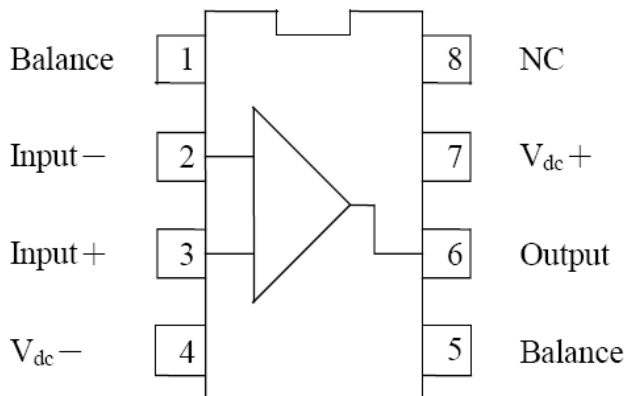


第七章 差壓電壓放大電路

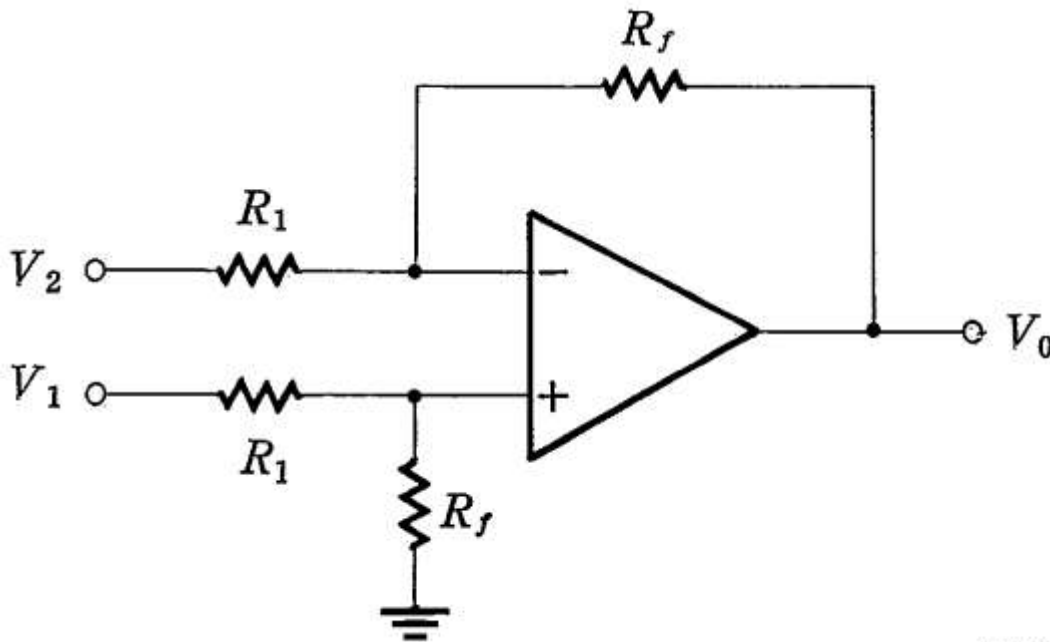
國立勤益科技大學資工系
游正義

【E424研究室】

youjy@ncut.edu.tw



- 基本的差量電壓放大電路亦為減法電路的一種。



$$\begin{aligned} V_O &= V_1 \frac{R_f}{R_1 + R_f} \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) - V_2 \frac{R_f}{R_1} \\ &= V_1 \frac{R_f}{R_1} - V_2 \frac{R_f}{R_1} \\ &= (V_1 - V_2) \frac{R_f}{R_1} \end{aligned}$$

