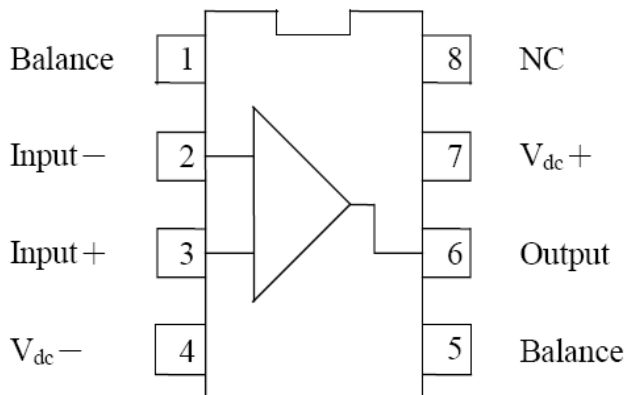


# 第四章 輸入偏壓電流與輸入抵償電流及電壓之零位補償電流

國立勤益科技大學資工系  
游正義

【E424研究室】

[youjy@ncut.edu.tw](mailto:youjy@ncut.edu.tw)



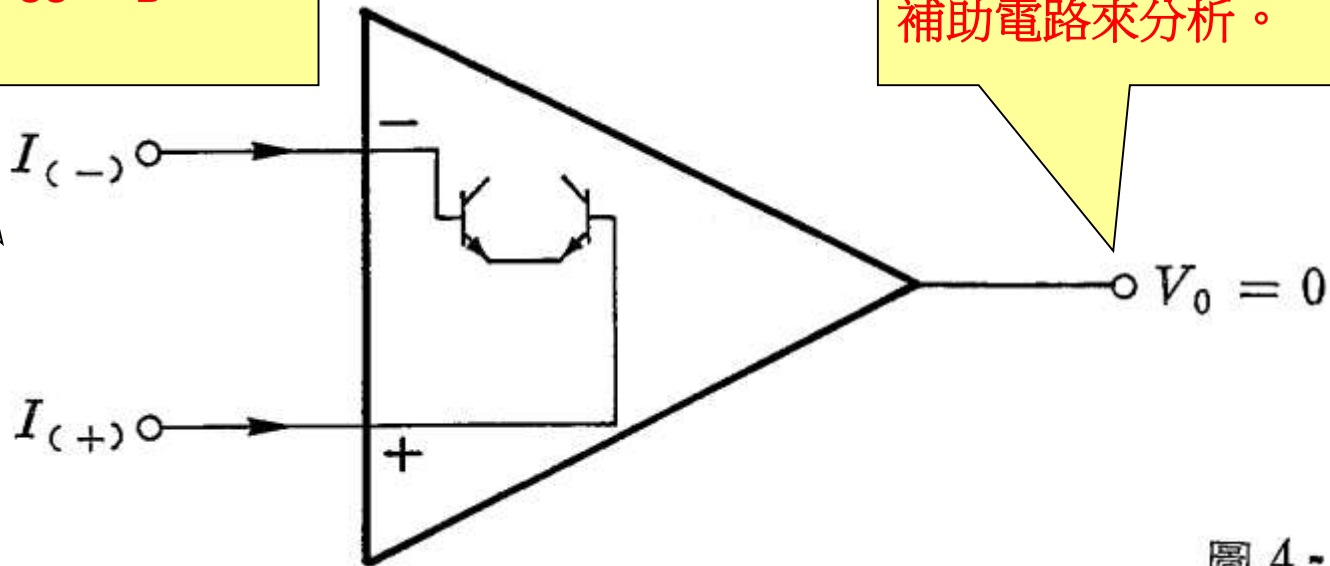
- 理想狀況下，OP Amp在輸入訊號為零時，輸出電壓亦為零。
- 然而OP Amp其輸入端的電晶體或場效應電晶體無法完全匹配，因此導致在輸入端接地時，輸出端有一微小的電壓存在。
- 平均輸入偏壓電流其定義為：當輸出電壓 $V_O$ 為零時，“+”“-”兩輸入端偏壓電流的絕對值相加再除以2而得，即

$$I_B = \frac{|I_{(+)}| + |I_{(-)}|}{2}$$

- 輸入抵償電流定義為：

$$I_{OS} = |I_{(+)}| - |I_{(-)}|$$

$I_{(+)}$ 及 $I_{(-)}$ 兩偏壓電流均很小， $I_B$ 約為 $1\mu A \sim 1nA$ ，若是場效應電晶體則 $I_B$ 值更小，而 $I_{OS}$ 比 $I_B$ 值的25%還小。



