

106 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：四等考試

類 科：電力工程、電子工程、電信工程

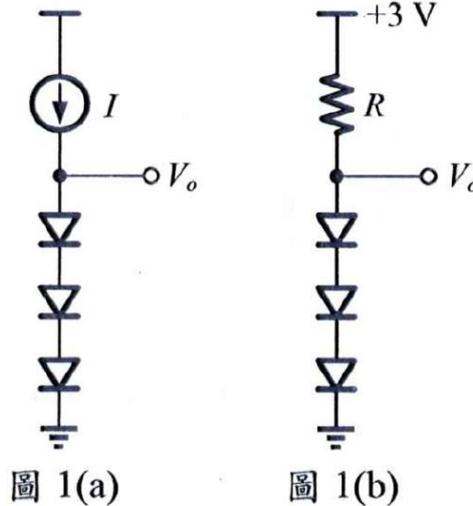
科 目：電子學概要

一、下圖電路利用三個相同特性的二極體(Diode)所組成的電路，其中二極體具有飽和電流

(saturation current)  $I_S = 10^{-14} \text{A}$ 。(二極體電流  $I_D = I_S e^{V_D/V_T}$ ，其中  $V_D$  為其電壓和  $V_T = 25\text{mV}$ 。)

(一)如圖 I(a)，若輸出電壓  $V_0 = 2\text{V}$ ，求出電流  $I$  的值為何?(10 分)

(二)如圖 1(b)，其中  $R = 10\text{k}\Omega$ ，則輸出電壓  $V_0$  的值為何?(10 分)



【擬答】

(一)

$$V_D = \frac{2}{3} \text{V}$$

$$I = I_D = I_S e^{\frac{V_D}{V_T}} = 10^{-14} e^{\frac{2}{25\text{m}}} = 3.81\text{mA}$$

(二)

$$3 = I_D \times R + 3V_D$$

$$I_D = I_S e^{\frac{V_D}{V_T}} = 10^{-14} e^{\frac{V_D}{25\text{m}}}$$

$$3 = 10^{-14} e^{\frac{V_D}{25\text{m}}} \times 10\text{k} + 3V_D = 10^{-11} e^{\frac{V_D}{25\text{m}}} + 3V_D$$

$$V_D = 0.6 \text{ 時: } 10^{-11} e^{\frac{0.6}{25\text{m}}} + 3 \times 0.6 = 2.064\text{V}$$

$$V_D = 0.65 \text{ 時: } 10^{-11} e^{\frac{0.65}{25\text{m}}} + 3 \times 0.65 = 3.91\text{V}$$

$$\therefore 0.6\text{V} < V_D < 0.65\text{V}$$

$$V_D = 0.61\text{V} \text{ 時: } 10^{-11} e^{\frac{0.61}{25\text{m}}} + 3 \times 0.61 = 2.225\text{V}$$

公職王歷屆試題 (106 地方特考)

$$V_D = 0.62V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.62/25m} + 3 \times 0.62 = 2.45V$$

$$V_D = 0.63V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.63/25m} + 3 \times 0.63 = 2.77V$$

$$V_D = 0.64V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.64/25m} + 3 \times 0.64 = 3.23V$$

$$\therefore 0.63V < V_D < 0.64V$$

$$V_D = 0.631V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.631/25m} + 3 \times 0.631 = 2.81V$$

$$V_D = 0.632V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.632/25m} + 3 \times 0.632 = 2.85V$$

$$V_D = 0.634V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.634/25m} + 3 \times 0.634 = 2.93V$$

$$V_D = 0.635V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.635/25m} + 3 \times 0.635 = 2.98V$$

$$V_D = 0.636V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.636/25m} + 3 \times 0.636 = 3.026V$$

$$\therefore 0.635V < V_D < 0.636V$$

$$V_D = 0.6351V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.6351/25m} + 3 \times 0.6351 = 2.98V$$

