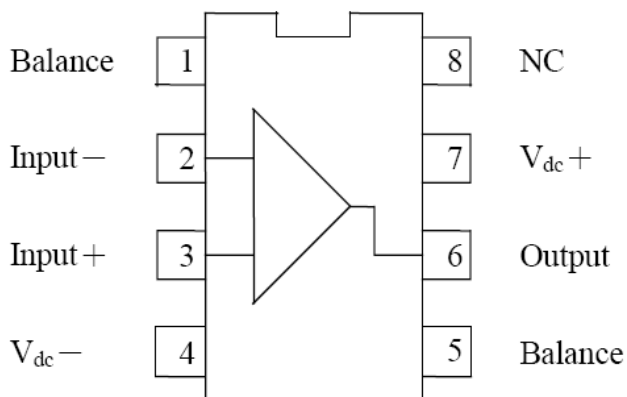


第五章 加法電路

國立勤益科技大學資工系
游正義

【E424研究室】

youjy@ncut.edu.tw



倒相加法器

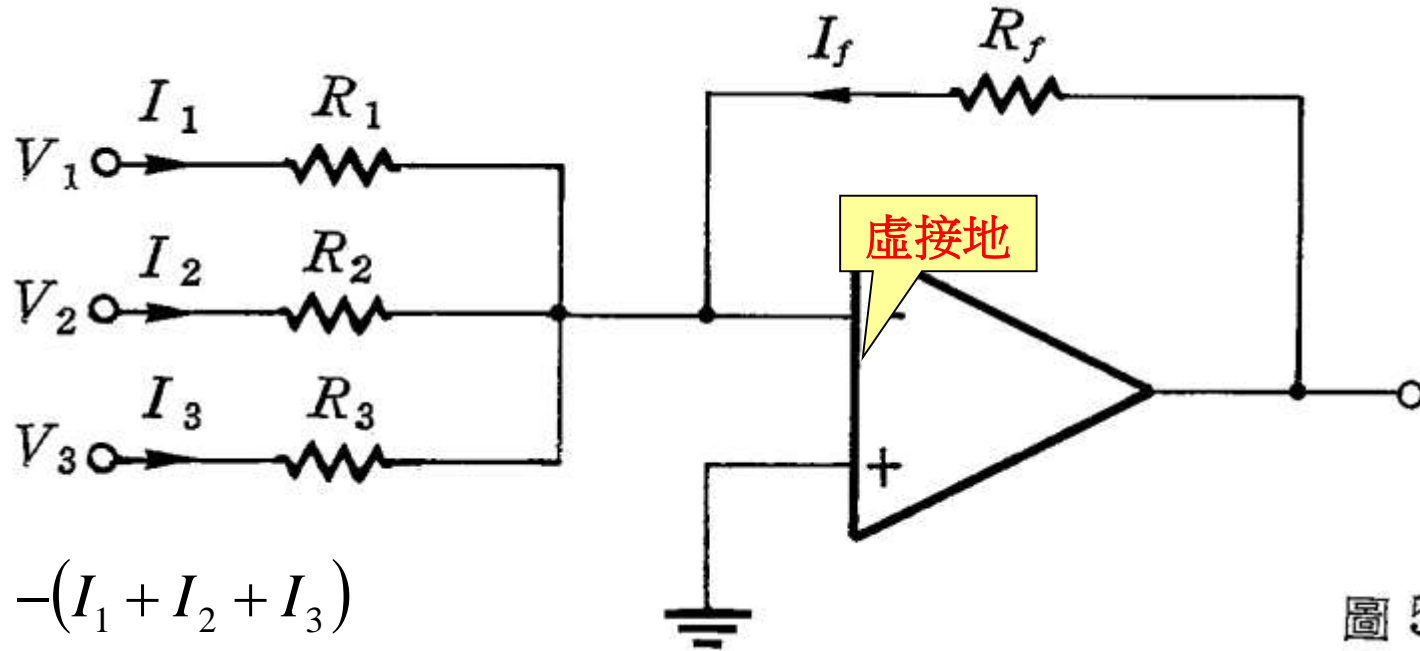


圖 5-1

$$I_f = -(I_1 + I_2 + I_3)$$

$$\frac{V_o}{R_f} = -\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}\right)$$

