มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ ๒ **ประจำปีการศึกษา ๒๕๕๓**

วันที่ ๒๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๔ **เวลา 09.00-12.00น.**

วิชา 210-232 วงจรและระบบอิเล็กทรอนิกส์ Electronic Circuits and Systems **ห้อง R200**

คำสั่ง

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

กำหนดให้

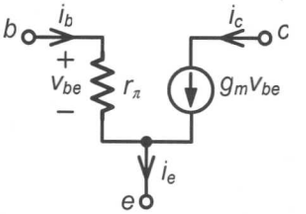
- แรงดันเทอร์มัลมีค่า $V_T = 26\text{mV}$ ที่อุณหภูมิห้อง 27°C
- สมมติให้เมื่อทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) ทำงาน แรงดัน V_{BE} จะมีค่าประมาณ 0.7 โวลต์
- สมการความสัมพันธ์ของทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) สำหรับสัญญาณขนาดใหญ่คือ

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

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)



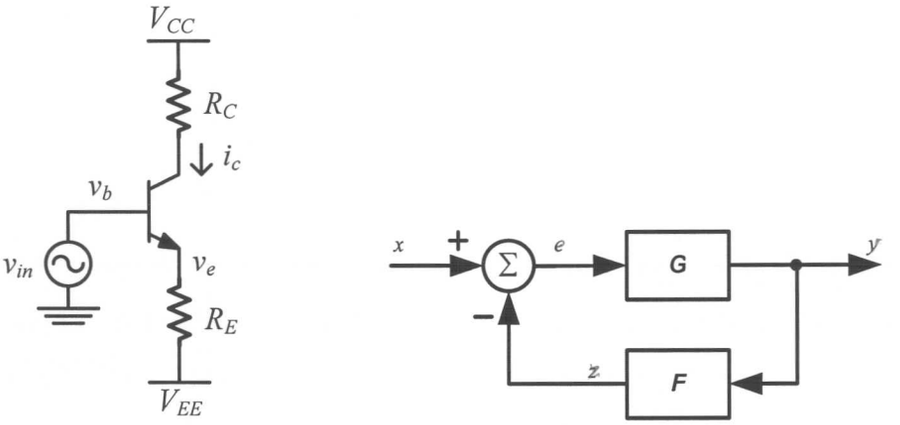
รูปที่ 1.1

ชื่อ:_____รหัสประจำตัว:_____

ผู้ออกข้อสอบ: นาย ภาณุมาส คำสัตย์

1. (ก) จากวงจรขยายในรูปที่ 1.2(ก) ซึ่งเป็นวงจรที่มีหลักการ emitter degeneration โดยมีพื้นฐานอยู่บนการป้อนกลับลบตามแผนภาพในรูปที่ 1.2(ข) ให้นักศึกษาเทียบเคียงสัญญาณ v_b, i_c, v_e ในรูปที่ 1.2(ก) กับสัญญาณต่างๆ ในรูปที่ 1.2(ข) เพื่อให้เห็นการทำงานแบบป้อนกลับของวงจร โดยใช้ small-signal model ในการพิจารณาสัญญาณ ac ขนาดเล็กมากเพื่อทำการวิเคราะห์หาว่าจากวงจรขยายในรูปที่ 1.2(ก) เมื่อเทียบกับรูปที่ 1.2(ข) แล้ว สัญญาณ e คืออะไร และอัตราขยาย G และ F มีสมการอย่างไร (สัมพันธ์อย่างไรกับ R_E, R_C, V_{EE}, V_{CC}, V_T)

(๖ คะแนน)



รูปที่ 1.2

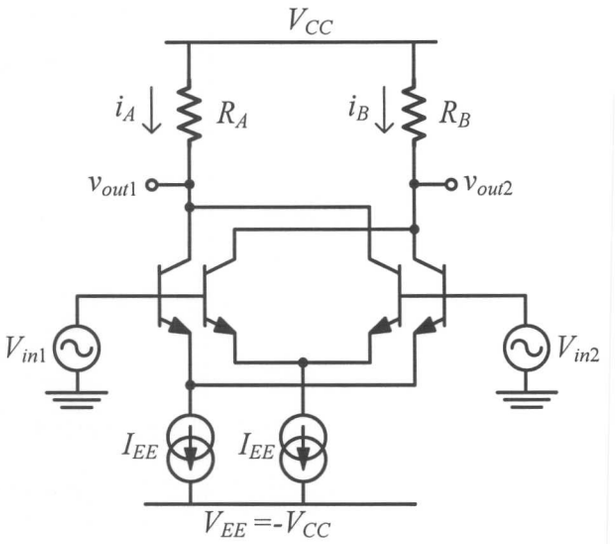
(ข) ออกแบบวงจรขยายแบบ<u>ไม่กลับเฟสโดยให้อัตราขยายสำหรับสัญญาณขนาดเล็กมาก**โดยประมาณ**ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของตัวต้านทานสองตัว</u> (เช่น gain $\cong +R_2/R_1$) เพราะไม่ต้องการให้อัตราขยายเปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ซึ่งมีความไม่แน่นอน กำหนดให้ใช้อุปกรณ์ต่อไปนี้เท่านั้น (จะใช้ไม่ครบก็ได้)

- ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็น 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุค่าใดๆก็ได้ 3 ตัว
- ตัวต้านทาน R_2, R_1 และตัวต้านทานอีก 3 ตัวค่าใดๆตามความเหมาะสมสำหรับการไบอัส
- ใช้ไฟเลี้ยงเดี่ยว 3 โวลต์พร้อมกราวนด์

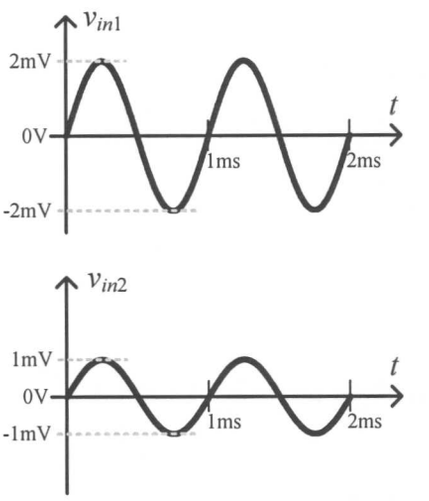
(๔ คะแนน)

2. (ก) จากวงจรในรูปที่ 1.3(a) ถ้าสัญญาณอินพุทเป็นดังแสดงในรูปที่ 1.3(b) ให้วิเคราะห์หาและวาดสัญญาณแรงดัน v_{out1}, v_{out2} และสัญญาณกระแส i_A, i_B โดยมี $R_A = 1\text{k}\Omega$, $R_B = 2\text{k}\Omega$, $V_{CC} = 2.5\text{V}$, $I_{EE} = 2\text{mA}$

(๔ คะแนน)



(a)



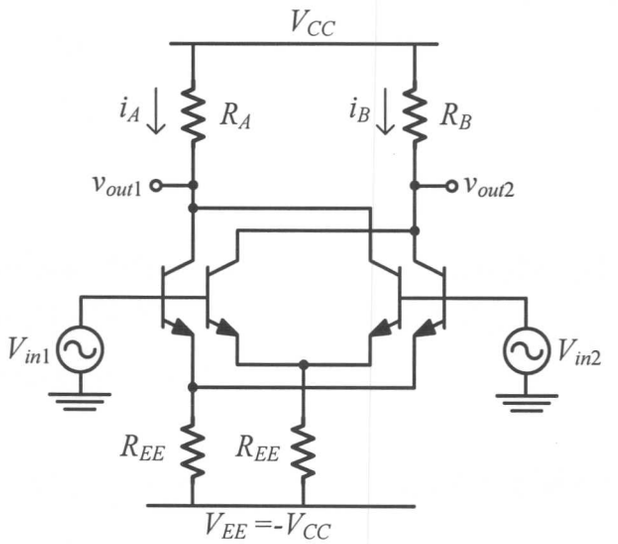
(b)

รูปที่ 1.3

(ข) จากวงจรในรูปที่ 1.3(a) เนื่องจากยังไม่สามารถสร้างแหล่งจ่ายกระแสคงที่อุดมคติ I_{EE} ได้จึงจำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานแทน ดังแสดงในรูปที่ 1.4 โดยมี $R_{EE} = 900\ \Omega$ ให้วิเคราะห์หาและวาดสัญญาณแรงดัน v_{out1}, v_{out2} และสัญญาณกระแส i_A, i_B ถ้าสัญญาณอินพุทเป็นเหมือนเดิมกับในรูปที่ 1.3(b)

(๖ คะแนน)

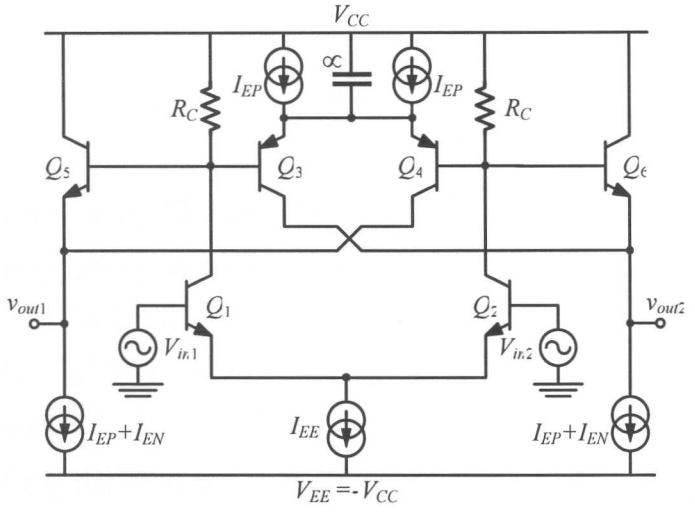
(การวิเคราะห์ในข้อนี้สามารถใช้ small-signal approximation ในการคำนวณได้ สามารถละเลยกระแสเบสและปรากฏการณ์เออรี่ได้)