圖 7-1

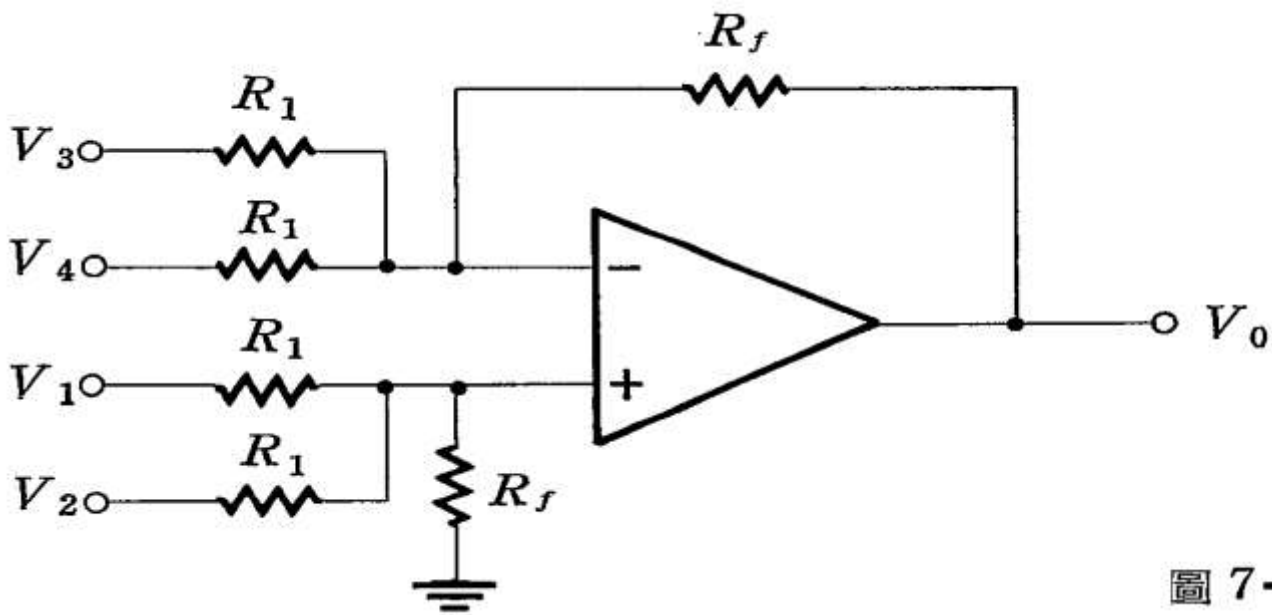


圖 7-2

$$\begin{aligned}
 V_o &= -V_3 \frac{R_f}{R_1} - V_4 \frac{R_f}{R_1} + V_1 \frac{R_1 // R_f}{R_1 + R_1 // R_f} \left(1 + \frac{R_f}{R_1 // R_1} \right) + V_2 \frac{R_1 // R_f}{R_1 + R_1 // R_f} \left(1 + \frac{R_f}{R_1 // R_1} \right) \\
 &= -V_3 \frac{R_f}{R_1} - V_4 \frac{R_f}{R_1} + V_1 \frac{R_1 R_f}{R_1 (R_1 + R_f) + R_1 R_f} \frac{R_1 + 2R_f}{R_1} + V_2 \frac{R_1 R_f}{R_1 (R_1 + R_f) + R_1 R_f} \frac{R_1 + 2R_f}{R_1} \\
 &= -V_3 \frac{R_f}{R_1} - V_4 \frac{R_f}{R_1} + V_1 \frac{R_1 R_f}{R_1 (R_1 + 2R_f)} \frac{R_1 + 2R_f}{R_1} + V_2 \frac{R_1 R_f}{R_1 (R_1 + 2R_f)} \frac{R_1 + 2R_f}{R_1} \\
 &= -V_3 \frac{R_f}{R_1} - V_4 \frac{R_f}{R_1} + V_1 \frac{R_f}{R_1} + V_2 \frac{R_f}{R_1} \\
 &= (V_1 + V_2 - V_3 - V_4) \frac{R_f}{R_1}
 \end{aligned}$$

下圖電路是利用減法器完成兩訊號相減後，必須再用一個**OP Amp**來將差訊放大。

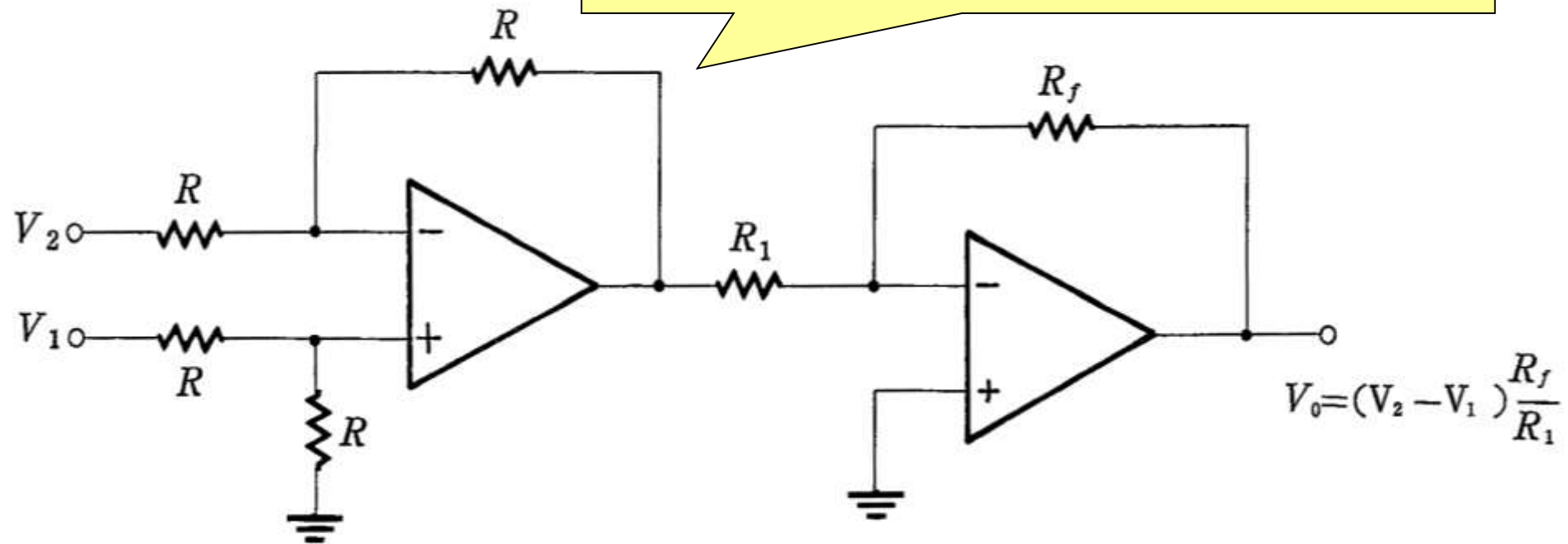


圖 7-3

差量電壓放大電路之特性

- 差量電壓放大電路之特性：
 - 當兩輸入訊號電壓大小相等，相位一樣時，期輸出電壓為0。
 - 當兩輸入訊號電壓或相位不一樣時，則取其差值電壓再加以放大，可以運用於放大電路中消除電路本身的哼聲及高週寄生振盪。
- 差量電壓放大電路亦具有極高的共態排斥比（**CMRR**），而價格又便宜，目前已大部份取代差動放大器。

圖 7-4 爲“+”“-”兩輸入端各有兩個輸入訊號之減法電路，假使下列條件

$$\frac{R_5}{R_1} + \frac{R_5}{R_2} = \frac{R_6}{R_3} + \frac{R_6}{R_4}$$

$$R_5 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} = R_6 \frac{R_3 + R_4}{R_3 R_4}$$

$$\therefore \frac{R_5}{R_1 // R_2} = \frac{R_6}{R_3 // R_4}$$

代入

成立，則輸出與各輸入端電壓之關係爲

$$V_O = -V_1 \frac{R_5}{R_1} - V_2 \frac{R_5}{R_2} + V_3 \frac{R_4 // R_6}{R_3 + R_4 // R_6} \left(1 + \frac{R_5}{R_1 // R_2} \right) + V_4 \frac{R_3 // R_6}{R_4 + R_3 // R_6} \left(1 + \frac{R_5}{R_1 // R_2} \right)$$

