**มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2** **ประจำปีการศึกษา 2555**

**วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2556** **เวลา 09.00-12.00น.**

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

---

คำสั่ง

1. ข้อสอบชุดนี้มีทั้งหมด 5 ข้อ (6 หน้า) ควรตรวจสอบก่อนลงมือทำ
2. อนุญาตให้นำเฉพาะเครื่องเขียนและเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้ใช้ดินสอหรือปากกาก็ได้ในการเขียนคำตอบและให้เขียนคำตอบในสมุดคำตอบเท่านั้นจึงจะได้รับการตรวจ
4. ไม่มีคะแนนสำหรับคำตอบที่ไม่มีการวิเคราะห์และคำอธิบายที่มีเหตุผลถูกต้อง

กำหนดให้

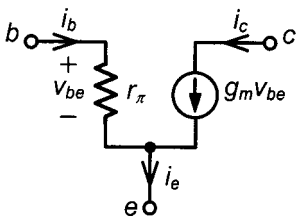
- แรงดันเทอร์มัลมีค่า $V_T = 26\text{mV}$ ที่อุณหภูมิห้อง $27^\circ\text{C}$
- สมมุติให้เมื่อทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) ทำงาน แรงดัน $V_{BE}$ จะมีค่าประมาณ 0.7 โวลต์
- สมการความสัมพันธ์ของทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) สำหรับสัญญาณขนาดใหญ่คือ

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

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**

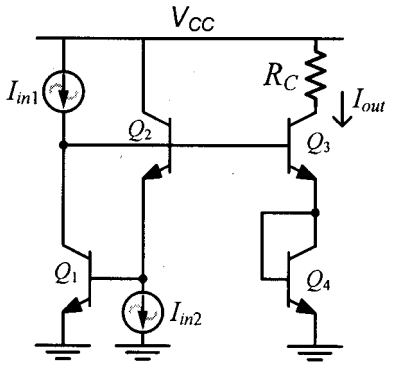
ผู้ออกข้อสอบ: นาย ภาณุมาส คำสัตย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

**1.** จากวงจรในรูปที่ 1.2 ให้ใช้สมการความสัมพันธ์ของทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่าร์ (BJT) คือ

$$I_c = I_S \exp\left(\frac{V_{be}}{V_T}\right) \tag{1.3}$$

เพื่อทำการวิเคราะห์สำหรับสัญญาณขนาดใหญ่ (large-signal analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณกระแส $I_{out}$ กับ $I_{in1}$, $I_{in2}$ และ $I_S$ ตามความเหมาะสม โดยสามารถละเลยกระแสเบสได้และยังไม่ต้องกังวลเรื่องการไบอัสของวงจร

(8 คะแนน)

