

《電子學與電路學》

試題評析

第一題：本題主要探討虛短路觀念，有五個節點，因有兩個節點為虛短路，故僅能列三個節點方程式；另本電路最主要之目的為模擬電感器，因 IC 製作電感器時，須占相當大空間且製作不易，故採用此種模擬方式完成電感器效果。

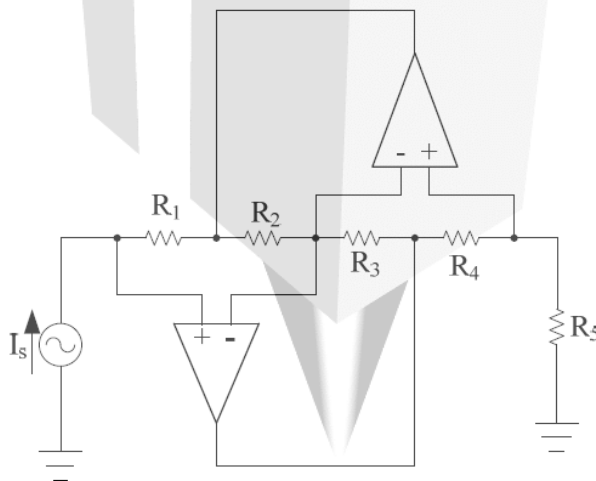
第二題：利用電流鏡電路來完成定電流源效果，其目的有二：
 (1) 可提供放大器定電流偏壓，以提高偏壓穩定性。
 (2) 可提供放大器高值交流負載電阻，以提高交流增益。
 而欲改變偏壓定電流值大小，可僅改變 Q1 與 Q2 兩電晶體之射極接面積大小即可，尚須注意 Q2 上方之放大器電路要保持 Q2 射極與基極間為逆偏，方可達定電流源效果。

第三題：僅須了解電壓式等效電路與電流式等效電路，依題目所示，繪出電路即可，無任何限制條件。

第四題：解題方法可採用重疊定理或巴特萊平方定理（因本電路為左右兩邊對稱）；本電路因電阻值均為 R ，造成計算上非常容易。

第五題：本題為開關電路題目，首先須先求出在直流穩態時，儲能元件所儲存之初值，當 $t > 0$ 秒時，開關切至弦波電壓時，利用拉氏法之等效電路，即可求出全態響應，其中欲求出時域響應時，會遇到反拉氏之困難，可詳見本人開關電路中，有詳述反拉氏之特殊快速解法。

一、請寫出如圖一所示含有兩個運算放大器之電路的五個節點電壓方程式；並說明為什麼解出的變數為五個節點電壓變數時，其中兩個節點電壓方程式可以不用寫？（20 分）



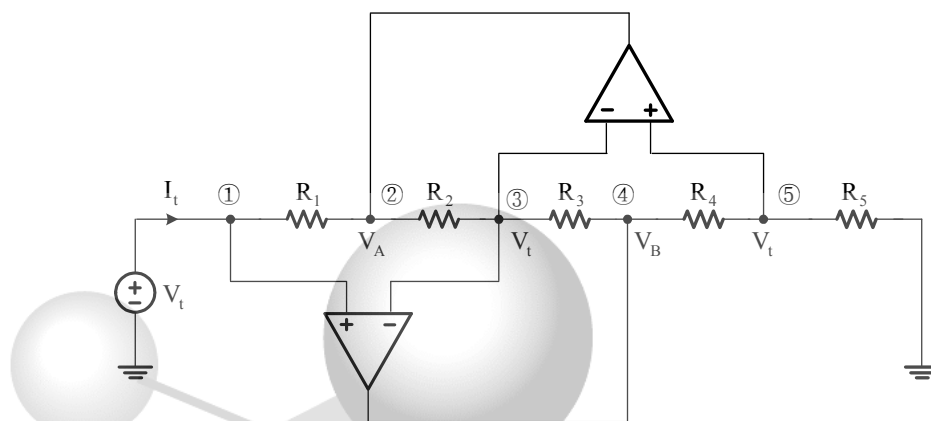
圖一

【擬答】

本電路為安東尼電感模擬器

【高點法律專班】

版權所有，重製必究！



電路圖中共有五個節點，而③，⑤節點電壓等於①節點電壓（因理想 OPA 虛短路觀念），故③，⑤節點電壓方程式可以不用寫；其餘三個節點電壓方程式如下：

$$\begin{cases} I_t = \frac{V_t - V_A}{R_1} & \dots\dots\dots ① \\ \frac{V_t - V_A}{R_2} + \frac{V_t - V_B}{R_3} = 0 & \dots\dots ② \\ \frac{V_t - V_B}{R_4} + \frac{V_t - 0}{R_5} = 0 & \dots\dots\dots ③ \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Rightarrow V_A = V_t - I_t \cdot R_1 \\ \Rightarrow V_B = (1 + \frac{R_4}{R_5})V_t \end{cases} \text{代入②式，可得}$$

$$\Rightarrow V_t \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \frac{V_t - I_t R_1}{R_2} - (1 + \frac{R_4}{R_5}) \frac{V_t}{R_3} = 0$$