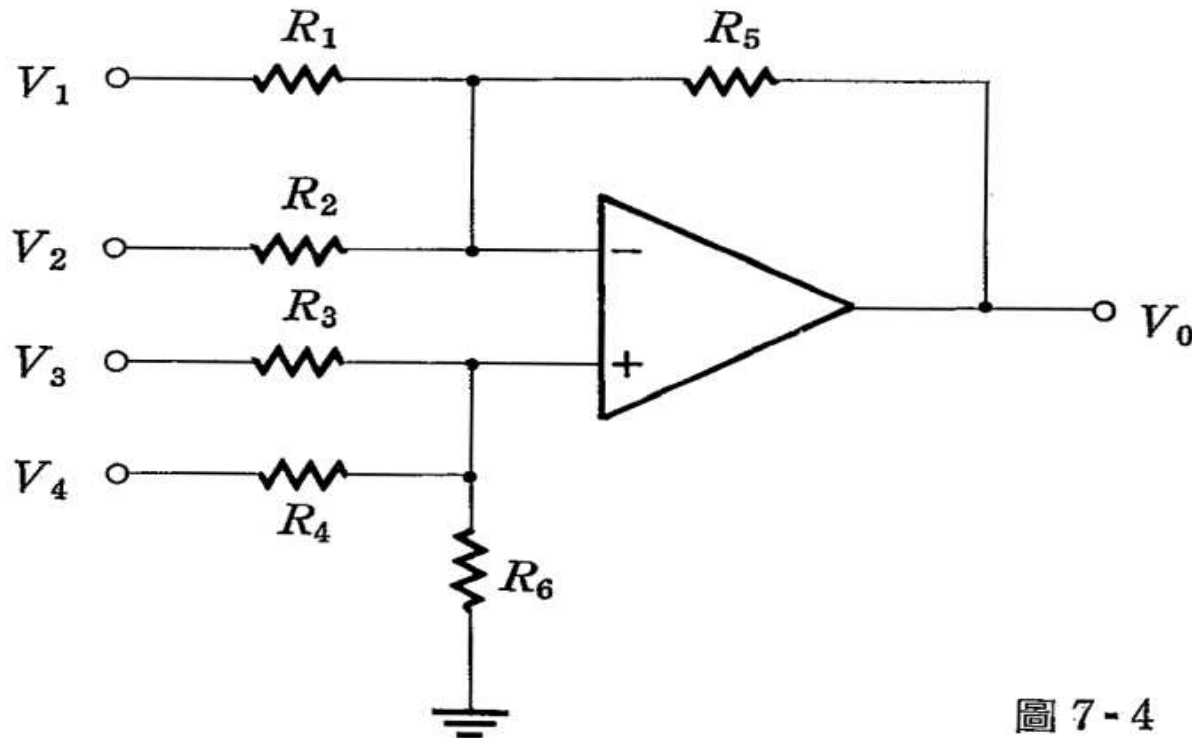


圖 7-4

$$\begin{aligned}
 V_o &= -V_1 \frac{R_5}{R_1} - V_2 \frac{R_5}{R_2} + V_3 \frac{R_4 // R_6}{R_3 + R_4 // R_6} \left(1 + \frac{R_6}{R_3 // R_4} \right) + V_4 \frac{R_3 // R_6}{R_4 + R_3 // R_6} \left(1 + \frac{R_6}{R_3 // R_4} \right) \\
 &= -V_1 \frac{R_5}{R_1} - V_2 \frac{R_5}{R_2} + V_3 \frac{\frac{R_4 R_6}{R_4 + R_6}}{R_3 + \frac{R_4 R_6}{R_4 + R_6}} \cdot \frac{\frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} + R_6}{\frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}} + V_4 \frac{\frac{R_3 R_6}{R_3 + R_6}}{R_4 + \frac{R_3 R_6}{R_3 + R_6}} \cdot \frac{\frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} + R_6}{\frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}} \\
 &= -V_1 \frac{R_5}{R_1} - V_2 \frac{R_5}{R_2} + V_3 \frac{R_4 R_6}{R_3(R_4 + R_6) + R_4 R_6} \cdot \frac{R_3 R_4 + R_6(R_3 + R_4)}{R_3 R_4} + V_4 \frac{R_3 R_6}{R_4(R_3 + R_6) + R_3 R_6} \cdot \frac{R_3 R_4 + R_6(R_3 + R_4)}{R_3 R_4} \\
 &= -V_1 \frac{R_5}{R_1} - V_2 \frac{R_5}{R_2} + V_3 \frac{R_4 R_6}{R_3 R_4} + V_4 \frac{R_3 R_6}{R_3 R_4} \\
 &= -V_1 \frac{R_5}{R_1} - V_2 \frac{R_5}{R_2} + V_3 \frac{R_6}{R_3} + V_4 \frac{R_6}{R_4}
 \end{aligned}$$

