

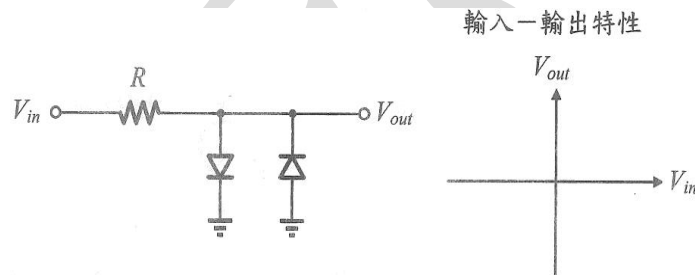
106 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試
 類 科：電力工程
 科 目：電子學

一、下左圖為電和二極體(Diode)所組成的電路，其中 $R=1k\Omega$ 。二極體電流 $I_D = I_S e^{V_D/V_T}$ ，其中 V_D 為其導通電壓， I_S 為飽和電流(saturation current)和 $V_T=25mV$ ；當二極體電流 $I_D=1mA$ 時，其 $V_D=0.7V$ 。

(一)當輸出電壓 $V_{out}=-0.8、-0.7V、-0.5V、0V、0.5V、0.7V$ 和 $0.8V$ 時，所對應的輸入電 V_{in} 為何？(15 分)

(二)請畫出此電路的輸入—輸出特性(如下右圖所示)。(5 分)(按：請清楚作圖並標示數值。)



【擬答】：

(一)

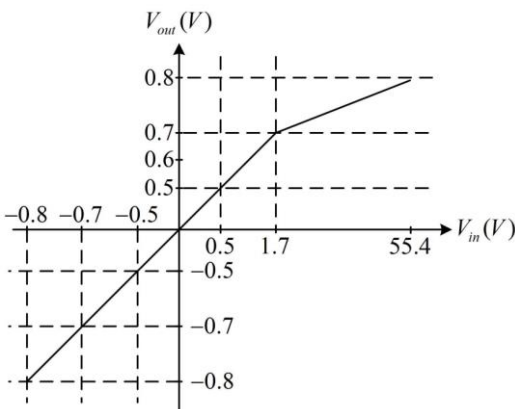
$$V_D' - V_D = V_T \ln \frac{I_D'}{I_D} \Rightarrow I_D' = I_D e^{\frac{V_D' - V_D}{V_T}} = 1m \cdot e^{\frac{V_D' - 0.7}{25m}}$$

且

$$V_{in} = I_D' \times 1k + V_{out}$$

$V_D' = V_{out} (V)$	$I_D' (mA)$	$V_{in} (V)$
-0.8	8.76×10^{-27}	-0.8
-0.7	4.78×10^{-25}	-0.7
-0.5	1.43×10^{-21}	-0.5
0	6.91×10^{-13}	0
0.5	3.35×10^{-4}	0.5
0.7	1	1.7
0.8	54.6	55.4

(二)

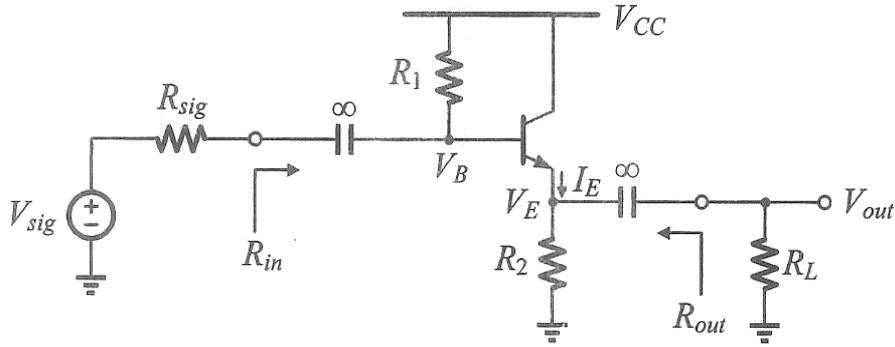


公職王歷屆試題 (106 地方特考)

二、對於下圖之射極隨耦器(Emitter follower)電路,其中所使用 BJT 電晶體的特性為 $\beta=50$ 、 $V_T=25mV$ 和 $V_{BE(ON)}=0.7V$, 以及 $V_{CC}=5V$ 、 $R_{sig}=1k\Omega$ 、 $R_1=10k\Omega$ 、 $R_2=2k\Omega$ 和 $R_L=2k\Omega$ 。

(一)計算 I_E 、 V_E 及 V_B 。(10 分)

(二)請利用小訊號分析,求出 R_{in} 、 R_{out} 及 V_{out}/V_{sig} (10 分)