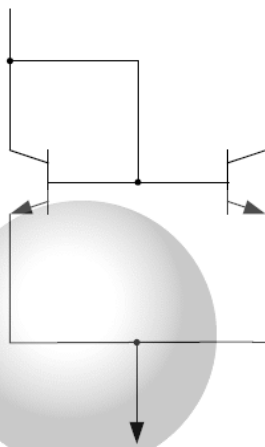
$$\text{得 } I_t \frac{R_1}{R_2} = V_t \frac{R_4}{R_5 R_3}$$

$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_1 R_3 R_5}{R_2 R_4}$$

二、如圖二所示的電流鏡電晶體電路中，請詳細說明為什麼左邊電晶體需要把集極和基極連接起來？
另外，如果要改變想要得到的電流大小，請問電路要如何改變？理由為何？（20 分）

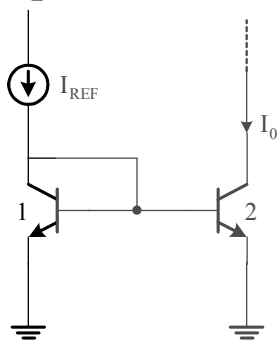
【高點法律專班】

版權所有，重製必究！



圖二

【擬答】

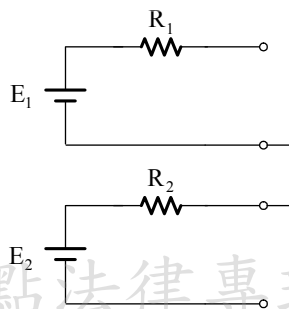


此電路為電流鏡電路，其目的是希望 Q_2 之集極產生定電流源，以提供放大器偏壓應用；而 Q_1 之集極與射極連接是使其偏壓工作在順向主動區，方可使 Q_2 產生定電流源（當然 Q_2 上方之負載，仍須配合使 Q_2 之集極與基極接面維持逆偏），可得 $\frac{I_0}{I_{REF}} = \frac{I_{S2}}{I_{S1}}$ ，此時可以變 Q_2 與 Q_1 之射極接面積大小，即可改變 I_0 定電流源值之大小（因 I_S 值正比例於射極接面積大小）

三、試詳細推導兩個電壓式電路可串接的條件及兩個電流式電路可串接的條件分別為何？（20 分）

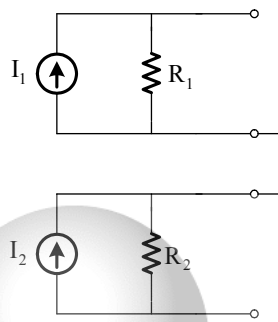
【擬答】

(一)兩個電壓式電路串聯如下：



上述電路可串接，而無任何限制條件。

(二)兩個電流式電路串聯如下：



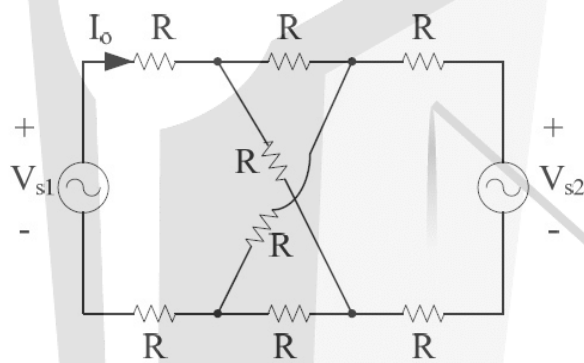
上述電路可串接，而無任何限制條件。

四、試求圖三所示電路之輸出電流 I_0 當：

(一) $V_{s1} = V_{s2} = 10V$ 。(7 分)

(二) $V_{s1} = -V_{s2} = 10V$ 。(7 分)

