มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 **ประจำปีการศึกษา 2553**

วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2554 **เวลา 09.00น.-12.00น.**

วิชา 210-432 Advanced Electronics **ห้อง A401**

คำสั่ง

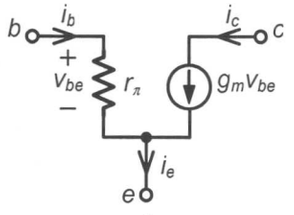
1. ข้อสอบชุดนี้มีทั้งหมด ๕ ข้อ ควรตรวจสอบก่อนลงมือทำ
2. อนุญาตให้นำเฉพาะเครื่องเขียนและเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้ใช้ดินสอหรือปากกาก็ได้ในการเขียนคำตอบ
4. ให้เขียนคำตอบในสมุดคำตอบเท่านั้น
5. เป็นคะแนนเก็บทั้งหมด ๓๐ เปอร์เซนต์
6. **ไม่มีคะแนนสำหรับคำตอบหรือการออกแบบที่ไม่มีการวิเคราะห์หรือการอธิบายอย่างเป็นเหตุผล**

กำหนดให้

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

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

- สมมติให้ small-signal model ของ BJT เป็นดังรูปที่ 1.1 (นอกจากจะมีการกำหนดเฉพาะ)



รูปที่ 1.1

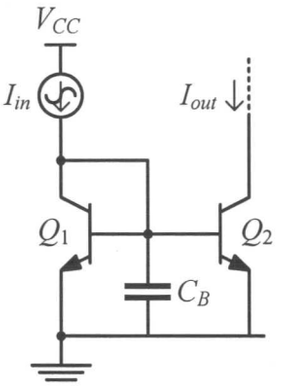
ชื่อ:_____รหัสประจำตัว:_____

ผู้ออกข้อสอบ: นาย ภาณุมาส คำสัตย์

๑.

(ก) ให้ทำการวิเคราะห์แบบ large signal เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแส I_{out} และ I_{in} ของวงจรในรูปที่ 1.2 ห้ามละเลยผลของตัวเก็บประจุ C_B แต่ละเลยกระแสเบสและปรากฏการณ์เออรี่ได้ จากสมการที่ได้นี้ให้อธิบายว่าวงจรนี้ทำหน้าที่อะไร (I_{in} มีทั้งกระแสสัญญาณและกระแสไบอัส)

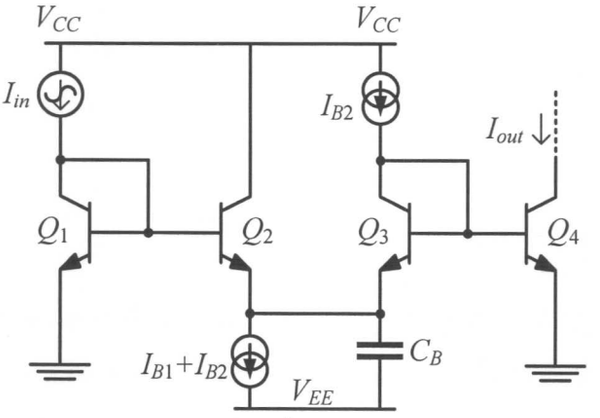
[๔ คะแนน]



รูปที่ 1.2

(ข) ให้ทำการวิเคราะห์แบบ large signal เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแส I_{out} และ I_{in} ของวงจรในรูปที่ 1.3 ห้ามละเลยผลของตัวเก็บประจุ C_B แต่ละเลยกระแสเบสได้ จากสมการที่ได้นี้ให้อธิบายว่าวงจรนี้ทำหน้าที่อะไร (I_{in} มีทั้งกระแสสัญญาณและกระแสไบอัส)

[๘ คะแนน]



รูปที่ 1.3

๒. ออกแบบวงจรที่ใช้แปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงโดยอาศัยเทคนิคการสวิทช์ตัวเก็บประจุ (switched-capacitor technique) อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ต่อไปนี้ได้

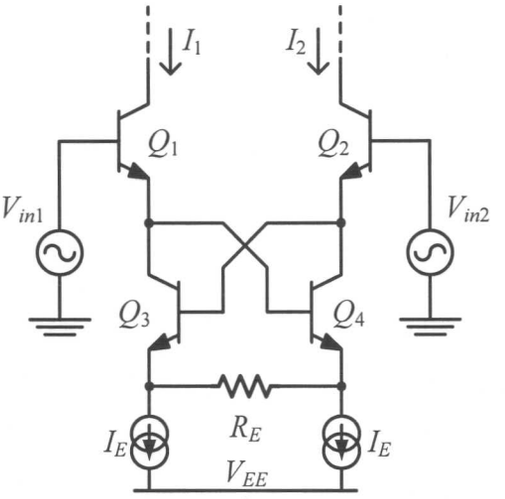
- สวิทช์อุดมคติ
- สัญญาณนาฬิกาอุดมคติ ซึ่งมีข้อมูลความถี่ที่ต้องการแปลง
- ออปแอมป์อุดมติ (ไม่ต้องคำนึงถึงการไบอัสออปแอมป์)
- ตัวต้านทาน
- ตัวเก็บประจุ
- แหล่งกำเนิดสัญญาณอุดมคติ
- ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็นและพีเอ็นพี
- ไดโอด
- แหล่งจ่ายแรงดันและกระแสคงที่อุดมคติ

(๖ คะแนน)

๓.

