มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 **ประจำปีการศึกษา 2554**

วันเสาร์ที่ 6 สิงหาคม 2554 **เวลา 09.00-12.00น.**

วิชา 210-232, 210-332 วงจรและระบบอิเล็กทรอนิกส์ Electronic Circuits and Systems **ห้อง A401**

คำสั่ง

1. ข้อสอบชุดนี้มีทั้งหมด 6 ข้อ ควรตรวจสอบก่อนลงมือทำ
2. อนุญาตให้นำเฉพาะเครื่องเขียนและเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้ใช้ดินสอหรือปากกาก็ได้ในการเขียนคำตอบและให้เขียนคำตอบในสมุดคำตอบเท่านั้น
4. ถ้านักศึกษาเขียนในสิ่งที่ผิดหลักการอย่างร้ายแรงจะได้รับคะแนนติดลบ
5. ไม่มีคะแนนสำหรับคำตอบที่ไม่มีการวิเคราะห์หรือไม่มีคำอธิบายที่เป็นเหตุเป็นผล

กำหนดให้

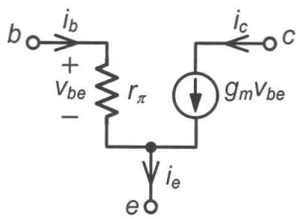
- แรงดันเทอร์มัลมีค่า $V_T = 26\text{mV}$ ที่อุณหภูมิห้อง 27°C
- สมมติให้เมื่อทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) ทำงาน แรงดัน V_{BE} จะมีค่า 0.7 โวลต์โดยประมาณ
- สมการความสัมพันธ์ของทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) สำหรับสัญญาณขนาดใหญ่คือ

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

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

ชื่อ:_____รหัสประจำตัว:_____

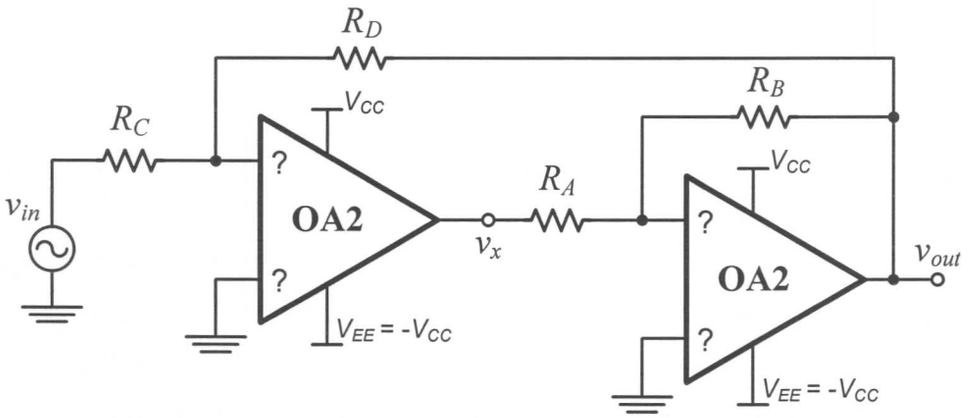
ผู้ออกข้อสอบ: นาย ภาณุมาส คำสัตย์

1. วงจรในรูปที่ 1.2(ก) ใช้ออปแอมป์อุดมคติสองตัว

(ก) ให้ทำการออกแบบเพื่อทำให้วงจรนี้มีเฉพาะการป้อนกลับลบเท่านั้น โดยใส่เครื่องหมาย + หรือ – ตามความเหมาะสม (+ หรือ – คือสัญลักษณ์แทนขาอินพุทของออปแอมป์)

