

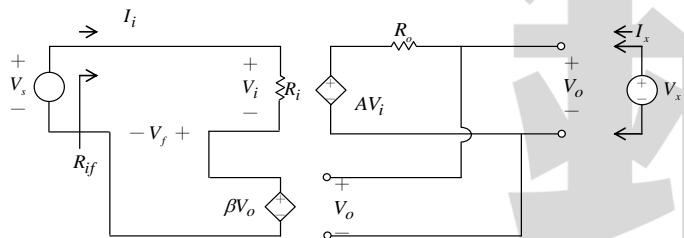


申論題

一、試畫出串聯及並聯式回授放大器電路之結構圖，並求出其輸入電阻及輸出電阻。

擬答：

串、並式回授放大器之結構圖：



求輸入電阻 R_{if} :

$$R_{if} = \frac{V_s}{I_i} = \frac{V_i + V_f}{I_i} = \frac{V_i + \beta V_o}{I_i} = \frac{V_i + \beta AV_i}{I_i} = \frac{V_i(1 + \beta A)}{I_i} = R_i(1 + \beta A)$$

求輸出電阻 R_{of} :

令 $V_s = 0$

$$R_{of} = \frac{V_x}{I_x} = \frac{V_x}{V_x - AV_i} = \frac{V_x}{V_x - A(-\beta V_x)} = \frac{R_o}{1 + A\beta}$$

二、一個 CMOS 邏輯電路，操作的 $V_{DD}=2.5V$ ，靜態功率消耗接近零。為了降低動態功率消耗，降低 V_{DD} 至 $1.8V$ 。假若電路充放負載電容的電流與 V_{DD} 成正比。最高操作頻率會如何改變？邏輯電路的延遲與功率乘積 (delay-power product) 又會如何改變？

擬答：

$$P_D = \alpha C_L V_{DD}^2 f$$

$V_{DD} \downarrow \cdot f \uparrow$ ，最高頻率可以增加。

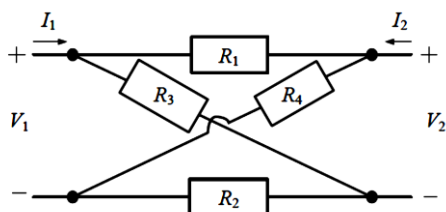
$$P_D \propto V_{DD}^2$$

$$\Rightarrow \frac{P_{D2}}{P_{D1}} = \frac{1.8^2}{2.5^2}$$

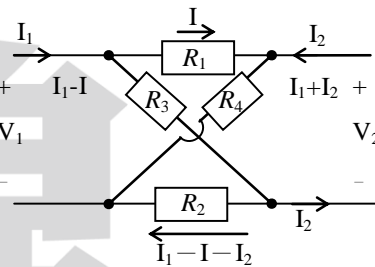
$$\Rightarrow P_{D2} = 0.5184 P_{D1}$$

下降了0.5184倍

三、請以 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 表示下圖雙埠網路 (two-port network) 之阻抗參數 (impedance parameters) 或 z 參數，圖中的四個電阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 均以歐姆 (Ω) 為單位。



擬答：



$$V_1 = R_3(I_1 - I) + R_2(I_1 - I - I_2)$$

$$V_1 = (R_3 + R_2)I_1 - R_2I_2 - (R_2 + R_3)I \dots \dots$$

$$V_2 = R_4(I + I_2) - R_2(I_1 - I - I_2)$$

$$= -R_2I_1 + (R_2 + R_4)I_2 + (R_2 + R_4)I \dots \dots$$

$$R_1I + R_4(I + I_2) = R_3(I_1 - I) + R_2(I_1 - I - I_2)$$

$$I = \frac{(R_2 + R_3)I_1 - (R_2 + R_4)I_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \text{ 代入}$$

$$V_1 = (R_2 + R_3)I_1 - R_2I_2 -$$

$$\frac{(R_2 + R_3)^2 I_1 - (R_2 + R_3)(R_2 + R_4)I_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

$$= \frac{(R_1 + R_2)(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_1 + \frac{R_3 R_4 - R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_2$$

$$V_2 = -R_2I_1 + (R_2 + R_4)I_2 + (R_2 + R_4)I$$

$$\frac{(R_2 + R_3)I_1 - (R_2 + R_4)I_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

$$= \frac{R_3 R_4 - R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_1 + \frac{(R_2 + R_4)(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} I_2$$

$$\therefore Z_{11} = \frac{(R_1 + R_2)(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