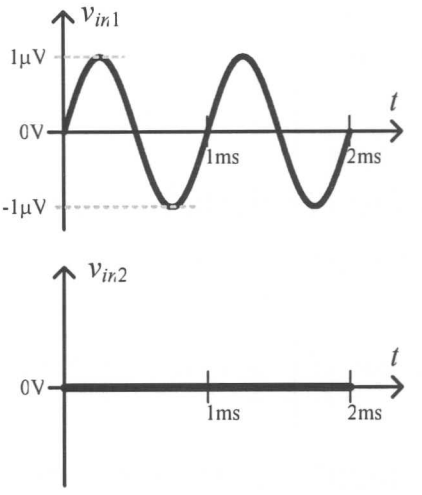
รูปที่ 1.4

3. (ก) วงจรในรูปที่ 1.5(ก) เป็นวงจรที่ใช้การผสมผสานวงจรขยายที่ได้ศึกษามาในชั้นเรียนเพื่อทำการสร้างวงจรขยายสัญญาณแรงดัน จากวงจรสมมติให้ V_{CC} = 2.5V, I_{EE} = 2mA, I_{EN} = I_{EP} = 1mA, R_C = 1.5kΩ โดยที่กำหนดให้สามารถละเลยกระแสเบสได้

- ถ้าทรานซิสเตอร์ทุกตัวทำงานและอยู่ในย่าน forward active ให้เขียนค่าแรงดันดีซีไบอัสทุกจุดภายในวงจร (๑ คะแนน)
- ถ้าสัญญาณ V_{in1} และ V_{in2} เป็นดังแสดงในรูปที่ 1.5(ข) (ซึ่งเป็นสัญญาณขนาดเล็กมาก) ให้ประมาณหาสัญญาณแรงดันที่เอาท์พุทของวงจรขยาย v_{out1} และ v_{out2} (๖ คะแนน)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.5

(ข) สมมติว่าวงจรขยายในรูปที่ 1.5(ก) สามารถออกแบบมีอัตราขยายที่สูงมากได้ โดยเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์เท่านั้น (โครงสร้างเหมือนเดิม) ให้นักศึกษานำวงจรดังกล่าวมาออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณแบบ Scmitt-Trigger oscillator แสดงการต่อวงจรที่เหมาะสมประกอบคำอธิบาย (ไม่ได้คะแนนถ้ามีแต่วงจร) โดยใช้อุปกรณ์ต่อไปนี้เท่านั้นเพิ่มเติมจากวงจรในรูปที่ 1.5(ก) (จะใช้ไม่ครบก็ได้และไม่มีความจำเป็นจะต้องกำหนดค่าอุปกรณ์)

- ตัวเก็บประจุค่าใดๆ 1 ตัว
- ตัวต้านทานค่าใดๆ 3 ตัว
- แหล่งจ่ายเป็นไฟเลี้ยงคู่ คือ V_{CC} = 2.5V, V_{EE} = -2.5V พร้อมกราวนด์

แนวทาง: ใช้เพียงเอาท์พุทเดียวของวงจรในรูปที่ 1.5(ก) มาใช้ก็สามารถทำได้ (๔ คะแนน)

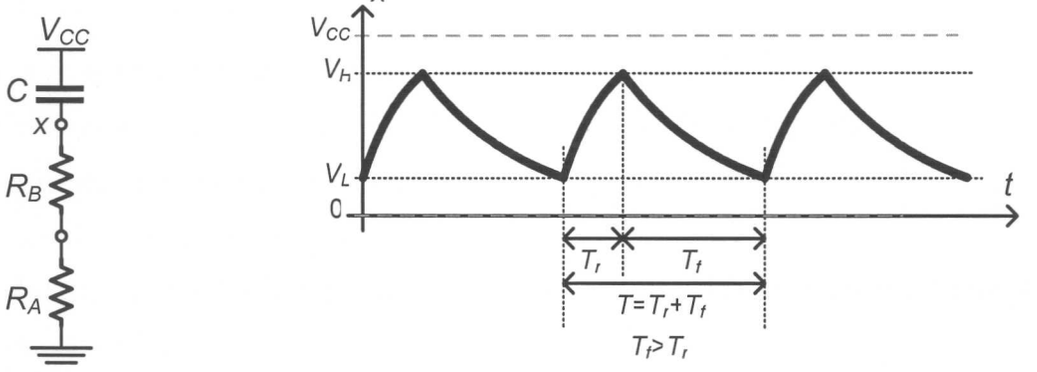
4. เริ่มจากวงจรที่มีเพียงตัวต้านทานสองตัว R_A, R_B และตัวเก็บประจุ C ในรูปที่ 1.6(ก) ให้ออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้หลักการคล้ายคลึงกับการกำเนิดสัญญาณด้วยไซอี 555 โดยให้ได้สัญญาณที่จุด X ดังแสดงในรูปที่ 1.6(ข) ซึ่งกราฟมีความสัมพันธ์กับฟังก์ชันเอ็กโปเนนเชียล ในการออกแบบห้ามเปลี่ยนการจัดวางการต่ออุปกรณ์เดิมแต่สามารถต่ออุปกรณ์ต่อไปนี้เท่านั้นเพิ่มเติมได้ (อาจจะใช้ไม่ครบทุกอุปกรณ์ก็ได้)

