# 112 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別:三等考試

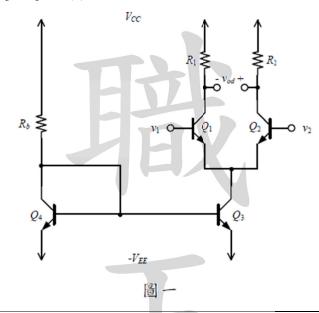
類 科:電力工程、電子工程

科 目:電子學

鄭奇老師

#### 甲、申論題部分:

- 一、有一個雙載子接面電晶體(BJT)差動放大器電路如圖一所示,假設電路在作直流分析時, 所有電晶體的基極電流等於 0(IB=0),且所有的  $V_{BE}=0.7\,V$ 。電晶體  $Q_1$  與  $Q_2$  完全匹配, 電晶體  $Q_3$  的射極-基極接面(E-B junction)面積是電晶體  $Q_4$  的 2 倍。電路中:熱電壓  $V_T=25\,\text{mV}$ 、 $V_{CC}=V_{EE}=5\,V$ 。(每小題  $10\,$  分,共  $20\,$  分)
  - (一)當  $v_1 = v_2 = 0$ ,如果  $Q_1$  與  $Q_2$  的直流偏壓電流  $I_{C1} = I_{C2} = 0.15$  mA 且  $V_{C1} = V_{C2} = 2$  V,此 時  $R_1$ 、 $R_2$  與  $R_b$  的值分別為何?
  - (二)當  $v_1 = v_{id}/2$ 、 $v_2 = -v_{id}/2$ ,若  $V_A = \infty$ ,根據(一)所計算出的  $R_1$  與  $R_2$  與直流偏壓,請計算出差動小信號電壓增益  $v_{od}/v_id = (v_{c2}-v_{c1})/(v_1-v_2)$ 。如果 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 120$ ,請計算出差動放大器  $Q_1 Q_2$  的輸入阻抗。



#### 【解題關鍵】

- 1.《考題難易》★★★
- 2. 《破題關鍵》差動放大器電路分析

#### 【擬答】

 $(\!-\!)$ 

$$R_1 = R_2 = \frac{V_{cc} - V_{c1}}{I_c} = \frac{5 - 2}{0.15} = 20k\Omega$$

$$I_{c3} = 0.15 \times 2 = 0.3mA$$

$$I_{c4} = \frac{1}{2}I_{c3} = 0.15mA$$

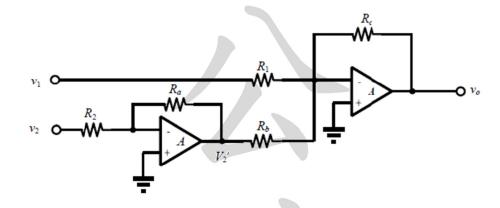
$$R_b = \frac{5 - (0.7 - 5)}{0.15} = 62k\Omega$$

$$(\Box)r_{e1} = r_{e2} = \frac{v_i}{I_{E1}} = \frac{25m}{0.15m} = 0.17k\Omega$$

$$\frac{V_{od}}{V_{id}} = \alpha \times \frac{R_2 + R_1}{r_{e1} + r_{e2}} = \frac{20k + 20k}{0.17k + 0.17k} = 117.65$$

$$R_{id} = (l_T \beta_1)(r_{e1} + r_{e2}) = (l + 120)(0.17 + 0.17) = 41.14k\Omega$$

- 二、圖二為一個使用 2 個運算放大器(operational amplifier, op amp)的權重加法器(weighted summer)電路。在此電路中, $R_1=100~k\Omega$ 、 $R_2=100~k\Omega$ 、  $R_a=400~k\Omega$ 、 $R_b=150~k\Omega$ 、 $R_c=300~k\Omega$ 。(每小題 10 分,共 20 分)
  - (→)如果這 2 個運算放大器均為理想放大器,請計算 v。。
  - $\square$ 如果這 2 個運算放大器的增益 A 均為 500,且輸入阻抗均為無限大,請計算  $v_o$ 。