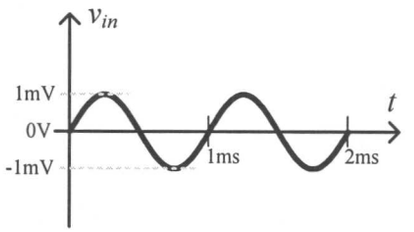
(ข) จากการออกแบบที่ถูกต้องในข้อ (ก) ถ้าสัญญาณอินพุทเป็นดังแสดงในรูปที่ 1.2(ข) ให้วิเคราะห์หาและวาดสัญญาณ v_x และ v_{out} โดยมี $R_A = R_C = 1\text{k}\Omega$ และ $R_B = R_D = 10\text{k}\Omega$

(5 คะแนน)



? แต่ละที่เป็น — หรือ +

(ก)



(ข)

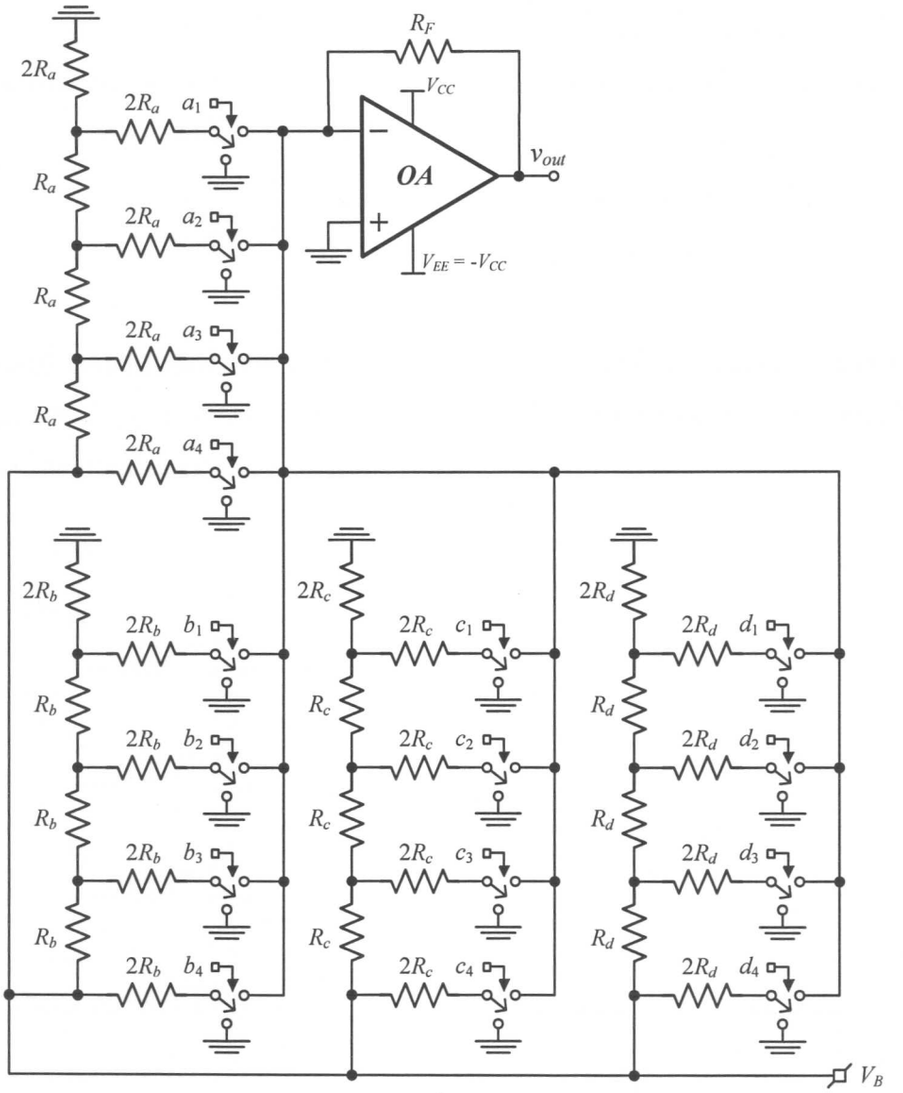
รูปที่ 1.2

2. จากรูปที่ 1.3 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ Digital-to-Analog Converter (DAC) ขนาด 16 บิต โดยมีสัญญาณดิจิตอล $a_1, \ldots, a_4, b_1, \ldots b_4, c_1, \ldots c_4, d_1, \ldots d_4$ ควบคุมสวิทช์โดยที่เมื่อเป็นลอจิก 1 สวิทช์จะปิดและเมื่อเป็นลอจิก 0 จะต่อสวิทช์ลงกราวนด์ ให้ทำการออกแบบวงจรนี้ (หาค่า R_a, R_b, R_c และ R_d) โดยให้มีสมการการแปลงเป็น