【擬答】：

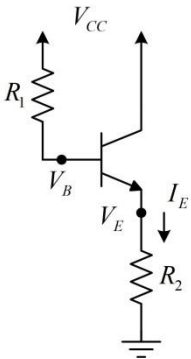
(一)

DC 分析

$$I_E = \frac{V_{CC} - 0.7}{\frac{R_1}{1 + \beta} + R_2} = 1.96mA$$

$$V_E = I_E R_2 = 3.92V$$

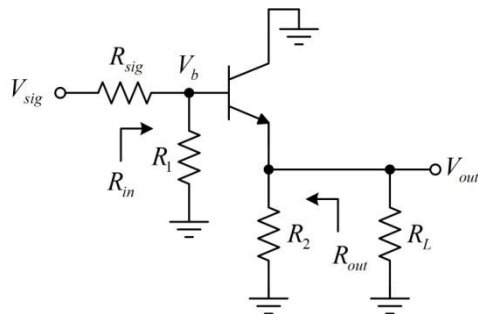
$$V_B = 3.92 + V_{BE(ON)} = 4.62V$$



(二)

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25m}{1.96m} = 12.76\Omega = 0.01276k\Omega$$

ac 分析



$$R_{in} = R_1 // (1 + \beta)[r_e + (R_2 // R_L)]$$

$$= 10 // (1 + 50)[0.01276 + (2 // 2)] = 8.38k\Omega$$

公職王歷屆試題 (106 地方特考)

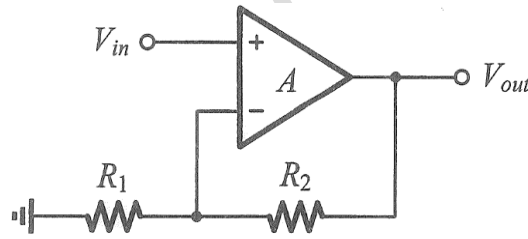
$$R_{out} = \left[\frac{R_{sig} // R_1}{1 + \beta} + r_e \right] // R_2 = \left[\frac{1 // 10}{1 + 50} + 0.01276 \right] // 2 = 0.03k\Omega$$

$$\frac{V_{out}}{V_{sig}} = \frac{V_{out}}{V_b} \times \frac{V_b}{V_{sig}} = \frac{R_2 // R_L}{r_e + (R_2 // R_L)} \times \frac{R_{in}}{R_{sig} + R_{in}} = \frac{2 // 2}{0.01276 + (2 // 2)} \times \frac{8.38}{1 + 8.38} = 0.88$$

三、如下圖,利用運算放大器(Operational Amplifier)設計電路,使得整體電路增益可達到 10 的需求,其中 $R_1=1k\Omega$ 。

(一)假設使用理想運算放大器,求出 R_2 的值。(10 分)

(二)接續(一),當運算放大器的增益 A 為有限值,但希望下圖電路的增益可以達到 0.1% 誤差內,則運算放大器的增益 A 至少要多少才可以達到如此精準需求。(10 分)



【擬答】：

(一)

$$\begin{aligned} V_{out} &= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in} \\ \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} &= 1 + \frac{R_2}{R_1} \\ \Rightarrow 10 &= 1 + \frac{R_2}{1} \Rightarrow R_2 = 9k\Omega \end{aligned}$$

(二)

$$\begin{aligned} V_+ &= V_{in} \\ V_- &= V_{out} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ V_{out} &= A(V_+ - V_-) = A\left(V_{in} - V_{out} \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) = AV_{in} - V_{out} \frac{R_1}{R_1 + R_2} A \\ V_{out} + V_{out} \frac{R_1}{R_1 + R_2} A &= AV_{in} \\ \Rightarrow \left(1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} A\right) V_{out} &= AV_{in} \\ \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \frac{A}{1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} A} \\ \because \frac{V_{out}}{V_{in}} \Big|_{A \neq \infty} &\geq 0.999 \frac{V_{out}}{V_{in}} \Big|_{A = \infty} \\ \frac{A}{1 + \frac{1}{1+9} A} &\geq 0.999 \times 10 \\ \Rightarrow \frac{A}{1 + \frac{A}{10}} &\geq 9.99 \\ \Rightarrow A &\geq 9990 \end{aligned}$$

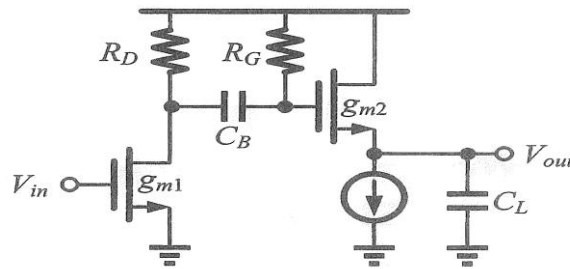
公職王歷屆試題 (106 地方特考)