## 【解題關鍵】

- 1.《考題難易》★★★
- 2. 《破題關鍵》理想運算放大器與非理想運算放大器電路分析

#### 【擬答】

$$(-)V_2' = -\frac{R_a}{R_2}V_2 = -\frac{400}{100} \times V_2 = -4V_2$$

$$V_o = -\frac{R_c}{R_1}V_1 + \left(-\frac{R_c}{R_b}V_2'\right)$$

$$= -\frac{300}{100}V_1 + \left(-\frac{300}{150} \times (-4V_2)\right)$$

$$= -3V_1 + 8V_2$$

$$(-)V_- = \frac{V_2R_a + V_2'R_2}{R_a + R_2} = \frac{400V_2 + 100V_2'}{500}$$

$$V_2' = A \times (V_+ - V_-) = 500 \times \left(0 - \frac{400V_2 + 100V_2'}{500}\right) \rightarrow V_2' = -3.96V_2$$

$$V_-' = (R_1//R_b//R_c)\left(\frac{V_2'}{R_b} + \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_o}{R_c}\right)$$

$$= (100//150//300)\left(\frac{V_2'}{150} + \frac{V_1}{100} + \frac{V_0}{300}\right) = -1.32V_2 + \frac{V_1}{2} + \frac{V_o}{2}$$

$$V_o = A(V_+' - V_-') = 500 \times \left[0 - \left(-1.32V_2 + \frac{V_1}{2} + \frac{V_o}{2}\right)\right]$$

$$\therefore V_o = -2.964V_1 + 7.826V_2$$



- 三、有一個邏輯真值表如圖三所示,A、B、C 為輸入變數,X 與 Y 為輸出函數,請將之化簡。 (每小題 10 分,共 20 分)
  - (一) X 邏輯函數為何?請繪出此邏輯函數的 static CMOS 電路圖。
  - 二Y 邏輯函數為何?請繪出此邏輯函數的 pseudo NMOS 電路圖。

| A | В | C | X | Y |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

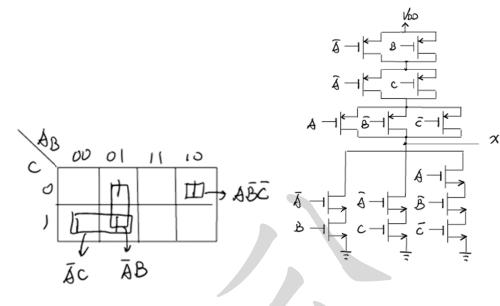
圖三

## 【解題關鍵】

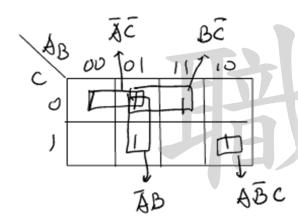
- 1.《考題難易》★★★
- 2. 《破題關鍵》CMOS 與 pseudo NMOS 數位電路

#### 【擬答】

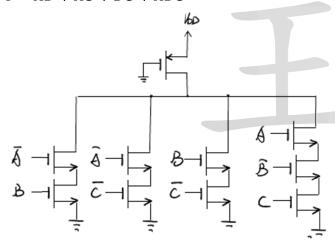
(-)



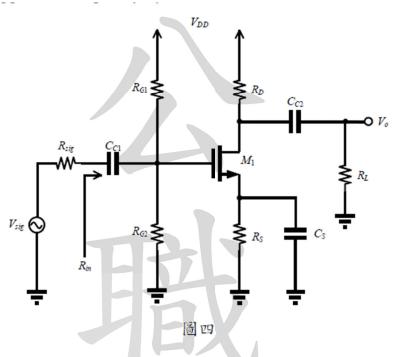
$$X = \bar{A}B + \bar{A}C + A\bar{B}\bar{C}$$
(\(\sigma\)



$$Y = \bar{A}B + \bar{A}\bar{C} + B\bar{C} + A\bar{B}C$$



- 四、有一個共源極(common-source)的 MOSFET 放大器如圖四所示,已知此 MOSFET 的  $g_m = 5$  mA/V、 $r_o = 80$  k $\Omega$ 、 $C_{gs} = 5$  pF、 $C_{gd} = 0.4$  pF、輸出端總電容  $C_L = 20$  pF。電路中的元件:  $R_{sig} = 100$  k k $\Omega$ 、 $R_{G1} = 3$  M $\Omega$ 、  $R_{G2} = 1$  M $\Omega$ 、 $R_D = 20$  k $\Omega$ 、 $R_S = 5$  k $\Omega$ 、 $R_L = 80$  k $\Omega$ 、 $C_{C1} = 0.1$   $\mu$ F、 $C_{C2} = 1$   $\mu$ F、 $C_S = 5$   $\mu$ F。(每小題 10 分,共 20 分)
  - (一)請使用短路時間常數法(short-circuit time constant) ,計算出低 3 db 頻率(lower-3db frequency)fL。
  - □請使用開路時間常數法(open-circuit time constant),計算出上 3 db 頻率(upper 3db frequency)fH。

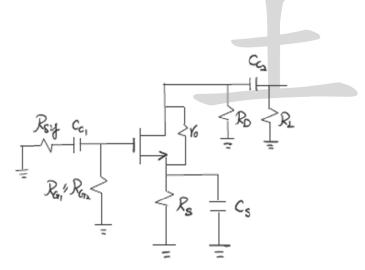


### 【解題關鍵】

- 1.《考題難易》★★★★
- 2. 《破題關鍵》頻率響應

## 【擬答】

(-)



