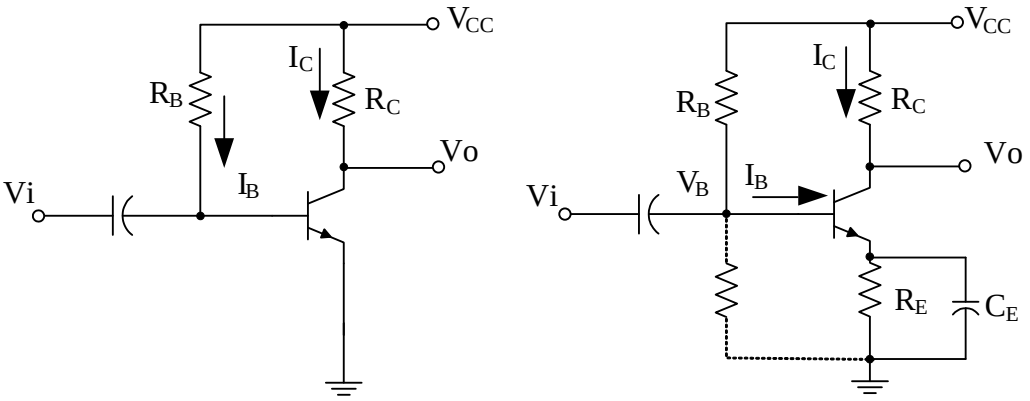
8.2 วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ (Common Emitter)

สำหรับการจัดวงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ ซึ่งมีทั้งวงจรไบอัสแบบไบอัสคงที่และวงจรไบอัสด้วยตนเอง มีการพิจารณาได้ 2 แบบคือ

1. วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ แบบไม่มีตัวต้านทานที่ขาอีมิตเตอร์
2. วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ แบบมีตัวต้านทานที่ขาอีมิตเตอร์

8.2.1 วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ แบบไม่มีตัวต้านทานที่ขาอีมิตเตอร์ (R_E)

จากวงจรในรูปที่ 9 จะเห็นว่ามีทั้งวงจรไบอัสแบบคงที่และวงจรไบอัสด้วยตนเองซึ่งจะต้องมี คาปาซิเตอร์ (C_E) ต่อขนานกับตัวต้านทานทีขาอีมิตเตอร์ เรียกว่าบายพาสคาปาซิเตอร์

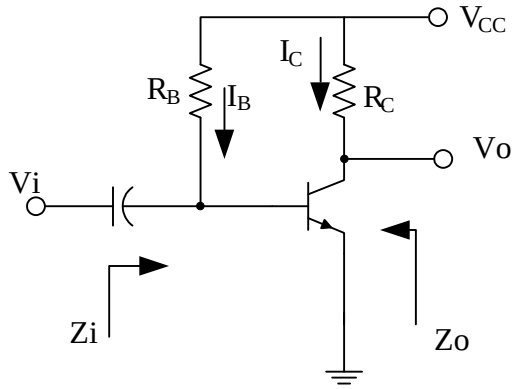


ก) วงจรไบอัสแบบคงที่ ข) วงจรไบอัสด้วยตนเอง

รูปที่ 9 วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ แบบไม่มีตัวต้านทานที่ขาอีมิตเตอร์ (R_E)

จากวงจรในรูปที่ 9 จะเห็นว่ามีทั้งวงจรไบอัสแบบคงที่และวงจรไบอัสด้วยตัวเอง ซึ่งจะเห็นว่าในส่วนของวงจรไบอัสแบบคงที่จะไม่มีความต้านทานที่ขาอีมิตเตอร์ อยู่แล้ว ส่วนวงจรไบอัสด้วยตัวเองจะมีบายพาสคาปาซิเตอร์ต่อขนานกับความต้านทานที่ขาอีมิตเตอร์ ซึ่งในการวิเคราะห์ตำแหน่งของคาปาซิเตอร์จะถูกแทนด้วยการลัดวงจร ก็เลยเป็นผลให้ความต้านทานที่ขาอีมิตเตอร์ มีค่าเป็น 0 โอห์มด้วยเปรียบเสมือนไม่มีตัวต้านทานอีมิตเตอร์ เช่นกัน

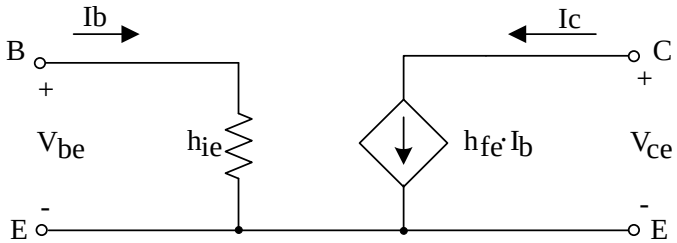
8.2.1.1 การวิเคราะห์วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ ของวงจรไบอัสแบบคงที่



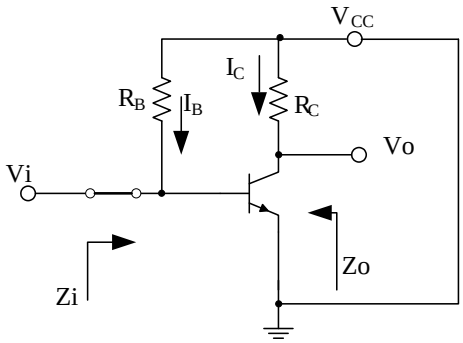
รูปที่ 10 วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ ของจรไบอัสแบบคงที่

จากวงจรรูปที่ 10 ก็จะเริ่มจากทำตามขั้นตอนการวิเคราะห์ทั้ง 5 ข้อมาวิเคราะห์หาผลของวงจรขยายสัญญาณดังนี้

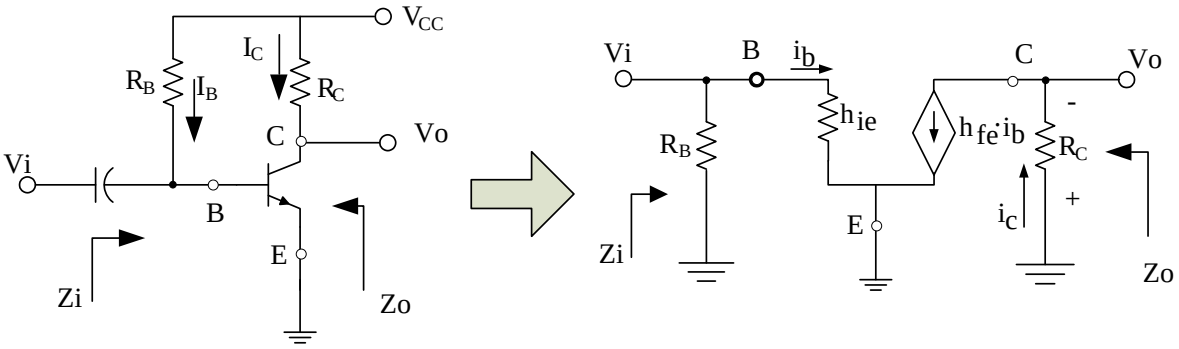
1. เขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนอีมิตเตอร์ จุดสังเกตให้ดูว่าขาอินพุตของวงจรคือขาเบส



2. จุดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงหรือไฟเลี้ยงวงจรให้ต่อกับจุดกลาวด์
3. ตำแหน่งของคาปาซิเตอร์ แทนด้วยการลัดวงจร



4. ต่อตัวต้านทานไบอัสเข้ากับ วงจรสมมูลของทรานซิสเตอร์ ให้ครบทุกขาก็จะได้วงจรสัญญาณทางไฟฟ้ากระแสสลับดังรูปที่ 11
5. วิเคราะห์หาสมการของอินพุต(Z_i)และเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_O) อัตราขยายแรงดัน A_V



รูปที่ 11 การเขียนวงจรขยายสัญญาณคอมมอนอีมิตเตอร์

การหาอินพุตอิมพิแดนซ์

ก็ให้ดูจากวงจรว่าความต้านทานที่ต่ออยู่กับขั้วต่อสัญญาณอินพุต (Vi) ว่าเป็นวงจรความต้านทานแบบใด แล้วนำมาเขียนเป็นสมการของอินพุตอิมพิแดนซ์ ดังสมการข้างล่าง

$$Z_i = R_B \;//\; h_{ie}$$

ถ้า $R_B >> h_{ie}$

$$Z_i \approx h_{ie}$$

การหาเอาท์พุตอิมพิแดนซ์

ก็ให้ดูจากวงจรว่าความต้านทานที่ต่ออยู่กับขั้วต่อสัญญาณเอาท์พุต(Vo) ว่าเป็นวงจรความต้านทานแบบใด แล้วนำมาเขียนเป็นสมการของเอาท์พุตอิมพิแดนซ์ ดังสมการข้างล่าง

$$Z_O = R_C$$

การหาอัตราขยายทางแรงดัน ตามสมการด้านล่าง

$$A_V = \frac{V_O}{V_i}$$

จากสูตรของการหาอัตราขยายทางแรงดัน ก็ต้องหาสมการของ Vo และสมการ Vi มาแทนค่าลงในสมการของ A_V โดยอาศัยกฎของโอห์ม และให้ใช้ตัวแปรกระแสจากวงจรสมมูลทางไฟฟ้าเท่านั้นดังสมการข้างล่าง

สมการแรงดัน Vo

$$V_O = -I_C \cdot R_C$$

ซึ่งกระแส I_C ในวงจรสมมูลทางไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ $h_{fe} \cdot i_b$ ดังนั้น

$$V_O = - h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C$$

สมการแรงดัน Vi

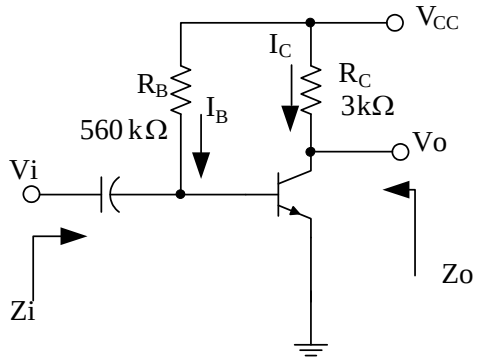
$$V_i = i_b \cdot h_{ie}$$

นำตัวแปรที่ได้จากสมการ V_i และสมการ Vo แทนลงในสมการของอัตราขยาย A_V ได้ดังนี้

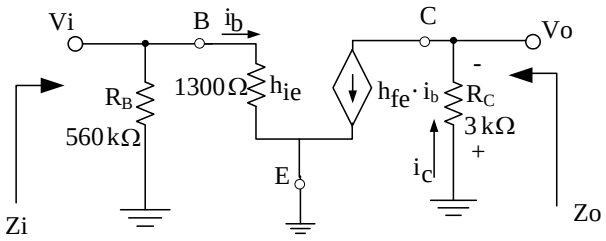
$$A_V = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C}{i_b \cdot h_{ie}}$$

$$Av = \frac{-h_{fe} \cdot R_C}{h_{ie}}$$

ตัวอย่างที่ 1 จงคำนวณหาค่าอินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ Zi , Zo และอัตราขยายทางแรงดัน A_V ของวงจรโดย กำหนดให้ h_{fe}=100 , h_{ie}=1300 และ I_C = 2 mA