- ตัวต้านทานค่าใดๆ 4 ตัว
- RS flip flop 1 ตัว ซึ่งมีคุณสมบัติตามตารางที่ 1.1
- สวิทช์อุดมคติ 1 ตัว (เป็นแบบถ้าแรงดันที่ควบคุมสูง สวิทช์จะปิดหรือ switched ON)
- วงจรเปรียบเทียบแรงดันอุดมคติ (ideal voltage comparator) 2 ชุด
- ไฟเลี้ยงเดี่ยว (single-voltage supply) 5 โวลต์ (V_{CC} = 5V)

ถ้าจำเป็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์ไบโพล่าร์แทนสวิทช์อุดมคติจะใช้ชนิดใดและให้แสดงการต่อทรานซิสเตอร์ดังกล่าวแทนที่สวิทช์อุดมคติด้วย

แสดงการออกแบบพร้อมคำอธิบาย หลักการ เหตุผล นศ.จะไม่ได้คะแนนถ้ามีแต่รูปวงจรเท่านั้น

(๖ คะแนน)



(ก) (ข)

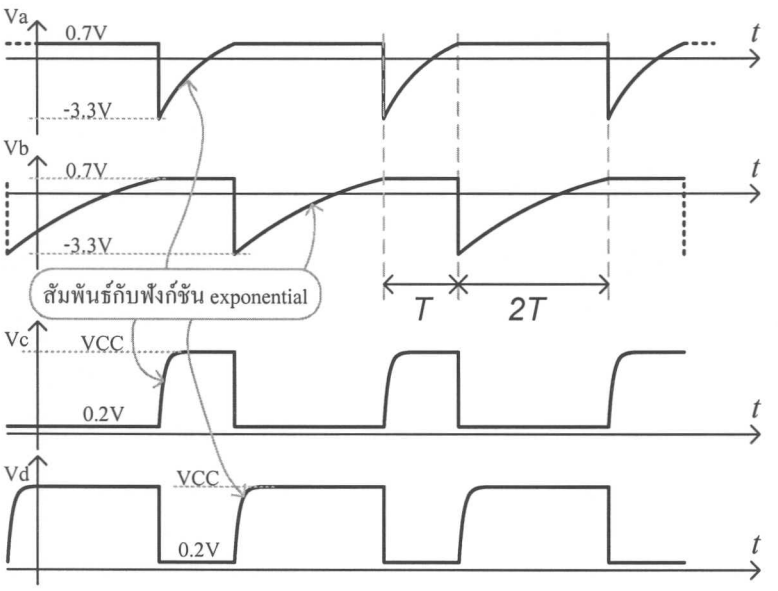
รูปที่ 1.6

ตารางที่ 1.1

S	*R*	*Q*
0	0	ไม่นิยาม
0	1	0
1	0	1
1	1	Q^- (ค่าเดิม)

5. ให้ออกแบบวงจร astable multivibrator ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็น 2 ตัว ตัวต้านทานค่าใดๆ 4 ตัว และตัวเก็บประจุค่าใดๆ 2 ตัว โดยใช้ไฟเลี้ยงเดี่ยว V_{CC} หนึ่งชุด เพื่อให้ได้สัญญาณคร่าวๆดังรูปที่ 1.7 สมมติให้ V_{BEON} = 0.7V, V_{CEON} = 0.2V โดยในวงจรที่ออกแบบให้แสดงด้วยว่าจุดใดคือจุด a, b, c และ d (เทียบจากสัญญาณในรูปที่ 1.7) นักศึกษาไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุที่แน่นอนแต่ต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างกัน (เช่นเป็นกี่เท่า) หาด้วยว่า V_{CC} มีค่าเท่าใด

(๔ คะแนน)



รูปที่ 1.7