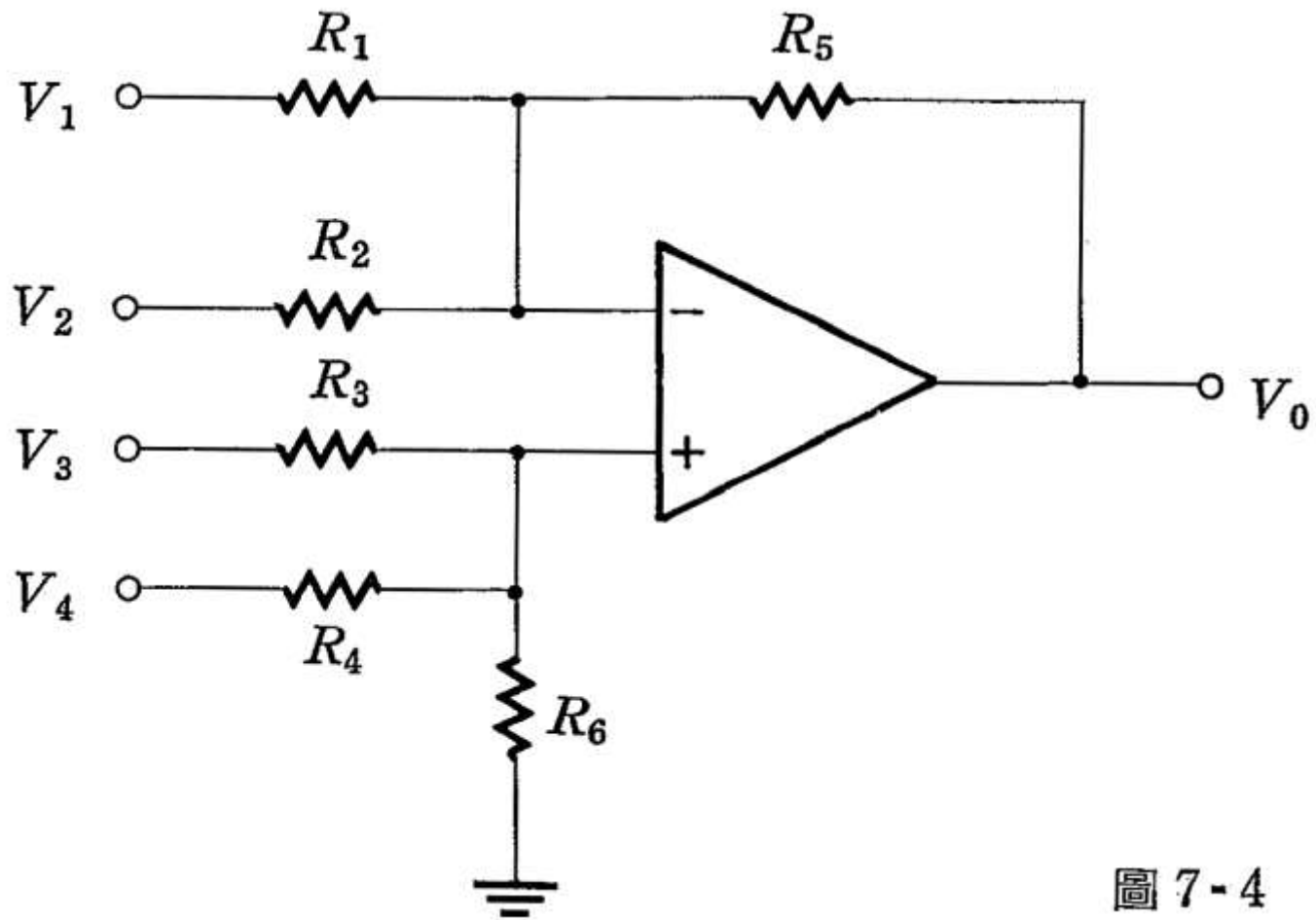


圖 7-4

■ 分析圖7-5之減法電路。

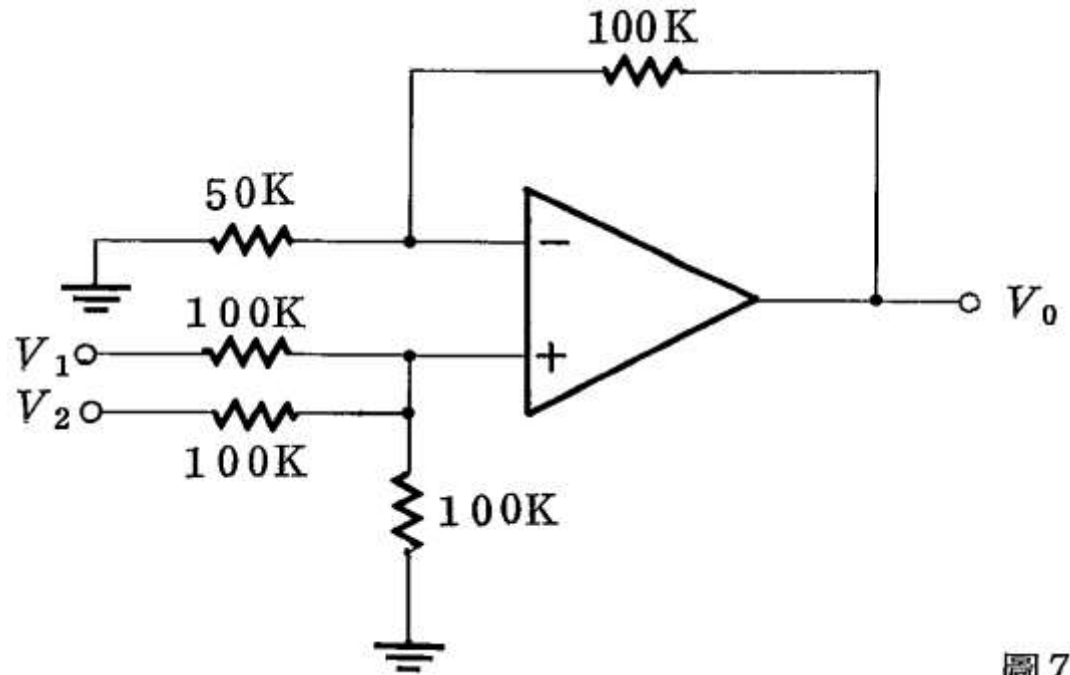


圖7-5

$$\frac{100K}{50K} = 2 \quad (\text{對} \text{''-''} \text{輸入端而言})$$

$$\frac{100K}{100K} + \frac{100K}{100K} = 2 \quad (\text{對} \text{''+'''} \text{輸入端而言})$$

$$V_O = -0 \cdot \frac{100K}{50K} + V_1 \frac{100K}{100K} + V_2 \frac{100K}{100K} = V_1 + V_2$$

