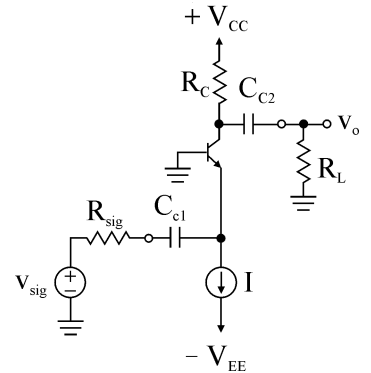


105 年公務人員特種考試身心障礙人員考試試題

等 別：三等考試
類 科：電力工程
科 目：電子學

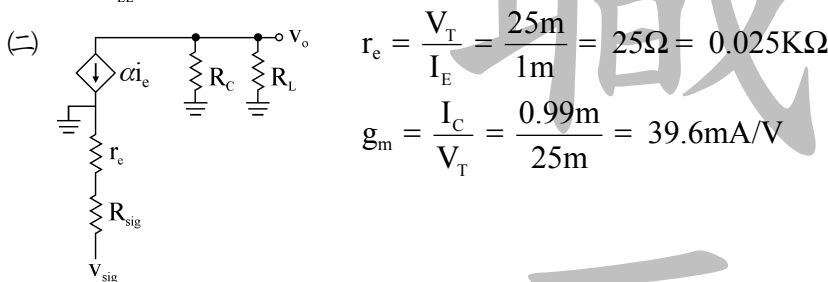
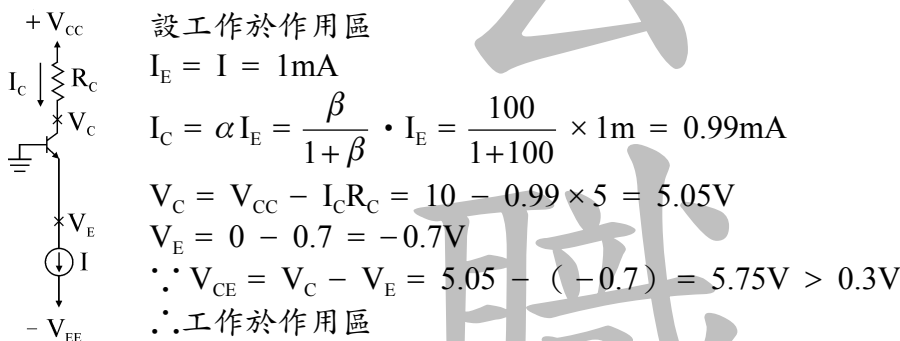
一、右圖放大電路已知 $V_{CC} = V_{EE} = 10V$, $I = 1mA$, $C_{C1} = C_{C2} \approx \infty$, $R_C = 5k\Omega$, $R_L = 15k\Omega$, $R_{sig} = 4.975k\Omega$, 共射極電流增益 $\beta = 100$, 熱電壓 $V_T = 25mV$ 。



- (一) 畫出直流電路，分析說明電晶體的操作區，並計算集極電壓 V_C 和射極電壓 V_E 。
- (二) 利用電晶體低頻混合-T (hybrid-T) 模型，畫出小信號等效電路，並求出射極電阻 r_e 和轉導 (transconductance) g_m 。
- (三) 計算小信號總電壓增益 (dB)。

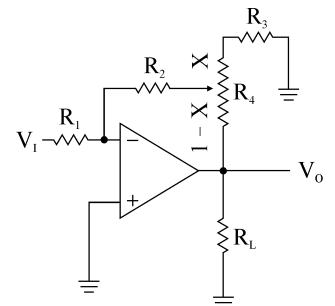
【擬答】：

(一) DC 分析：



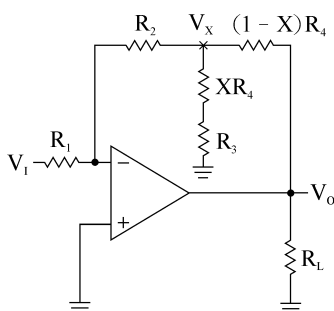
(三)
$$\frac{V_o}{V_{sig}} = \alpha \cdot \frac{R_C // R_L}{R_{sig} + r_e} = \frac{100}{1+100} \cdot \frac{5 // 15}{4.975 + 0.025} = 0.74 = -2.59dB$$

二、右圖運算放大器 (op amp) 電路，使用理想的 op amp，電路之反相電壓增益範圍為 0 至 20dB, $R_1 = 20k\Omega$, $R_3 = R_L = 25k\Omega$ 。



- (一) 以 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 和 X 符號為參數，計算寫出電壓增益式。
- (二) 計算電路之 R_2 。
- (三) 計算電路之可變電阻 R_4 範圍。
- (四) 若輸入電壓 $V_1 = 5V$ ，計算流經電阻 R_L 之最大電流 I_{max} 和最小電流 I_{min} 。

