

101年公務人員高等考試三級考試試題

代號：35960  
36060  
36160全一張  
(正面)

類 科：電力工程、電子工程、電信工程

科 目：電子學

考試時間：2小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

- 一、圖 1 為一電壓放大器，輸入電阻為  $R_i$ ，輸入電容為  $C_i$ ，增益因數為  $\mu$ ，輸出電阻為  $R_o$ ， $R_s$  為輸入電壓源  $V_s$  之內阻，輸出端之負載電阻為  $R_L$ 。(一)推導放大器電壓增益 ( $V_o/V_s$ )，並表示成頻率的函數。再從這個式子求出直流增益與 3-dB 頻率。(二)當  $R_s = 20 \text{ k}\Omega$ ， $R_i = 100 \text{ k}\Omega$ ， $C_i = 60 \text{ pF}$ ， $\mu = 144 \text{ V/V}$ ， $R_o = 200 \Omega$ ，且  $R_L = 1 \text{ k}\Omega$  時，計算直流增益，3-dB 頻率值，以及增益為 0-dB 時 (也就是增益大小為 1 時) 的頻率。(20 分)

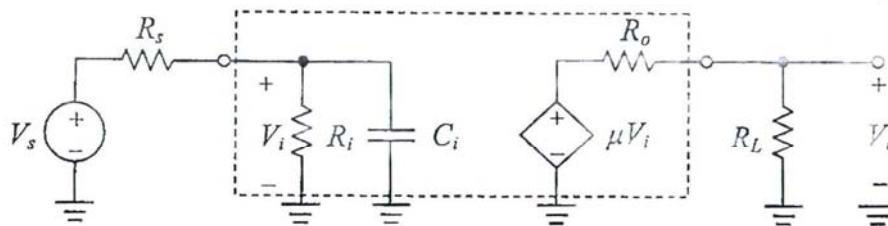


圖 1

- 二、圖 2 電路中的運算放大器為理想運算放大器，其輸出飽和電位為  $\pm 12\text{V}$ 。二極體導通時展現  $0.7\text{V}$  的定電壓降，就下列條件求  $v_i$ 、 $v_A$  及  $v_O$ ：(一)  $v_I = +1\text{V}$ ，(二)  $v_I = +2\text{V}$ ，(三)  $v_I = -1\text{V}$ ，(四)  $v_I = -2\text{V}$ 。(20 分)

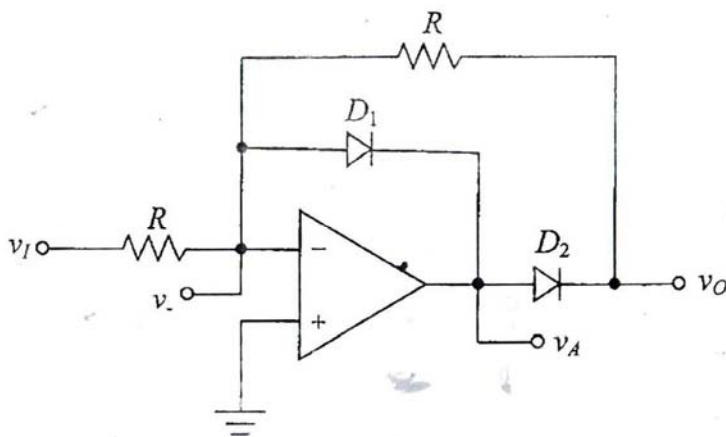


圖 2

(請接背面)

101年公務人員高等考試三級考試試題

35960  
代號：36060  
36160全一張  
(背面)

類 科：電力工程、電子工程、電信工程

科 目：電子學

- 三、使用回授 (feedback) 分析法，求圖 3 中反向運算放大器的電壓增益  $V_o/V_s$ ，輸入電阻  $R_{in}$ ，以及輸出電阻  $R_{out}$ 。令運算放大器開迴路增益  $\mu = 10^4$  V/V， $R_{id} = 100$  k $\Omega$ ，以及  $r_o = 1$  k $\Omega$ 。(提示：此反饋為並聯-並聯型) (20 分)