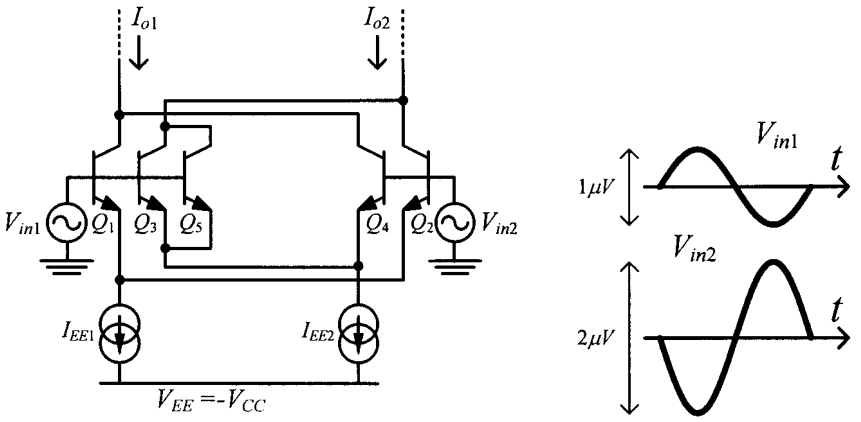



**รูปที่ 1.2**

**2.** (ก) วงจรในรูปที่ 1.3(ก) ซึ่งประกอบด้วย differential long-tail pair 2 คู่ (โดยคู่ในเป็นคู่พิเศษเพราะมีลักษณะไม่สมมาตร) ให้ทำการวิเคราะห์สำหรับสัญญาณขนาดใหญ่ (large-signal analysis) เพื่อพิสูจน์ว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ ($I_{o1}-I_{o2}$) กับสัญญาณ ($V_{in1}-V_{in2}$) เป็นฟังก์ชัน tanh(·) โดยที่สมการดังกล่าวอาจจะต้องประกอบด้วยค่าคงที่ต่างๆเช่น $I_{EE1}$, $I_{EE2}$, $I_S$, $V_T$, $V_{CC}$ ตามความเหมาะสม เมื่อ $\tanh(x)=\frac{e^x-e^{-x}}{e^x+e^x}$ โดยสามารถละเลยกระแสเบสได้

(ข) ถ้า $I_{EE1}$ = 2mA, $I_{EE2}$ = 4mA และสัญญาณแรงดันอินพุทมีขนาดเล็กมากดังแสดงในรูปที่ 1.3(ข) ให้ทำการวิเคราะห์เพื่อวาดสัญญาณ $I_{o1}-I_{o2}$ โดยสามารถใช้ small-signal approximation และละเลยกระแสเบสได้

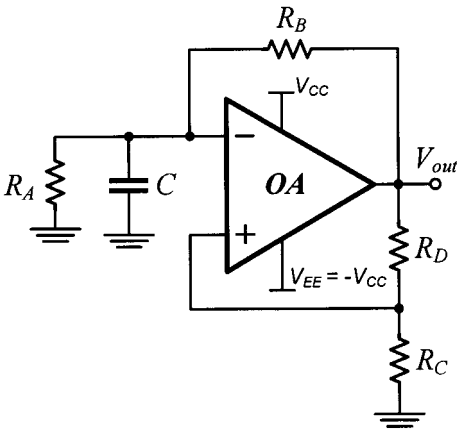
(10 คะแนน)




(ก) (ข)

**รูปที่ 1.3**

3. วงจรในรูปที่ 1.4 เป็นวงจร Schmitt-trigger waveform generator ให้ใช้วิธีการแก้สมการอนุพันธ์โดยใช้การแปลงลาปลาซ (Laplace Transform) เท่านั้น เพื่อหาสมการสัญญาณแรงดันที่คร่อมตัวเก็บประจุ $C$ สำหรับการวิเคราะห์หาความถี่ของสัญญาณแรงดันเอาท์พุท $V_{out}$ ที่เกิดขึ้น โดยติดคำตอบให้อยู่ในรูปของ $V_{CC}$, $R_A$, $R_B$, $R_C$, $R_D$ และ $C$ ตามความเหมาะสม สมมุติให้ค่าของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้สามารถทำให้มีการกำเนิดสัญญาณได้ (**ถ้าไม่ใช้การแปลงลาปลาซจะไม่ได้คะแนน**)




**รูปที่ 1.4**

(12 คะแนน)

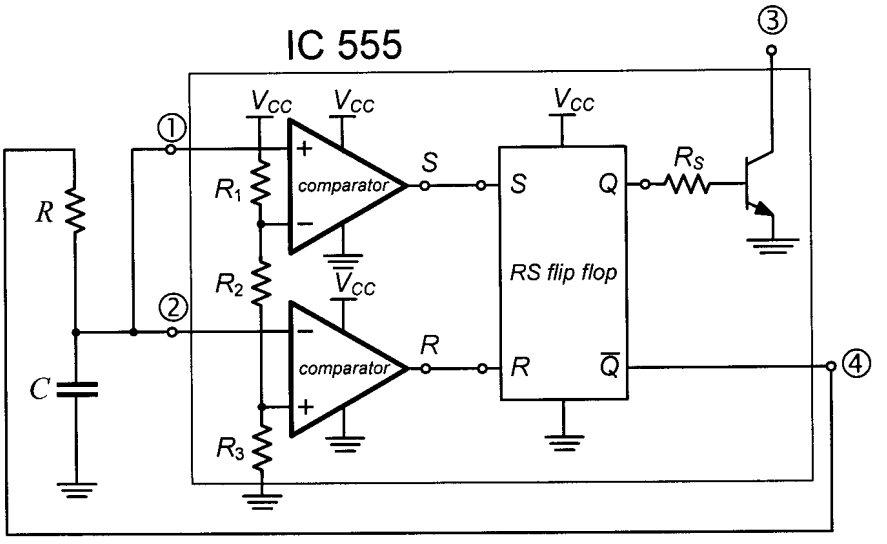
**ตารางที่1.0** Unilateral Laplace Transform

| **Time domain** | ***s* domain** |
|---|---|
| $f(t)$ | $F(s) = \int_0^\infty f(t)e^{-st}dt$ |
| $\frac{d}{dt}f(t)$ | $sF(s) - f(0)$ |
| $e^{-\alpha t}u(t)$ | $\frac{1}{s+\alpha}$ |

