

110 年公務人員普考考試試題

類 科：電力工程、電子工程、電信工程

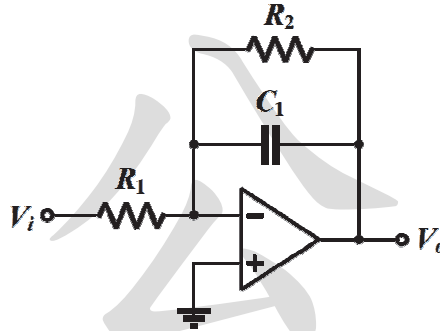
科 目：電子學概要

考試時間：1 小時 30 分

鄭奇老師

一、(一)推導下圖電路之轉移函數 $V_o(s)/V_i(s)$ 。

(二)當下圖電路之直流增益為 60 dB、3-dB 頻率為 10 kHz 且輸入阻抗為 200Ω ，求算 R_1 、 R_2 、 C_1 。(15 分)



【解題關鍵】

《考題難易》：★★

《解題關鍵》：OPA 電路分析

【擬答】

(一)

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = -\frac{R_2 // \frac{1}{sC_1}}{R_1} = \frac{-\frac{R_2}{s}}{R_1 \left(1 + \frac{1}{sR_2C_1}\right)}$$

(二)

$$60\text{dB} = 20\log|A_v| \Rightarrow |A_v| = 10^3$$

$$Z_i = R_1 = 200\Omega$$

$$|A_v| = \left| -\frac{R_2}{R_1} \right| = \frac{R_2}{200} = 10^3 \Rightarrow R_2 = 200k\Omega$$

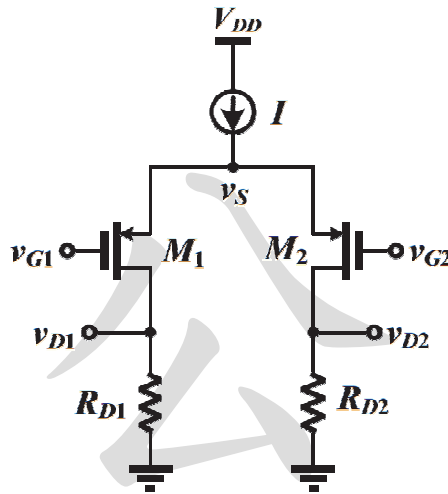
$$f_{3dB} = \frac{1}{2\pi R_2 C_1} \Rightarrow 10k = \frac{1}{2\pi \times 200k \times C_1} \Rightarrow C_1 = 79.58\text{PF}$$

公職王歷屆試題 (110 普考)

二、下圖電路 $V_{DD}=5V$ ， $I=1mA$ ， $R_{D1}=R_{D2}=2k\Omega$ 。電晶體參數： $V_{tp}=-0.8V$ ， $k_p'(W/L)=4mA/V^2$ ，忽略通道調變效應。

(一)當 $v_{G1}=v_{G2}=1V$ ，求算 v_S 。(8分)

(二)假設電流源 I 所需最小跨壓為 $0.8V$ ，求算此電路之輸入電壓共模範圍 (input command-mode range)。(12分)



【解題關鍵】

《考題難易》：★★

《解題關鍵》：差動電路直流分析

【擬答】

$$K_p = \frac{1}{2} K_p' \left(\frac{W}{L} \right) = \frac{1}{2} \times 4m = 2m \text{ A/V}^2$$

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I}{2} = 0.5mA$$

(一)

$$I_{D1} = K_p (V_{SG1} - V_{tp})^2$$

$$\Rightarrow 0.5 = 2 \times (V_{SG1} - 0.8)^2 \Rightarrow V_{SG1} = 1.3V$$

$$V_{SG1} = V_{S1} - V_{G1}$$

$$\Rightarrow 1.3 = V_{S1} - 1 \Rightarrow V_S = V_{S1} = 2.3V$$

(二)