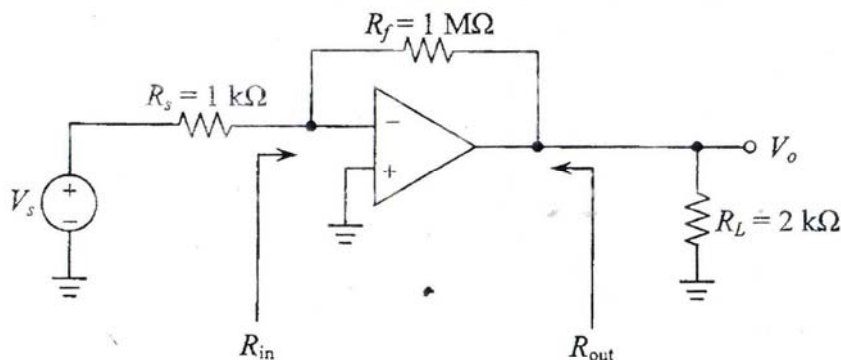
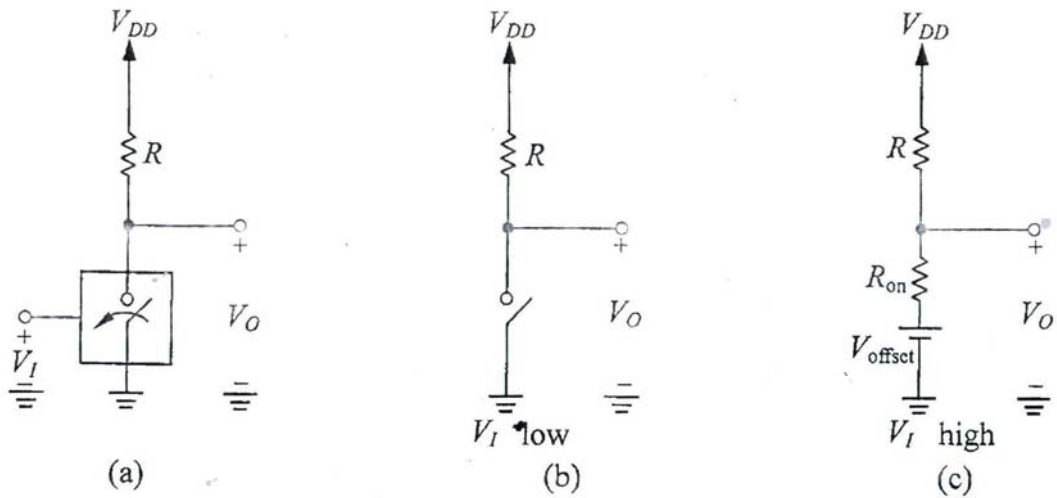


圖 3

- 四、考慮如圖 4 的反相器組態，已知  $V_{DD} = 5$  V， $R = 2$  k $\Omega$ ， $V_{offset} = 0.1$  V， $R_{on} = 200$   $\Omega$ ， $V_{IL} = 1$  V， $V_{IH} = 2$  V。(一)求  $V_{OL}$ ， $V_{OH}$ ， $NM_H$  和  $NM_L$ 。(8 分)(二)現在將反相器拿來推動  $N$  個相同的反相器。這些被推動的負載反相器通常稱之為扇出 (fan-out) 反相器，它們在輸入電壓為高電位時，需要 0.2 mA 的電流，輸入為低電位時，則不需任何電流。注意到，扇出反相器的輸入電流必須經過驅動反相器的  $R$ ，求以  $N$  為函數的  $V_{OH}$  及  $NM_H$  值。(6 分)(三)求此反相器仍能提供一個  $NM_H$  值至少等於  $NM_L$  值的最大  $N$  值？(6 分)



( $V_I$ 低電位時的等效電路)

( $V_I$ 高電位時的等效電路)

圖 4

五、利用圖 5 來設計一個一階 op amp-RC 高通濾波器，其中 3-dB 頻率為 100 kHz，高頻輸入阻抗 100 k $\Omega$ ，且高頻增益大小為 1，試求出所需  $R_1$ 、 $R_2$  及  $C$  之值。(20 分)