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3\right)$$

假使 $R_1 = R_2 = R_3 = R_f$, 則

$$V_o = -(V_1 + V_2 + V_3)$$

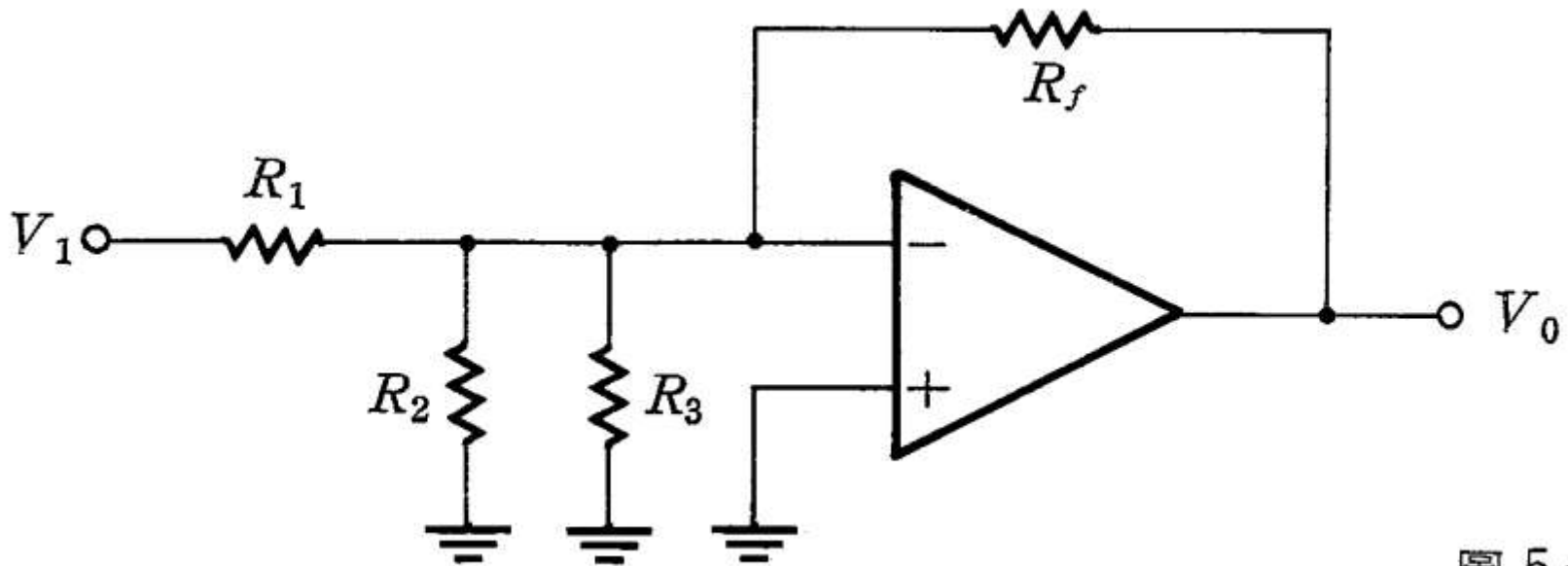


圖 5 - 2

- 若有任一輸入訊號接地，由於“-”輸入端為虛接地，此輸入端之電阻上沒有任何電流流過，故不影響另兩個輸入訊號的正常工作狀態。

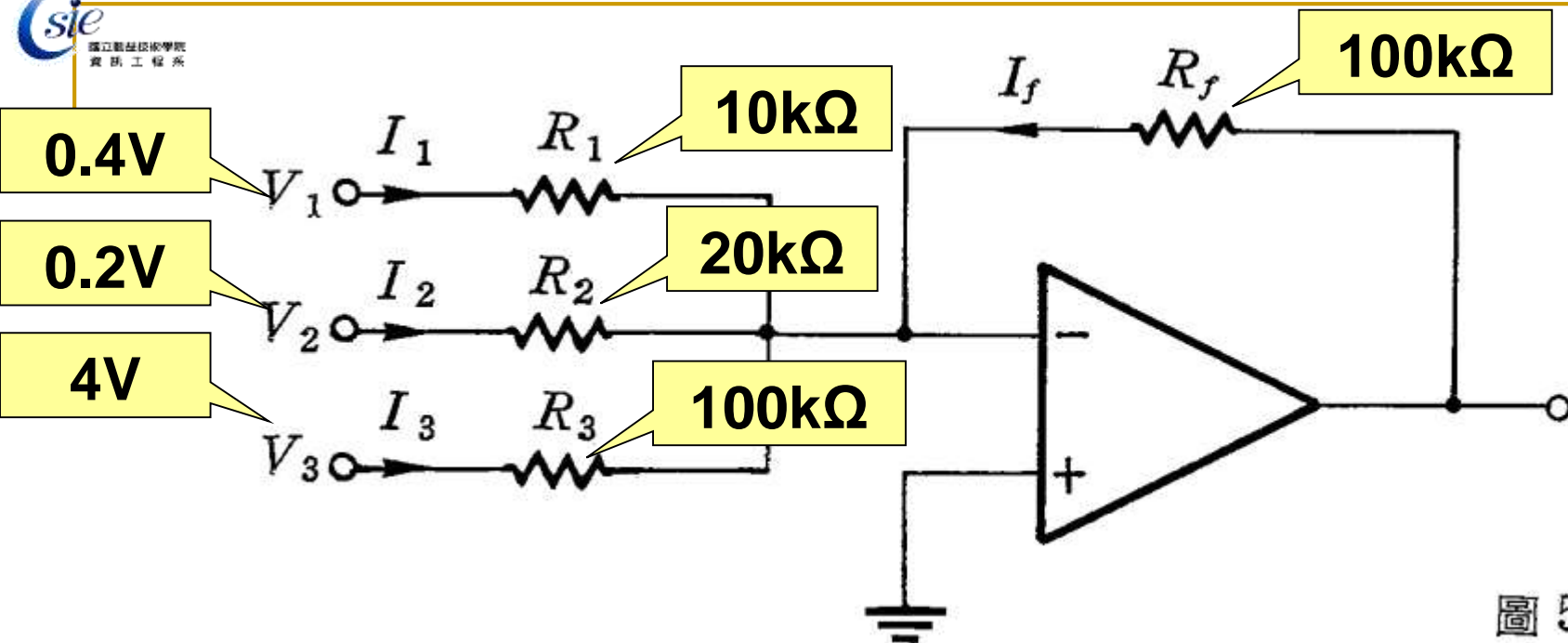
