

# 105 年公務人員特種考試身心障礙人員考試試題

等 別：四等考試

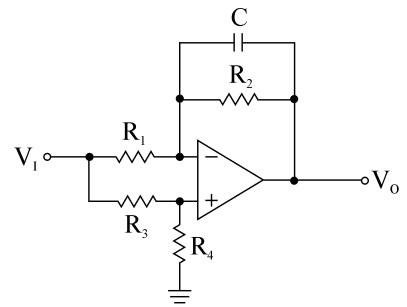
類 科：電力工程

科 目：電子學概要

一、右圖是以運算放大器為基礎的濾波器。

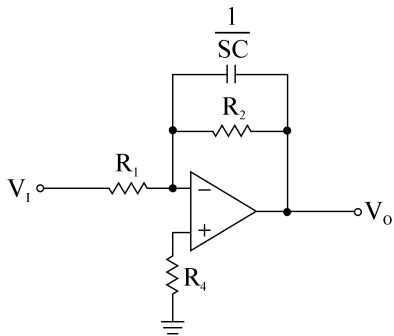
(一)若  $R_3 \rightarrow \infty$ ，計算寫出轉移函數 (transfer function)  $T(S) = V_o(s)/V_i(s)$  並說明電路執行何種濾波功能？畫出振幅響應和相角響應圖。

(二)若  $R_1R_4 = R_2R_3$ ，計算寫出轉移函數  $T(S) = V_o(s)/V_i(s)$  並說明電路將執行何種濾波功能？畫出振幅響應和相角響應圖。



【擬答】：

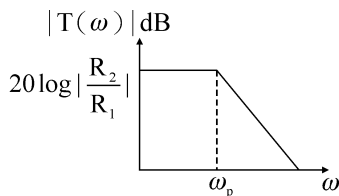
(一)



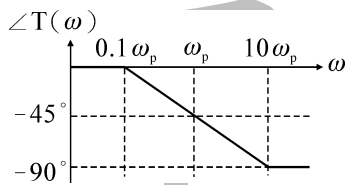
$$T(S) = \frac{V_o(S)}{V_i(S)} = -\frac{\frac{1}{SC} // R_2}{R_1} = \frac{-\frac{1}{R_1 C}}{S + \frac{1}{R_2 C}}$$

$$\therefore \omega_p = \frac{1}{R_2 C}$$

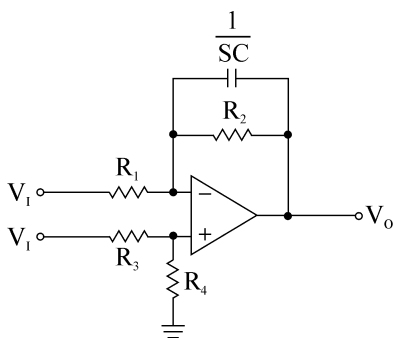
振幅響應圖



相位響應圖



(二)



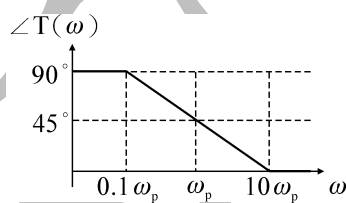
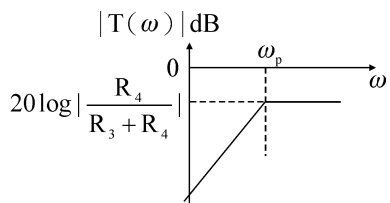
$$V_o = \left[ -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1+SCR_2} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right) \right] V_i$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1+SCR_2} + \frac{1+SCR_2 + \frac{R_2}{R_1}}{1+SCR_2} \cdot \frac{\frac{R_2}{R_1}}{1+\frac{R_2}{R_1}}$$

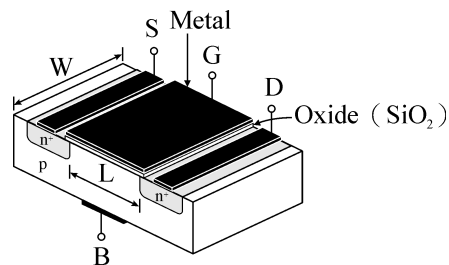
$$= \frac{\frac{R_2}{R_1}}{1+\frac{R_2}{R_1}} \times \frac{S}{S+\frac{1}{R_2C}} = \frac{R_4}{R_3+R_4} \cdot \frac{S}{S+\frac{1}{R_2C}}$$

$$\therefore \omega_z = 0$$

$$\omega_p = \frac{1}{R_2C}$$



二、右圖為 MOSFET 元件之立體結構，其中  $L = 0.4\mu\text{m}$ ， $W = 4\mu\text{m}$ ，閘氧化層 (gate oxide) 厚  $6.9\text{nm}$ ，絕緣介電係數 (dielectric constant)  $3.45 \times 10^{-11}$  (F/m)，電子遷移率 (mobility)  $450$  ( $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ )，元件切入電壓  $0.7\text{V}$ 。