■ 分析圖7-6之減法電路。

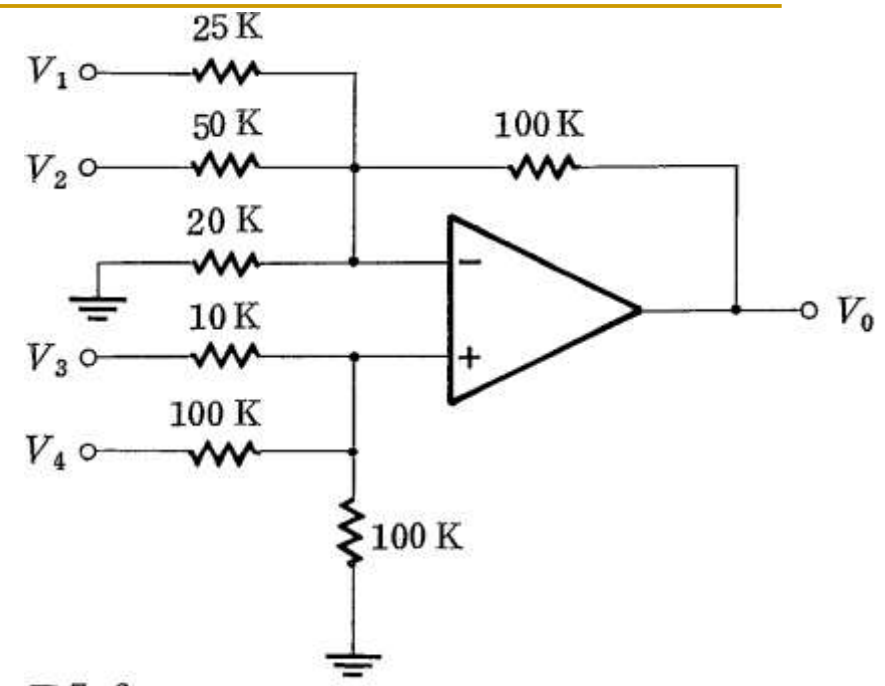


圖 7-6

$$\frac{100K}{10K} + \frac{100K}{10K} = 10 + 1 = 11 \quad (\text{對} "+" \text{輸入端而言})$$

$$\frac{100K}{25K} + \frac{100K}{50K} + \frac{100K}{20K} = 4 + 2 + 5 = 11 \quad (\text{對} "-" \text{輸入端而言})$$

$$\begin{aligned}
 V_O &= -V_1 \cdot \frac{100K}{25K} - V_2 \frac{100K}{50K} - 0 \cdot \frac{100K}{20K} + V_3 \frac{100K}{10K} + V_4 \frac{100K}{100K} \\
 &= -4V_1 - 2V_2 + 10V_3 + V_4
 \end{aligned}$$

試設計一減法電路，其輸出與輸入間之關係為。

$$V_O = 3V_1 + 2V_2 - V_3 - 4V_4 - 2V_5$$

“+”“-”輸入端電阻比值之和不一樣，因此必須在“+”端多接一輸入電阻R，以符合條件式。

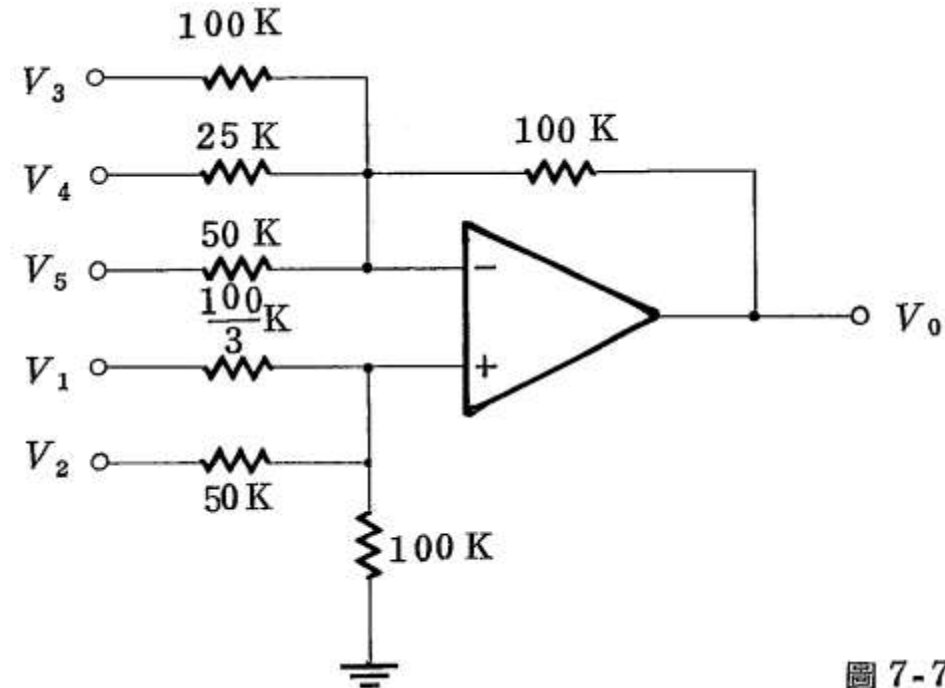
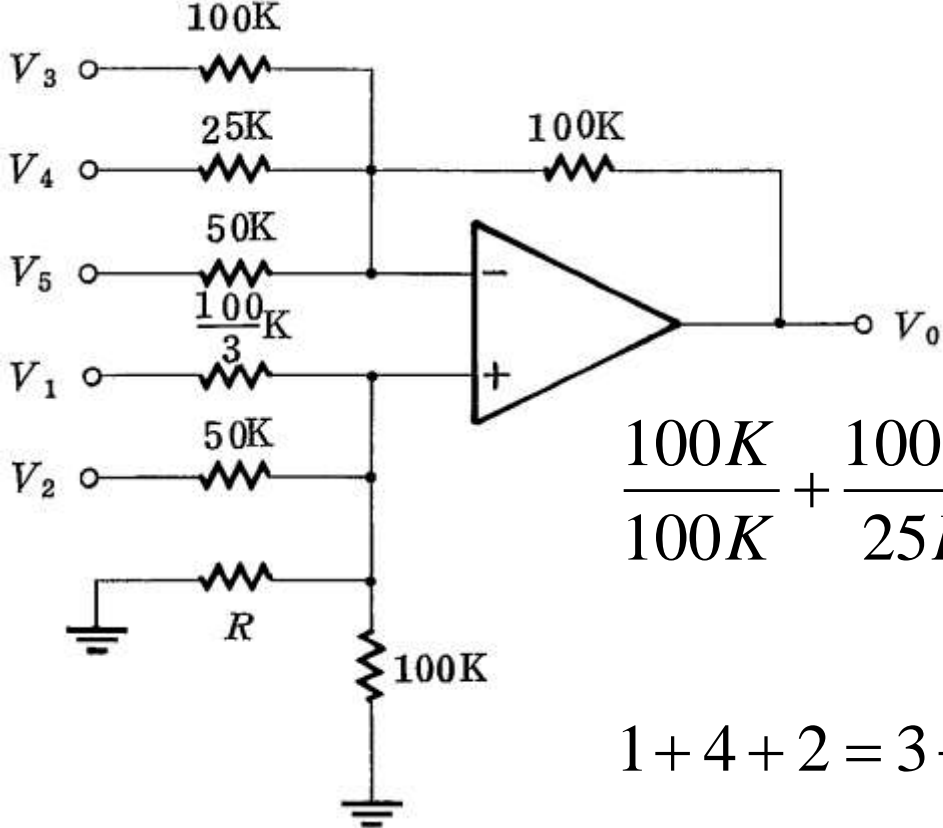