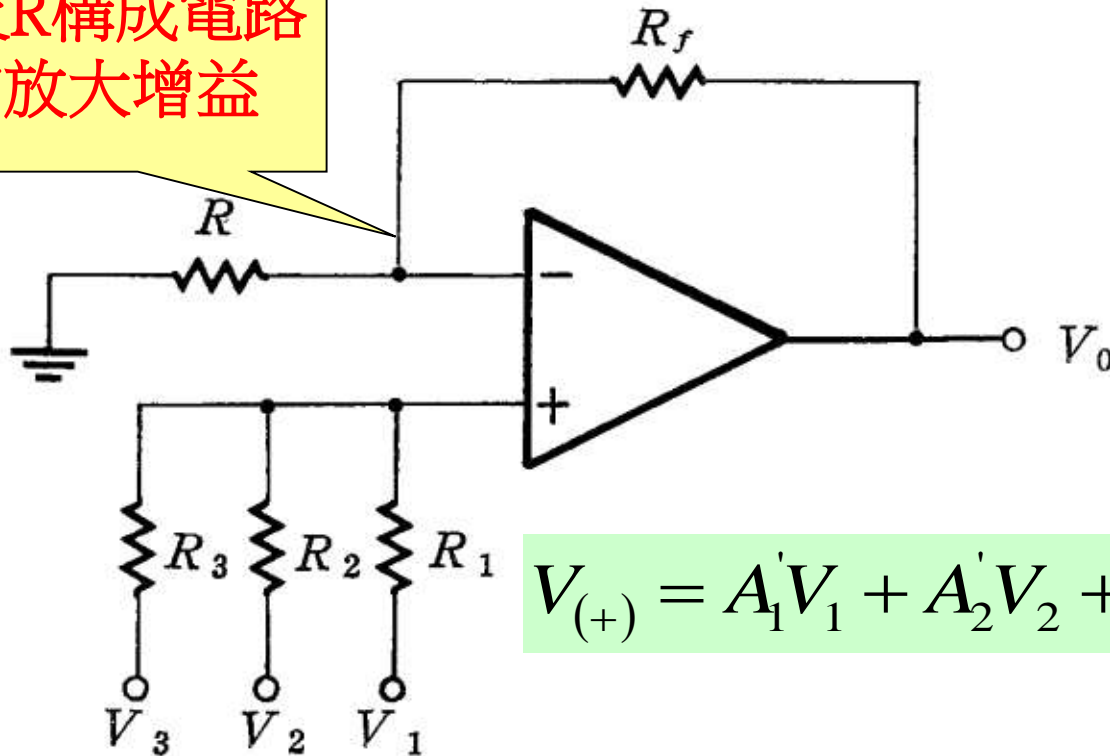


圖 5-1

$$\begin{aligned}
 V_O &= -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 \right) \\
 &= -\left(\frac{100k}{10k} \cdot 0.4 + \frac{100k}{20k} \cdot 0.2 + \frac{100k}{100k} \cdot 4 \right) \\
 &= -(10 \times 0.4V + 5 \times 0.2V + 1 \times 4V) = -9V
 \end{aligned}$$

