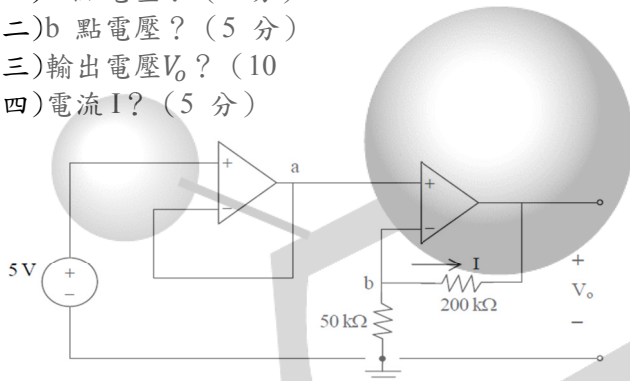


# 《電子學與電路學》

一、下圖電路之放大器為理想運算放大器，求圖中：

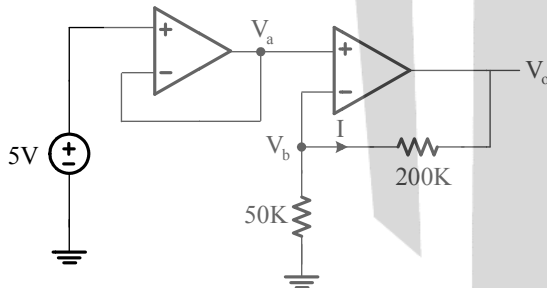
- (一) a 點電壓？(5 分)
- (二) b 點電壓？(5 分)
- (三) 輸出電壓  $V_o$ ？(10 分)
- (四) 電流  $I$ ？(5 分)



**答題關鍵**

題目太過簡單，只需運用理想 OPA 虛短路觀念解題即可；但同學仍需要具備 OPA 輸出端電壓值，有上、下限飽和電壓限制常識

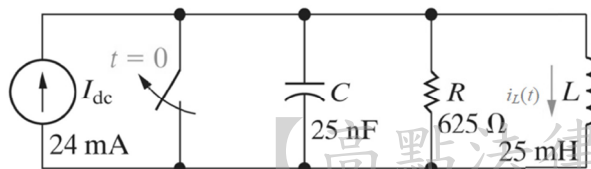
**【擬答】**



- (一)  $V_a = 5V$
- (二)  $V_b = V_a = 5V$
- (三)  $V_o = (1 + \frac{200}{50})V_a = 25V$  (理論上已超過 OPA 輸出端之飽和電壓值)
- (四)  $I = \frac{V_b - V_o}{200} = -\frac{1}{10} \text{ mA}$

二、試推導下圖 RLC 並聯電路：

- (一) s-domain 等效電路？(5 分)
- (二) s-domain 之電感電流  $I_L(s)$ ？(5 分)
- (三) 時域 (t-domain) 之電感電流  $i_L(t)$ ？(15 分)



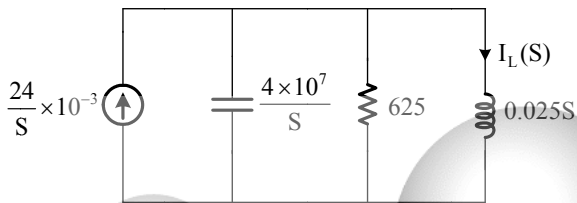
**答題關鍵**

本題為電路學二階開關電路，可知題目之初儲能皆為零，將時域電路全部等效轉換為拉氏等效電路，再利用基本電路觀念，即可求得  $I_L(s)$ ；但欲將之再反拉氏求出  $i_L(t)$  時，須辛苦求得，可參考電路學

開關電路內容中，有另外導快速反拉氏法

【擬答】

(一)



$$(二) I_L(S) = \frac{\frac{4 \times 10^7}{S} // 625}{\left(\frac{4 \times 10^7}{S} // 625\right) + 0.025S} \times \frac{24 \times 10^{-3}}{S}$$

$$= \frac{384 \times 10^5}{S[S^2 + 64000S + (16 \times 10^8)]}$$

$$(三) i_L(t) = L^{-1} \left\{ \frac{384 \times 10^5}{S[(S + 32 \times 10^3)^2 + (24 \times 10^3)^2]} \right\}$$

$$= L^{-1} \left[ \frac{0.24}{S} + \frac{AS + B}{(S + 32 \times 10^3)^2 + (24 \times 10^3)^2} \right]$$

$$= \left\{ 0.024 + \left[ \frac{1}{25} e^{-32 \times 10^3 t} \sin(24 \times 10^3 t - 143^\circ) \right] \right\} A$$

$$\text{其中：} \frac{384 \times 10^5}{24 \times 10^3 S} \Big|_{S = -32 \times 10^3 + j24 \times 10^3} \times 1 \angle 0^\circ = \frac{1}{25} \angle -143^\circ$$