$$v_{out} \cong K \left\{ \begin{array}{l} d_4 \cdot 2^{15} + d_3 \cdot 2^{14} + d_2 \cdot 2^{13} + d_1 \cdot 2^{12} + \\ + c_4 \cdot 2^{11} + c_3 \cdot 2^{10} + c_2 \cdot 2^9 + c_1 \cdot 2^8 + \\ + b_4 \cdot 2^7 + b_3 \cdot 2^6 + b_2 \cdot 2^5 + b_1 \cdot 2^4 + \\ + a_4 \cdot 2^3 + a_3 \cdot 2^2 + a_2 \cdot 2^1 + a_1 \cdot 2^0 \end{array} \right\} \tag{1.3}$$

โดย K คือค่าคงที่ โดยการออกแบบกำหนดให้ V_B = 5V, R_F = 1kΩ และต้องมี**ขนาด**ความละเอียด (resolution) เท่ากับ 100μV ให้หาค่า K จากการออกแบบด้วย โดยที่ค่าความต้านทานต่ำที่สุดที่ใช้ในการออกแบบได้คือ 1kΩ และสมมติให้ออปแอมป์เป็นอุดมคติ

(13 คะแนน)



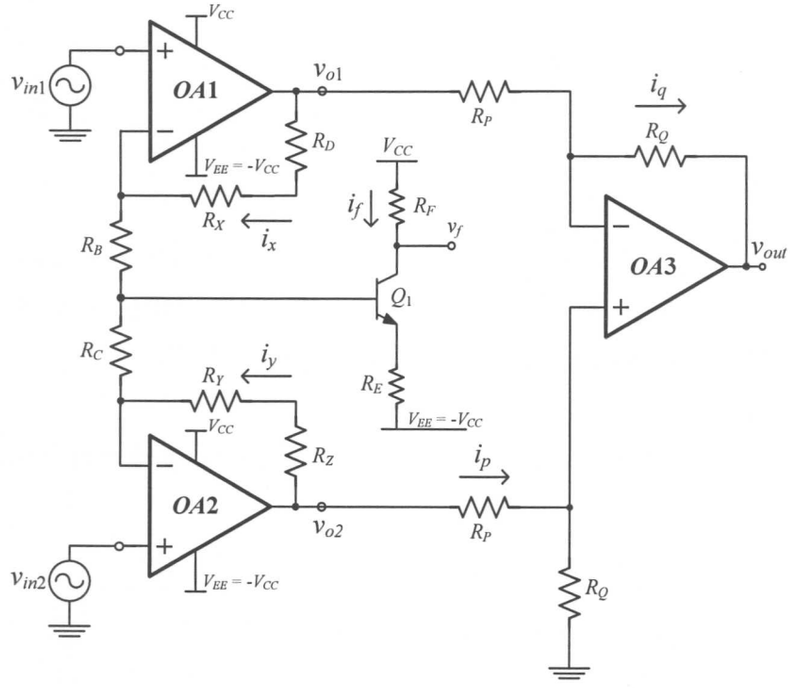
รูปที่ 1.3

3.