同相加法電路（正相加法電路）

R_f 及 R 構成電路的放大增益



$$V_{(+)} = A'_1 V_1 + A'_2 V_2 + A'_3 V_3$$

圖 5-3

由於 V_1 、 V_2 、 V_3 經過電阻接到“+”輸入端，因此真正呈現在“+”輸入端之電壓可用重疊定理分別求出。

若 $V_2 = V_3 = 0$ ，由圖 5-3 可知

$$V_{(+)} = V_1 \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3}$$

由(2)式知，當 $V_2 = V_3 = 0$ 時， $V_{(+)} = A_1' V_1$ ，故

$$A_1' = \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3}$$

同理可以求得

$$A_2' = \frac{R_1 \parallel R_3}{R_2 + R_1 \parallel R_3}$$

$$A_3' = \frac{R_1 \parallel R_2}{R_3 + R_1 \parallel R_2}$$

若 V_1 、 V_2 、 V_3 皆不等於 0，
可得

$$V_{(+)} = \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3} V_1 + \frac{R_1 \parallel R_3}{R_2 + R_1 \parallel R_3} V_2 + \frac{R_1 \parallel R_2}{R_3 + R_1 \parallel R_2} V_3$$

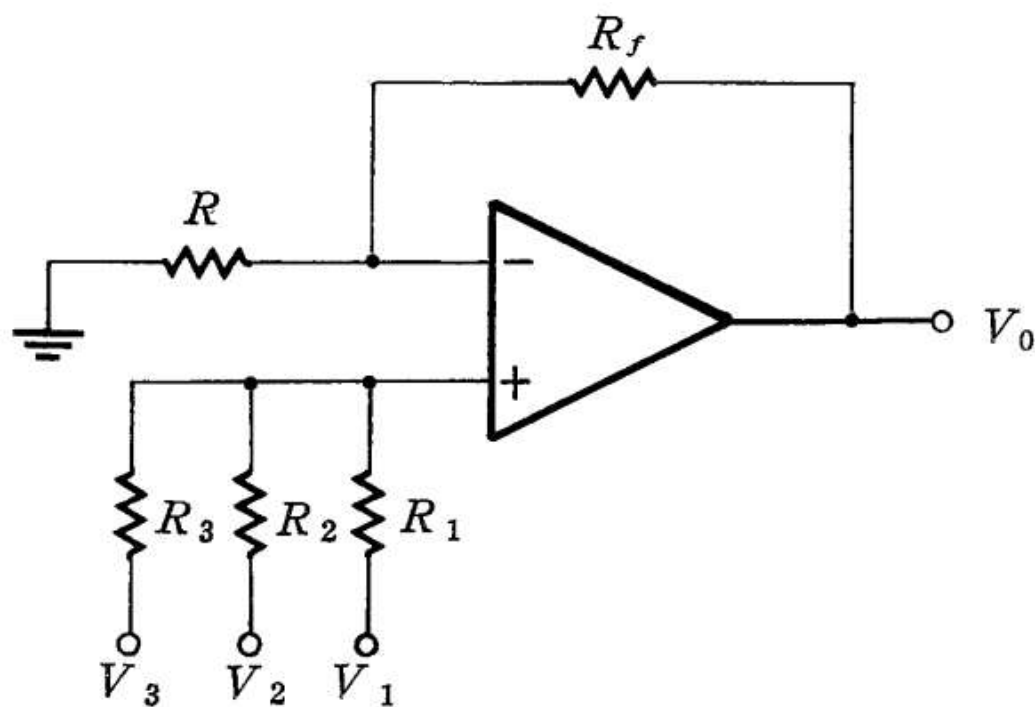


圖 5-3

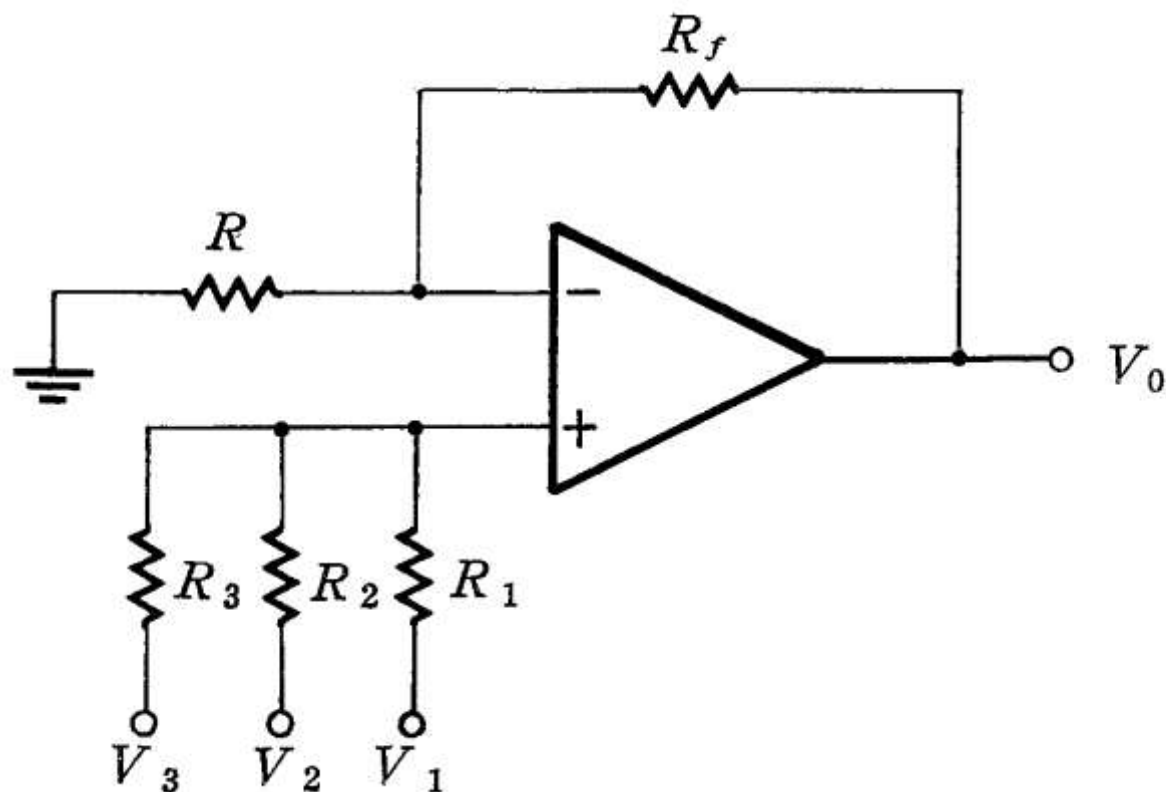


圖 5-3

輸出電壓 V_0 與輸入電壓 V_1 、 V_2 、 V_3 之關係為

$$V_0 = \left(\frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3} V_1 + \frac{R_1 \parallel R_3}{R_2 + R_1 \parallel R_3} V_2 + \frac{R_1 \parallel R_2}{R_3 + R_1 \parallel R_2} V_3 \right) \left(1 + \frac{R_f}{R} \right)$$

若 $R_1 = R_2 = R_3$ ，則

$$V_o = \left(\frac{1}{3}V_1 + \frac{1}{3}V_2 + \frac{1}{3}V_3 \right) \left(1 + \frac{R_f}{R} \right)$$