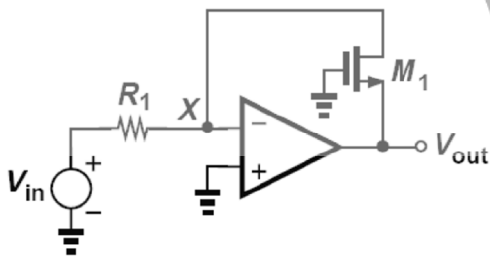
三、下圖電路之放大器為理想運算放大器：

(一) 試寫出  $M_1$  電晶體汲極電流 (drain current) 與閘極對源極電壓 (gate-source voltage) 之關係式？

(5 分)

(二) 試推導下圖電路中  $V_{out}$  與  $V_{in}$  之關係式？(10 分)

(三) 說明此運算放大器電路可執行之數學運算？(10 分)



答題關鍵

題目中須會判斷 MOSFET 之工作區域，再利用該區域之轉移特徵方程式，即可求得  $V_{out}$  與  $V_{in}$  之間關係，再利用此關係式，即可知此電路具有何種數學運算能力

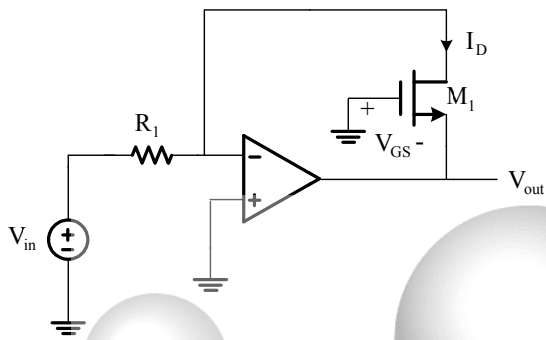
【擬答】

(一) 判斷： $V_{GD} = 0V < V_t$ ，知  $M_1$  工作在飽和區，

$$\text{得 } I_D = K(V_{GS} - V_t)^2$$

【高點法律專班】

版權所有，重製必究！



(二)當  $V_{in} > 0V$  時，可得：

$$\frac{V_{in}}{R_1} = K(V_{GS} - V_t)^2$$

$$\Rightarrow V_{GS} = V_t + \sqrt{\frac{V_{in}}{KR_1}}$$

$$\Rightarrow 0 - V_{out} = V_t + \sqrt{\frac{V_{in}}{KR_1}}$$

$$\Rightarrow V_{out} = -(V_t + \sqrt{\frac{V_{in}}{KR_1}})$$

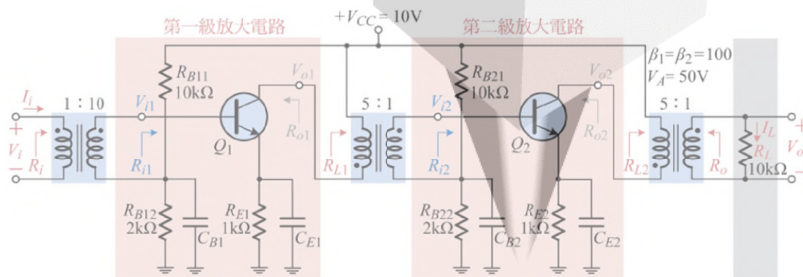
(三)由(二)之答案，可知運算放大器可執行平方根之數學運算能力

四、求下圖變壓器耦合串級放大電路之：

(一)直流分析？(5 分)

(二)小信號分析？(5 分)

(三)輸入阻抗  $R_i$ 、輸出阻抗  $R_o$ 、電壓總增益  $A_{vT}(\frac{V_{oL}}{V_i})$  及電流總增益  $A_{iT}(\frac{I_L}{I_i})$ ？(15 分)