【擬答】：



$$\rightarrow V_x = -\frac{R_2}{R_1} V_1$$

$$\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{xR_4 + R_3} + \frac{1}{(1+x)R_4}\right) V_x = \frac{V_o}{(1-x)R_4}$$

$$\Rightarrow \left[\frac{1}{R_2} + \frac{1}{xR_4 + R_3} + \frac{1}{(1-x)R_4}\right] \left(-\frac{R_2}{R_1} V_1\right) = \frac{V_o}{(1-x)R_4}$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_1} = -\frac{R_2}{R_1} (1-x)R_4 \left[\frac{1}{R_2} + \frac{1}{xR_4 + R_3} + \frac{1}{(1-x)R_4}\right]$$

(二) 當 $x = 1$ 時有 $A_{v,\min} = 0\text{dB} = 1$

$$\left|\frac{V_o}{V_1}\right| = \frac{R_2}{R_1} = 1 \Rightarrow \frac{R_2}{20} = 1 \Rightarrow R_2 = 20\text{K}\Omega$$

(三) 當 $x = 0$ 時有 $A_{v,\max} = 20\text{dB} = 10$

$$\left|\frac{V_o}{V_1}\right| = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_4 \cdot \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right) = 10$$

$$\Rightarrow \frac{20}{20} \cdot R_4 \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{25} + \frac{1}{R_4}\right) = 10$$

$$\Rightarrow R_4 = 100\text{K}\Omega$$

(四) $A_{v,\min} = -1$ 時, $V_o = A_{v,\min} \times V_1 = -1 \times 5 = -5\text{V}$

$$I_{\min} = \frac{0 - V_o}{R_L} = \frac{0 - (-5)}{25} = 0.2\text{mA}$$

$A_{v,\max} = -10$ 時, $V_o = A_{v,\max} \times V_1 = -10 \times 5 = -50\text{V}$

$$I_{\max} = \frac{0 - V_o}{R_L} = \frac{0 - (-50)}{25} = 2\text{mA}$$

三、右圖是低通濾波器和高通濾波器串接形成的帶通濾波電路，中頻增益為 12dB，3dB 頻寬從 1kHz 到 10kHz。已知 $R_1 = R_2 = R_4 = 100\text{k}\Omega$ 。

(一) 計算低通濾波電壓增益 (A_{LP}) 與高通濾波電壓增益 (A_{HP})。

(二) 求出 R_3 、 C_1 和 C_2 。

【擬答】：

$$\rightarrow A_{LP} = -\frac{R_2 // \frac{1}{SC_1}}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{S + \frac{1}{R_2 C_1}}$$

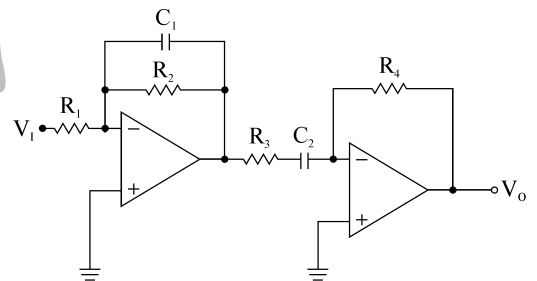
$$A_{HP} = -\frac{R_4}{R_3 + \frac{1}{SC_2}} = -\frac{R_4}{R_3} \cdot \frac{S}{S + \frac{1}{R_3 C_2}}$$

$$\rightarrow f_2 = \frac{1}{2\pi R_2 C_1} = 1\text{K}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2\pi \times 100\text{K} \times C_1} = 1\text{K} \Rightarrow C_1 = 1.59\text{nF}$$

$$A_M = 12\text{dB} = 3.98$$

$$A_M = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3} = 3.98 \Rightarrow \frac{100}{100} \times \frac{100}{R_3} = 3.98 \Rightarrow R_3 = 25.16\text{K}\Omega$$

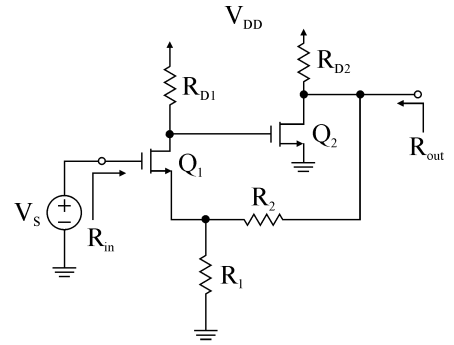


公職王歷屆試題 (105 年身心障礙人員特考)

$$f_M = \frac{1}{2\pi R_3 C_2} = 10K \Rightarrow \frac{1}{2\pi \times 25.6K \times C_2} = 10K \Rightarrow C_2 = 63.26nF$$

$$\therefore R_3 = 25.16K, C_1 = 1.59nF, C_2 = 63.26nF$$

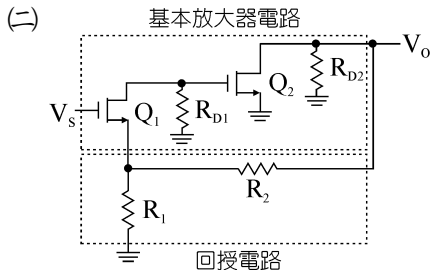
四、右圖回授放大器之 $R_{D1} = R_{D2} = 5k\Omega$, $R_1 = 1k\Omega$, $R_2 = 19k\Omega$, 不考慮電晶體的通道長度調變效應。二個電晶體的轉導相同為 $g_{m1} = g_{m2} = 5mA/V$ 。