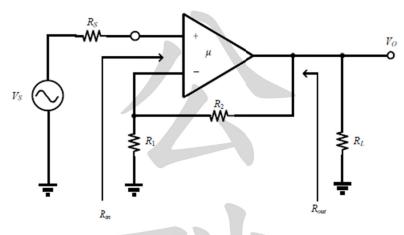
$$\begin{split} \mu &= g_m r_o = 5m \times 80k = 400 \\ R_{cc_1} &= R_{sig} + (R_{G1}//R_{G2}) = 850k\Omega \\ R_{cc_2} &= (r_o//R_D) + R_L = 96k\Omega \end{split}$$

$$\begin{split} R_{cs} &= \frac{1}{g_m} / / R_s / / \frac{(R_D / / R_L) + r_o}{1 + \mu} = 0.11 k \Omega \\ &\therefore f_L = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{R_{cc_1} C_{C1}} + \frac{1}{R_{cc_2} C_{C2}} + \frac{1}{R_{cs} C_s} \right) = 292.9 Hz \\ &(\Box) R_{cgs} = R_{sig} / / R_{G1} / / R_{G2} = 88.24 k \Omega \\ &R_{cgd} = (r_o / / R_D / / R_L) + \left( R_{sig} / / R_{G1} / / R_{G2} \right) + gm(r_o / / R_D / / R_L) \left( R_{sig} / / R_{G1} / / R_{G2} \right) \\ &= 5984.24 k \Omega \\ &R_{CL} = r_o / / R_D / / R_L = \frac{40}{3} k \Omega \\ &\therefore f_H = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{R_{cgs} \cdot C_{gs} + R_{cga} C_{gd} + R_{CL} C_L} = 51314.44 Hz \end{split}$$





- 五、有一個串並(series-shunt)回授放大器如圖五所示,在此我們使用一個差動放大器,此差動放大器的增益  $\mu$ =  $10^3$ ,輸入電阻  $R_{id}$  =  $200~k\Omega$ ,輸出電阻  $r_o$  =  $2~k\Omega$ 。在此電路中, $R_S$  = 20~k  $\Omega$  、  $R_L$  =  $2~k\Omega$  。
  - (一)請說明為何此電路為一個負回授電路? (6分)
  - (二)假設理想的回授放大器增益  $A_f = V_o/V_s = 20 \text{ V/V}$ ,其所需的回授因數(feedback factor)β
    為何?如果  $R_1 = 2 \text{ k k}\Omega$ , $R_2$  應該為何?(6 分)
  - $\subseteq$ 請畫出完整的 A 電路,其中  $R_1$  與  $R_2$  為 $\square$ 中所計算出之結果帶入,使用此電路計算 A、  $R_i$  與  $R_o$ ,並計算出此回授放大器之實際  $A_f$ 、 $R_{in}$  與  $R_{out}$ 。 (8 分)



圖五

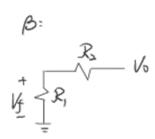
## 【解題關鍵】

- 1.《考題難易》★★★★
- 2. 《破題關鍵》負回授放大器分析

#### 【擬答】

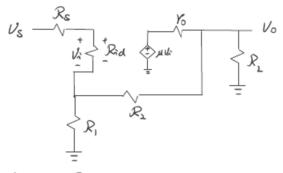
(-)經回援網路  $R_2$  對 Vo 取樣得  $V_f$  使得  $Vi=Vs-V_f$  形成一負回援電路





$$A_f \cong \frac{1}{\beta} \to \beta = \frac{1}{A_f} = \frac{1}{20} = 0.05$$
  
$$\beta = \frac{V_f}{V_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \to 0.05 = \frac{2k}{2k + R_2} \quad \therefore R_2 = 38k\Omega$$

 $(\Xi)$ 



$$A = \frac{V_o'}{V_s'} = \frac{R_{id}}{R_s + R_{id} + (R_1 " R_2)} \times \mu \times \frac{(R_1 + R_2)//R_2}{r_o + [(R_1 + R_2) " R_2]} = 439.6619$$

$$R_i = R_s + R_{id} + (R_1//R_2) = 221.9k\Omega \qquad R_o = r_o//(R_1 + R_2)//R_L = 0.98k\Omega$$

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A} = 19.13$$

$$R_{if} = R_i \times (1 + \beta A) = 5099.95k\Omega$$
  $R_{of} = \frac{R_o}{1 + \beta A} = 0.0426k\Omega$   
 $R_{in} = R_{if} - R_s = 5079.95k\Omega$   $R_{out} = \frac{R_L \times R_{of}}{R_L - R_{of}} = 0.0435k\Omega$ 