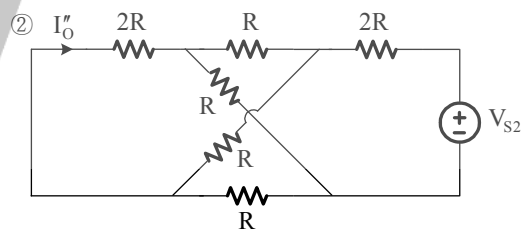
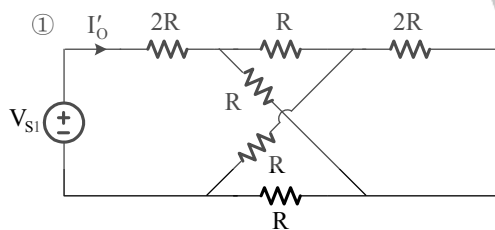
(三) $V_{s1} = 20V, V_{s2} = 10V$ 。(6 分)



圖三

【擬答】

(法 1) 採用重疊定理



$$\text{得 } I_0 = I'_0 + I''_0 = \frac{V_{s1}}{2R + (2R // 2R)} + 0 = \frac{V_{s1}}{3R}$$

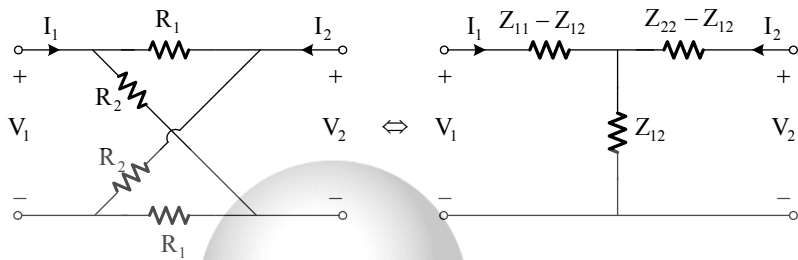
$$\text{(一) 若 } V_{s1} = V_{s2} = 10V, \text{ 得 } I_0 = \frac{10}{3R}$$

$$\text{(二) 若 } V_{s1} = -V_{s2} = 10V, \text{ 得 } I_0 = \frac{10}{3R}$$

$$\text{(三) 若 } V_{s1} = 20V, V_{s2} = 10V, \text{ 得 } I_0 = \frac{20}{3R}$$

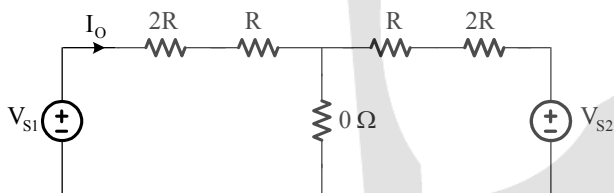
高點法律專班
版權所有，重製必究！

(法2) 採用巴特萊平分定理

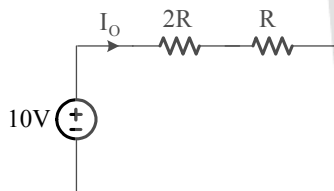


$$\text{得 } [Z] = \begin{bmatrix} \frac{R_1 + R_2}{2} & \frac{R_2 - R_1}{2} \\ \frac{R_2 - R_1}{2} & \frac{R_1 + R_2}{2} \end{bmatrix}$$

故：

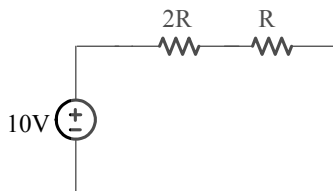


(一)若 $V_{s1} = V_{s2} = 10V$ (即共模), 可得：



$$I_0 = \frac{10}{2R + R} = \frac{10}{3R}$$

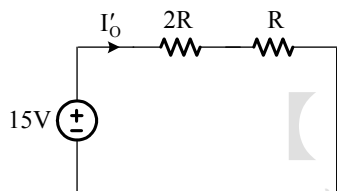
(二)若 $V_{s1} = -V_{s2} = 10V$ (即差模), 可得：