四、忽略電晶體的通道調變效應(channel-length modulation effect), g_m 為電晶體的轉導 (transconductance)。如下電路的頻率響應(frequency response)為 $A_v(S)=V_{out}(S)/V_{in}(S)$ ，包括中頻增益 A_M 以及點 ω_L 和 ω_H ，亦即可以表示為

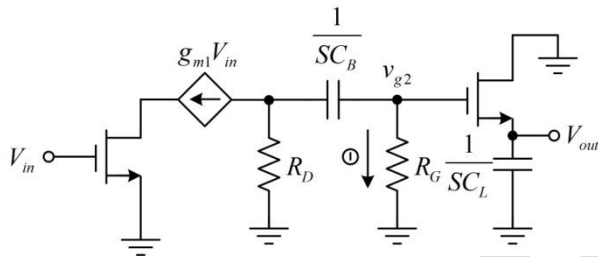
$$A_v(S) = -A_M \left(\frac{s}{s + \omega_L} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right)$$

請求出上式的中頻增益 A_M 以及極點 ω_L 和 ω_H 。(20 分)

【請以 g_{m1} 、 g_{m2} 、 R_D 、 R_G 、 C_B 和 C_L 表示】



【擬答】：



$$\textcircled{1} = -g_{m1} V_{in} \cdot \frac{R_D}{R_D + \left(\frac{1}{SC_B} + R_G \right)}$$

$$v_{g2} = \textcircled{1} \times R_G = -g_{m1} V_{in} \frac{R_D}{R_D + \left(\frac{1}{SC_B} + R_G \right)} \times R_G$$

$$V_{out} = v_{g2} \frac{\frac{1}{SC_L}}{\frac{1}{g_{m2}} + \frac{1}{SC_L}} = -g_{m1} V_{in} \frac{R_D}{R_D + \frac{1}{SC_B} + R_G} \times R_G \times \frac{\frac{1}{SC_L}}{\frac{1}{g_{m2}} + \frac{1}{SC_L}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -g_{m1} \times \frac{R_D R_G}{R_D + R_G} \times \frac{S}{S + \frac{1}{(R_D + R_G)C_B}} \times \frac{1}{1 + \frac{S}{\frac{g_{m2}}{C_L}}}$$

$$\therefore A_M = -g_{m1} \times \frac{R_D R_G}{R_D + R_G}$$

$$\omega_L = \frac{1}{(R_D + R_G)C_B}$$

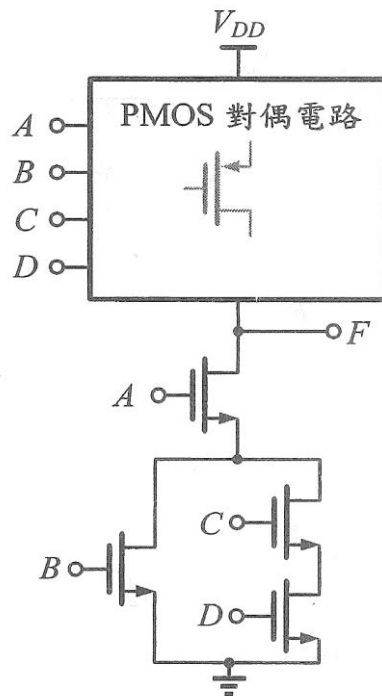
$$\omega_H = \frac{g_{m2}}{C_L}$$

公職王歷屆試題 (106 地方特考)

五、如下 CMOS 數位邏輯電路,其中 A、B、C 和 D 為輸入,F 為輸出。

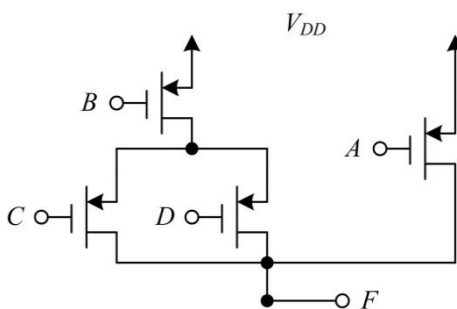
(一)由已知 NMOS 電路,完成方塊電路內所要 PMOS 對偶電路設計。(10 分)【請標清 V_{DD} 、A、B、C、D 和 F 等連接點】

(二)請說明此 CMOS 數位路所執行的邏輯功能,以布林(Boolean)數學式表示。



【擬答】：

(一)



(二) $F = \overline{A \cdot (B + C \cdot D)}$