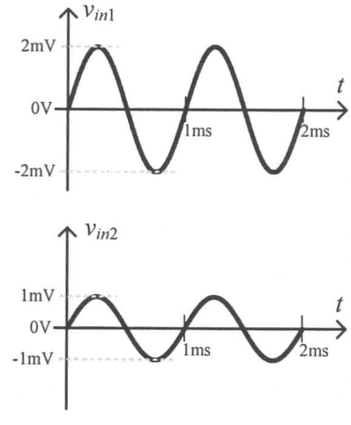
จากวงจรในรูปที่ 1.4(a) ให้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาและวาดสัญญาณกระแสที่จุด i_x, i_y, i_f, i_p และ i_q เมื่อสัญญาณอินพุททั้งสองเป็นดังแสดงในรูปที่ 1.4 (b) โดยมี $V_{CC} = 2.5\text{V}$, $V_{EE} = -2.5\text{V}$, $R_D = R_X = R_Y = R_Z = R_P = R_Q = 10\text{k}\Omega$, $R_B = R_F = 1\text{k}\Omega$, $R_C = R_E = 2\text{k}\Omega$, และสมมติให้ β ของทรานซิสเตอร์ Q_1 มีค่าเป็นอนันต์ และออปแอมป์เป็นอุดมคติ

แนวทาง: ให้มองการประมวลสัญญาณโดย Q_1 เป็นการประมวลสัญญาณขนาดเล็กมาก

(8 คะแนน)



(a)



(b)

รูปที่ 1.4

4.

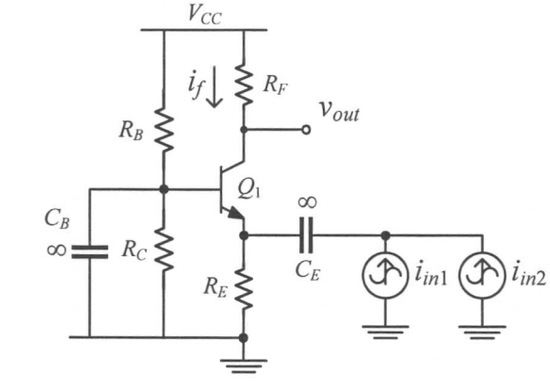
(ก) จากวงจรในรูปที่ 1.1(a) ให้หาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณกระแสอินพุทสองสัญญาณ i_{in1} และ i_{in2} (ขนาดเล็กมาก) กับสัญญาณแรงดันเอาท์พุท v_{out}

(ข) อุปกรณ์ใดในรูปที่ 1.1(a) ไม่จำเป็นต้องมีวงจรก็ยังทำงานได้และยังคงให้ความสัมพันธ์ที่หาได้ในข้อ (ก)

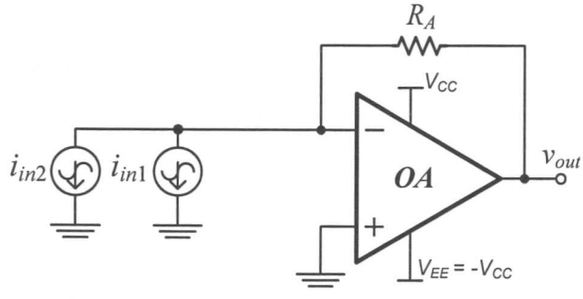
(ค) ออกแบบวงจรในรูปที่ 1.1(b) เพื่อให้ได้สัญญาณแรงดันเอาท์พุท v_{out} มีขนาดเท่ากับที่ได้จากวงจรในรูปที่ 1.1(a) นั่นคือนศ.ต้องหาความสัมพันธ์ของตัวต้านทาน R_A ในรูปที่ 1.1(b) กับอุปกรณ์ในรูปที่ 1.1(a)

(7 คะแนน)

สมมติให้สามารถละเลยกระแสเบสได้และออปแอมป์เป็นอุดมคติ



(a)



(b)

รูปที่ 1.1

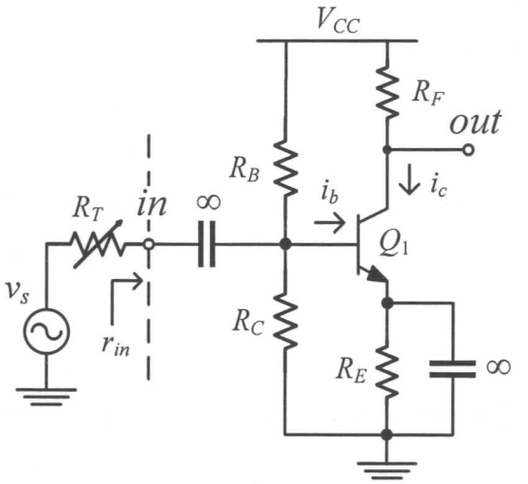
5.

