มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 **ปีการศึกษา 2559**

วันที่ 13 ตุลาคม 2559 **เวลา 09.00-12.00น.**

วิชา 212-331 วงจรและระบบอิเล็กทรอนิกส์ Electronic Circuits and Systems **ห้อง หัวหุ่น**

<u>คำสั่ง</u>

1. ข้อสอบชุดนี้มีทั้งหมด 5 ข้อ (มี 12 หน้ารวมปก) ให้เวลา 3 ชั่วโมง ควรตรวจสอบก่อนลงมือทำ
2. อนุญาตให้นำเฉพาะเครื่องเขียนและเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้ใช้ดินสอหรือปากกาก็ได้ในการเขียนคำตอบ
4. <u>**ไม่มีคะแนนสำหรับคำตอบที่ไม่มีการวิเคราะห์หรือไม่มีคำอธิบายที่เป็นเหตุเป็นผล**</u>

กำหนดให้

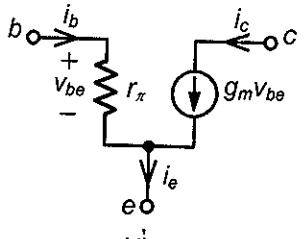
- แรงดันเทอร์มัลมีค่า $V_T = 26\text{mV}$ ที่อุณหภูมิห้อง 27°C
- เมื่อทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) ทำงานในย่าน forward active แรงดัน V_{BEON} จะมีค่า 0.7 โวลต์
- สมการความสัมพันธ์ของทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) สำหรับสัญญาณขนาดใหญ่คือ

$$I_c = I_S \exp\left(\frac{V_{be}}{V_T}\right) \tag{1.1}$$

โดยถ้ารวมผลของปรากฏการณ์เออรี่ด้วยสมการจะเปลี่ยนเป็น

$$I_c = I_S \exp\left(\frac{V_{be}}{V_T}\right)\left(1+\frac{V_{ce}}{V_A}\right) \tag{1.2}$$

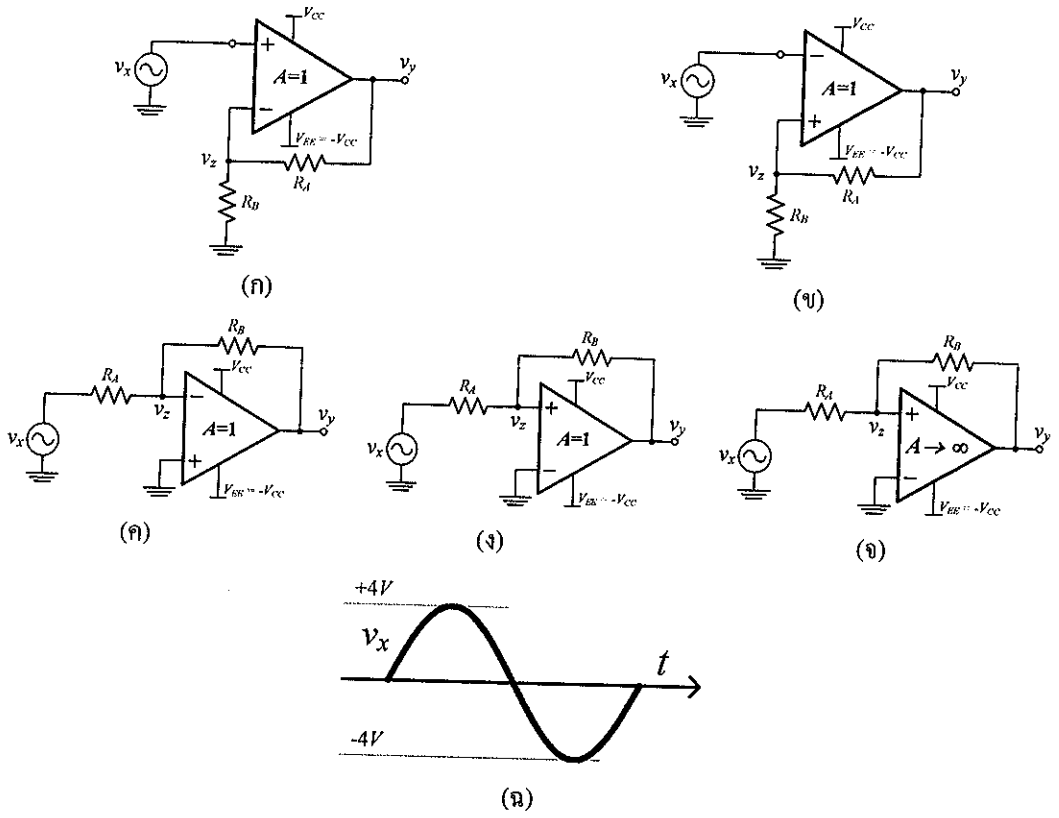
- สมมติให้ small-signal model ของ BJT เป็นดังรูปที่ 1.1 (นอกจากจะมีการกำหนดเฉพาะ เช่นถ้ากระแสเบสถูกละเลย $r_\pi = \infty$)