(一) 計算 MOSFET 之閘極電容  $C_G$  和元件之轉導參數 (transconductance parameter)。

(二) 若 MOSFET 操作在飽和區 (saturation) 且  $I_D = 225\mu\text{A}$ ，計算閘極—源極電壓  $V_{GS}$ 。

(三) 若 MOSFET 的  $V_{DS}$  很小，操作在三極管 (triode) 區作為線性電阻，計算閘極—源極電壓  $V_{GS}$ 。

(四) 此元件結構顯示有四個電極：源極 (S)、閘極 (G)、汲極 (D) 和基體電極 (B)，但是一般電子電路之 MOSFET 電子符號只有三個電極，為什麼？請畫圖說明。

【擬答】：

$$(一) C_G = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}} = \frac{3.45 \times 10^{-11}}{6.9 \times 10^{-9}} = 5 \times 10^{-3} \text{ F/m}^2 = 5 \text{ fF}/\mu\text{m}^2$$

$$K_n = \mu_n C_{ox} \cdot \frac{W}{L} = 450 \times 10^{-4} \times 5 \times 10^{-3} \times \frac{4}{0.4} = 2250 \mu\text{A}/\text{V}^2$$

$$(二) I_D = K(V_{GS} - V_t)^2 = \frac{1}{2} K_n (V_{GS} - V_t)^2$$

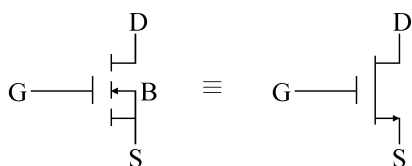
$$\Rightarrow 225 \mu = \frac{1}{2} \times 2250 \mu \cdot (V_{GS} - 0.7)^2 \Rightarrow V_{GS} = 1.147\text{V}$$

(三)  $\therefore$  工作於三極管區

$$\therefore V_{GD} = V_{GS} - V_{DS} > V_t$$

$$\Rightarrow V_{GS} > V_t + V_{DS} \Rightarrow V_{GS} > 0.7\text{V}$$

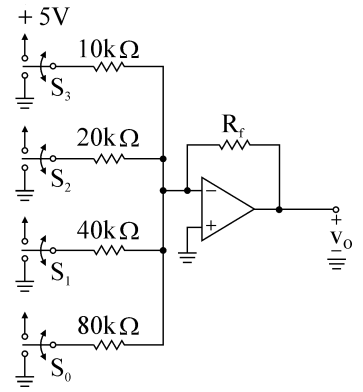
(四)



將基板 (B) 與源極相連，使得基板與感應的通道之間的 PN 接面有固定的零偏壓以解決本體效應 (body effect)。

公職王歷屆試題 (105 年身心障礙人員特考)

三、右圖顯示一個數位-類比轉換電路，四個數位輸入端分別為  $a_3$ 、 $a_2$ 、 $a_1$  和  $a_0$ ，可能的輸入值為 0 或 1。每一輸入位元相對應之開關為  $S_3$ 、 $S_2$ 、 $S_1$  和  $S_0$ 。輸出電壓  $v_o$  為等效類比值。



- (一)若已知輸出電壓  $v_o = A [2^0 a_0 + 2^1 a_1 + 2^2 a_2 + 2^3 a_3]$ ，求出 A 值。
- (二)若輸出電壓的範圍為  $-12 \leq v_o \leq 0$  (V)，求  $R_f$  值。
- (三)設計畫出一個電路接在輸出電壓  $v_o$  後端，使最後輸出電壓式為  $2^0 a_0 + 2^1 a_1 + 2^2 a_2 + 2^3 a_3$ 。若此設計電路之輸入端電阻為  $R_f$ ，求此設計電路之增益與  $R_f$  關係。

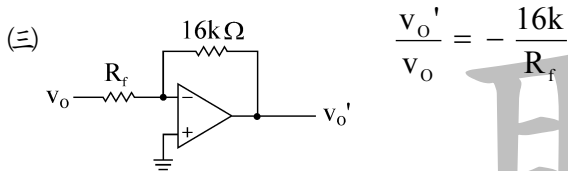
【擬答】：

$$\begin{aligned} \text{(一)} \quad v_o &= \left[ \left(-\frac{R_f}{10} \times a_3\right) + \left(-\frac{R_f}{20} \times a_2\right) + \left(-\frac{R_f}{40} \times a_1\right) + \left(-\frac{R_f}{80} \times a_0\right) \right] \times 5 \\ &= -\frac{R_f}{16} (2^0 a_0 + 2^1 a_1 + 2^2 a_2 + 2^3 a_3) \end{aligned}$$