答題關鍵

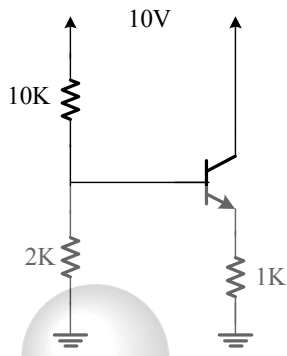
本題題目分析過程為① DC 偏壓分析，確保 BJT 工作在主動區，再推 AC 小信號等效電路之參數，如  $r_\pi$ 、 $r_o$  之值 AC 小信號分析，可求得整個放大器系統之輸入阻抗  $R_i$ ，輸出阻抗  $R_o$ ，整個系統之電壓增益  $A_{vT}$  及電流增益  $A_{iT}$ ；當作 DC 偏壓分析時，電容視為開路，變壓器線圈視為短路，而再作 AC 小信號分析時，電容視為短路，理想變壓器直接利用電壓與線圈匝數為正比關係，阻抗為匝數平方比關係，即可順利求得題目中之答案

【擬答】

(一)  $Q_1$  及  $Q_2$  之 DC 偏壓分析均相同，如下所示：

【高點法律專班】

版權所有，重製必究！



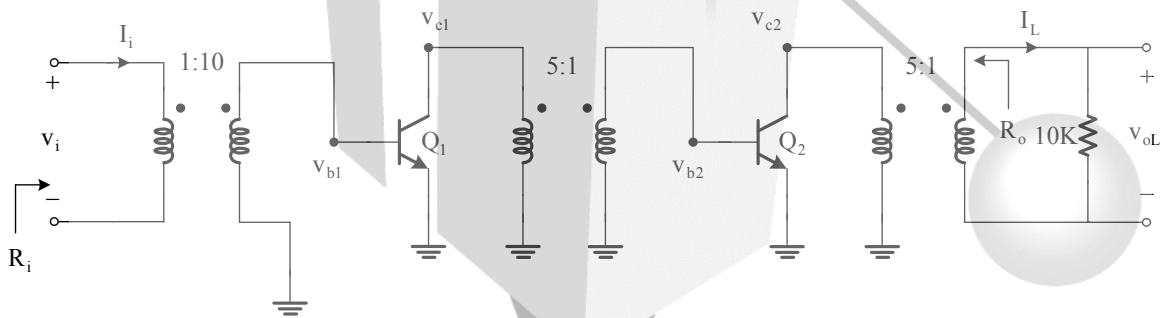
$$I_B = \frac{\frac{5}{3} - 0.7}{(10//2) + (1+100) \times 1} \text{mA} = 0.0094 \text{mA}$$

$$I_C = 100I_B = 0.94 \text{mA}$$

$$r_\pi = \frac{V_T}{I_B} = \frac{25 \text{mV}}{0.0094 \text{mA}} = 2.66 \text{K}\Omega$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{50 \text{V}}{0.94 \text{mA}} = 53.2 \text{K}\Omega$$

(二) AC 小信號分析等效電路為：



$$(三) R_i = \left(\frac{1}{10}\right)^2 \times 2.66 = 0.0266 \text{K}\Omega$$

$$R_o = \left(\frac{1}{5}\right)^2 \times 53.2 = 2.13 \text{K}\Omega$$

$$\begin{aligned} A_{VT} &= \frac{v_{oL}}{v_i} = \frac{v_{oL}}{v_{c2}} \times \frac{v_{c2}}{v_{b2}} \times \frac{v_{b2}}{v_{c1}} \times \frac{v_{c1}}{v_{b1}} \times \frac{v_{b1}}{v_i} \\ &= \left(\frac{1}{5}\right) \times \left\{ \frac{-100[(53.2)/(25 \times 10)]}{2.66} \right\} \times \left(\frac{1}{5}\right) \times \left\{ \frac{-100[(53.2)/(25 \times 2.66)]}{2.66} \right\} \times \frac{10}{1} \\ &\doteq 732942.78 \end{aligned}$$

$$A_{iT} = \frac{I_L}{I_i} = \frac{v_{oL}/10}{v_i/R_i} = A_{VT} \times \frac{R_i}{10} \doteq 1949.6$$

【高點法律專班】

版權所有，重製必究！