วิธีทำ



จากวงจรสมมูลหาอินพุตอิมพีแดนซ์

$$Z_i = R_B \;//\; h_{ie}$$

$$= \frac{560k\Omega \times 1300\Omega}{560k\Omega + 1300\Omega}$$

$$Z_i = 1300\ \Omega$$

$$Z_i = 1.3\ k\Omega \quad \text{ตอบ}$$

จากวงจรสมมูลหาเอาท์พุตอิมพีแดนซ์

$$Z_O = R_C$$

$$Z_O = 3\ k\Omega \quad \text{ตอบ}$$

อัตราขยายทางแรงดันจากสูตร

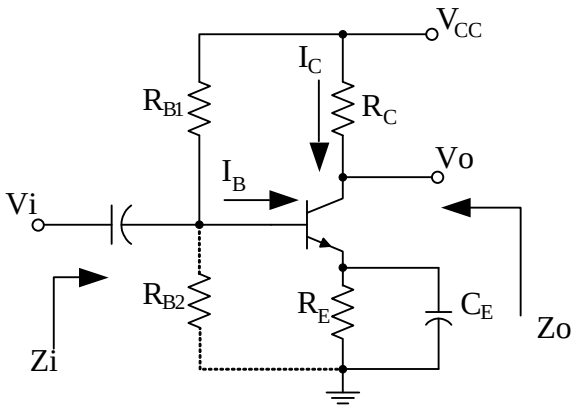
$$A_V = \frac{-h_{fe} \cdot R_C}{h_{ie}}$$

แทนค่า

$$A_V = \frac{-100 \times 3k\Omega}{1.3k\Omega}$$

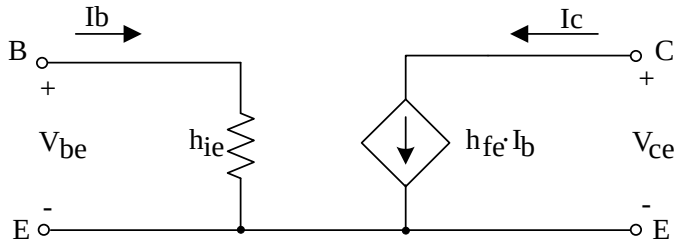
$$A_V = -230.77 \text{ เท่า} \quad \text{ตอบ}$$

8.2.1.2 การวิเคราะห์วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ ของวงจรไบอัสด้วยตัวเอง



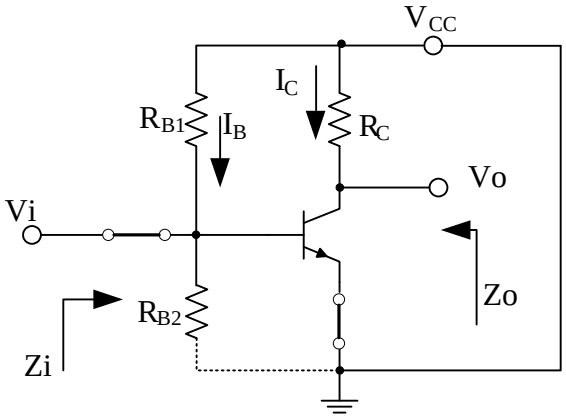
รูปที่ 12 วงจรไบอัสด้วยตนเองแบบมีบายพาสคาปาซิเตอร์

1.เขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนอีมิตเตอร์ จุดสังเกตให้ดูว่าขาอินพุตของวงจรคือขาเบส



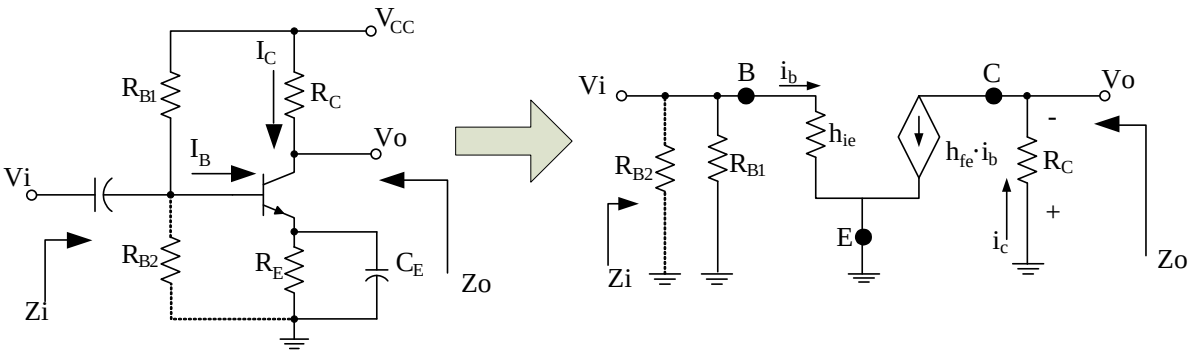
2. จุดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงหรือไฟเลี้ยงวงจรให้ต่อกับจุดกลาวด์

3. ตำแหน่งของคาปาซิเตอร์ แทนด้วยการลัดวงจรจะส่งให้ความต้านทาน R_E มีค่าเป็นศูนย์ โอห์ม เปรียบเสมือนการลัดวงจรที่ขาอีมิตเตอร์ ตามภาพข้างล่าง



4. ต่อตัวต้านทานไบอัสที่เหลือเข้ากับวงจรสมมูลของทรานซิสเตอร์ ให้ครบทุกขาก็จะได้วงจรสัญญาณทางไฟฟ้ากระแสสลับดังรูปที่ 13

8. วิเคราะห์หาสมการของอินพุต(Z_i)และเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_O) อัตราขยายแรงดัน A_V



รูปที่ 13 การเขียนวงจรขยายสัญญาณคอมมอนอีมิตเตอร์ แบบของวงจรไบอัสด้วยตนเอง

การหาอินพุตอิมพิแดนซ์

ก็ให้ดูจากวงจรว่าความต้านทานที่ต่ออยู่กับขั้วต่อสัญญาณอินพุต (Vi) ว่าเป็นวงจรความต้านทานแบบใด แล้วนำมาเขียนเป็นสมการของอินพุตอิมพิแดนซ์ แบ่งได้เป็น 2 กรณี ดังสมการข้างล่าง

กรณีมีตัวต้านทาน R_{B1} ตัวเดียว

$$Z_i = R_{B1} \,//\, h_{ie}$$

กรณีมีตัวต้านทาน R_B 2 ตัวคือวงจรโวลเตจดิไวเดอร์

$$Z_i = R_{B1} \,//\, R_{B2} \,//\, h_{ie}$$

การหาเอาท์พุตอิมพิแดนซ์

ก็ให้ดูจากวงจรว่าความต้านทานที่ต่ออยู่กับขั้วต่อสัญญาณเอาท์พุต(Vo) ว่าเป็นวงจรความต้านทานแบบใด แล้วนำมาเขียนเป็นสมการของเอาท์พุตอิมพิแดนซ์ ดังสมการข้างล่าง

$$Z_O = R_C$$

การหาอัตราขยายทางแรงดัน ตามสมการด้านล่าง

$$A_V = \frac{V_O}{V_i}$$

จากสูตรของการหาอัตราขยายทางแรงดัน ก็ต้องหาสมการของ Vo และสมการ Vi มาแทนค่าลงในสมการของ A_V โดยอาศัยกฎของโอห์ม และให้ใช้ตัวแปรกระแสจากวงจรสมมูลทางไฟฟ้าเท่านั้นดังสมการข้างล่าง

สมการแรงดัน Vo

$$V_O = -I_C \cdot R_C$$

ซึ่งกระแส I_C ในวงจรสมมูลทางไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ $h_{fe} \cdot i_b$ ดังนั้น

$$V_O = - h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C$$

สมการแรงดัน Vi

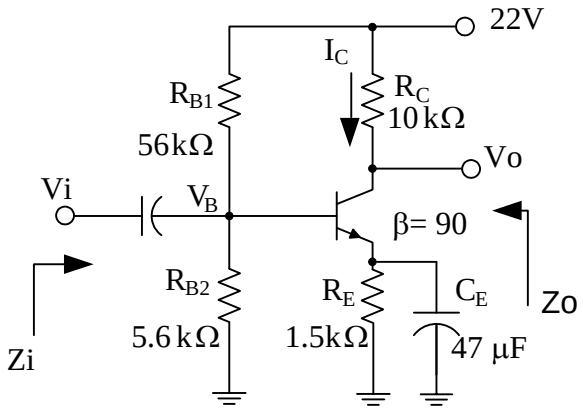
$$V_i = i_b \cdot h_{ie}$$

นำตัวแปรที่ได้จากสมการ V_i และสมการ Vo แทนลงในสมการของอัตราขยาย A_V ได้ดังนี้

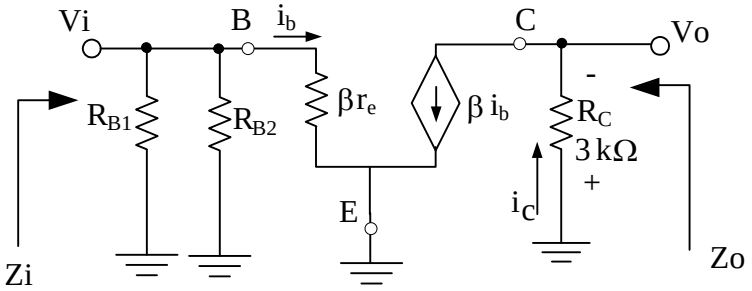
$$A_V = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C}{i_b \cdot h_{ie}}$$

$$Av = \frac{-h_{fe} \cdot R_C}{h_{ie}}$$

ตัวอย่างที่ 2 จงคำนวณหาค่าอินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ Zi , Zo และอัตราขยายทางแรงดัน A_V ของวงจร