圖 7-7

$$\frac{100K}{100K} + \frac{100K}{25K} + \frac{100K}{50K} = 1 + 4 + 2 = 7 \quad (\text{對“-”輸入端而言})$$

$$\frac{100K}{\frac{100}{3}K} + \frac{100K}{50K} = 3 + 2 = 5 \quad (\text{對“+”輸入端而言})$$



$$\frac{100K}{100K} + \frac{100K}{25K} + \frac{100K}{50K} = \frac{100K}{\frac{100}{3}K} + \frac{100K}{50K} + \frac{100K}{R}$$

$$1 + 4 + 2 = 3 + 2 + \frac{100K}{R} = 7$$

$$\therefore R = 50K$$

$$V_O = -\frac{100K}{100K} V_3 - \frac{100K}{25K} V_4 - \frac{100K}{50K} V_5 + \frac{100K}{\frac{100}{3}K} V_1 + \frac{100K}{50K} V_2 + \frac{100K}{R} \cdot 0$$

$$= -V_3 - 4V_4 - 2V_5 + 3V_1 + 2V_2$$

三、實驗步驟

1. 共態排斥比之測試：

- (1) 如圖 7 - 9 連接線路。
- (2) 置振盪器頻率於 1 KHz，輸出為 10 mV 峯值之正弦波，選擇 $R_1 = 1\text{ K}$ ， $R_2 = 10\text{ K}$ 。