(ก) วงจรในรูปที่ 1.4 ใช้แปลงสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแสที่มีความเป็นเชิงเส้นสูง (transconductors หรือ g_m) อาศัยหลักการ ทรานส์ลิเนียร์ (Translinear principle) ให้นักศึกษาทำการวิเคราะห์เพื่อแสดงและอธิบายหลักการที่ทำให้วงจรนี้สามารถทำงานได้อย่างเป็นเชิงเส้นโดยไม่จำเป็นต้องมีการประมาณสำหรับสัญญาณขนาดเล็กมาก

(๔ คะแนน)



รูปที่ 1.4

(ข) ปัญหาของวงจรในรูปที่ 1.4 คือการแกว่งของสัญญาณแรงดันที่เบสและคอลเลคเตอร์ของ Q_3 และ Q_4 ซึ่งเป็นไปในทิศทางที่ตรงข้ามกันทำให้ทรานซิสเตอร์ออกจากย่านการทำงานปกติได้ง่าย ให้นักศึกษาออกแบบวงจรเพื่อแก้ไขปัญหานี้มา 2 วิธี (อธิบายหลักการแต่ไม่ต้องวิเคราะห์โดยละเอียด) โดยสามารถใช้อุปกรณ์ต่อไปนี้ ค่าใดๆ จำนวนเท่าใด ก็ได้

- ตัวต้านทาน
- แหล่งจ่ายกระแสอุดมคติ
- ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็นและพีเอ็นพี

(๘ คะแนน)

๔. (ก) ให้ทำการออกแบบวงจรขยายปฏิบัติการแบบสองขั้น (two-stage) เพื่อให้สามารถใช้งานได้ด้วยไฟเลี้ยงคร่อม 3 โวลต์ (กำหนดให้แรงดันไบอัส V_{CE} ต้องมีค่าอย่างน้อย 0.7 โวลต์) โดยต้องใช้เทคนิคต่อไปนี้ในการออกแบบ

- ใช้ทรานซิสเตอร์พีเอ็นพีเป็นภาคอินพุท (differential pair)
- เทคนิคการขยายแบบคาสโคดพับ
- ใช้วงจรขยายแบบคลาสเอบีเป็นภาคเอาท์พุท
- ใช้เทคนิคการชดเชยแบบมิลเลอร์ (Miller compensation) เพื่อแยกโพลหลักสองตัวออกจากกันเพื่อทำให้มีเฟสมาร์จินดีขึ้น
- ให้ทำการชดเชยซีโร่ที่เกิดจาก Miller compensation เพื่อทำให้เสถียรภาพของวงจรดีขึ้น

[๓ คะแนน]

(ข) อธิบายว่าทำไมจึงต้องทำการชดเชยแบบมิลเลอร์และการชดเชยซีโร่ที่เกิดจาก Miller compensation

[๑ คะแนน]

(ค) ให้ทำการวิเคราะห์โดยประมาณเพื่อออกแบบโดยใช้ซีโร่เพื่อที่จะหาทางกำจัดโพลหลักลำดับสอง (หลังจากการทำ Miller compensation แล้ว)

[๒ คะแนน]

หมายเหตุ: อนุญาตให้ใช้ตัวต้านทานค่าใดๆ ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็น พีเอ็นพี ตัวเก็บประจุค่าใดๆ (แต่ละชนิดจำนวนเท่าใดก็ได้) แต่ไม่อนุญาตให้ใช้แหล่งจ่ายแรงดันและแหล่งจ่ายกระแสอุดมคติ (ยกเว้นไฟเลี้ยงเดี่ยวขนาด 3 โวลต์ซึ่งจะมีก็ต่อเมื่อนำไปใช้งานจริง)

๕. จากที่ได้ศึกษาโครงสร้างป้อนกลับลบมีทั้งหมด 4 โครงสร้าง

(ก) ให้ นศ.นำเสนอโครงสร้างป้อนกลับลบ 2 โครงสร้างพร้อมยกตัวอย่างวงจรจริงซึ่งต้องมีทรานซิสเตอร์เป็นองค์ประกอบสำหรับทั้งสองโครงสร้าง อธิบายการทำงานด้วยว่ามีการป้อนกลับลบอย่างไร

[๔ คะแนน]

(ข) จากวงจรที่ยกตัวอย่างทั้งสองนั้นให้ทำการวิเคราะห์เพื่อแสดงให้เห็นด้วยว่าอะไรคือ อัตราขยายไปข้างหน้า (forward gain - A_f), อัตราขยายป้อนกลับ (feedback gain - $A\beta$) และสัญญาณผิดพลาด ε ที่เกิดจากการหักล้างสัญญาณภายในกระบวนการป้อนกลับลบ

[๖ คะแนน]

(ค) จากวงจรตัวอย่างทั้งสองนี้จงวิเคราะห์พร้อมทั้งอธิบายด้วยความเข้าใจ (จากมุมมองของวงจรอิเล็กทรอนิกส์) เพื่อแสดงให้เห็นว่าความต้านทานด้านเข้าและด้านออกเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเทียบกับเมื่อตอนยังไม่มีการป้อนกลับลบ ให้เปรียบเทียบโดยคงคำตอบในรูปของค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์

[๖ คะแนน]