มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 **ประจำปีการศึกษา 2555**

วันที่ 4 สิงหาคม 2555 **เวลา 09.00-12.00น.**

วิชา 210-232 วงจรและระบบอิเล็กทรอนิกส์ Electronic Circuits and Systems **ห้อง A401, S817**

คำสั่ง

1. ข้อสอบชุดนี้มีทั้งหมด 6 ข้อ (มี 7 หน้ารวมปก) ควรตรวจสอบก่อนลงมือทำ
2. อนุญาตให้นำเฉพาะเครื่องเขียนและเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้ใช้ดินสอหรือปากกาก็ได้ในการเขียนคำตอบและ**ให้เขียนคำตอบในสมุดคำตอบเท่านั้น**
4. ถ้านักศึกษาเขียนในสิ่งที่ผิดหลักการอย่างร้ายแรงจะได้รับคะแนนติดลบ
5. ไม่มีคะแนนสำหรับคำตอบที่ไม่มีการวิเคราะห์หรือไม่มีคำอธิบายที่เป็นเหตุเป็นผล

กำหนดให้

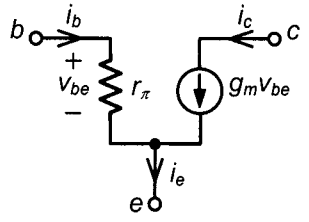
- แรงดันเทอร์มัลมีค่า $V_T = 26\text{mV}$ ที่อุณหภูมิห้อง 27°C
- เมื่อทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) ทำงานในย่าน forward active แรงดัน V_{BEON} จะมีค่า 0.7 โวลต์
- สมการความสัมพันธ์ของทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) สำหรับสัญญาณขนาดใหญ่คือ

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

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)



รูปที่ 1.1

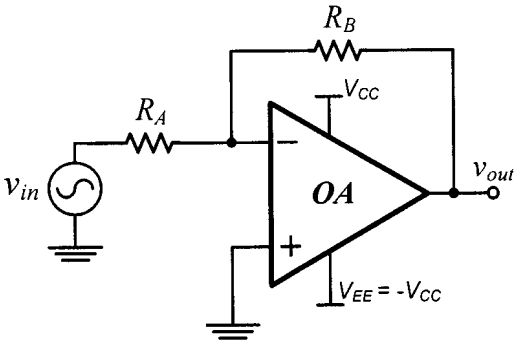
ผู้ออกข้อสอบ: นาย ภาณุมาส คำสัตย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1. จากวงจร Inverting amplifier ในรูปที่ 1.2 ซึ่งใช้ออปแอมป์ที่มี $r_{in} = \infty$, $r_{out} = 0$ และอัตราขยายมีค่าสูงมากแต่**ไม่**เป็นอนันต์ ซึ่งโดยปกติแล้วอัตราขยายจะมีค่าโดย**ประมาณ**เป็น $-R_B/R_A$

(ก) ให้ใช้ความเข้าใจอธิบายว่าสัญญาณแรงดันที่เอาท์พุทจะมี**ขนาด** เท่ากับ หรือ มากกว่าเล็กน้อย หรือ น้อยกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับ**ขนาด**ของ $\left|-\frac{R_B}{R_A}v_{in}\right|$ (ห้ามใช้สมการอธิบาย)

(ข) ให้ทำการวิเคราะห์วงจร (circuit analysis) หาสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมเพื่อพิสูจน์คำตอบในข้อ (ก)

(๖ คะแนน)



รูปที่ 1.2

2. จากวงจร Current-summing transimpedance amplifier ในรูปที่ 1.3 ซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$v_{out} \cong -R_F(i_{s1} + i_{s2} + i_{s3}) \tag{1.3}$$

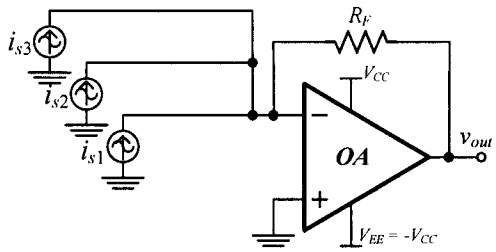
(ก) ให้ทำการดัดแปลงวงจรโดยสามารถเพิ่มตัวต้านทานค่าใดๆได้ 6 ตัวตามความเหมาะสม เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ใหม่ตามสมการต่อไปนี้

$$v_{out} \cong k\left(\frac{i_{s1}}{3} + \frac{i_{s2}}{5} + \frac{i_{s3}}{7}\right) \tag{1.4}$$

โดยที่ k คือค่าคงที่ใดๆ จากการออกแบบให้วิเคราะห์หาค่า k ว่ามีค่าขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ของอุปกรณ์อย่างไรบ้าง