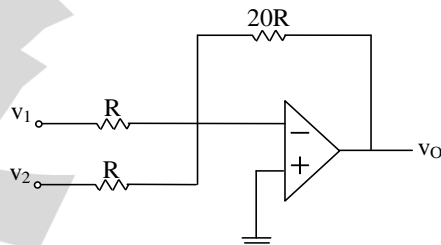
$$Z_{12} = \frac{R_3 R_4 - R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

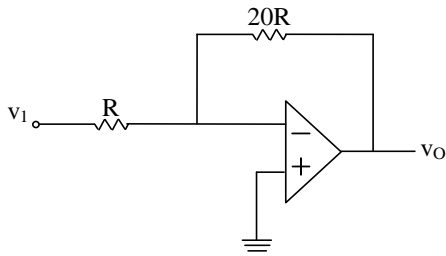
$$Z_{21} = \frac{R_3 R_4 - R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

$$Z_{22} = \frac{(R_2 + R_4)(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

四、考慮一個 OPAMP 其單增益頻率 (unity-gain frequency) 為 $f_t=106\text{Hz}$ ，將此放大器接成有兩個輸入 v_1 與 v_2 的反相加法器使其輸出為 $v_O = -20(v_1 + v_2)$ 。畫出你設計的電路圖。令 $v_2=0$ ，求 v_O/v_1 的 3 dB 截止頻率。

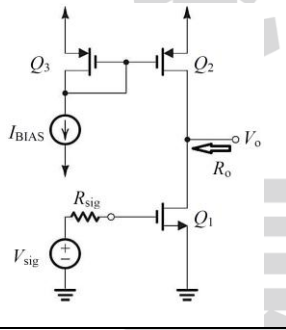
擬答：





$$f_H = \frac{f_t}{1 + \frac{R_2}{R_1}} = \frac{10^6}{1 + \frac{20R}{R}} = 47.6 \text{ kHz}$$

五、考慮如圖的 IC CS 放大器，其 $I_{BIAS} = 100 \mu\text{A}$ ， Q_2 和 Q_3 完全匹配， $R_{sig} = 200 \text{ k}\Omega$ 。 Q_1 電晶體： $\mu_n C_{ox} = 90 \mu\text{A}/\text{V}^2$ 、 $V_A = 12.8 \text{ V}$ 、 $W/L = 100 \mu\text{m}/1 \mu\text{m}$ 、 $C_{gs} = 0.2 \text{ pF}$ 、且 $C_{gd} = 0.015 \text{ pF}$ 。 Q_2 電晶體： $|V_A| = 19.2 \text{ V}$ 。忽略輸出端的電容效應，求輸出端總電阻 R_o 、低頻增益 A_M 、3-dB 頻寬和零點頻率 f_z 。



擬答：

$$I_{D1} = I_{D2} = I_{BIAS} = 0.1 \text{ mA}$$

$$r_{o1} = \frac{V_A}{I_{D1}} = \frac{12.8}{0.1} = 128 \text{ (k}\Omega)$$

$$r_{o2} = \frac{V_A}{I_{D2}} = \frac{19.2}{0.1} = 192 \text{ (k}\Omega)$$

$$g_{m1} = 2\sqrt{kI_{D1}}$$

$$= 2\sqrt{\frac{1}{2} \times 90 \times 10^{-3} \times 100 \times 0.1}$$

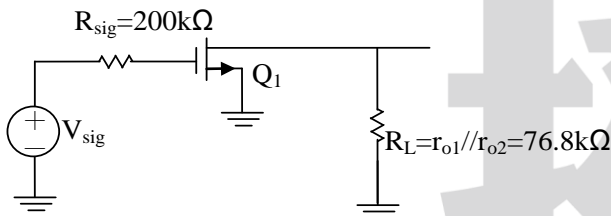
$$= 1.342 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$A_M = \frac{V_o}{V_{sig}} = -g_{m1}(r_{o1} // r_{o2})$$