選擇 $R_f = 2R$ ，可使

$$V_o = V_1 + V_2 + V_3$$

我們稱之為同相加法器。

在同相加法電路中，我們要使其構成一加法器，可根據以下之原則：除了回授電阻

R_f 外，其他所有電阻值應相等，而 R_f 等於

$$R_f = (n - 1)R$$

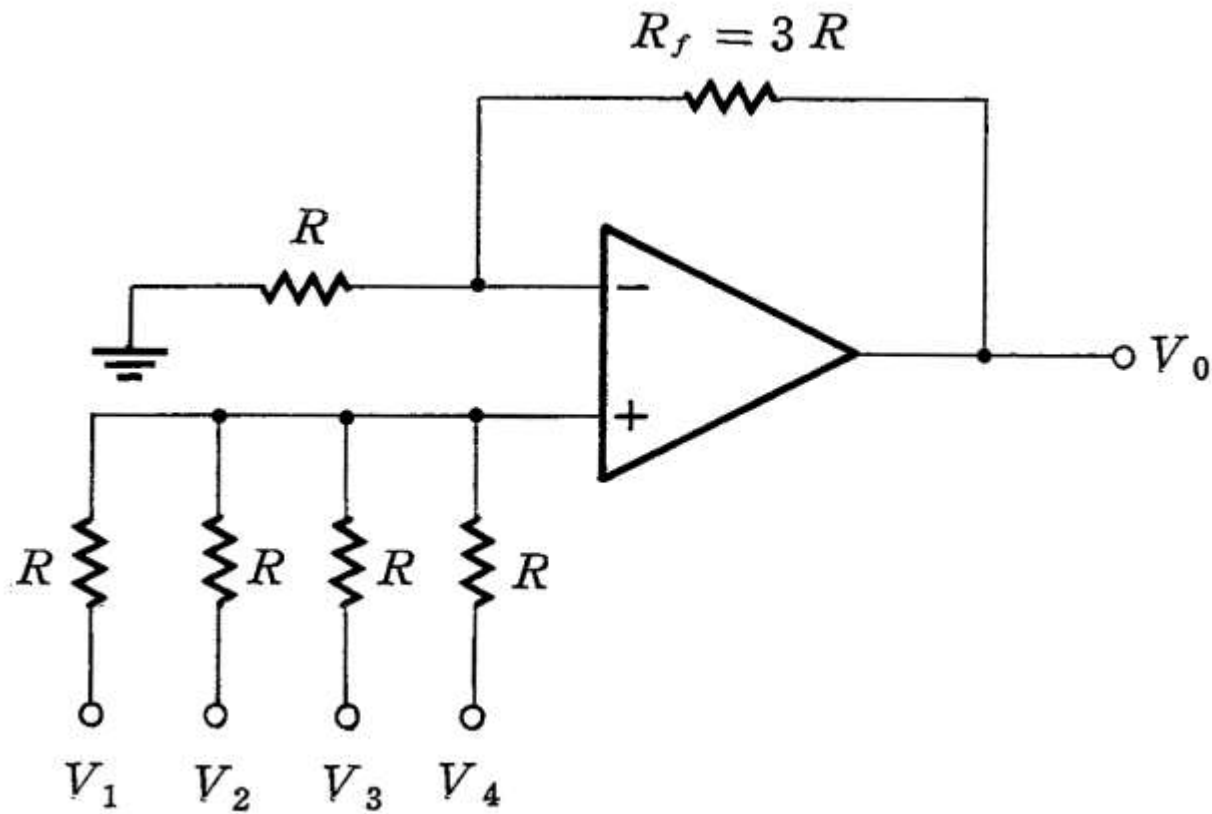


圖 5-4

圖5-4為四個輸入端之同相加法電路，其輸出與輸入間之關係為

$$V_O = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

三、實驗步驟

1 倒相加法電路之測試：

- (1) 如圖 5-5 (a) 連接線路。
- (2) 輸入電壓 V_1 及 V_2 可依圖 5-5 (b) 所示，調整可變電阻以得到所需之電壓。
- (3) 調整輸入電壓 $V_1 = +1\text{ V}$ 直流電壓， $V_2 = +1\text{ V}$ 直流電壓，以示波器 DC 檔或三用表，測量輸出電壓，並記錄其結果於表 5-1 中。
- (4) 由公式計算出理論值，且記錄於表 5-1 中，並與測試值相比較。