$$V_{D1} = I_{D1} \times R_{D1} = 0.5 \times 2 = 1V$$

$$V_{GD1} \geq V_{tp}$$

$$\Rightarrow V_{G1} - V_{D1} \geq V_{tp}$$

$$\Rightarrow V_{CM} - 1 \geq -0.8 \quad V_{CM} \geq -0.2V$$

$$V_S = V_{CM} + V_{SG1} = V_{CM} + 1.3$$

$$V_{DD} - (V_{CM} - 1.3) \geq 0.8$$

$$\Rightarrow 5 - V_{CM} + 1.3 \geq 0.8$$

$$\Rightarrow V_{CM} \leq 5.5V$$

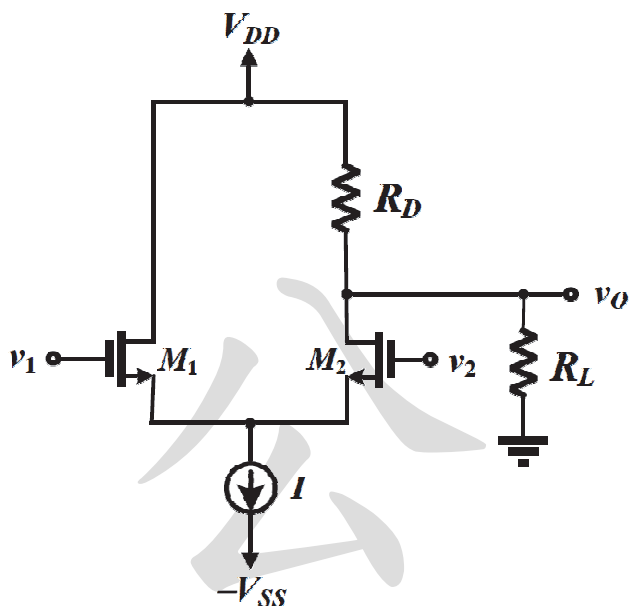
$$\therefore -0.2V \leq V_{CM} \leq 5.5V$$

公職王歷屆試題 (110 普考)

三、下圖電路 $R_D=12k\Omega$ ， $R_L=12k\Omega$ ，電晶體參數： $g_{m1}=2mA/V$ ， $g_{m2}=1mA/V$ 。

(一)當 v_2 短路時，推導小訊號增益 $G_v=v_o/v_1$ 並求算其值。(10 分)

(二)推導差模增益 $A_d=v_o/(v_1-v_2)$ 並求算其值。(10分)



【解題關鍵】

《考題難易》：★★

《解題關鍵》：交流電路分析

【擬答】

(一)

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{R_D // R_L}{\frac{1}{g_{m1}} + \frac{1}{g_{m2}}} = \frac{12 // 12}{\frac{1}{2} + \frac{1}{1}} = 4$$

(二)

$$R_{out} = R_D // R_L = 12 // 12 = 6k\Omega$$

$$i_0 = \frac{v_1 - v_2}{\frac{1}{g_{m1}} + \frac{1}{g_{m2}}} = \frac{v_1 - v_2}{\frac{1}{2} + \frac{1}{1}} = \frac{2}{3}m \times (v_1 - v_2)$$

$$G_m = \frac{i_0}{v_1 - v_2} \Big|_{v_o=0V} = \frac{2}{3}$$

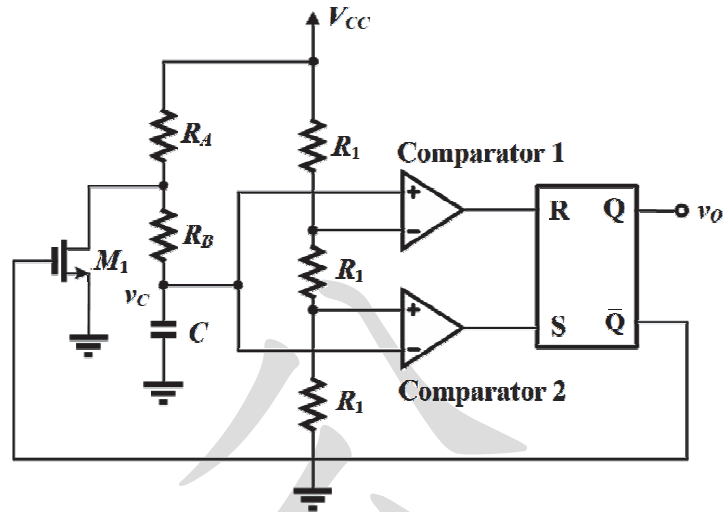
$$A_d = \frac{v_o}{v_1 - v_2} = G_m \times R_{out} = \frac{2}{3} \times 6 = 4$$

公職王歷屆試題 (110 普考)

四、下圖電路 $C=1\text{ nF}$

(一) 畫出 v_C 與 v_O 的穩態波形並標註相關電壓大小。(5 分)

(二) 當 v_O 震盪頻率為 100 KHz 且責任週期 (duty cycle) 為 70% 時，求算 R_A 與 R_B 。(15 分)



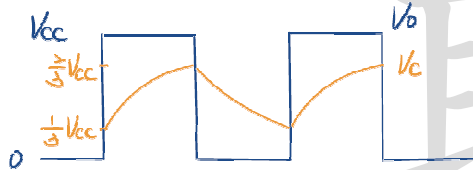
【解題關鍵】

《考題難易》：★★★★★

《解題關鍵》：振盪器電路分析

【擬答】

(一)



(二)

$$T_H = (R_A + R_B)C \ln \frac{V_{CC} - \frac{1}{3}V_{CC}}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} = 0.69(R_A + R_B)C$$

$$T_L = R_B C \ln \frac{0 - \frac{1}{3}V_{CC}}{0 - \frac{2}{3}V_{CC}} = 0.69R_B C$$

$$D\% = \frac{T_H}{T_H + T_L} \times 100\% = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} \times 100\%$$

$$T = T_H + T_L = 0.69(R_A + R_B)C + 0.69R_B C = 0.69(R_A + 2R_B)C$$

$$D = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} = 0.7$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.69(R_A + 2R_B)C} = 100k$$

$$\Rightarrow \frac{1}{0.69 \times (R_A + 2R_B) \times 1n} = 100k \Rightarrow R_A + 2R_B = 14492.75$$