$$V_D = 0.6352V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.6352/25m} + 3 \times 0.6352 = 2.988V$$

$$V_D = 0.6353V \text{ 時: } 10^{-11} e^{0.6353/25m} + 3 \times 0.6353 = 2.99V$$

$$\therefore V_D = 0.6353V$$

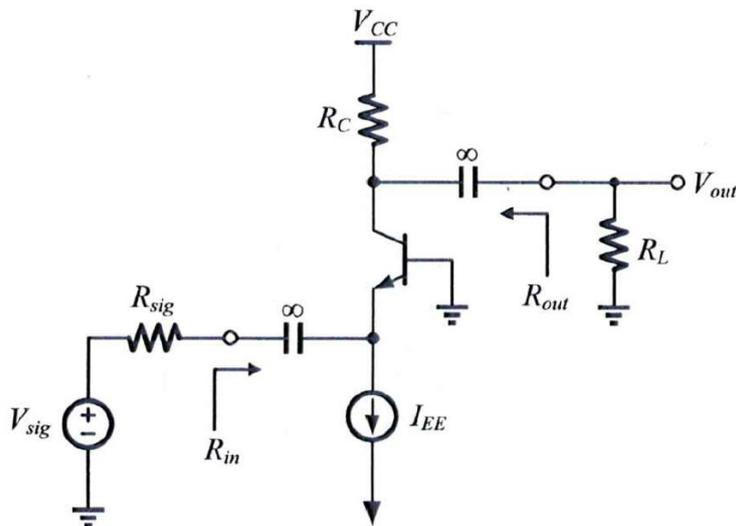
$$\text{故 } V_o = 3V_D = 3 \times 0.6353 = 1.9059V$$

公職王歷屆試題 (106 地方特考)

二、對於下圖放大器電路，其中所使用 BJT 電晶體的特性為  $\beta=100$ 、 $V_T=25\text{mV}$  和  $V_{BE(ON)}=0.7\text{V}$  以及  $V_{CC}=5\text{V}$ 、 $I_{EE}=0.5\text{mA}$ 、 $R_{sig}=50\Omega$ 、 $R_C=12\text{k}\Omega$  和  $R_L=12\text{k}\Omega$ 。

(一) 計算輸入電阻  $R_{in}$  及輸出電阻  $R_{out}$ 。(10 分)

(二) 計算整體電壓增益  $V_{out}/V_{sig}$ 。(10 分)

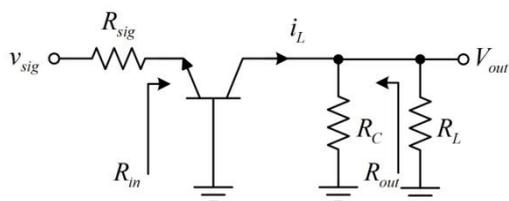


【擬答】

$$I_E = I_{EE} = 0.5\text{mA}$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25\text{m}}{0.5\text{m}} = 50\Omega = 0.05\text{k}\Omega$$

ac 分析



(一)

$$R_{in} = r_e = 0.05\text{k}\Omega$$

$$R_{out} = R_C = 12\text{k}\Omega$$

(二)

$$V_{out} = i_L (R_C // R_L) = \alpha \frac{v_{sig}}{R_{sig} + R_{in}} (R_C // R_L)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{sig}} = \alpha \frac{R_C // R_L}{R_{sig} + R_{in}} = \alpha \frac{12 // 12}{0.05 + 0.05} = 60$$

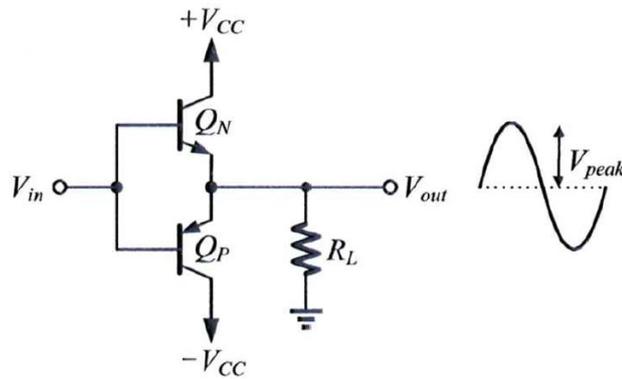
職王

公職王歷屆試題 (106 地方特考)