แนวคิด: ใช้การแบ่งกระแสด้วยความต้านทานที่มีค่าไม่เท่ากัน และสมมุติให้ออปแอมป์เป็นอุดมคติ

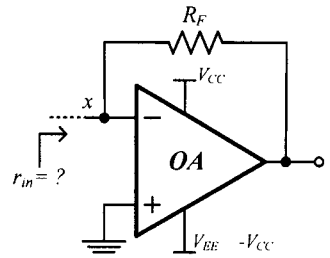
(๖ คะแนน)



รูปที่ 1.3

(ข) ให้หาความต้านทานที่มองเข้าไปที่จุด x ของวงจรรูปที่ 1.4 (กำหนดให้ออปแอมป์เป็นอุดมคติ)

(๔ คะแนน)



รูปที่ 1.4

3. ให้ออกแบบวงจร X ในรูปที่ 1.5 ซึ่งทำหน้าที่ลบสัญญาณกระแสจากแหล่งจ่ายกระแสสองชุด i_{s1} และ i_{s2} ซึ่งมีค่าความต้านทานเอาท์พุท R_{s1} และ R_{s2} ตามลำดับแล้วแปลงเป็นสัญญาณแรงดัน v_{out} เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ตามสมการ

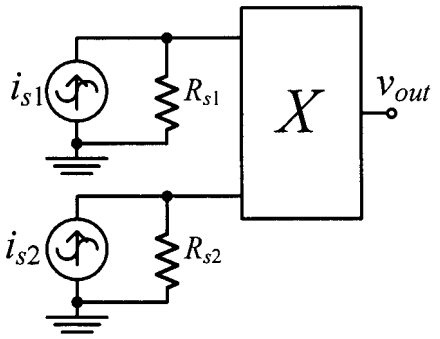
$$v_{out} \cong k(i_{s1} - i_{s2}) \tag{1.5}$$

เมื่อ k คือค่าคงที่ โดยในการออกแบบสามารถใช้อุปกรณ์ต่อไปนี้ได้เท่านั้น (อาจจะใช้ไม่ครบก็ได้)

- แหล่งจ่ายสัญญาณกระแส i_{s1} และ i_{s2} โดยที่ไม่สามารถละเลยความต้านทานเอาท์พุทของแหล่งจ่ายทั้งสองได้
- ออปแอมป์อุดมคติ 1 ตัว (อัตราขยายเป็นอนันต์, $R_{in} = \infty$, $R_{out} = 0$)
- ตัวต้านทานค่าใดๆจำนวน 4 ตัว (ให้กำหนดเป็นค่าพารามิเตอร์ตามความเหมาะสมเพื่อให้ได้ตามสมการที่ต้องการ)

จากวงจรที่ออกแบบให้แสดงด้วยว่าค่า k ขึ้นอยู่กับค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบอย่างไรบ้าง

(๘ คะแนน)



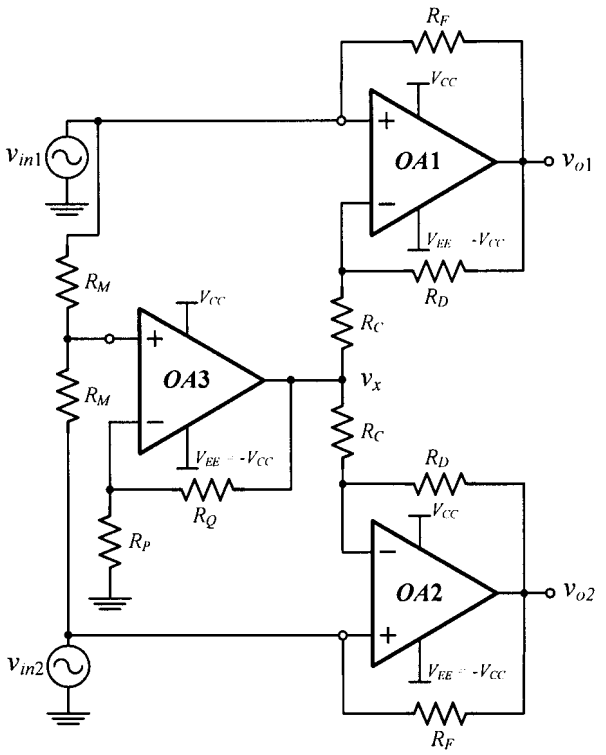
รูปที่ 1.5

4. จากวงจรในรูปที่ 1.6 สมมติให้ออปแอมป์ทั้งสามตัวเป็นอุดมคติและทำงานอยู่ในรูปแบบการป้อนกลับลบ