จากการทดลองที่สามารถวัดหาความต้านทานอินพุท r_{in} ของวงจรที่ความถี่ใดๆได้สำหรับสัญญาณขนาดเล็กมากของวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมโดยการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ R_T ในรูปที่ 1.5 จนได้สัญญาณแรงดันที่อินพุทเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดัน v_s

ให้แสดงวิธีการคำนวณเพื่อทำการหาอัตราขยายกระแส i_c/i_b ที่ความถี่ใดๆ เมื่อสามารถวัดหาค่า r_{in} ที่ความถี่ใดๆได้ (r_{in} ที่ความถี่ใดๆก็คือ**อิมพีแดนซ์**ด้านเข้าของวงจรนั่นเอง)

<u>แนวทาง (hints)</u>:

- อัตราขยายกระแส i_c/i_b ที่ความถี่ใดๆ ไม่ได้เท่ากับ β เนื่องจากมีผลของตัวเก็บประจุที่รอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ (i_c/i_b จะมีค่าเป็น β เฉพาะที่ความถี่ 0 Hz เท่านั้น)
- ความสัมพันธ์ $i_c = g_m v_{be}$ ของทรานซิสเตอร์คงเป็นจริงเสมอสำหรับสัญญาณขนาดเล็กที่ความถี่ใดๆ



รูปที่ 1.2

(7 คะแนน)

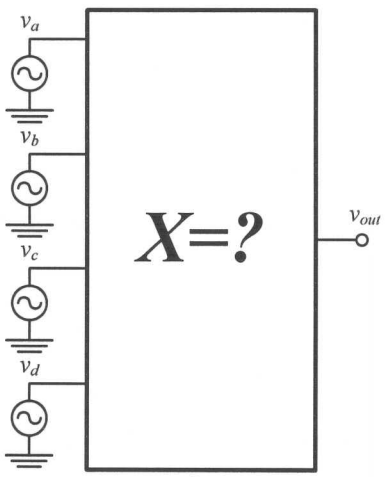
6. ให้ทำการออกแบบวงจรในรูปที่ 1.5 เพื่อให้ได้สัญญาณเอาท์พุท v_{out} ดังความสัมพันธ์ตามสมการ

$$v_{out} \cong K_1 \left\{ K_2 \frac{d}{dt}\left(v_a + v_b\right) - K_3 \int \left(v_c + v_d\right) dt \right\} \tag{1.4}$$

เมื่อ K_1, K_2 และ K_3 คือค่าคงที่ซึ่ง K_2, K_3 มีค่ามากกว่าศูนย์ และแรงดัน v_a, v_b, v_c และ v_d คือสัญญาณแรงดันอินพุทจากแหล่งจ่ายสัญญาณแรงดันอุดมคติ โดยใช้ออปแอมป์อุดมคติไม่เกิน 3 ตัว ตัวเก็บประจุค่าใดๆไม่เกิน 2 ตัว ตัวเหนี่ยวนำค่าใดๆไม่เกิน 2 ตัว และตัวต้านทานจำนวนค่าใดๆกี่ตัวก็ได้

จากวงจรที่ออกแบบให้แสดงด้วยว่า K_1, K_2 และ K_3 มีค่าขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบอย่างไร (เช่น ขึ้นอยู่กับค่าตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ หรือตัวเหนี่ยวนำอย่างไร ให้ติดคำตอบเป็นตัวแปรไว้)

(6 คะแนน)



รูปที่ 1.5