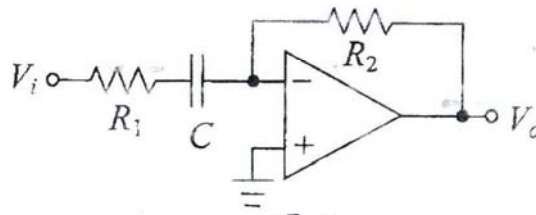


圖 5

## □ 申論題解答

一、

[ANS]：

(一)

$$\frac{V_O}{V_S}(s) = \frac{\left(R_i // \frac{1}{sC_i}\right)}{R_s + \left(R_i // \frac{1}{sC_i}\right)} \times \mu \times \frac{R_L}{R_O + R_L} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \times \mu \times \frac{R_L}{R_O + R_L} \times \frac{1}{\left(s + \frac{1}{(R_s // R_i)C_i}\right)}$$

$$A_0 = \frac{V_O}{V_S}(s=0) = \frac{R_i}{R_s + R_i} \times \mu \times \frac{R_L}{R_O + R_L}$$

$$w_{3dB} = \frac{1}{(R_s // R_i)C_i} \text{ (rad/sec)}$$

(二)

$$A_0 = \frac{V_O}{V_S}(s=0) = \frac{R_i}{R_s + R_i} \times \mu \times \frac{R_L}{R_O + R_L} = \frac{100}{20+100} \times 144 \times \frac{1}{0.2+1} = 100$$

$$w_{3dB} = \frac{1}{(R_s // R_i)C_i} = 1M \text{ (rad/sec)}$$

$$w_t = A_0 \times w_{3dB} = 100M \text{ (rad/sec)}$$

二、

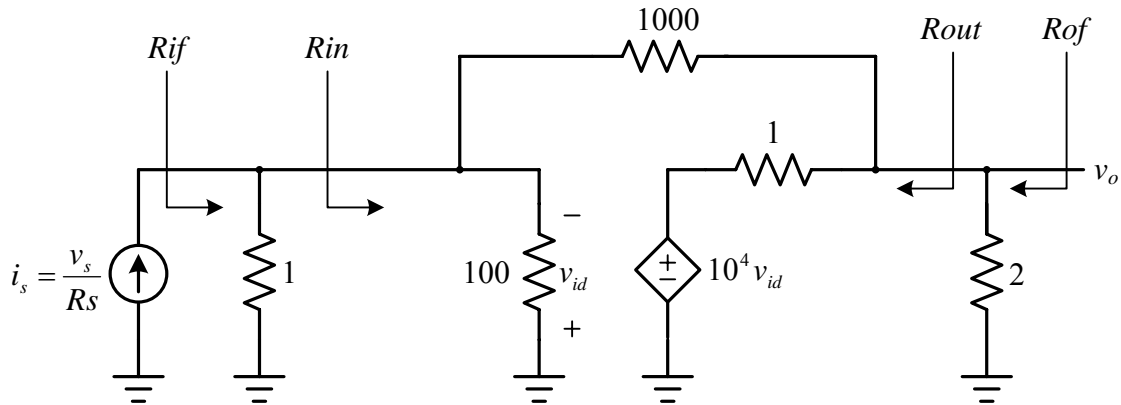
[ANS]：

(一)  $v_I=1V$  時， $v_i=0V$ ， $v_A=-0.7V$ ， $v_o=0V$ (二)  $v_I=2V$  時， $v_i=0V$ ， $v_A=-0.7V$ ， $v_o=0V$ (三)  $v_I=-1V$  時， $v_i=0V$ ， $v_A=1.7V$ ， $v_o=1V$ (三)  $v_I=-2V$  時， $v_i=0V$ ， $v_A=2.7V$ ， $v_o=2V$

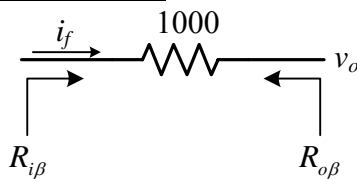
三、

[ANS] :