รูปที่ 1.1

ผู้ออกข้อสอบ: นาย ภาณุมาส คำสัตย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1. จากวงจรในรูปที่ 1.2 สมมุติว่าออปแอมป์มีความต้านทานอินพุททั้งสองด้านเป็นอนันต์ และความต้านทานเอาท์พุทเป็นศูนย์ ส่วนอัตราขยายมีค่าเป็น A ตามที่แสดงในรูปและสมมุติว่าเป็นเชิงเส้น ให้ นศ. ทำการวิเคราะห์เพื่อวาดสัญญาณแรงดัน v_y, v_z ในรูปที่ 1.2(ก)–(จ) เทียบกับสัญญาณอินพุท v_x ในรูปที่ 1.2(ฉ) เมื่อ $R_A = 0.25R_B = 10\text{k}\Omega$ และ $V_{CC} = 12\text{V}$



รูปที่ 1.2

ตอบ .....

ตอบ .....

ตอบ .....

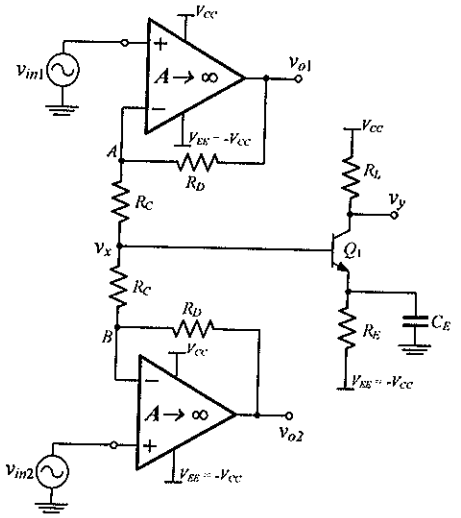
2. จากวงจรในรูปที่ 1.3(ก) เป็นส่วนหนึ่งของวงจรอย่างง่ายที่ใช้วัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ซึ่งนศ.ได้ทำการทดสอบและวัดสัญญาณได้จริงแล้วในช่วงภาคฤดูร้อน สมมุติว่าออปแอมป์เป็นอุดมคติ และทรานซิสเตอร์ทำงานในย่านปกติและกระแสเบสมีค่าน้อยมากจนสามารถละเลยได้ ให้นศ. ตอบคำถามต่อไปนี้

(ก) จากวงจรในรูปที่ 1.3(ก) เราสามารถต่อ R_E ลงกราวนด์แทนการต่อกับ $V_{EE} = -V_{CC}$ ได้หรือไม่ เพื่อให้วงจรขยาย (จาก v_x ไป v_y) ทำงานตามปกติ อธิบายว่าเพราะอะไร และถ้าเราต่อ R_E ลงกราวนด์ สัญญาณ v_y จะเป็นอย่างไร

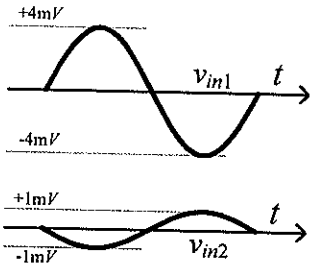
(ข) สำหรับสัญญาณ v_{in1}, v_{in2} ในรูปที่ 1.3(ข) ซึ่งให้ถือว่ามีขนาดเล็กมาก จงวิเคราะห์หาและวาดสัญญาณ v_x และ v_y โดยประมาณ

(ค) สัญญาณ v_x และ v_y ในข้อ (ข) จะเป็นอย่างไร ถ้าดึง C_E ออกไป ให้ทำการวิเคราะห์และวาดสัญญาณ

โดยมี $R_C = 1\text{k}\Omega$, $R_D = 50\text{k}\Omega$, $R_E = 2.3\text{k}\Omega$, $R_L = 1.5\text{k}\Omega$, $V_{CC} = -V_{EE} = 3\text{V}$, $C_E = \infty$ F.



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.3

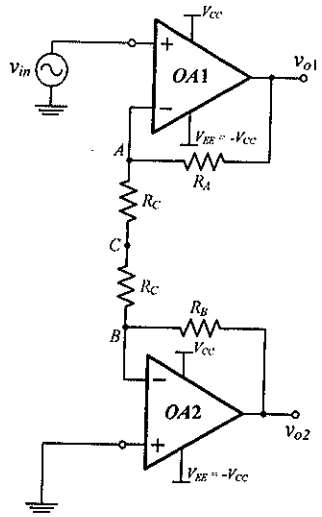
ตอบ .....

ตอบ .....