**4.** จากวงจรในรูปที่ 1.5 ประกอบด้วยไอซี 555 ตัวต้านทาน $R$ และตัวเก็บประจุ $C$ เพื่อกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยมี $V_{CC}$ = 12V และมีตารางความจริงของ $SR$ flip-flop เป็นดังแสดงในตารางที่ 1.1

ให้ทำการออกแบบค่าตัวต้านทาน $R_1$, $R_2$, $R_3$ ภายในไอซี 555 เท่านั้นโดยไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์ใดๆเพื่อให้กำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ขา ④ มีค่า Duty Cycle เท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยสมมุติว่าเมื่อค่า $Q$ (หรือ $\overline{Q}$) มีตรรกะเป็น "1" หมายถึงแรงดันที่ $Q$ (หรือ $\overline{Q}$) มีค่าเท่ากับ $V_{CC}$ และเมื่อมีตรรกะเป็น "0" แรงดันที่ $Q$ (หรือ $\overline{Q}$) เท่ากับ 0 โวลต์ และ flop-flip เป็นอุดมคติสามารถจ่าย/รับกระแสได้ไม่จำกัด

(12 คะแนน)




**รูปที่ 1.5**

**ตารางที่ 1.1**

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

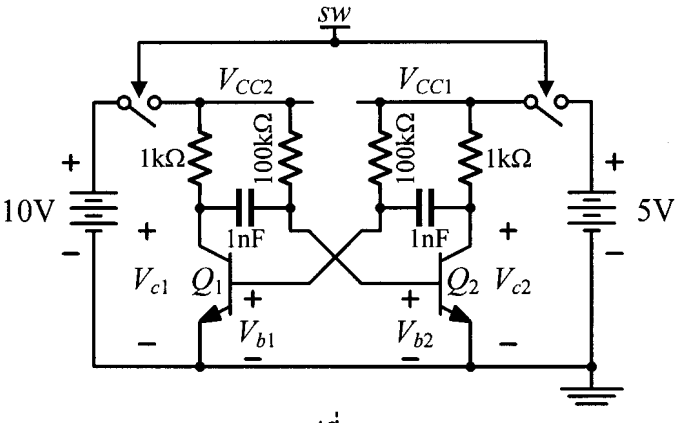
**5.**

(ก) จากวงจรกำเนิดสัญญาณ astable multivibrator ในรูปที่ 1.6 ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสองชุดคือ 5 โวลต์และ 10 โวลต์ที่แยกจากกันโดยอิสระ ให้นักศึกษาวิเคราะห์วงจรนี้เพื่อทำการวาดสัญญาณแรงดันในสภาวะคงตัว (steady state) ที่ขาเบส ($V_{b1}$, $V_{b2}$) และคอลเลคเตอร์ ($V_{c1}$, $V_{c2}$) ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวเมื่อสวิทช์ทั้งสองปิด

(ข) ในสภาวะเริ่มต้นก่อนจ่ายไฟเลี้ยงทั้งสองให้ระบบสมมุติให้แรงดันทุกจุดอยู่ที่ 0 โวลต์ ให้อธิบาย/วิเคราะห์ว่าทรานซิสเตอร์ตัวใดทำงานก่อนกันเมื่อจ่ายไฟเลี้ยง โดยสมมุติว่าสามารถจ่ายไฟเลี้ยงทั้งสองได้พร้อมกันอย่างทันทีทันใดได้

กำหนดให้ $V_{BEon} = 0.7\text{V}$, $V_{CEon} = 0.2\text{V}$
(การนำเสนอโดยไม่มีการวิเคราะห์ประกอบคำอธิบายจะไม่ได้คะแนน)

(10 คะแนน)




**รูปที่ 1.6**