$$I_0 = \frac{10}{2R + R} = \frac{10}{3R}$$

(三)若 $V_{s1} = 20V, V_{s2} = 10V$, 得

①當共模時：

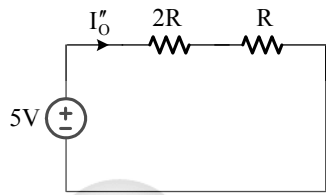


【高點法律專班】

版權所有，重製必究！

$$I_0' = \frac{15}{2R + R} = \frac{15}{3R}$$

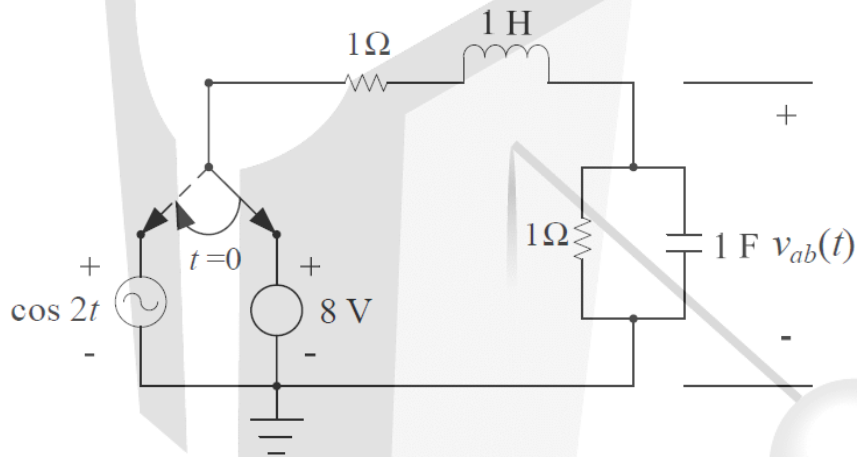
②當差模時：



$$I_0'' = \frac{5}{2R + R} = \frac{5}{3R}$$

$$\text{得 } I_0 = I_0' + I_0'' = \frac{20}{3R}$$

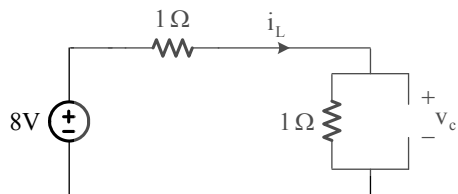
五、如圖四所示，試以時域分析法，求輸出信號 $v_{ab}(t)$ 。(20 分)



圖四

【擬答】

(一)當 $t=0^-$ 時且電路已達穩態時，可得：



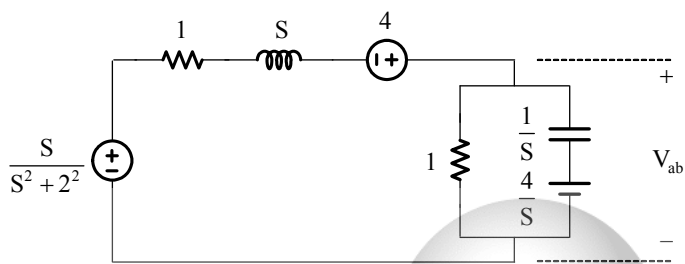
$$i_L(0^-) = \frac{8}{1+1} = 4\text{A}$$

$$v_c(0^-) = 4 \times 1 = 4\text{V}$$

(二)當 $t>0$ 時，可得：

【高點法律專班】

版權所有，重製必究！



$$\frac{V_{ab} - 4 - \frac{S}{S^2 + 2^2}}{1 + S} + \frac{V_{ab}}{1} + \frac{V_{ab} - \frac{4}{S}}{\frac{1}{S}} = 0$$

$$\Rightarrow V_{ab} \left(\frac{1}{1+S} + 1 + S \right) = \frac{4}{S+1} + \frac{S}{(S+1)(S^2 + 2^2)} + 4$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow V_{ab}(S) &= \frac{S+1}{(S+1)^2 + 1} \left[\frac{4}{S+1} + \frac{S}{(S+1)(S^2 + 2^2)} + 4 \right] \\ &= \frac{4S^3 + 8S^2 + 17S + 32}{[(S+1)^2 + 1](S^2 + 2^2)} \\ &= \frac{AS + B}{(S+1)^2 + 1} + \frac{CS + D}{S^2 + 2^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow v_{ab}(t) &= L^{-1} \left[\frac{AS + B}{(S+1)^2 + 1} + \frac{CS + D}{S^2 + 2^2} \right] \\ &= 3.9e^{-t} \sin(t + 136^\circ) + 0.22 \sin(2t - 26.57^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{其中 } \frac{4S^3 + 8S^2 + 17S + 32}{S^2 + 2^2} \Big|_{S = -1 + j1} &\times 1 \angle 0^\circ = 3.9 \angle 136^\circ \\ \frac{4S^3 + 8S^2 + 17S + 32}{2[(S+1)^2 + 1]} \Big|_{S = j2} &\times 1 \angle 0^\circ = 0.22 \angle -26.57^\circ \end{aligned}$$

【高點法律專班】

版權所有，重製必究！