STEP1. 遇流則改

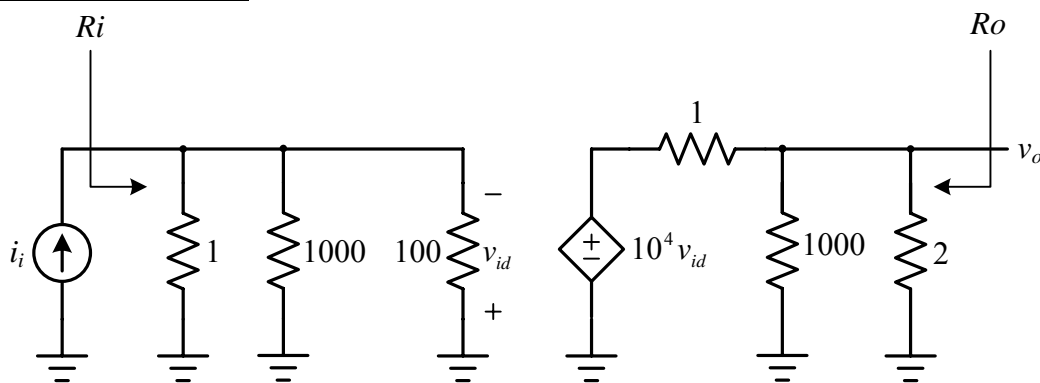


STEP2. 分析  $\beta$  電路



$$R_{i\beta} = 1000K\Omega ; R_{o\beta} = 1000K\Omega ; \beta = -\frac{i_f}{v_o} = -\frac{1}{1000} mA/V$$

STEP3. 分析不單純 A 電路



$$R_i = 1//100//1000 \approx 1K\Omega ; R_o = 1//2//1000 \approx 0.67K\Omega$$

$$A = \frac{v_o}{i_i} = -(1//100//1000) \times 10^4 \times \frac{2//1000}{1+(2//1000)} \approx -6666.67 \frac{V}{mA}$$

STEP4.負回授後修正： $1 + A\beta \approx 7.67$ 

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + A\beta} \approx 0.13K\Omega ; R_{of} = \frac{R_o}{1 + A\beta} \approx 0.087K\Omega ; A_f = \frac{v_o}{i_s} = \frac{A}{1 + A\beta} \approx -869.2 \frac{V}{mA}$$

STEP5.回答問題

$$R_{in} = \frac{1 \times 0.13}{1 - 0.13} \approx 0.15K\Omega ; R_{out} = \frac{2 \times 0.087}{2 - 0.087} \approx 0.09K\Omega ; \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{i_s R_s} = \frac{-869.2}{1} = -869.2$$

四、

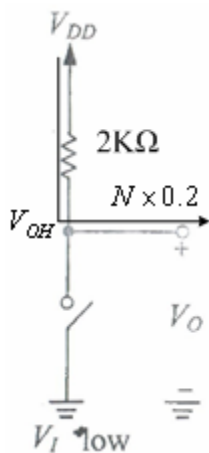
[ANS]：

(一)

$$V_{OH} = 5V ; V_{OL} = 5 \times \frac{0.2}{2 + 0.2} + 0.1 \times \frac{2}{2 + 0.2} = 0.545V$$

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH} = 5 - 2 = 3V ; NM_L = V_{IL} - V_{OL} = 1 - 0.545 = 0.455V$$

(二)



$$V_{OH} = 5 - 2 \times 0.2 \times N = 5 - 0.4N$$

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH} = 5 - 0.4N - 2 = 3 - 0.4N$$

(三)

$$NM_H \geq NM_L \Rightarrow 3 - 0.4N \geq 0.455 \rightarrow N \leq 6.3625$$

∴ 最大散出數  $N = 6$ 

五、

[ANS]：

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = -\frac{sR_2C}{1 + sR_1C} = -\frac{sR_2C}{1 + \frac{s}{1/R_1C}}$$

極高頻輸入阻抗 =  $R_1 = 100K\Omega$ 

$$\text{極高頻增益} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_2}{100} = 1 \rightarrow R_2 = 100K\Omega$$

$$f_{3dB} = \frac{1}{2\pi \times 100K \times C} = 100K \rightarrow C = 15.9pF$$