วิธีทำ



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

$$= \frac{5.6k\Omega \times 22V}{5.6k\Omega + 56k\Omega}$$

V_{BB} = 2 V ตอบ

R_{BB} = R_{B1} // R_{B2}

= 56 kΩ // 5.6 kΩ

R_{BB} = 5.09 kΩ

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_{BB} + (1+\beta) \cdot R_E}$$

$$= \frac{2V - 0.7V}{5.09k\Omega + 91 \times 1.5k\Omega}$$

I_B = 9.18 μA ตอบ

$I_C = \beta \cdot I_B$

$= 90 \times 9.18\ \mu A$

$I_C = 0.826\ mA$ ตอบ

เมื่อหาค่ากระแสที่ไบแอสให้กับวงจรแล้ว ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดค่าพารามิเตอร์ภายในของทรานซิสเตอร์เช่น ค่าความต้านทาน $\beta \cdot re$ หาค่าได้ดังนี้

$$r_e = \frac{26mV}{I_E = I_C}$$

$$= \frac{26mV}{0.826mA}$$

$r_e = 31.5\ \Omega$ ตอบ

$Z_i = R_{BB} \,//\, \beta \cdot re$

$= 5.09\ k\Omega \ // \ (90 \times 31.5\Omega)$

$Z_i = 812\ k\Omega$ ตอบ

$Z_O = R_C$

$Z_O = 10\ k\Omega$ ตอบ

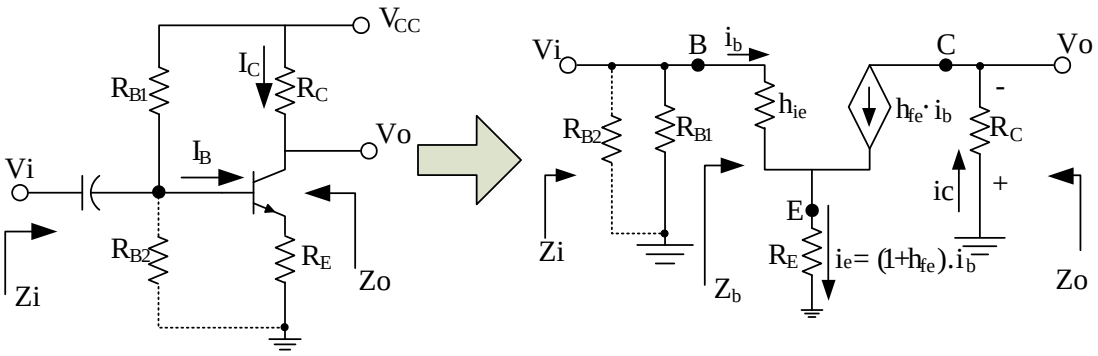
$$A_V = \frac{-R_C}{r_e}$$

$$= \frac{-10\,k\Omega}{31.5\,\Omega}$$

$A_V = -317.5$ เท่า ตอบ

8.2.2 วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์ แบบมีตัวต้านทานที่ขาอีมิตเตอร์ (R_E)

สำหรับวงจรขยายแบบนี้จะสังเกตจากไม่มีบายพาสคาปาซิเตอร์ต่อขนานกับตัวต้านทานขาอีมิตเตอร์ เพราะฉะนั้นวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของวงจรขยาย ตัวต้านทานขาอีมิตเตอร์ ก็ยังคงมีอยู่ ส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์ก็จะยึดหลักการ 5 ขั้นตอนเหมือนเดิมจะได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของวงจรขยาย แบบมีความต้านทานอีมิตเตอร์

จากวงจรสมมูลหาค่าอินพุตอิมพิแดนซ์

กรณีมี R_{B1} ตัวเดียว

$$Z_i = R_{B1} \,//\, Z_b$$

กรณีวงจรโวลเตจดิไวเดอร์

$$Z_i = R_{B1} \,//\, R_{B2} \,//\, Z_b$$

ความต้านทานที่ขาเบส (Z_b) หาได้จากสมการข้างล่าง

$$Z_b = \frac{V_i}{i_b}$$

$$= \frac{i_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) i_b \cdot R_E}{i_b}$$

$$Z_b = h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E$$

การหาเอาท์พุตอิมพิแดนซ์

$$Z_O = R_C$$

การหาอัตราขยายทางแรงดัน

$$A_V = \frac{V_O}{V_i}$$

หาสมการแรงดันของ Vo

$$V_O = -I_C \cdot R_C$$

$$V_O = - h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C$$

หาสมการแรงดันของ Vi

$$V_i = i_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) i_b \cdot R_E$$

$$V_i = i_b \cdot (h_{ie} + (1+h_{fe}) \cdot R_E)$$

นำสมการของ Vi และสมการ Vo แทนลงในสมการอัตราขยายทางแรงดัน

$$A_V = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C}{i_b (h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E)}$$

$$A_V = \frac{-h_{fe} \cdot R_C}{(h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E)}$$

$$A_V = \frac{-h_{fe} \cdot R_C}{Z_b}$$

$$A_V \approx \frac{-h_{fe} \cdot R_C}{(h_{ie} + h_{fe} \cdot R_E)}$$

เปรียบเทียบตัวแปรกับแบบ re model จะได้ดังนี้

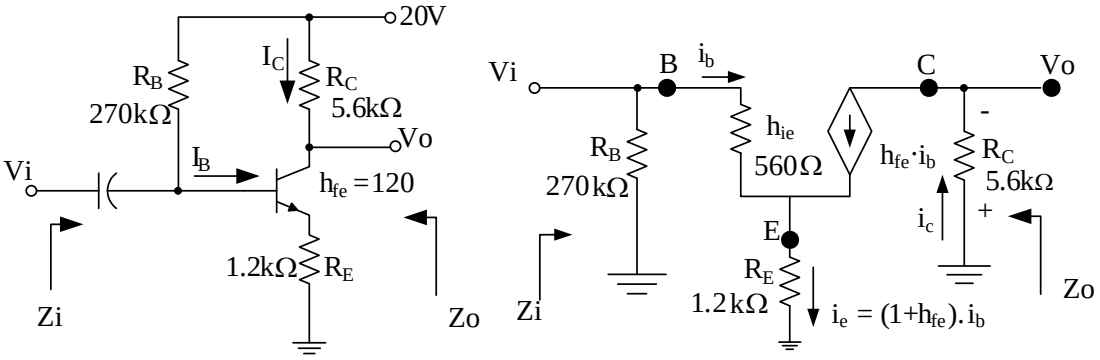
$$h_{fe} = \beta$$

$$h_{ie} = \beta \cdot r_e$$

$$A_V = \frac{-\beta \cdot R_C}{\beta \cdot r_e + \beta \cdot R_E}$$

$$A_V = \frac{-R_C}{r_e + R_E}$$

ตัวอย่างที่ 3 จงคำนวณหาค่าอินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ Zi , Zo และอัตราขยายแรงดัน A_V ของวงจร โดยกำหนดให้ h_{ie} = 560Ω



วิธีทำ

หาค่าอินพุตอิมพีแดนซ์

Z_i = R_B // Z_b

Z_b = h_{ie} + (1 + h_{fe})·R_E

= 560Ω + (1 +120) ×1.2 kΩ

Z_b = 145.76 kΩ

Z_i = 270 kΩ // 145.76 kΩ

Z_i = 94.66 kΩ ตอบ

หาค่าเอาท์พุตอิมพีแดนซ์

Z_O = R_C

Z_O = 5.6 kΩ ตอบ

หาค่าอัตราขยายแรงดัน

$$A_V = \frac{-h_{fe} \cdot R_C}{Z_b}$$

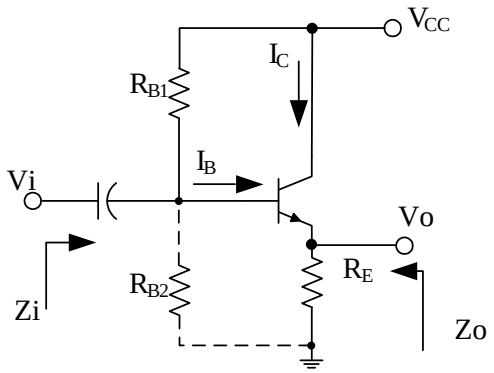
$$A_V = \frac{-120 \times 5.6k\Omega}{145.76k\Omega}$$

A_V = - 4.61 เท่า ตอบ

สรุปคุณสมบัติวงจรขยายสัญญาณของคอมมอนอีมิตเตอร์

1. อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_i) มีค่าสูง
2. เอาท์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_O) มีค่าสูง
3. อัตราขยายทางด้านแรงดัน (A_V) มีค่าสูง
4. รูปสัญญาณทางด้าน output จะมีมุมเฟสต่างกับ input 180 องศา

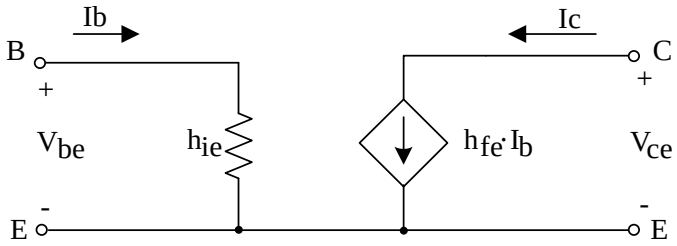
8.3 วงจรขยายแบบคอมมอนคอลเลกเตอร์ (Common Collector or Emitter Follower)



รูปที่ 15 วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

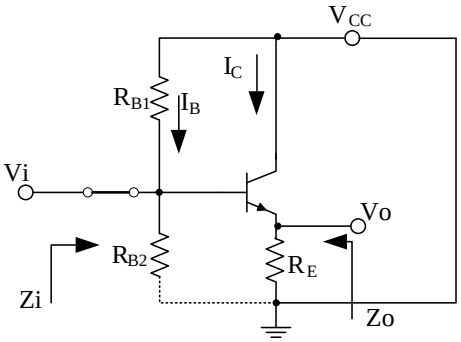
ขั้นตอนการวิเคราะห์ทั้ง 5 ขั้นตอน

1. เขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ ดูจากขาอินพุตของวงจรคือขา-เบส เลือกวงจรที่ขาอินพุตเป็นขาเบส ดังภาพข้างล่าง