$$= -1.342 \times (128 // 192)$$

$$= -103.07$$

$$R_o = r_{o1} // r_{o2} = 76.8 \text{ k}\Omega$$



$$\tau_H = R_{sig} C_{gs} + R_{gd} C_{gd}$$

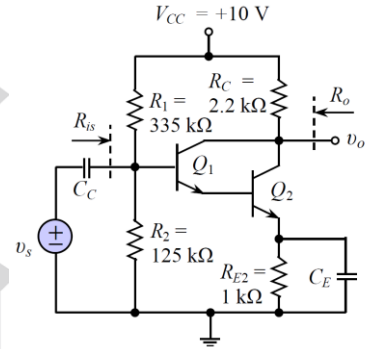
$$= R_{sig} C_{gs} + (R_{sig} + g_{m1} R_{sig} R_L + R_L) C_{gd}$$

$$= 200 \times 0.2 + (200 + 1.342 \times 200 \times 76.8 +$$

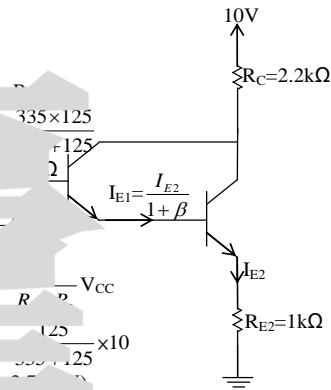
$$76.8) \times 0.015 (\mu\text{s})$$

$$= 353.35 (\mu\text{s})$$

六、在下圖的電路中，每一個電晶體參數都是 $\beta = 100$ 、 $V_{BE(on)} = 0.7 \text{ V}$ 、熱電壓 $V_T = 26 \text{ mV}$ 且 $V_A = \infty$ 。請求出整體小訊號電壓增益 $A_v = v_o/v_s$ ；並請求出輸入電阻 R_{is} 。



擬答：
直流分析：



$$2.717 = 91 \cdot \frac{I_{E2}}{(1+100)^2} + 0.7 + 0.7 + I_{E2} \times 1$$

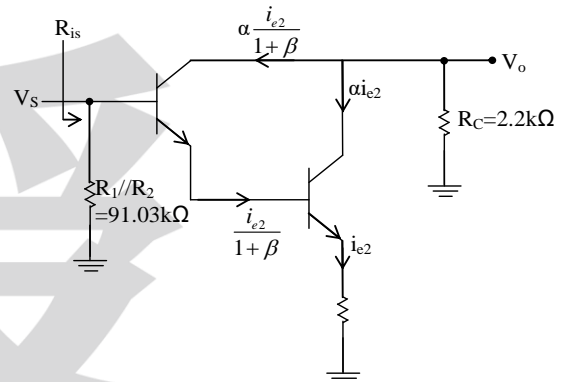
$$\therefore I_{E2} = 1.31 \text{ mA}$$

$$I_{E1} = \frac{I_{E2}}{1+\beta} = \frac{1.31}{101} = 0.0129 \text{ (mA)}$$

$$r_{e1} = \frac{V_T}{I_{E1}} = \frac{26 \times 10^{-3}}{0.0129} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$r_{e2} = \frac{V_T}{I_{E2}} = \frac{26 \times 10^{-3}}{1.31} = 0.01985 \text{ k}\Omega$$

交流分析：



$$A_v = -\left(\alpha + \frac{\alpha}{1+\beta}\right) \frac{R_C}{\frac{r_{e1}}{1+\beta} + r_{e2}} = -\frac{22}{\frac{2}{1+100} + 0.01985} = -55.48$$