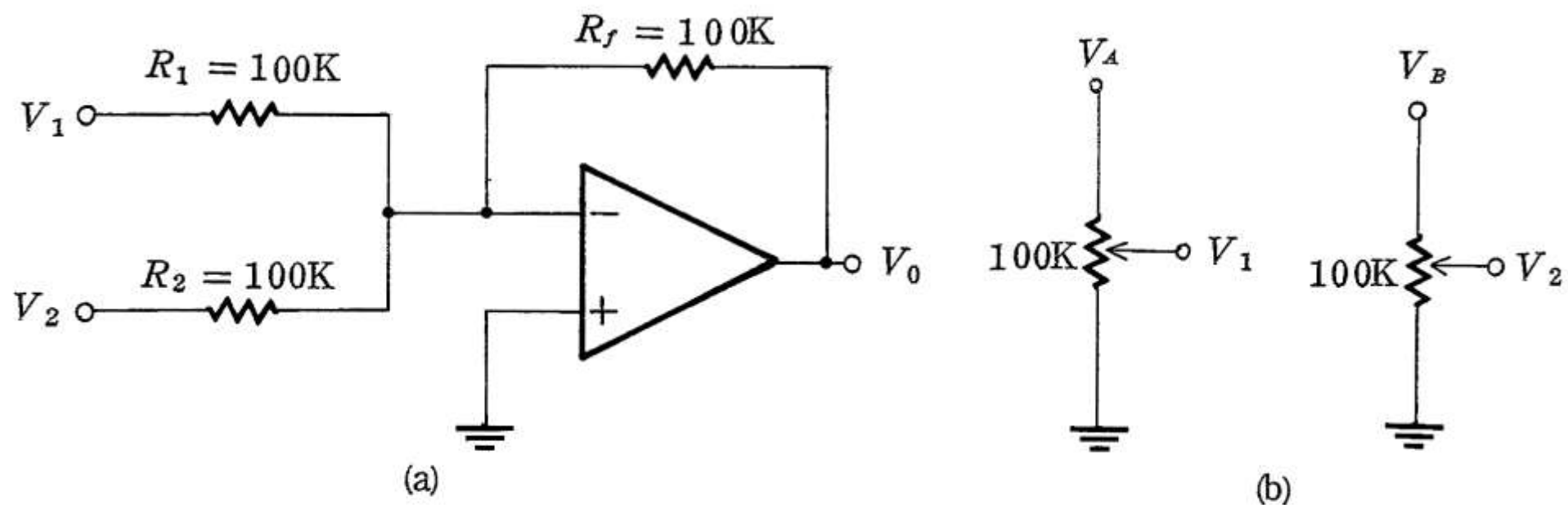


圖 5-5

- (5) 選擇 $R_1 = 20\text{ K}$, $R_2 = 100\text{ K}$, $R_f = 100\text{ K}$, $V_1 = +0.5\text{ V}$, $V_2 = +2\text{ V}$, 重覆(3)、(4)之步驟，並記錄其結果於表 5-1 中。
- (6) 改變 R_1 , R_2 、 R_f 電阻及輸入電壓如表 5-1 所示，重覆(3)、(4)之步驟，並記錄其結果於表 5-1 中。
- (7) 若將 V_A 改為正弦波， V_B 改為方波（ V_A 與 V_B 為同頻率，同相位），重覆(1)、(2)之步驟。
- (8) 調整輸入電壓 V_1 為 2 V 峯值， V_2 為 2 V 峯值，以示波器 DC 檔觀測輸出波形，並繪出其結果於表 5-2 中。
- (9) 由公式繪出理論上之波形，並與測試波形相比較。
- (10) 改變 R_1 、 R_2 、 R_f 電阻及輸入電壓如表 5-2 所示，重覆(8)、(9)之步驟，並繪出其波形於表 5-2 中。
- (11) 若將 V_B 改為直流電壓，而 V_A 仍為正弦波，重覆(1)、(2)之步驟。
- (12) 調整輸入電壓 V_1 為 2 V 峯值， V_2 為 $+2\text{ V}$ 直流電壓，以示波器 DC 檔觀測輸出波形，並繪出其結果於表 5-3 中。

- (13) 由公式繪出理論上之波形，並與測試波形相比較。
- (14) 改變 R_1 、 R_2 、 R_f 電阻及輸入電壓如表 5-3 所示，重覆(12)、(13)之步驟，並繪出其波形於表 5-3 中。
- (15) 若將 V_A 改為方波， V_B 仍為直流電壓，重覆(1)、(2)之步驟。
- (16) 調整輸入電壓 V_1 為 2 V 峯值， V_2 為 +2 V 直流電壓，以示波器 DC 檔觀測輸出波形，並繪出其結果於表 5-4 中。
- (17) 由公式繪出理論上之波形，並與測試波形相比較。
- (18) 改變 R_1 、 R_2 、 R_f 電阻及輸入電壓如表 5-4 所示，重覆(16)、(17)之步驟，並繪出其波形於表 5-4 中。