$$R_A + R_B = 10144.93$$

$$\text{且 } R_A = 5797.11\Omega$$

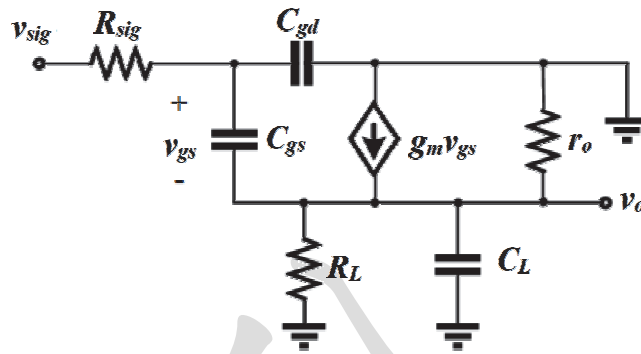
$$R_B = 4347.82\Omega$$

公職王歷屆試題 (110 普考)

五、下圖電路 $g_m=2 \text{ mA/V}$ ， $r_o=20\text{k}\Omega$ ， $R_{sig}=10\text{k}\Omega$ ， $R_L=20\text{k}\Omega$ ， $C_{gs}=20\text{fF}$ ， $C_{gd}=5 \text{ fF}$ ， $C_L=15\text{fF}$ 。

(一)求算零點頻率。(10分)

(二)求算3-dB頻率。(10分)



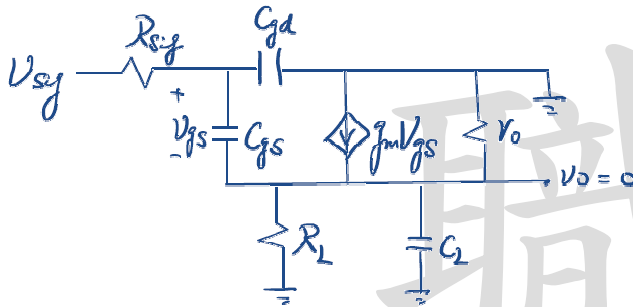
【解題關鍵】

《考題難易》：★★★★

《解題關鍵》：頻率響應

【擬答】

(一)



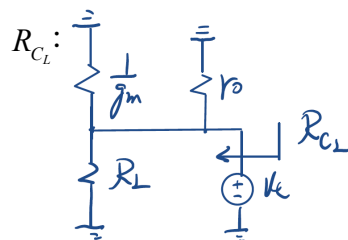
$$C_{gd} : \frac{1}{SC_{gs}} = 0 \Rightarrow S_Z = \infty \Rightarrow W_Z = \infty$$

C_L : 無零點

$$C_{gs} : \frac{v_{gs}}{1} + g_m v_{gs} = 0 \Rightarrow SC_{gs} v_{gs} + g_m v_{gs} = 0 \Rightarrow S = -\frac{g_m}{C_{gd}}$$

$$\therefore \omega_Z = \frac{g_m}{C_{gs}} \Rightarrow f_z = \frac{\omega_Z}{2\pi} = \frac{20f}{2\pi} = 1.59 \times 10^{10} \text{ Hz}$$

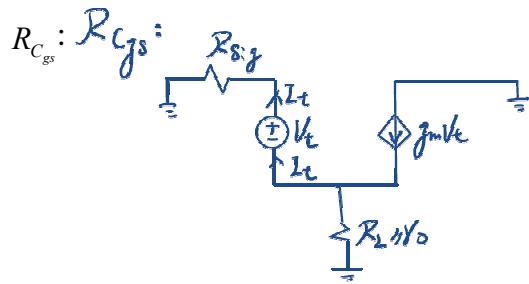
(二)



$$R_{C_{gd}} = R_{sig} = 10\text{k}\Omega$$

$$R_{CL} = \frac{1}{g_m} // r_o // R_L$$

$$= \frac{1}{2} // 20 // 20 = 0.476\text{k}\Omega$$



$$\begin{aligned}
 V_t &= R_{sig} \times I_t - (g_m V_t - I_t) \times (R_L // r_o) \\
 &= R_{sig} \times I_t - g_m V_t (R_L // r_o) + I_t (R_L // r_o) \\
 [1 + g_m (R_L // r_o)] V_t &= [R_{sig} + (R_L // r_o)] I_t \\
 \Rightarrow R_{cgs} &= \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_{sig} + (R_L // r_o)}{1 + g_m (R_L // r_o)} \\
 &= \frac{10 + (20 // 20)}{1 + 2 \times (20 // 20)} = 0.952 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

用開路時間常數法：

$$\begin{aligned}
 f_{3dB} &= \frac{1}{2\pi(R_{C_L} C_L + R_{C_{gd}} C_{gd} + R_{C_{gs}} C_{gs})} \\
 &= \frac{1}{2\pi \times (0.476 \text{ k} \times 15 \text{ f} + 10 \text{ k} \times 5 \text{ f} + 0.952 \text{ k} \times 20 \text{ f})} \\
 &= 2.089 \text{ GHz}
 \end{aligned}$$