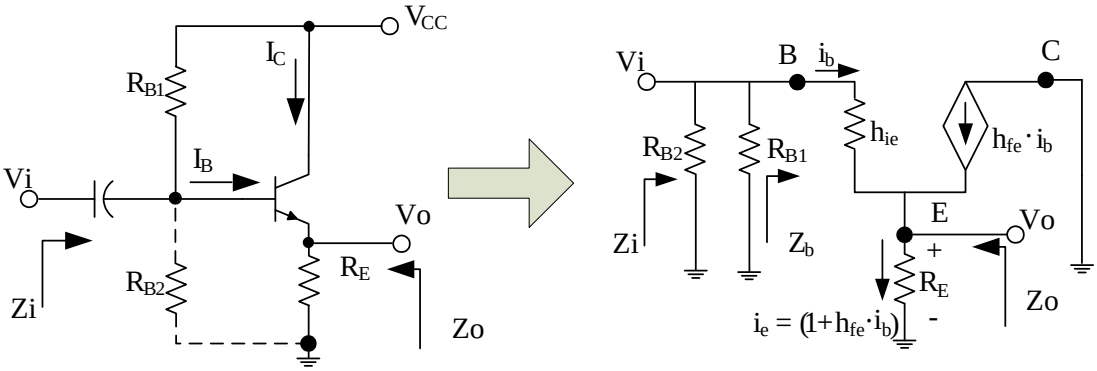


2. จุดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงหรือไฟเลี้ยงวงจรให้ต่อกับจุดกลาวด์

3. ตำแหน่งของคาปาซิเตอร์ แทนด้วยการลัดวงจร



4. ต่อตัวต้านทานไบอัสที่เหลือเข้ากับ วงจรสมมูลของทรานซิสเตอร์ ให้ครบทุกขาก็จะได้วงจรสัญญาณทางไฟฟ้ากระแสสลับดังรูปที่ 16
5. วิเคราะห์หาสมการของอิมพีแดนซ์ Z_i , Z_O และอัตราขยายแรงดัน A_V



รูปที่ 16.วงจรขยายสัญญาณของคอมมอนคอลเล็กเตอร์

การหาอินพุตอิมพิแดนซ์

กรณีมี R_{B1} ตัวเดียว

$$Zi = R_{B1} \,//\, Z_b$$

กรณีวงจรโวลเตจดิไวเดอร์

$$Zi = R_{B1} \,//\, R_{B2} \,//\, Z_b$$

การหาความต้านทานที่ขาเบส(Z_b)

$$Z_b = \frac{V_i}{i_b}$$

$$Z_b = \frac{i_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) i_b \cdot R_E}{i_b}$$

$$Z_b = h_{ie} + (1 + h_{fe})\cdot R_E$$

การหาอัตราขยายทางแรงดัน ดังสมการข้างล่าง

$$A_V = \frac{V_o}{V_i}$$

หาสมการแรงดันของ Vo

$$V_O = I_E \cdot R_E$$

$$Vo = (1 + h_{fe} \cdot i_b) \cdot R_E$$

หาสมการแรงดันของ Vi

$$V_i = i_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) i_b \cdot R_E$$

$$V_i = i_b \cdot (h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E)$$

$$A_V = \frac{(1 + h_{fe} \cdot i_b) \cdot R_E}{i_b \cdot (h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E)}$$

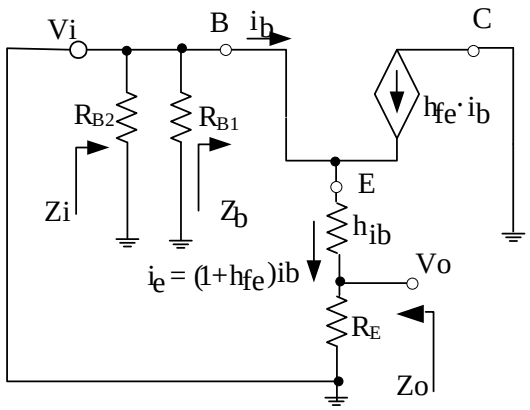
$$A_V = \frac{(1 + h_{fe}) \cdot R_E}{ih_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E)}$$

สมมติให้ $h_{fe} >> 1$

$$A_V = \frac{h_{fe} \cdot R_E}{h_{ie} + h_{fe} \cdot R_E}$$

การหาเอาท์พุตอิมพิแดนซ์

การหาเอาท์พุตอิมพีแดนซ์(Zo) จะต้องทำให้ค่าแรงดันอินพุต Vi มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงต่อขั้วอินพุต Vi ลงกลาวด์ เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจะเขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าใหม่โดยใช้วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของคอมมอนเบส ดังรูปวงจรด้านล่าง



จากวงจรเมื่อต่อขั้วอินพุต Vi ลงกลาวด์จะส่งผลให้ตัวต้านทาน R_{B1} และตัวต้านทาน R_{B2} ช็อตลงกลาวด์ไปด้วย จะเหลือเฉพาะตัวต้านทาน h_{ib} และตัวต้านทาน R_E ต่อขนานกันเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Z_O = R_E \;//\; h_{ib}$$

แต่ค่าของ h_{ib} มีค่าเท่ากับ $\dfrac{h_{ie}}{1+h_{fe}}$ ดังนั้น

$$Z_O = R_E \;//\; \frac{h_{ie}}{1+h_{fe}}$$

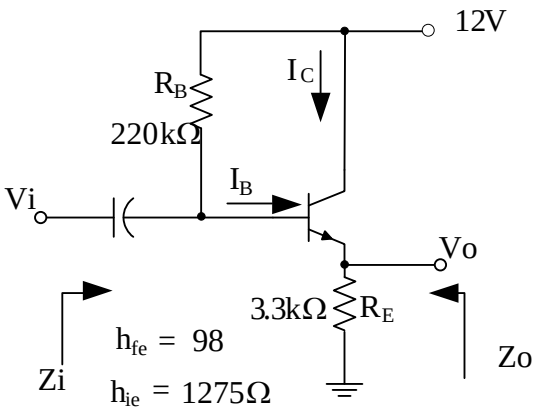
ถ้าสมมติให้ hfe >> 1

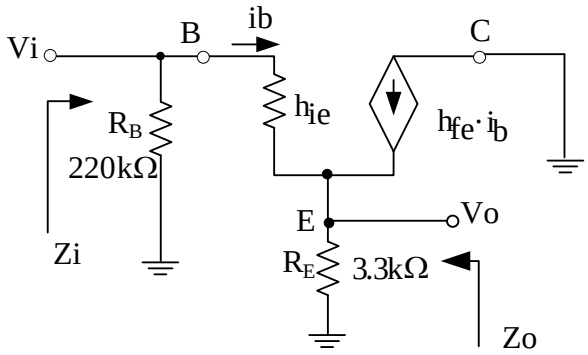
$$Z_O = R_E \;//\; \frac{h_{ie}}{h_{fe}}$$

คุณสมบัติเฉพาะของ คอมมอนคอลเลกเตอร์

1. อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_i) มีค่าสูง
2. เอาท์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_O) มีค่าต่ำ
3. อัตราขยายทางด้านแรงดัน (A_V) มีค่าน้อยกว่า 1
4. รูปสัญญาณทางด้าน output จะมีเฟสตรงกันกับ input

ตัวอย่างที่ 4 จงคำนวณหาค่าอินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ Zi , Zo และอัตราขยายทางแรงดัน A_V ของวงจร





วิธีทำ

หาอินพุตอิมพีแดนซ์ Zi

$$Z_i = R_{B1} \;//\; Z_b$$

หาอิมพีแดนซ์ที่ขาเบส Z_b ตามสูตร

$$Z_b = h_{ie} + (1 + h_{fe})\cdot R_E$$

$$= 1.275\ k\Omega + 99 \times (3.3k\Omega)$$

$$Z_b = 327.98\ k\Omega$$

ดังนั้น

$$Z_i = 220\ k\Omega \;//\; 327.98\ k\Omega$$

$$Z_i = 131.98\ k\Omega \quad \text{ตอบ}$$

เอาท์พุตอิมพีแดนซ์ Zo ตามสูตร

$$Z_O = R_E \;//\; \frac{h_{ie}}{h_{fe}}$$

$$Z_O = 3.3\ k\Omega \;//\; \frac{1.275k\Omega}{98}$$

$$Z_O = 12.9\ \Omega \quad \text{ตอบ}$$

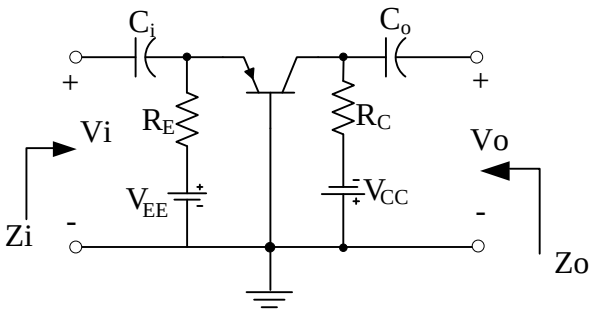
อัตราขยายทางแรงดัน A_V ตามสูตร

$$A_V = \frac{h_{fe} \cdot R_E}{h_{ie} + h_{fe} \cdot R_E}$$

$$= \frac{98 \times 3.3K\Omega}{1.275k\Omega + 98 \times 3.3k\Omega}$$

A_V = 0.996 เท่า ตอบ

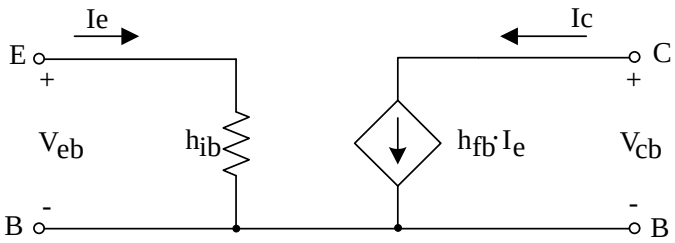
8.4วงจรขยายแบบคอมมอนเบส (Common Base)



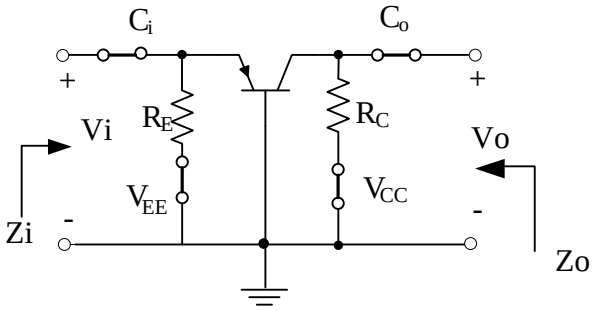
รูปที่ 17 วงจรขยายคอมมอนเบส

ขั้นตอนการวิเคราะห์ทั้ง 5 ขั้นตอน

1. เขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ ดูจากขาอินพุตของวงจรคือขา-อีมิตเตอร์ เลือกวงจรที่ขาอินพุตเป็นขาอีมิตเตอร์ ดังภาพข้างล่าง