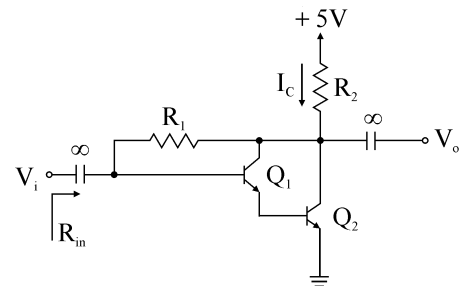
$$\therefore A = -\frac{R_f}{16}$$

$$\text{(二)} \quad \therefore v_{o,\max} = -\frac{R_f}{16} (2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3) = -\frac{15}{16} R_f = -12$$

$$\therefore R_f = 12 \times \frac{16}{15} = 12.8\text{k}\Omega$$



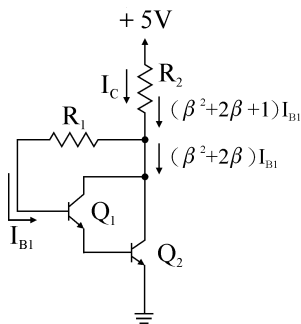
四、如右圖所示電路，已知特性匹配的兩個電晶體 ( $Q_1$  和  $Q_2$ ) 的參數相同為  $V_{BE} = 0.7\text{V}$ ，共射極電流增益  $\beta = 100$ ，熱電壓  $V_T = 25\text{mV}$ ， $R_1 = 1\text{M}\Omega$ ， $R_2 = 1\text{k}\Omega$ 。



- (一)說明  $Q_1$  與  $Q_2$  串接的目的。
- (二)分析直流電路並計算  $I_C$ 。
- (三)分析交流電路並計算等效小信號轉導  $g_{m,eq}$ 、 $V_o/V_i$  與  $R_{in}$ 。

【擬答】：

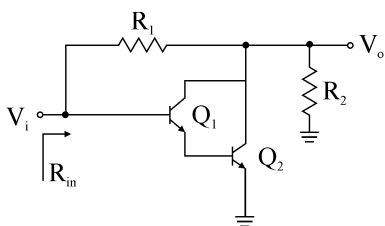
- (一) $Q_1$  與  $Q_2$  半接為達寧頓，用以提高  $A_v$  及  $R_{in}$ 。
- (二)DC 分析：



$$\begin{aligned} I_{B1} &= \frac{5 - 0.7 - 0.7}{R_1 + (\beta^2 + 2\beta + 1)R_2} \\ &= \frac{5 - 0.7 - 0.7}{1000 + (100^2 + 200 + 1) \cdot 1} = 3.214 \times 10^{-4} \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= (\beta^2 + 2\beta + 1)I_{B1} \\ &= (100^2 + 200 + 1) \times 3.214 \times 10^{-3} = 3.28\text{mA} \end{aligned}$$

(三) ac 分析：



$$\begin{aligned} I_{B2} &= (1 + \beta_1)I_{B1} = (1 + 100) \times 3.214 \times 10^{-4} \text{ m} \\ &= 0.0325\text{mA} \end{aligned}$$

$$r_{\pi 1} = \frac{V_T}{I_{B1}} = \frac{25\text{m}}{3.214 \times 10^{-4}} = 77.78\text{k}\Omega$$

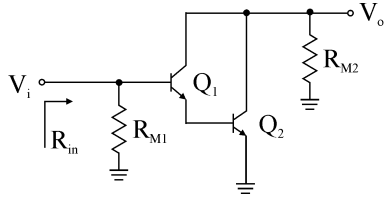
$$r_{\pi 2} = \frac{V_T}{I_{B2}} = \frac{25\text{m}}{0.0325\text{m}} = 0.77\text{k}\Omega$$

公職王歷屆試題 (105 年身心障礙人員特考)

$$g_{m,eq} = \frac{\beta_{eq}}{r_{\pi,eq}} = \frac{\beta^2 + 2\beta}{r_{\pi 1} + (1 + \beta)r_{\pi 2}} = \frac{100^2 + 200}{77.78k + (1 + 100) \times 0.77k} = 65.57mA/V$$

$$\frac{V_o}{V_i} \cong -g_{m,eq} \times R_2 = -65.57$$

$$R_{M1} = \frac{R_1}{1 - \frac{V_o}{V_i}} = \frac{1000}{1 - (-65.57)} = 15.02k\Omega$$



$$\begin{aligned} R_{in} &= R_{M1} // [r_{\pi 1} + (1 + \beta_1)r_{\pi 2}] \\ &= 15.02 // [77.78 + (1 + 100) \times 0.77] \\ &= 13.7k\Omega \end{aligned}$$

五、一邏輯運算之布林 (Boolean) 函數式為  $Y = [ \overline{A} \overline{B} (C + BD) + \overline{A} \overline{B} ] C$

(一) 將此布林函數式作最簡化分析。

(二) 寫出真值表 (truth table)。

(三) 以 NOT 閘、OR 閘和 AND 閘畫出最簡運算之邏輯電路，使可執行正確的邏輯運算。

【擬答】：

$$\begin{aligned} \text{(一)} Y &= [ \overline{A} \overline{B} C + \overline{A} \overline{B} B D + \overline{A} \overline{B} ] C \\ &= \overline{A} \overline{B} C + \overline{A} \overline{B} C \\ &= (A + \overline{A}) \cdot \overline{B} C \\ &= \overline{B} C \end{aligned}$$

(二)

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