- (一)說明電路之回授組態。
- (二)分別畫出基本放大器電路和回授電路。
- (三)計算回授因子 β 、回授電壓增益 A_f 和輸出電阻 R_{out} 。

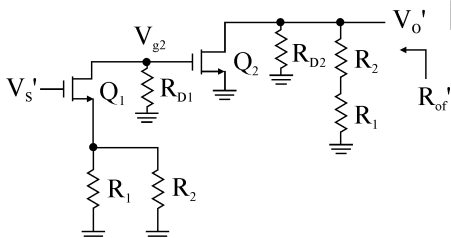
【擬答】：

(一)該電路為串—並回授組態。



(三) β :

$$\beta = \frac{V_f}{V_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{1 + 19} = 0.05$$



$$A = \frac{V_o'}{V_s'} = \frac{V_o'}{V_{g2}} \cdot \frac{V_{g2}}{V_s'} = \left\{ -g_{m2} \cdot [R_{D2} \parallel (R_1 + R_2)] \right\} \left[-\frac{R_{D1}}{\frac{1}{g_{m1}} + (R_1 \parallel R_2)} \right]$$

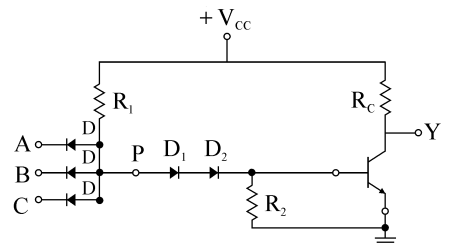
$$= \left\{ -5 \cdot [5 \parallel (1 + 19)] \right\} \left[-\frac{5}{\frac{1}{5} + (1 \parallel 19)} \right] = 86.96$$

$$R_{of}' = R_{D2} \parallel (R_2 + R_1) = 5 \parallel (1 + 19) = 4k\Omega$$

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{86.96}{1 + (0.05 \times 86.96)} = 16.26$$

$$R_{out} = \frac{R_{of}'}{1 + \beta A} = \frac{4K}{1 + (0.05 \times 86.96)} = 0.75k\Omega$$

五、右圖為二極體和電晶體設計之正邏輯 (DTL) 電路有三個輸入端 A、B、C 和一個輸出端 Y，其中 $R_1 = 4k\Omega$, $R_2 = 5k\Omega$, $R_C = 2k\Omega$ 。電路之高電壓準位 $V(1) = V_{CC} = 5V$ ，低電壓準位 $V(0) = V_{CE(sat)} = 0.2V$ ，若所有二極體之切入電壓為 $0.6V$ 和導通電壓為 $0.7V$ ，BJT 電晶體的切入電壓 $0.5V$ 、ON 狀態之 B-E 電極電壓 $V_{BE(ON)} = 0.7V$ 、飽和 B-E 電極電



公職王歷屆試題 (105 年身心障礙人員特考)

壓 $V_{BE(sat)} = 0.8V$ 和飽和 C-E 電極電壓 $V_{CE(sat)} = 0.2V$ 。

(一)若 $A = V(0)$ ，計算 P 點電壓 V_P 和輸出電壓 V_Y 。

(二)若 $A = B = C = V(1)$ ，計算電晶體基極電流 I_B 和輸出電壓 V_Y 。

(三)計算電晶體飽和電流最小增益 $\beta_{F(min)}$ 。

(四)寫出電路之真值表和布林 (Boolean) 函數式。

【擬答】：

(一) $\because A = V(0)$

$$\therefore V_P = V(0) + V_{D(ON)} = 0.2 + 0.7 = 0.9V$$

使得 BJT OFF $V_Y = 5V$

(二) $\because A = B = C = V(1) = 5V$

$\therefore D$ OFF, D_1 、 D_2 ON, BJT 飽和

$$V_P = 2V_{D(ON)} + V_{BE(sat)} = 2 \times 0.7 + 0.8 = 2.2V$$

$$I_{R1} = \frac{V_{CC} - V_P}{R_1} = \frac{5 - 2.2}{4} = 0.7mA$$

$$I_{R2} = \frac{V_{BE(sat)}}{R_2} = \frac{0.8}{5} = 0.16mA$$

$$I_B = I_{R1} - I_{R2} = 0.7m - 0.16m = 0.54mA$$

$$V_Y = V_{CE(sat)} = 0.2V$$

$$(三) I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C} = \frac{5 - 0.2}{2} = 2.4mA$$

$$\beta_{F(min)} = \frac{I_{C(sat)}}{I_B} = \frac{2.4}{0.54} = 4.44$$

(四) $Y = \overline{ABC}$

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0