三、下圖為 ClassB 輸出級電路(假設電晶體  $\beta_N = \beta_P$ )，其中電源  $V_{CC} = 5V$  和負載  $R_L = 4\Omega$ 。

(一)假使輸出為正弦波，峰值  $V_{peak} = 3.5V$ ，，計算輸出負載功率( $P_L$ )、電源所提供的平均功率( $P_S$ )、以及功率轉換效率(Power-conversion efficiency)。(10 分)

(二)當輸出大小改變，此輸出級電路的平均功耗為  $P_D = P_S - P_L$ ；請問電路最大平均功耗  $P_{Dmax}$ ，為何?此時功率轉換效率為何?(10 分)



【擬答】

(一)

$$P_L = \frac{\left(\frac{V_m}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_L} = \frac{V_m^2}{2R_L} = \frac{3.5^2}{2 \times 4} = 1.53W$$

$$P_S = 2(V_{CC} \cdot I_{dc}) = 2 \times V_{CC} \times \frac{\pi}{R_L} = 2 \times 5 \times \frac{\pi}{4} = 2.79W$$

$$\eta = \frac{P_L}{P_S} \times 100\% = \frac{1.53}{2.79} = 0.55 = 55\%$$

(二)

$$P_D = P_S - P_L = 2V_{CC} \times \frac{V_{out}}{\pi R_L} - \frac{V_{out}^2}{2R_L}$$

$$\frac{dP_D}{dV_o} = 0 \Rightarrow \frac{2V_{CC}}{\pi R_L} - 2 \times \frac{V_o}{2R_L} = 0 \Rightarrow V_o = \frac{2V_{CC}}{\pi}$$

即  $V_o = \frac{2V_{CC}}{\pi}$  時有  $P_{Dmax}$

$$P_{Dmax} = 2V_{CC} \times \frac{\pi}{\pi R_L} - \frac{\left(\frac{2V_{CC}}{\pi}\right)^2}{2R_L} = 2 \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = 2 \frac{5^2}{\pi^2 \times 4} = 1.27W$$

$$\eta = \frac{P_L}{P_S} = \frac{\frac{V_m^2}{2R_L}}{2 \times V_{CC} \times \frac{\pi}{R_L}} = \frac{\pi}{4} \times \frac{V_m}{V_{CC}} = \frac{\pi}{4} \times \frac{\pi}{V_{CC}} = 50\%$$

公職王歷屆試題 (106 地方特考)

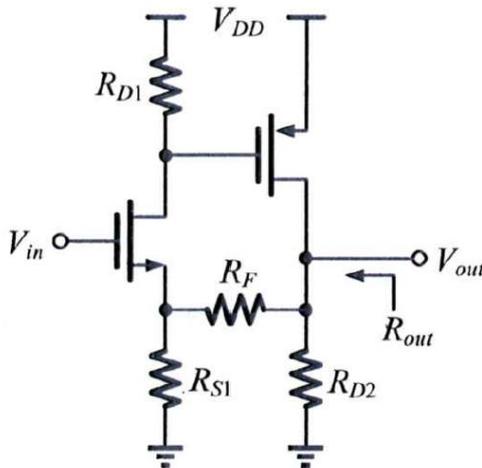
四、下圖迴授(feedback)電路，忽略電晶體的通道調變效應(channel-length modulation effect)，所有電晶體的轉導(transconductance)都為  $g_m$  以及四個電阻  $R_{D1}$ 、 $R_{S1}$ 、 $R_{D2}$  和  $R_F$ 。

(一)請說明開迴路(openloop)電路分析。(10 分)