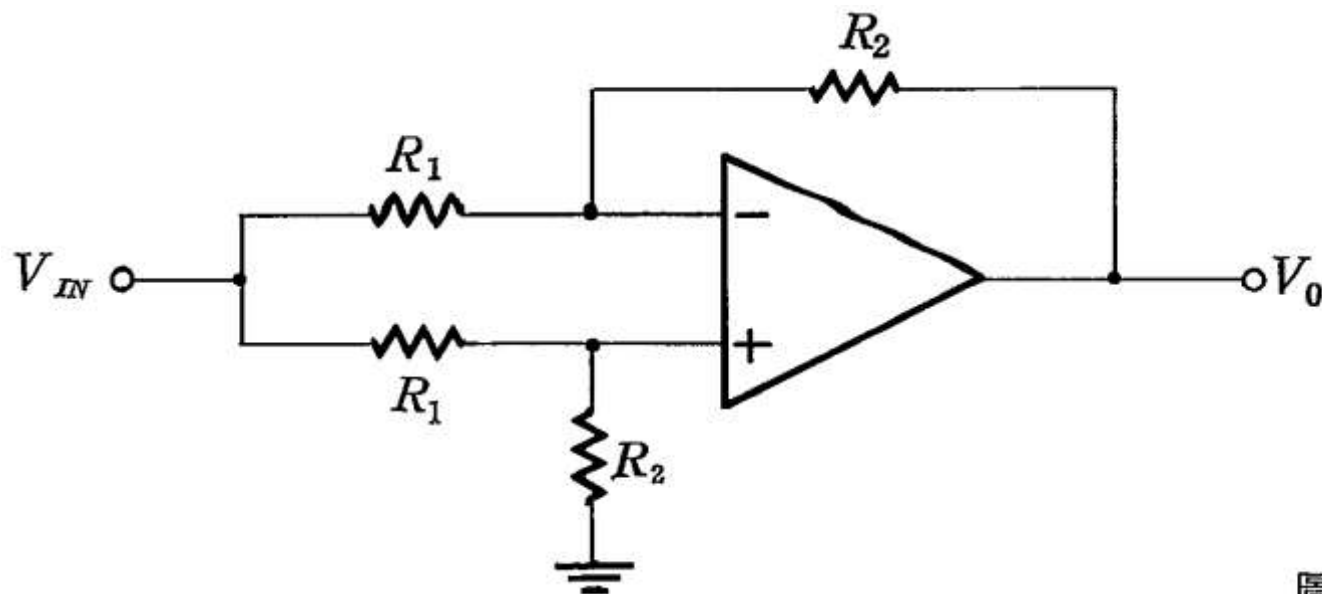


圖 7 - 9

- (3) 以示波器觀測輸出電壓波形，在波形不失真之情況下，記錄其峯值電壓於表 7-1 中。
- (4) 計算共態電壓增益，並記錄於表 7-1 中。
- (5) 改變輸入峯值電壓如表 7-1 所示，頻率維持不變，重覆(3)、(4)之步驟。
- (6) 若 R_1 維持不變， R_2 改用 100K，振盪器輸出為 10mV 峯值之正弦波，重覆(3)~(5)之步驟，並記錄其結果於表 7-1 中。
- (7) R_1 維持不變， R_2 改用 1M，振盪器輸出為 10mV 峯值之正弦波，重覆(3)~(5)之步驟，並記錄其結果於表 7-1 中。
- (8) 如圖 7-10 連接綫路。
- (9) 置振盪器頻率於 1 KHz，輸出為 10 mV 峯值之正弦波，選擇 $R_1 = 1\text{ K}$ ， $R_2 = 10\text{ K}$ 。
- (10) 以示波器觀測輸出電壓波形，在波形不失真之情況下，記錄其峯值電壓於表 7-1 中。若輸出波形有失真現象，則必須降低輸入訊號之振幅，使輸出不失真；同時，圖 7-9 之測試過程中，相對應之共態電壓測試，亦必須將輸入電壓降低。

- (11) 計算差訊電壓增益，並記錄於表 7-1 中。
- (12) 改變輸入峯值電壓如表 7-1 所示，頻率維持不變，重覆(10)、(11)之步驟。
- (13) 若 R_1 維持不變， R_2 改用 100K，振盪器之輸出為 10 mV 峯值之正弦波，重覆(10)~(12)之步驟，並記錄其結果於表 7-1 中。
- (14) R_1 維持不變， R_2 改用 1 M，振盪器之輸出為 10 mV 峯值之正弦波，重覆(10)~(12)之步驟，並記錄其結果於表 7-1 中。

2. 差量電壓放大電路之測試：

- (1) 如圖 7 -11 連接綫路。
- (2) 選擇 $R_1 = 1 \text{ K}$ ， $R_2 = 10 \text{ K}$ ，置 V_1 為 + 2 V 直流電壓， V_2 為 + 1 V 直流電壓。