3. จากวงจรในรูปที่ 1.4 ให้

(ก) หาความสัมพันธ์ ระหว่าง R_A, R_B, R_C เพื่อทำให้ได้สัญญาณแรงดัน $v_{o1} = -v_{o2}$ คือมีอินพุท v_{in} ด้านเดียวแต่ต้องการ v_{o1}, v_{o2} เป็นสัญญาณแบบ fully-balance differential (ขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้าม) นั่นเอง

(ข) จากความสัมพันธ์ในข้อ (ก) ให้หาแรงดัน v_{o1}, v_{o2} และแรงดันที่จุด C โดยให้คำตอบในรูปของ v_{in}, R_A, R_B (ไม่มี R_C ในคำตอบ) ตามความเหมาะสมและกระชับที่สุดเท่าที่เป็นได้

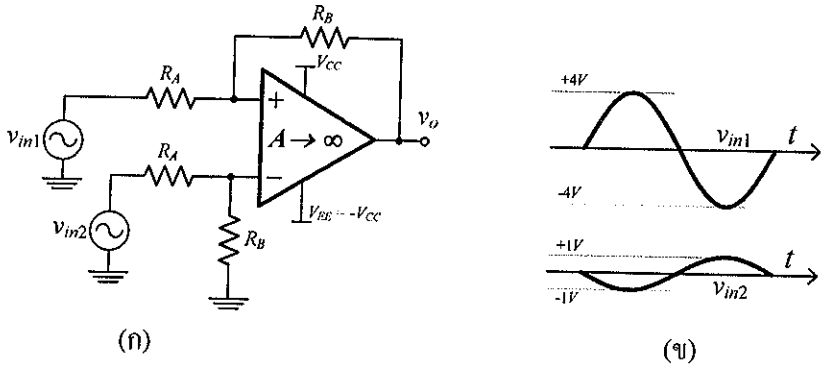


รูปที่ 1.4

ตอบ .....

ตอบ .....

4. จากวงจรในรูปที่ 1.5(ก) ให้ วิเคราะห์และวาดสัญญาณ v_+ (ขาเข้าบวก), v_- (ขาเข้าลบ), v_o (เอาท์พุท) ให้แม่นยำที่สุดเท่าที่จะทำได้ (คือต้องมีตัวเลขกำกับระดับสัญญาณตามความเหมาะสม) โดยมี $R_A = 0.25R_B = 10\text{k}\Omega$ และ V_{CC} = 12V โดยมีสัญญาณ v_{in1}, v_{in2} ดังแสดงในรูปที่ 1.5(ข) (หมายเหตุ: วงจรเป็นระบบป้อนกลับบวก)



(ก) (ข)

รูปที่ 1.5

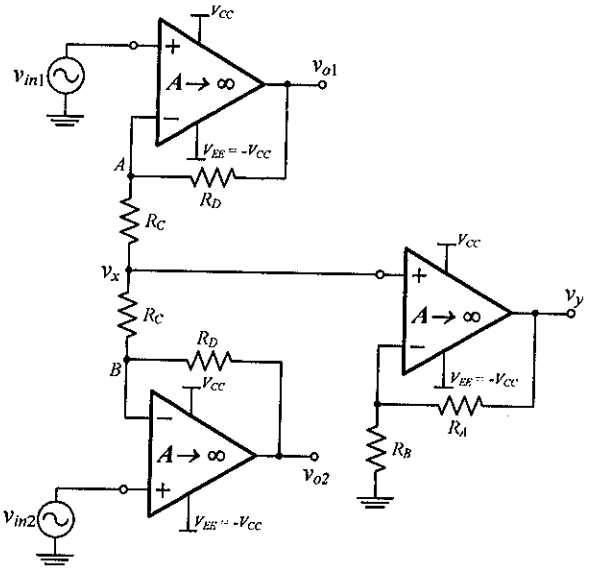
ตอบ .....

ตอบ .....

5. (ก) จากรูปที่ 1.6 ให้ทำการออกแบบโดยเพิ่มความต้านค่าใดๆ (ที่ไม่ใช่อนันต์) อีก 2 ตัว เช่น R_X, R_Y เข้าไปในวงจรในตำแหน่งที่เหมาะสม และหาความสัมพันธ์ของตัวต้านทานที่ใส่เข้าไปกับตัวต้านทาน R_A, R_B, R_C, R_D ที่มีอยู่เดิมเพื่อทำให้อัตราขยายโหมดร่วม, $(v_{o1}+v_{o2})/(v_{in1}+v_{in2})$ เป็นศูนย์ และความต้านทานอินพุททั้งสองยังคงเป็นอนันต์เช่นเดิม โดยไม่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์เดิมที่ต่ออยู่

(ข) จากวงจรที่ออกแบบในข้อ (ก) ให้หาอัตราขยายของสัญญาณโหมดต่าง, $(v_{o1}-v_{o2})/(v_{in1}-v_{in2})$ โดยให้คำตอบอยู่ในรูปของ R_A, R_B, R_C, R_D ตามความเหมาะสม

แนวทาง: พิจารณาสัญญาณกระแสที่ไหลผ่าน R_D สองตัวและแรงดัน v_x, v_y จะช่วยในการออกแบบได้ และสมมุติว่าการป้อนกลับลบทำงานได้และสามารถเอาชนะการป้อนกลับบวกได้เสมอถ้ามีอยู่ร่วมกัน



รูปที่ 1.6

ตอบ .....

ตอบ .....