(ก) หาความต้านทานอินพุทสำหรับสัญญาณโหมดร่วม r_{incm} และโหมดต่าง r_{indm} โดยติดคำตอบอยู่ในรูปของพารามิเตอร์ตัวต้านทานตามความเหมาะสม

(ข) ในเงื่อนไขการออกแบบที่ CMMR = ∞ โดยที่ $A_{cm} = 0$ และ $A_{dm} \neq 0$ จงหาเงื่อนไขที่ทำให้ $r_{indm} = \infty$ และ $r_{incm} \neq \infty$

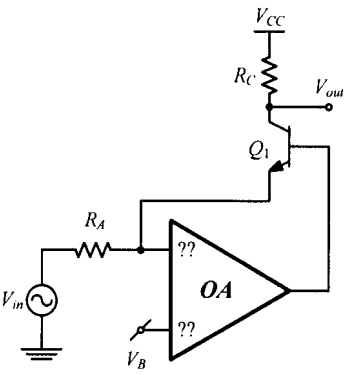
(๑๔ คะแนน)



รูปที่ 1.6

5.

(ก) จากรูปที่ 1.7 ให้ออกแบบพร้อมการอธิบายเพื่อทำให้ระบบเป็นการป้อนกลับลบโดยใช้ออปแอมป์ โดยให้นศ. กำหนดขาอินพุท (+ หรือ -) ที่เหมาะสมแทนเครื่องหมาย "??" (โดยสมมติว่าออปแอมป์เป็นอุดมคติและทรานซิสเตอร์ทำงานให้ย่านฟอร์วาร์ดแอคทีฟ)



รูปที่ 1.7

(ข) จากการออกแบบวงจรที่ถูกต้องในรูปที่ 1.7 ให้คำนวณหากระแสไบอัสที่คอลเลคเตอร์ แรงดันไบอัสที่คอลเลคเตอร์และเบสของเอ็นพีเอ็น โดยให้คำตอบในเทอมของ V_B (แรงดันดีซี), V_{CC}, R_A, R_C, V_T, I_S ตามความเหมาะสม

(ค) จากการออกแบบวงจรที่ถูกต้องในรูปที่ 1.7 ให้วิเคราะห์หาแรงดันสัญญาณขนาดใหญ่ (large signal) V_{out} ในเทอมของ V_{in}, V_B, V_{CC}, R_A, R_C, V_T, I_S ตามความเหมาะสม

โดยสามารถละเลยกระแสเบสได้และไม่จำเป็นต้องคิดผลจากปรากฏการณ์เออรี่ และสมมติว่าออปแอมป์เป็นอุดมคติ

(๖ คะแนน)

6. จากวงจรขยายในรูปที่ 1.8 ให้นศ.

(ก) หาความต้านทาน r_x ที่มองเข้าไปที่โหนด x สำหรับสัญญาณขนาดเล็กมาก

(ข) หาความต้านทาน r_y ที่มองเข้าไปที่โหนด y สำหรับสัญญาณขนาดเล็กมาก

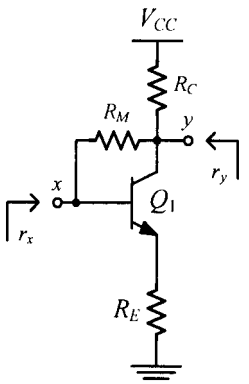
(ค) ถ้าใส่ตัวเก็บประจุขนาดเป็นอนันต์ต่อคร่อมตัวต้านทาน R_E จะมีผลอย่างไรต่อ r_x และ r_y ที่หาได้ก่อนหน้า

(ง) จากรูปที่ 1.9ให้หาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณแรงดันเอซี v_y ที่คอลเลคเตอร์กับสัญญาณกระแสอินพุท i_{in}

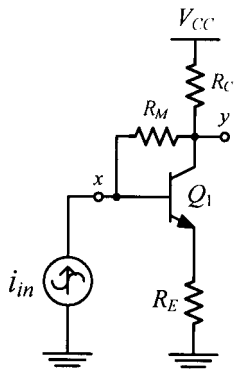
โดยสามารถติดคำตอบซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรต่อไปนี้ได้ตามความเหมาะสม: V_{CC}, R_M, R_C, R_E, V_T, g_m (the BJT's transconductance)

แนวคิด: การออกแบบให้ประมาณการทำงานของทรานซิสเตอร์ไบโพล่าร์เป็นเชิงเส้นและสมมติให้สามารถละเลยกระแสเบสภายในทรานซิสเตอร์ได้

(๑๔ คะแนน)



รูปที่ 1.8



รูปที่ 1.9