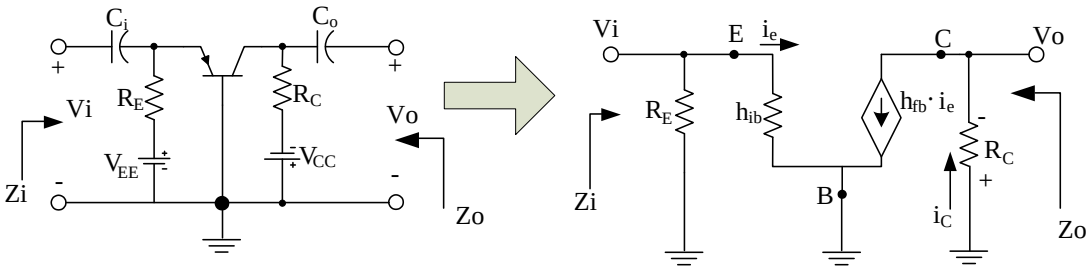


2. จุดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงหรือไฟเลี้ยงวงจรให้ต่อลงจุดกลาวด์
3. ตำแหน่งของคาปาซิเตอร์ แทนด้วยการลัดวงจร ตามรูปข้างล่าง



4. ต่อตัวต้านทานไบอัสที่เหลือเข้ากับ วงจรสมมูลของทรานซิสเตอร์ ให้ครบทุกขาก็จะได้วงจรขยายสัญญาณทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 18

5. วิเคราะห์หาสมการของอิมพีแดนซ์ Z_i , Z_O และอัตราขยายแรงดัน A_V



รูปที่18 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของคอมมอนเบส

การหาอินพุตอิมพิแดนซ์

$$Z_i = R_E // h_{ib}$$

การหาเอาท์พุตอิมพิแดนซ์

$$Z_O = R_C$$

การหาอัตราขยายทางแรงดัน

$$A_V = \frac{V_o}{V_i}$$

หาสมการแรงดันของ Vo

$$V_O = -I_C \cdot R_C$$

$$V_O = - h_{fb} \cdot i_e \cdot R_C$$

หาสมการแรงดันของ Vi

$$V_i = i_b \cdot h_{ib}$$

หาอัตราขยายทางแรงดัน A_V โดยแทนค่าสมการแรงดัน Vo และสมการ Vi ดังสมการข้างล่าง

$$A_V = \frac{-h_{fb} \cdot i_e \cdot R_C}{h_{ib} \cdot i_e}$$

$$A_V = \frac{-h_{fb} \cdot R_C}{h_{ib}}$$

จากวงจรสมมูลของทรานซิสเตอร์ค่าของ $h_{fb} = -1$ ดังนั้น

$$A_V = \frac{-(-1) \cdot R_C}{h_{ib}}$$

$$A_V = \frac{R_C}{h_{ib}}$$

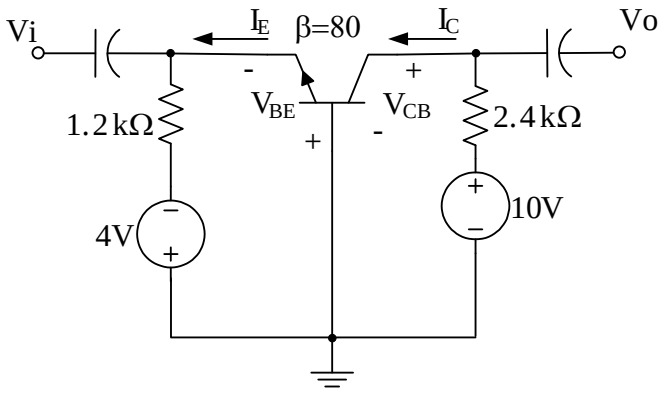
เมื่อ $h_{ib} = r_e$ จะได้

$$A_V = \frac{R_C}{r_e}$$

คุณสมบัติเฉพาะของ คอมมอนเบส

1. อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_i) มีค่าต่ำ
2. เอาท์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_O) มีค่าสูง
3. อัตราขยายทางด้านแรงดัน (A_V) มีค่าสูง
4. รูปสัญญาณทางด้าน output จะมีเฟสตรงกันกับ input

ตัวอย่างที่ 5 จงคำนวณหาค่าอินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ Zi , Zo และอัตราขยายแรงดัน A_V ของวงจร



วิธีทำ จากโจทย์ไม่ได้กำหนดค่าของพารามิเตอร์ภายในของทรานซิสเตอร์ h_{ib} หรือค่าของ r_e มาให้จะต้องคำนวณจากวงจรตามสูตรข้างล่าง

$$h_{ib} = r_e = \frac{26mV}{I_E}$$

ดังนั้นจะต้องหาค่ากระแส I_E ตามสูตรข้างล่าง

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

$$= \frac{4V - 0.7V}{1.2k\Omega}$$

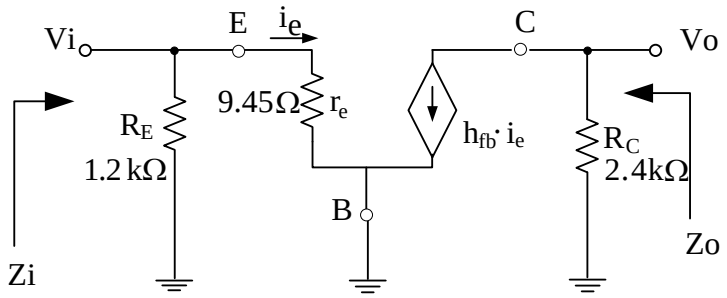
$$I_E = 2.75\ mA \quad \text{ตอบ}$$

$$r_e = \frac{26mV}{I_E}$$

$$= \frac{26mV}{2.75mA}$$

$$r_e = 9.45\ \Omega \quad \text{ตอบ}$$

เขียนวงจรสมมูลวงจรขยายสัญญาณ



หาค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ Zi

$Z_i = R_E \,//\, r_e$

$= 1.2\ k\Omega \,//\, 9.45\ \Omega$

$Z_i = 9.37\ \Omega$

หาค่าเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ Zo

$Z_O = R_C$

$Z_O = 2.4\ k\Omega$ ตอบ

หาค่าอัตราขยายแรงดัน A_V ตามสูตรข้างล่าง

$$A_V = \frac{R_C}{r_e}$$

$$= \frac{2.4\ k\Omega}{9.45\Omega}$$

$A_V = 256.96$ เท่า ตอบ

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8
วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กทรานซิสเตอร์

ตอนที่ 1 จงให้ความหมายของคำต่อไปนี้มาพอสังเขป

1. จงให้ความหมายของชื่อต่อไปนี้

1.1 h_{ie} หมายถึง .....

1.2 h_{re} หมายถึง .....

1.3 h_{fe} หมายถึง .....

1.4 h_{oe} หมายถึง .....

1.1 h_{ib} หมายถึง .....

1.2 h_{rb} หมายถึง .....

1.3 h_{fb} หมายถึง .....

1.4 h_{ob} หมายถึง .....

2. ตัวแปรที่มีความหมายว่าเป็นอัตราขยายทางด้านกระแส ของคอมมอนอีมิตเตอร์ คือตัวแปรอะไร

.....

3. ความต้านทานระว่างขา อีมิตเตอร์ กับ ขาเบส ของคอมมอนอีมิตเตอร์ แทนด้วยตัวแปรอะไร

.....

4. ความต้านทานระว่างขา อีมิตเตอร์ กับ คอลเลกเตอร์ ของคอมมอนอีมิตเตอร์ แทนด้วยตัวแปรอะไร

.....

5. ความต้านทานระว่างขา อีมิตเตอร์ กับ ขาเบส ของคอมมอนเบส แทนด้วยตัวแปรอะไร

.....

6. ความต้านทานระว่างขา อีมิตเตอร์ กับ คอลเลกเตอร์ ของคอมมอนเบส แทนด้วยตัวแปรอะไร

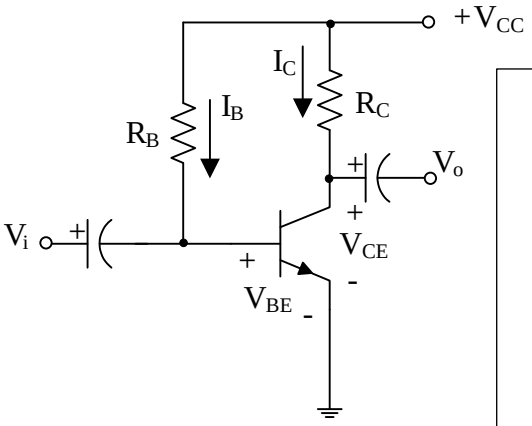
.....

7. ตัวแปรที่มีความหมายว่าเป็นอัตราขยายทางด้านกระแส ของคอมมอนเบส คือตัวแปรอะไร

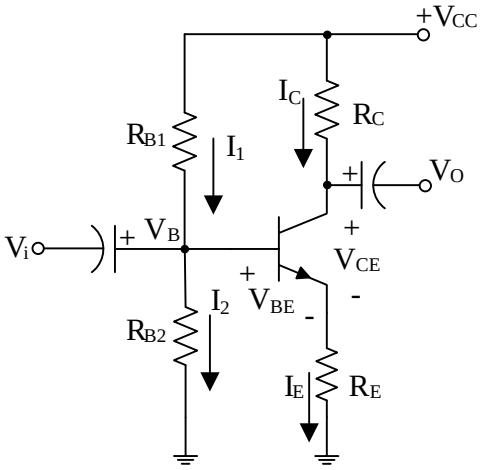
.....