2 正相加法電路之測試：

- (1) 如圖 5-6 連接綫路。
- (2) V_1 及 V_2 之電壓可依圖 5-5 (b) 所示之電路取得。

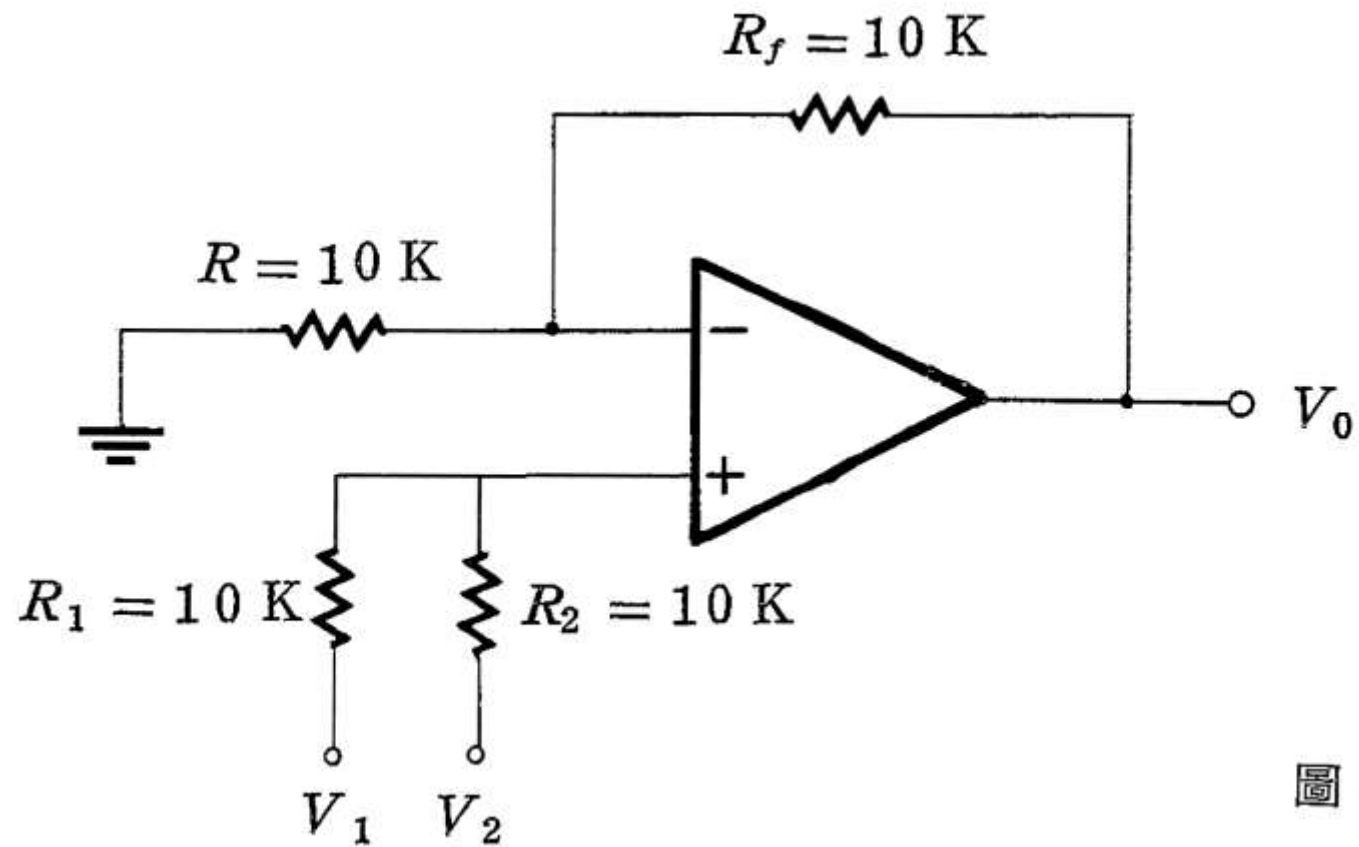


圖 5-6

- (3) 調整輸入電壓 V_1 為 +1 V 直流電壓， V_2 為 +1 V 直流電壓，以示波器 DC 檔或三用表測量輸出電壓，並記錄其結果於表 5-5 中。
- (4) 由公式計算出理論值，且記錄於表 5-5 中，並與測試值相比較。
- (5) 改變 R_1 、 R_2 、 R_f 電阻及輸入電壓如表 5-5 所示，重覆(3)、(4)之步驟，並記錄其結果於表 5-5 中。
- (6) 若將 V_A 改為正弦波， V_B 改為方波（ V_A 與 V_B 為同頻率，同相位），重覆(1)、(2)之步驟。
- (7) 調整輸入電壓 V_1 為 2 V 峯值， V_2 為 2 V 峯值，以示波器 DC 檔觀測輸出波形，並繪出其結果於表 5-6 中。
- (8) 由公式繪出理論上之波形，並與測試波形相比較。
- (9) 改變 R_1 、 R_2 、 R_f 電阻及輸入電壓如表 5-6 所示，重覆(7)、(8)之步驟，並繪出其波形於表 5-6 中。

- (10) 若將 V_B 改為直流電壓，而 V_A 仍為正弦波，重覆(1)、(2)之步驟。
- (11) 調整輸入電壓 V_1 為 2 V 峯值， V_2 為 +2 V 直流電壓，以示波器 DC 檔觀測輸出波形，並繪出其結果於表 5-7 中。
- (12) 由公式繪出理論上之波形，並與測試波形相比較。
- (13) 改變 R_1 、 R_2 、 R_f 電阻及輸入電壓如表 5-7 所示，重覆(11)、(12)之步驟，並繪出其波形於表 5-7 中。
- (14) 若將 V_A 改為方波， V_B 仍為直流電壓，重覆(1)、(2)之步驟。
- (15) 調整輸入電壓 V_1 為 2 V 峯值， V_2 為 +2 V 直流電壓，以示波器 DC 檔觀測輸出波形，並繪出其結果於表 5-8 中。
- (16) 由公式繪出理論上之波形，並與測試波形相比較。
- (17) 改變 R_1 、 R_2 、 R_f 電阻及輸入電壓如表 5-8 所示，重覆(15)、(16)之步驟，並繪出其波形於表 5-8 中。

討論