(二)求出此電路的小訊號增益  $A_v = V_{out}/V_{in}$ 。(5 分)

(三)求出此電路的輸出電阻  $R_{out}$ 。(5 分)

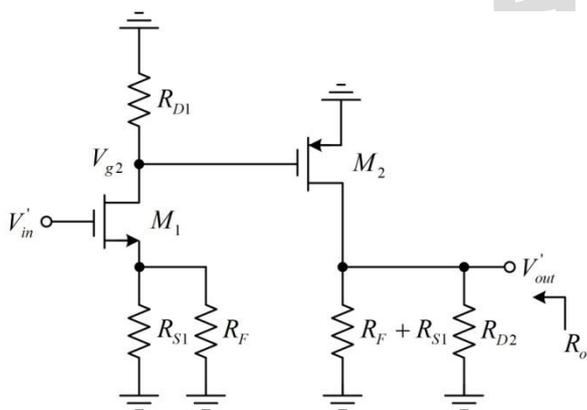
(以上答案，以  $g_m$ 、 $R_{D1}$ 、 $R_{S1}$ 、 $R_{D2}$  和  $R_F$  表示。)



【擬答】

為串並回授

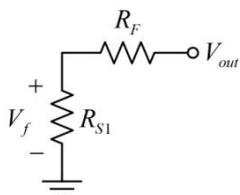
(一)開迴路分析



$$A = \frac{V'_{out}}{V'_{in}} = \frac{V'_{out}}{V_{g2}} \times \frac{V_{g2}}{V'_{in}} = [-g_m(R_F + R_{S1}) // R_{D2}] \left[ -\frac{R_{D1}}{\frac{1}{g_m} + (R_{S1} // R_F)} \right]$$

(二)

$\beta$  迴路



$$\beta = \frac{V_f}{V_{out}} = \frac{R_{S1}}{R_{S1} + R_F}$$

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A}{1 + \beta A}$$

(三)

$$R_o = (R_F + R_{S1}) // R_{D2}$$

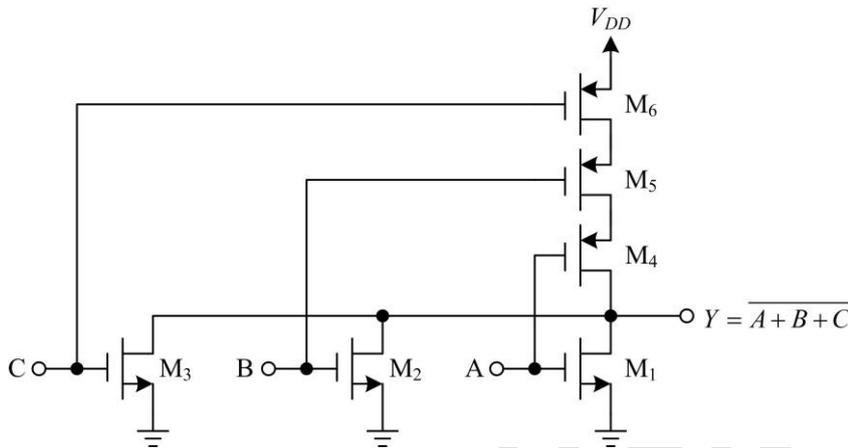
$$R_{out} = \frac{R_o}{1 + \beta A}$$

五、在 CMOS 半導體製程中，請用電晶體 PMOS 和 NMOS 來設計一個三輸入的反或閘(NOR)邏輯電路；並說明對於此邏輯電路的 NMOS 和 pMOS 尺寸(W/L)的設計考量。(20 分)

(注意:PMOS 電路和 NMOS 電路採用對偶方式設計)

【擬答】

(一) NOR



$$\therefore \mu_n = 2\mu_p$$

$$\therefore \text{設 } W_1 = W_2 = W_3 = W$$

$$\text{則 } W_4 = W_5 = W_6 = 6W$$