ตอนที่ 2 จงแสดงวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ของวงจรขยายสัญญาณต่อไปนี้

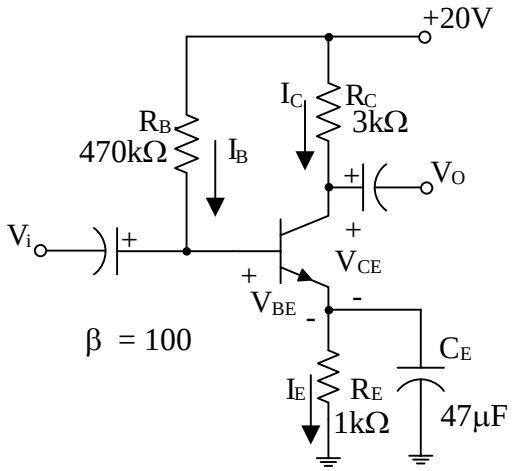
1. ให้เขียนวงจรสมมูลวงจรขยายสัญญาณ



2. ให้เขียนวงจรสมมูลวงจรขยายสัญญาณ



3. จากรูปให้แสดงวิธีหารคำนวณหาค่า อินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ และ อัตราขยายสัญญาณ



ให้เขียนวงจรสมมูลวงจรขยายสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

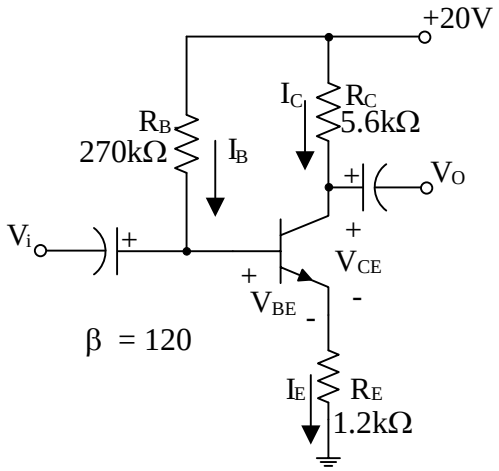
.....

.....

.....

.....

4. จากรูปให้แสดงวิธีหารคำนวณหาค่า อินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ และ อัตราขยายสัญญาณ



ให้เขียนวงจรสมมูลวงจรขยายสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

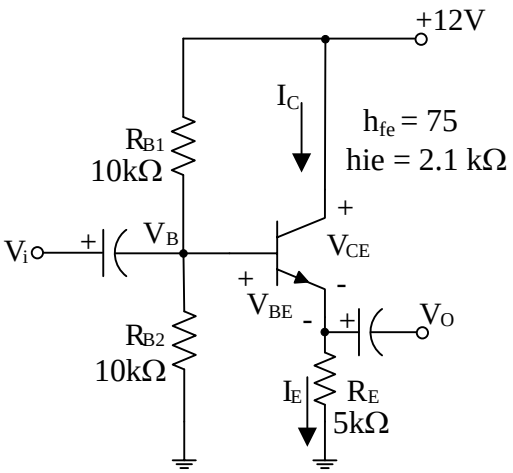
.....

.....

.....

.....

5. จากรูปให้แสดงวิธีหารคำนวณหาค่า อินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ และ อัตราขยายสัญญาณ



ให้เขียนวงจรสมมูลวงจรขยายสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

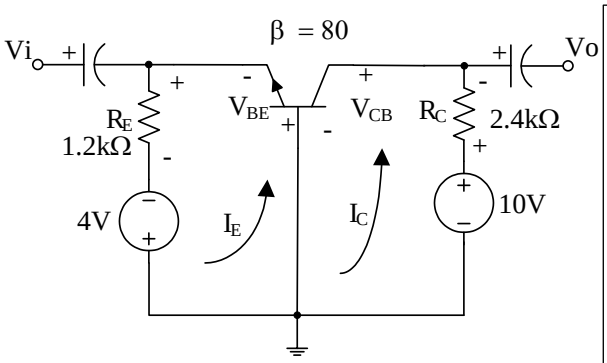
.....

.....

.....

.....

6. จากรูปให้แสดงวิธีหารคำนวณหาค่า อินพุตและเอาท์พุตอิมพีแดนซ์ และ อัตราขยายสัญญาณ



ให้เขียนวงจรสมมูลวงจรขยายสัญญาณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

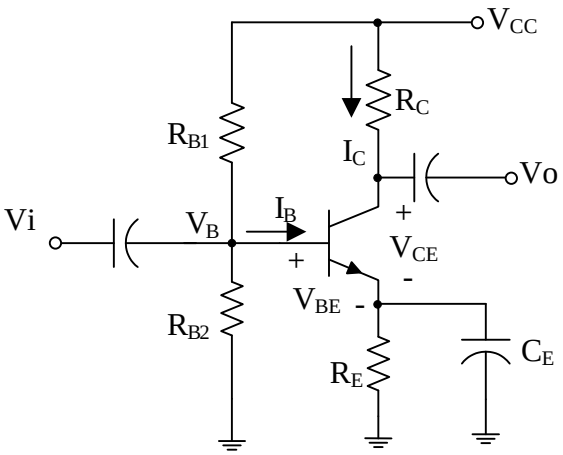
ใบงาน
วงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์

วัตถุประสงค์

1. สามารถวัดหาผลตอบสนองต่อสัญญาณขนาดเล็กได้
2. สามารถวัดหาผลตอบสนองต่อสัญญาณขนาดใหญ่ได้
3. สามารถคำนวณหาค่าอัตราขยายของวงจรได้

สาระสำคัญ

วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์



คุณสมบัติเฉพาะของ คอมมอนอิมิตเตอร์

1. input impedance มีค่าสูง
2. output impedance มีค่าสูง
3. อัตราขยายทางด้านแรงดัน (Av) มีค่าสูง

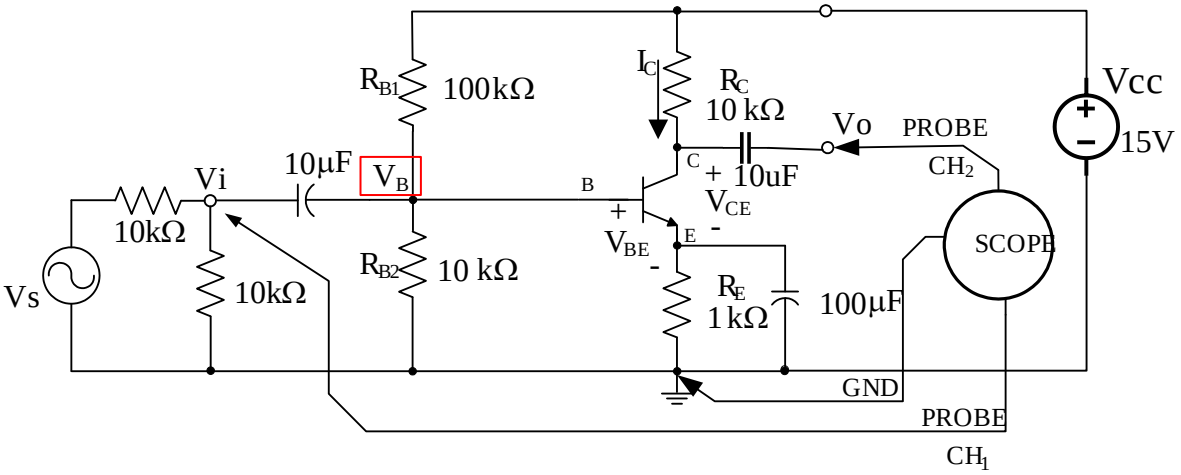
$$Av = \frac{-hfe \times RC}{hie} = \frac{-R_C}{26mV} \times I_C$$

4. รูปสัญญาณทางด้าน output และ input ต่างเฟสกัน 180 องศา

ลำดับขั้นการทดลอง

1. คุณสมบัติวงจรขยายแบบ คอมมอนอิมิตเตอร์

1.1 การทดลองสัญญาณขนาดเล็ก ต่อวงจรตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์

1.1.1. ใช้มัลติมิเตอร์ย่านดีซีโวลต์วัดแรงดันที่ขาเบส V_B ได้.....V

1.1.2 ใช้มัลติมิเตอร์ย่านดีซีโวลต์วัดแรงดันตกคล่อมตัวต้านทาน R_Cได้.....V

คำนวณหาค่ากระแส I_C ได้จากสูตร $I_C = \frac{V_{RC}}{R_C}$

แทนค่า .....mA

1.1.3 ใช้มัลติมิเตอร์ย่านดีซีโวลต์วัดแรงดัน V_{CE} ได้ V

1.1.4 ป้อนสัญญาณที่ Vs รูปคลื่น Sine wave ความถี่ 1KHz ประมาณ 400mVp-p

1.1.5 บันทึกภาพสัญญาณที่ อินพุต(V_i) และเอาท์พุต(Vo) ตามภาพที่ 1

.....V/DIV

.....V/DIV

- รูปสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร.....
- จากรูปสัญญาณ อ่านค่าขนาดของสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตได้
  อินพุต Vi ได้.....Vp-p และเอาท์พุต Vo ได้ .....Vp-p
- ให้คำนวณหาอัตราขยายแรงดันจากรูปสัญญาณ ($A_V = \frac{V_O}{V_i}$)มีค่าเท่าไหร่.....

.....

- ให้คำนวณหาอัตราขยายแรงดัน ($A_V = \frac{-RC}{26mV} \times I_C$) มีค่าเท่าไหร่.....

.....

1.1.6.จากการวัดในข้อ 1.1.5 ให้เข้าโหมดการวัดแบบ X-Y mode (Transfer Curve) แล้วบันทึกผล

หมายเหตุ

แชนแนล x ของออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่ อินพุต ส่วน แชนแนล Y ของออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่ เอาท์พุต

1.2. การทดลองสัญญาณขนาดใหญ่

1.2.1. ทดลองตามรูปที่ 1 เหมือนเดิม

1.2.2. ทำการปรับสัญญาณที่ อินพุต V_S จนสัญญาณที่เอาท์พุต Vo ขยายสูงสุดแต่ไม่ผิดเพี้ยน แล้วบันทึกผล

1.2.3 ใช้มัลติมิเตอร์ย่านดีซีโวลต์วัดแรงดันที่ขาเบส V_B ได้.....V

1.2.4 ใช้มัลติมิเตอร์ย่านดีซีโวลต์วัดแรงดันตกคล่อมตัวต้านทาน R_Cได้.....

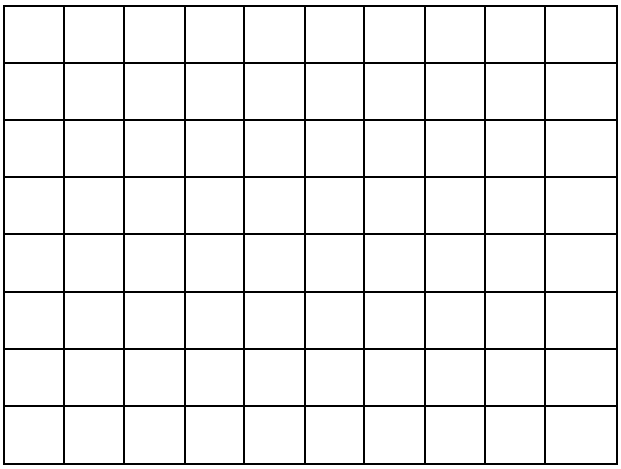
คำนวณหาค่ากระแส I_C ได้จากสูตร $I_C = \frac{V_{RC}}{R_C}$

แทนค่า .....