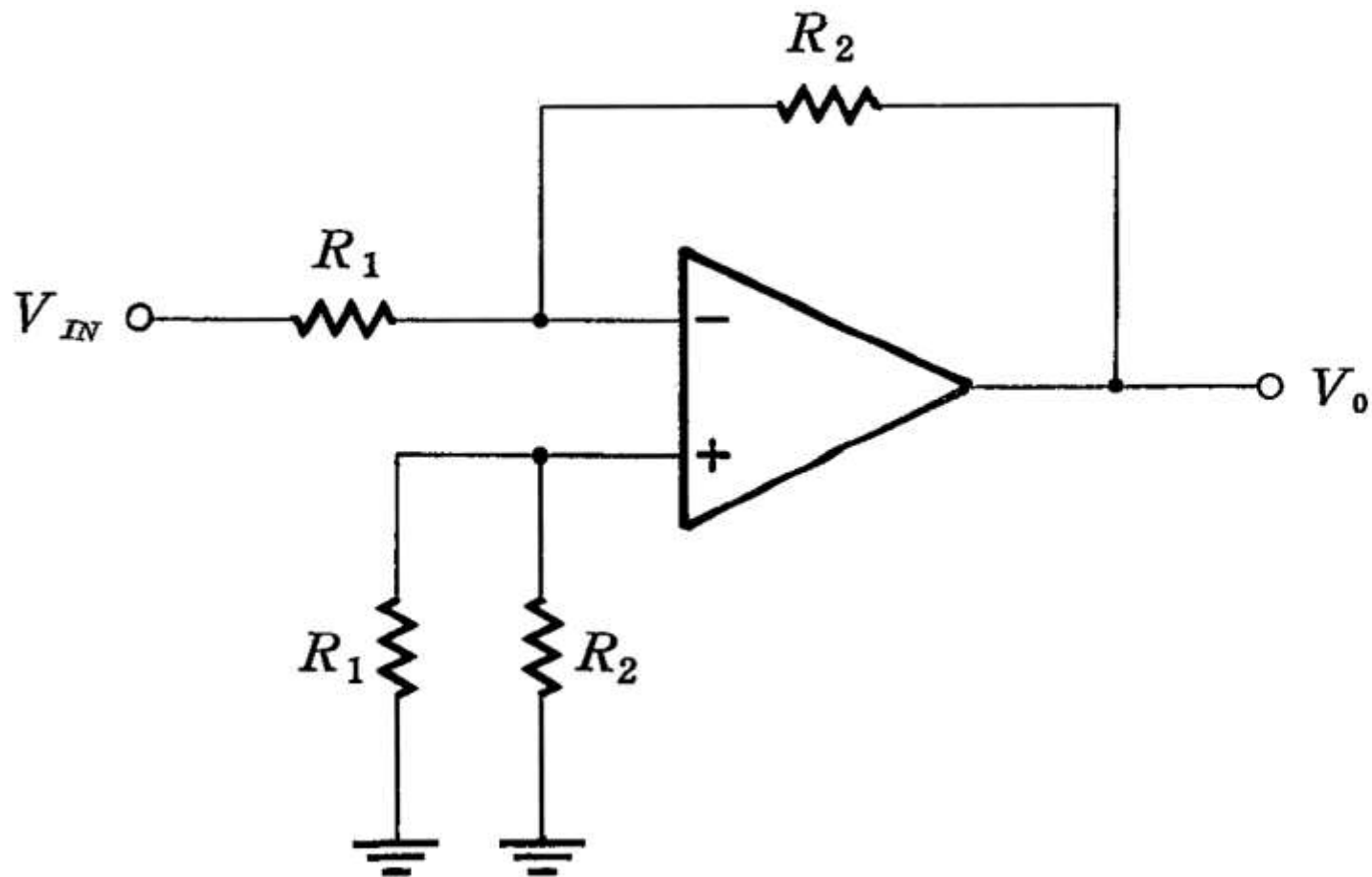


圖 7 - 10

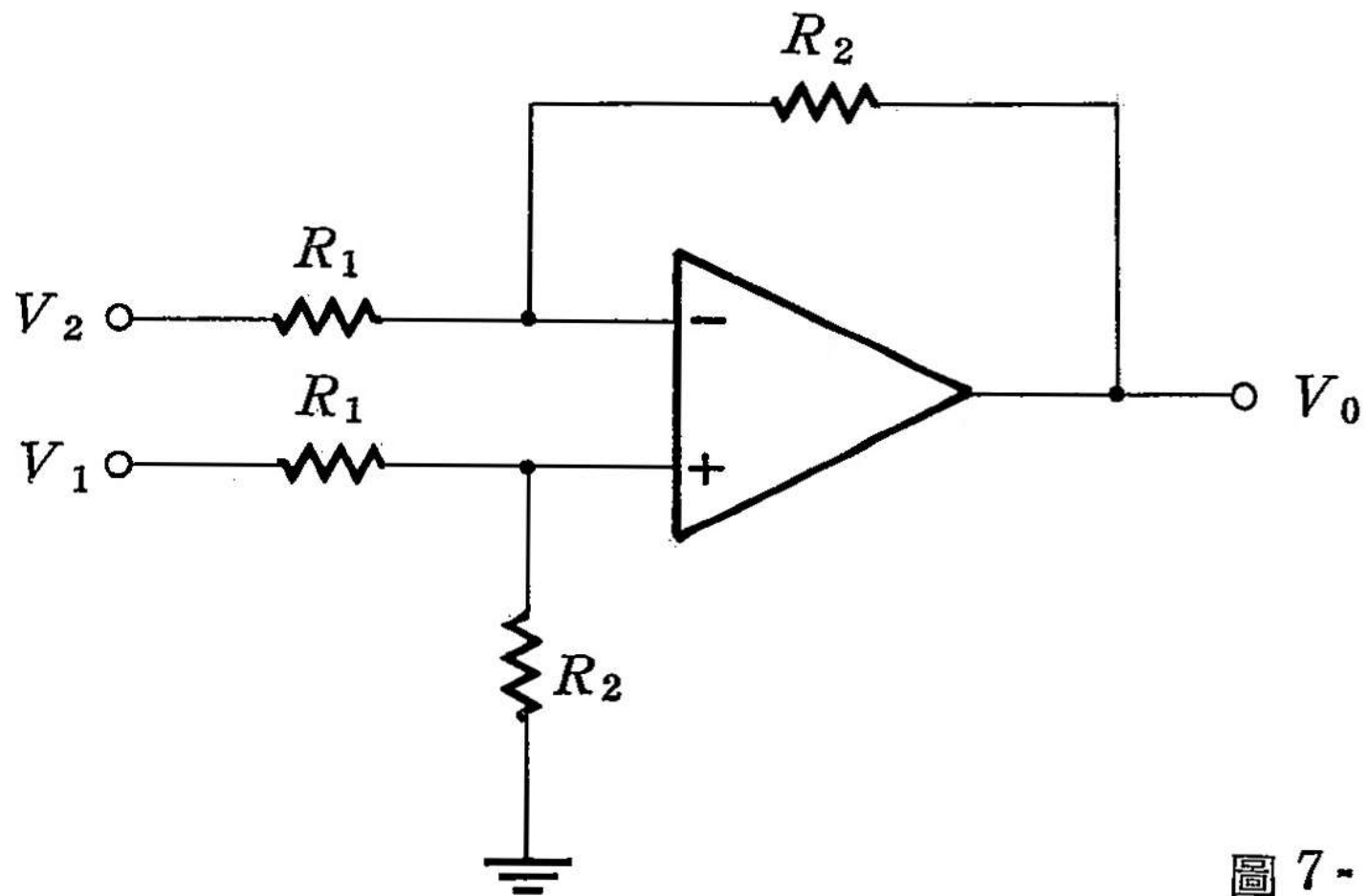


圖 7-11

- (3) 以示波器 DC 檔或三用表測量輸出直流電壓 V_o ，並記錄其結果於表 7-2 中。
- (4) 計算理論值，並與測試值相比較。
- (5) 依表 7-2 所示，改變 V_1 及 V_2 之電壓，重覆(3)、(4)之步驟，並記錄其結果於表 7-2 中。
- (6) 改變 R_1 及 R_2 電阻如表 7-2 所示，重覆(2)~(5)之步驟，並記錄其結果於表 7-2 中。
- (7) 若 V_1 及 V_2 改為正弦波（頻率相同，相位為零），選擇 $R_1 = 1\text{ K}$ ， $R_2 = 10\text{ K}$ ，置 V_1 為 2 V 峯值， V_2 為 1 V 峯值。
- (8) 以示波器 DC 檔觀測輸出電壓波形，並繪其波形於表 7-3 中。
- (9) 繪出理論之波形，並與觀測波形相比較。
- (10) 依表 7-3 所示，改變 V_1 及 V_2 峯值電壓，重覆(8)、(9)之步驟，並繪出其波形於表 7-3 中。
- (11) 改變 R_1 及 R_2 電阻如表 7-3 所示，重覆(7)~(10)之步驟，並繪其波形於表 7-3 中。

討論