.....

.....

1.2.5 ใช้มัลติมิเตอร์ย่านดีซีโวลต์วัดแรงดัน V_{CE} ได้ .....



……V/DIV

……V/DIV

- จากรูปสัญญาณ อ่านค่าขนาดของสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตได้

  อินพุต Vi ได้.....Vp-p และเอาท์พุต Vo ได้ .....Vp-p

- ให้คำนวณหาอัตราขยายแรงดันจากรูปสัญญาณ ($A_V = \frac{V_O}{V_i}$)มีค่าเท่าไหร่.....

.....

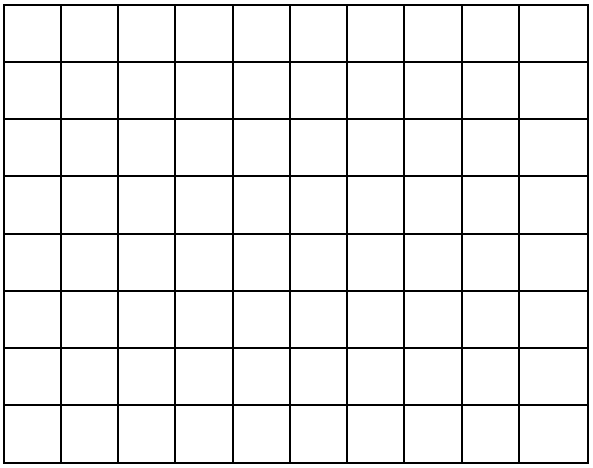
- ให้คำนวณหาอัตราขยายแรงดัน ($A_V = \frac{-RC}{26mV} \times I_C$) มีค่าเท่าไหร่.....

.....

.....

.....

1.2.6. ให้เข้าโหมดการวัดแบบ X-Y mode (Transfer Curve) แล้วบันทึกผล



……V/DIV

……V/DIV

2. จากรูปวงจรที่ 1 ให้แสดงวิธีการคำนวณหาค่าแรงดัน V_B ,V_{CE} กระแส I_C และคำนวณหาอัตราขยาวงจร

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

ชื่อ – สกุล .....ชั้น/กลุ่ม.....เลขที่.....

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

สรุปผลการประเมิน ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน คะแนนที่ได้ .....

ข้อเนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(นายชาตรี เริงชัยภูมิ)

เกณฑ์การประเมิน

ระดับ 3 หมยถึง ปฏิบัติถูกต้องสม่ำเสมอ

ระดับ 2 หมยถึง ปฏิบัติถูกต้องเป็นบางครั้ง

ระดับ 1 หมยถึง ปฏิบัติถูกต้องน้อยครั้ง

ระดับ 0 หมยถึง ไม่ปฏิบัติเลย

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (✕) ลงบนข้อคำตอบที่ถูกที่สุด

1. จากวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญตรงกับข้อใด

   ก.h_{re} และ h_{ie}

   ข. h_{fe} และ h_{re}

   ค. h_{ie} และ h_{fe}

   ง.h_{te} และ h_{fe}

2. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร h_{fe} ในวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ ตรงกับข้อใด

   ก. แหล่งจ่ายกระแส

   ข. แหล่งจ่ายแรงดัน

   ค. ตัวต้านทาน

   ง. วงจรสวิทช์เปิด

3. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร h_{ie} ในวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ ตรงกับข้อใด

   ก. แหล่งจ่ายแรงดัน

   ข. ตัวต้านทาน

   ค. แหล่งจ่ายกระแส

   ง. เปิดวงจร

4. ข้อใดไม่ใช่ ตัวแปรที่คุณสมบัติเหมือนกับตัวแปร h_{ie}

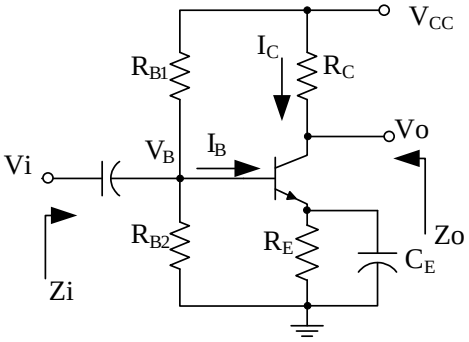
   ก. $\beta \cdot r_e$

   ข. r_b

   ค. r_π

   ง. r_e

5. สมการอัตราขยายแรงดันของวงจร ตรงกับข้อใด



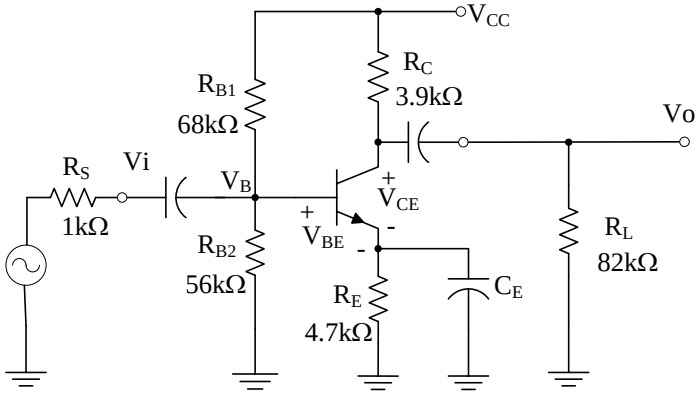
ก. $\frac{R_C}{R_E}$

ข. $-\frac{h_{fe}R_C}{h_{ie}}$

ค. $-\frac{R_C}{R_E}$

ง. $-\frac{R_C}{R_{B2}}$

6.จากวงจรกำหนดให้มีค่า h_{ie} = 2.1 kΩ , h_{fe} = 100 ค่าอัตราการขยายแรงดัน(Av)มีค่าตรงกับข้อใด



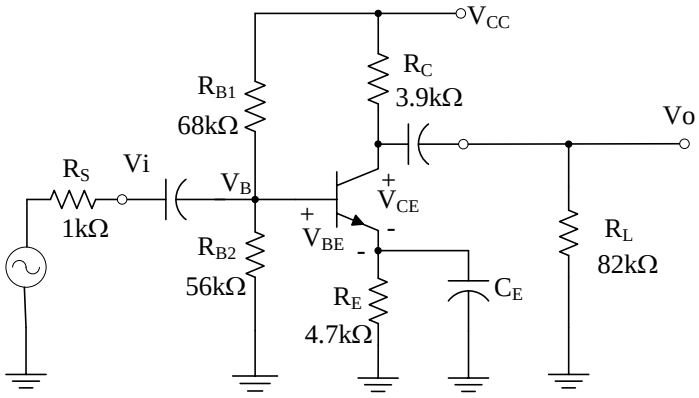
ก. -185

ข.-1.85

ค.-177

ง. 177

7. จากวงจรกำหนดให้มีค่า h_{ie} = 2.1 kΩ , h_{fe} = 100 ค่าแรงดันแหล่งจ่าย VCC จะมีค่าตรงกับข้อใด



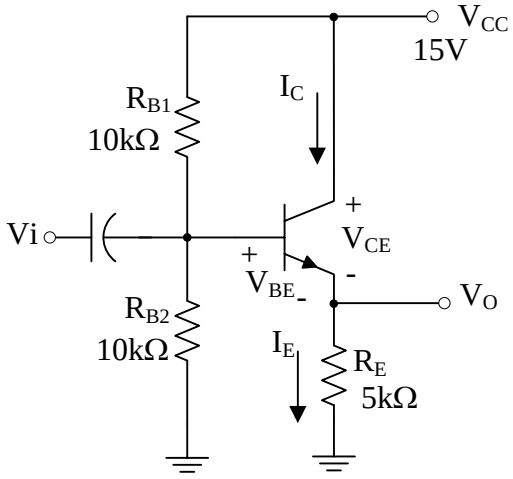
ก.10V

ข.12V

ค. 14V

ง. 15V

8.จากวงจรกำหนดให้ค่า h_{ie} = 2.1kΩ , h_{fe} = 75 และ re = 38.6Ω ค่าอัตราการขยายแรงดัน(Av)มีค่าตรงกับข้อใด



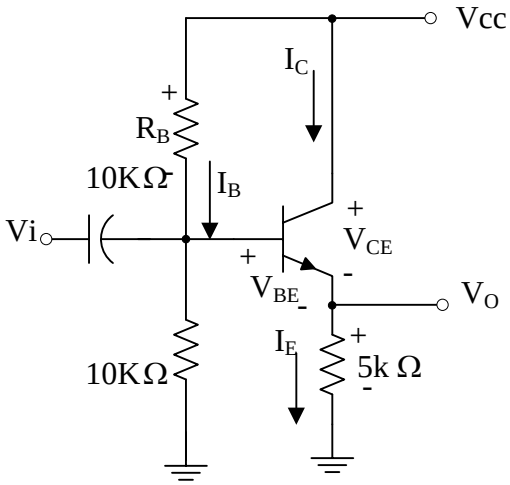
ก. 0.99

ข. -1

ค.75

ง. 100

9.จากวงจรกำหนดให้ค่า h_{ie} = 2.1 kΩ ,h_{fe} = 75 , Z_b = 382.1Ω ค่าอัตราขยายกระแส (Ai) ตรงกับข้อใด



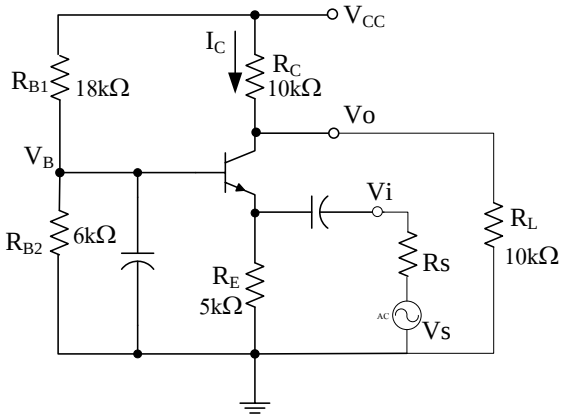
ก. 1.23 mA

ข. 75

ค.76

ง. 100

10.จากวงจรกำหนดให้ h_{ie} = 2.1 kΩ ,h_{fe} = 100 จงคำนวณหาค่าอัตราขยายแรงดัน เมื่อ R_L = 10kΩ



ก.100

ข.150

ค. 238

ง. -100

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

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

	ใบงานที่ 1	หน่วยที่ 8
	เรื่อง วงจรขยายแบบคอมมอนอีมิตเตอร์	เวลา 90 นาที

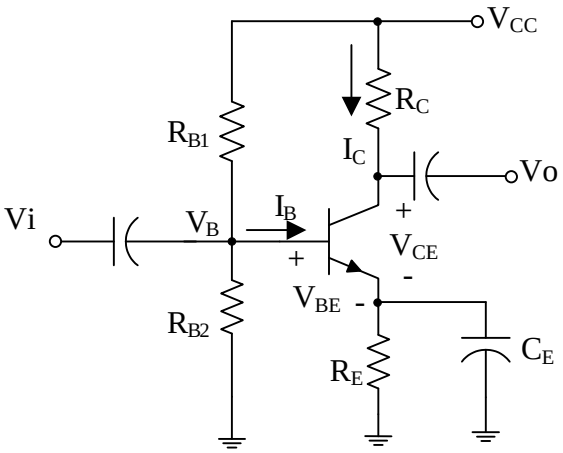
วัตถุประสงค์

4. มีทักษะในการวัดผลตอบสนองต่อสัญญาณขนาดเล็กได้
5. มีทักษะในการวัดผลตอบสนองต่อสัญญาณขนาดใหญ่ได้
6. คำนวณหาค่าอัตราขยายของวงจรได้

4. มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและตรงต่อเวลา
5. มีความซื่อสัตย์ มีความใฝ่รู้ และมีความอดทน
6. มีความขยัน รับผิดชอบงานที่มอบหมาย และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

สาระสำคัญ

วงจรคอมมอนอีมิตเตอร์



คุณสมบัติเฉพาะของ คอมมอนอีมิตเตอร์

1. อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_i) มีค่าสูง
2. เอาท์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_O) มีค่าสูง
3. อัตราขยายทางด้านแรงดัน (A_V) มีค่าสูง
7. รูปสัญญาณทางด้าน output และ input ต่างเฟสกัน 180 องศา

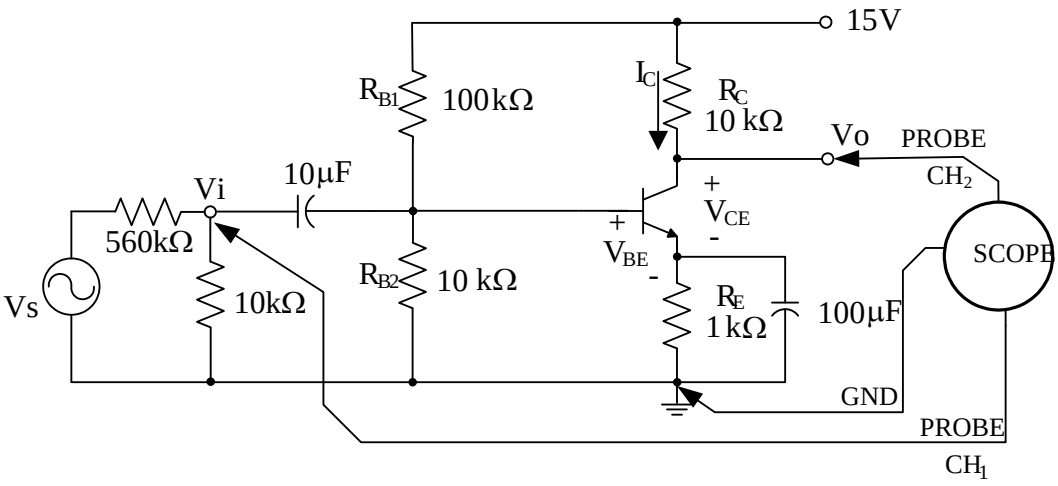
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ออสซิลโลสโคป 2 เส้นภาพ	1 เครื่อง
2. ชุดทดลอง BASE UNIT	1 เครื่อง
3. แผงโมดุลการทดลอง	1 แผ่น
4. สายต่อวงจรไฟฟ้า	1 ชุด
5. มัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
6. เครื่องกำเนิดสัญญาณฟังก์ชั่น	1 เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามภาพที่ 1

1.1 การทดลองสัญญาณขนาดเล็ก



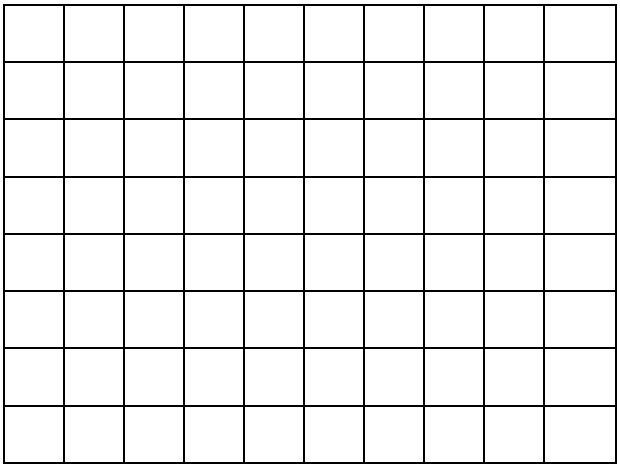
ภาพที่ 1 วงจรขยายคอมมอนอีมิตเตอร์

1.1.1. ป้อนสัญญาณที่ Vs รูปคลื่น Sine wave ความถี่ 1KHz

1.1.2 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่ อินพุตและเอาท์พุต ตามภาพ

1.1.3 ปรับสัญญาณที่อินพุตให้ได้สัญญาณที่เอาท์พุตขยายมากที่สุดแต่ยังไม่ผิดเพี้ยน แล้วบันทึกผล

วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กทรานซิสเตอร์



……V/DIV

……V/DIV

จากรูปสัญญาณที่ได้ ให้คำนวณหาอัตราขยายแรงดันมีค่าเท่าไหร่

……

……

……

……

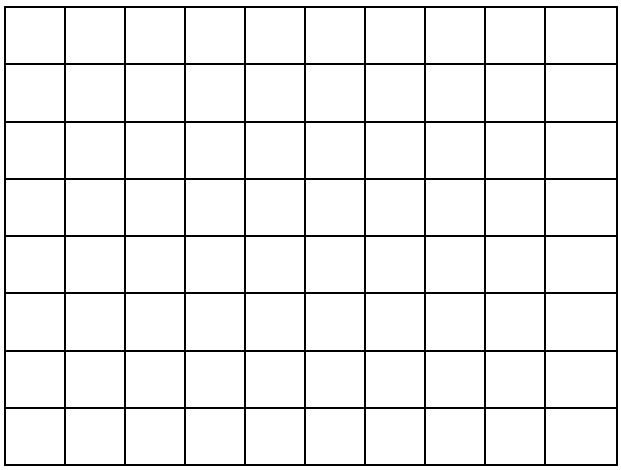
รูปสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

……

1.1.4.จากการวัดในข้อ 1.1.3 ให้เข้าโหมดการวัดแบบ X-Y mode (Transfer Curve) แล้วบันทึกผล

หมายเหตุ

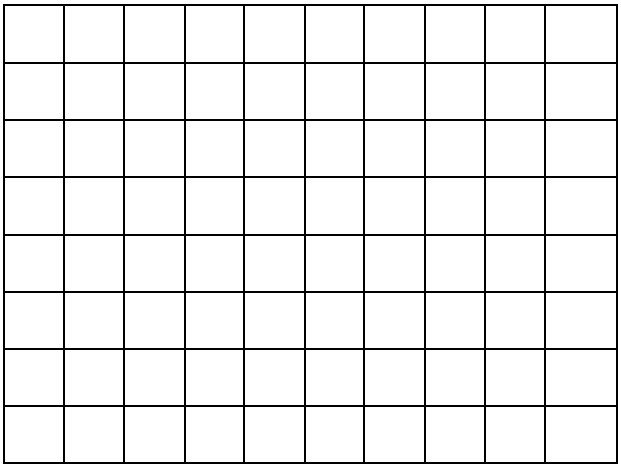
แชนแนล x ของออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่ อินพุต ส่วน แชนแนล Y ของออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่ เอาท์พุต



1.2. การทดลองสัญญาณขนาดใหญ่

1.2.1. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่ อินพุตและเอาท์พุต ตามภาพ

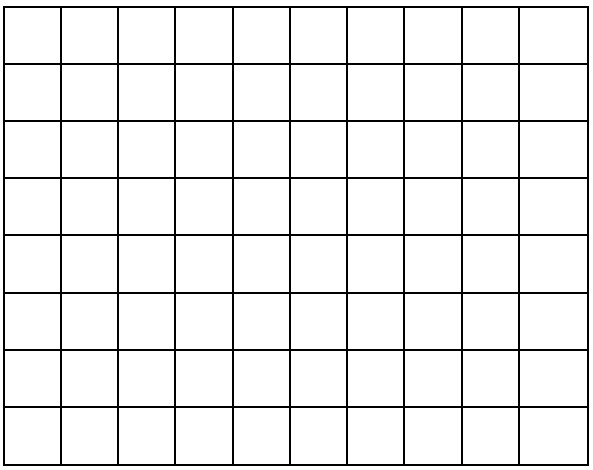
1.2.2. ทำการปรับสัญญาณที่ อินพุตจนสัญญาณที่เอาท์พุตเกิดการผิดเพี้ยนแล้วบันทึกผล



.....V/DIV

.....V/DIV

1.2.3 จากการวัดในข้อ 1.2.2 ให้เข้าโหมดการวัดแบบ X-Y mode (Transfer Curve) แล้วบันทึกผล



.....V/DIV

.....V/DIV

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

ชื่อ – สกุล .....ชั้น/กลุ่ม.....เลขที่.....

ลำดับที่	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				หมายเหตุ
		3	2	1	0	
1	ปฏิบัติวัดหาสัญญาณเอาท์พุตได้ถูกต้อง					
2	คำนวณหาอัตราขยาย ได้ถูกต้อง					
3	ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้อง					
4	ปฏิบัติการทดลองและบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง					
5	ปฏิบัติการสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง					
6	ส่งงานตามกำหนดเวลา					
7	ปฏิบัติการทำความสะอาด/เก็บวัสดุ/อุปกรณ์ ได้ถูกต้อง					
8	การตรงต่อเวลา					
9	การแต่งกาย					
10	กรทำงานร่วมกับผู้อื่น					
	รวมคะแนน					

สรุปผลการประเมิน ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน คะแนนที่ได้ .....

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(นายชาตรี เริงชัยภูมิ)

เกณฑ์การประเมิน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องสม่ำเสมอ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องเป็นบางครั้ง

ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องน้อยครั้ง

ระดับ 0 หมายถึง ไม่ปฏิบัติเลย