在輸入訊號接地時，必須用靈敏度極高的電表才能測出輸出端的有一微小的電壓存在，所於需借由補助電路來分析。

圖 4-1

## $I_{(-)}$ 電流對輸出的影響

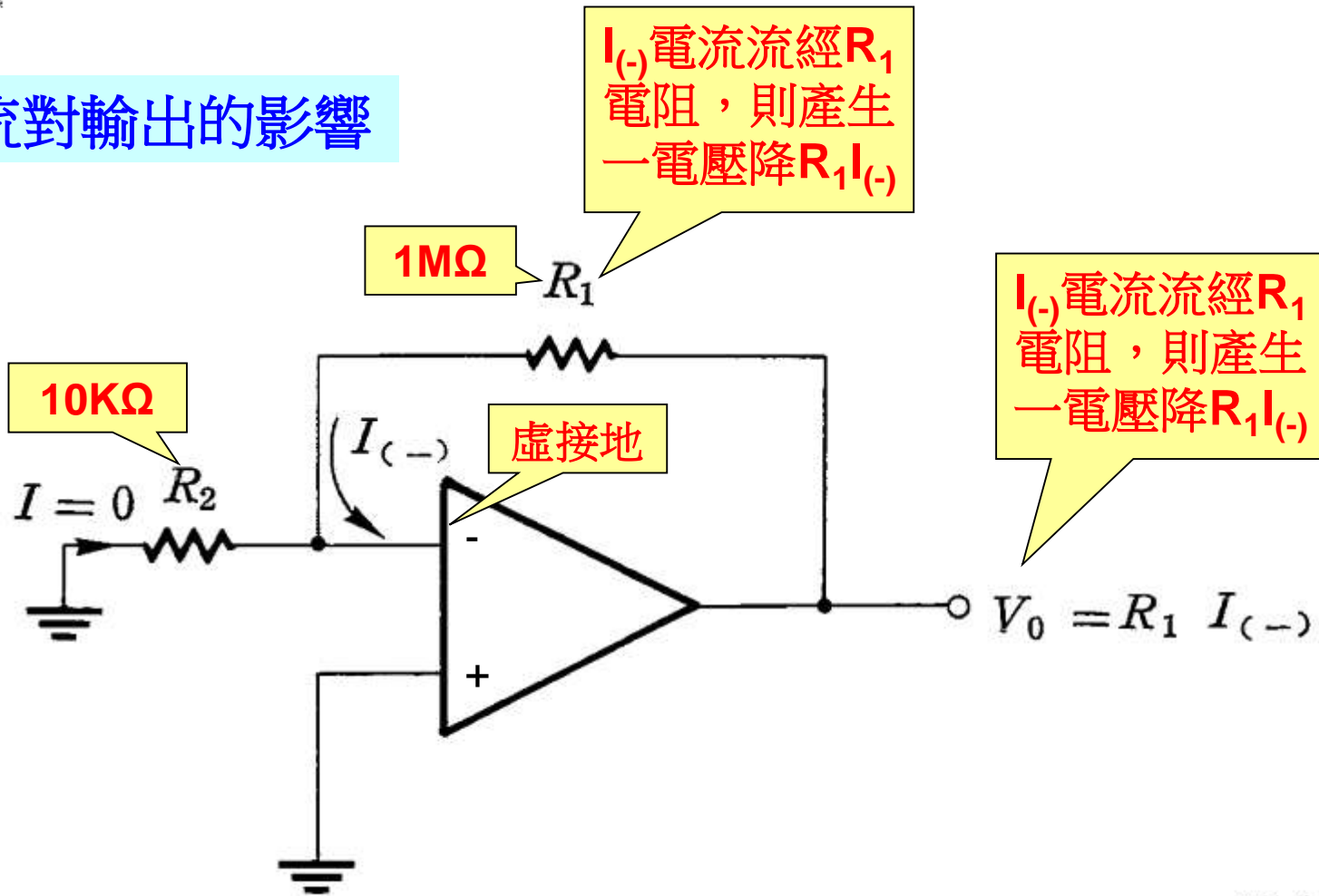


圖 4-2

## $I_{(-)}$ 電流對輸出的影響

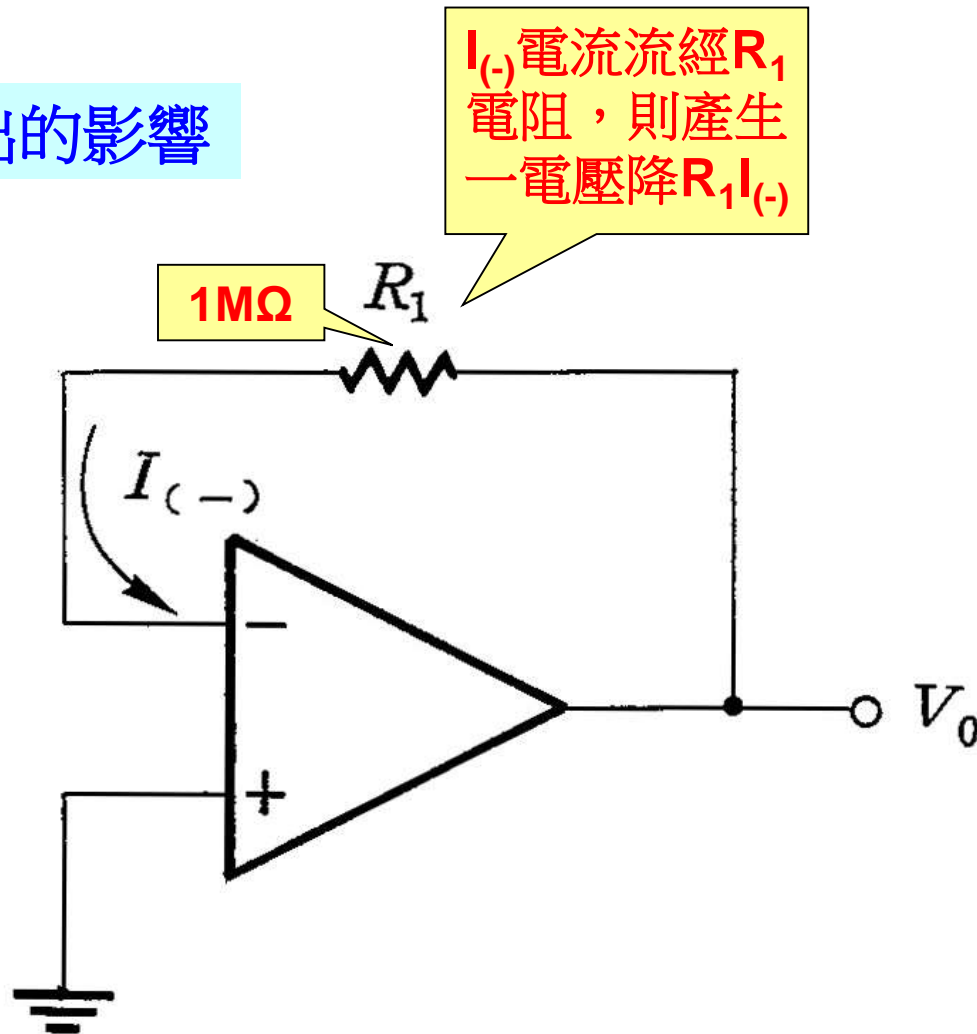
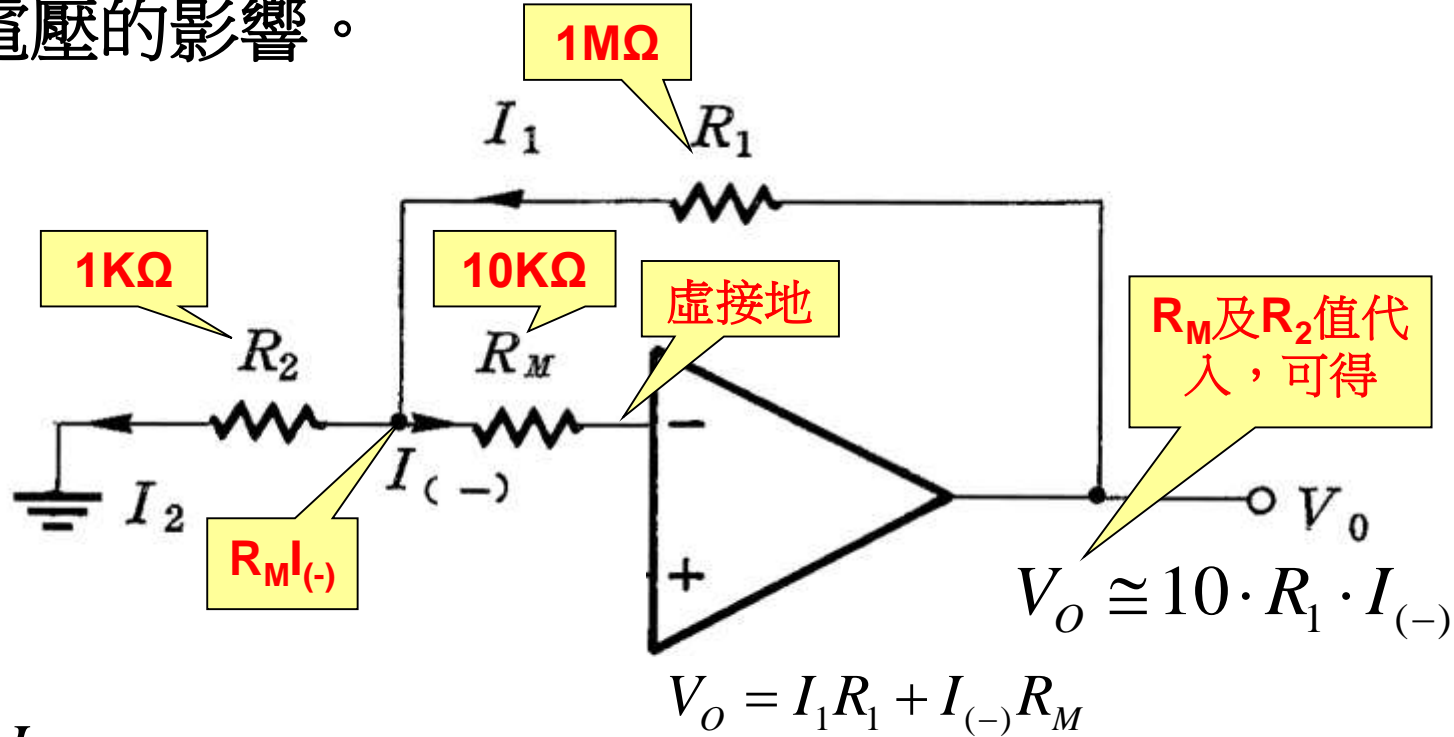


圖 4 - 3

## $I_{(-)}$ 電流對輸出的影響

- 前面電路中，若  $I_{(-)}$  電流所引起的  $V_O$  值不太大，可以採用下圖補助電路，圖中多加一個  $R_M$  電阻可以增加  $I_{(-)}$  電流對  $V_O$  電壓的影響。



$$I_2 = \frac{R_M}{R_2} I_{(-)}$$

而  $I_1 = I_2 + I_{(-)}$

$$= \frac{R_M}{R_2} I_{(-)} + I_{(-)}$$

$$= I_{(-)} \left( 1 + \frac{R_M}{R_2} \right) \cong I_{(-)} \frac{R_M}{R_2} \quad \left( \frac{R_M}{R_2} \gg 1 \right)$$

$$\cong \frac{R_M}{R_2} I_{(-)} \cdot R_1 + I_{(-)} R_M$$

$$\cong \frac{R_M}{R_2} I_{(-)} \cdot R_1 \quad \left( \text{若 } \frac{R_1}{R_2} \gg 1 \right)$$

## $I_{(+)}$ 電流對輸出的影響

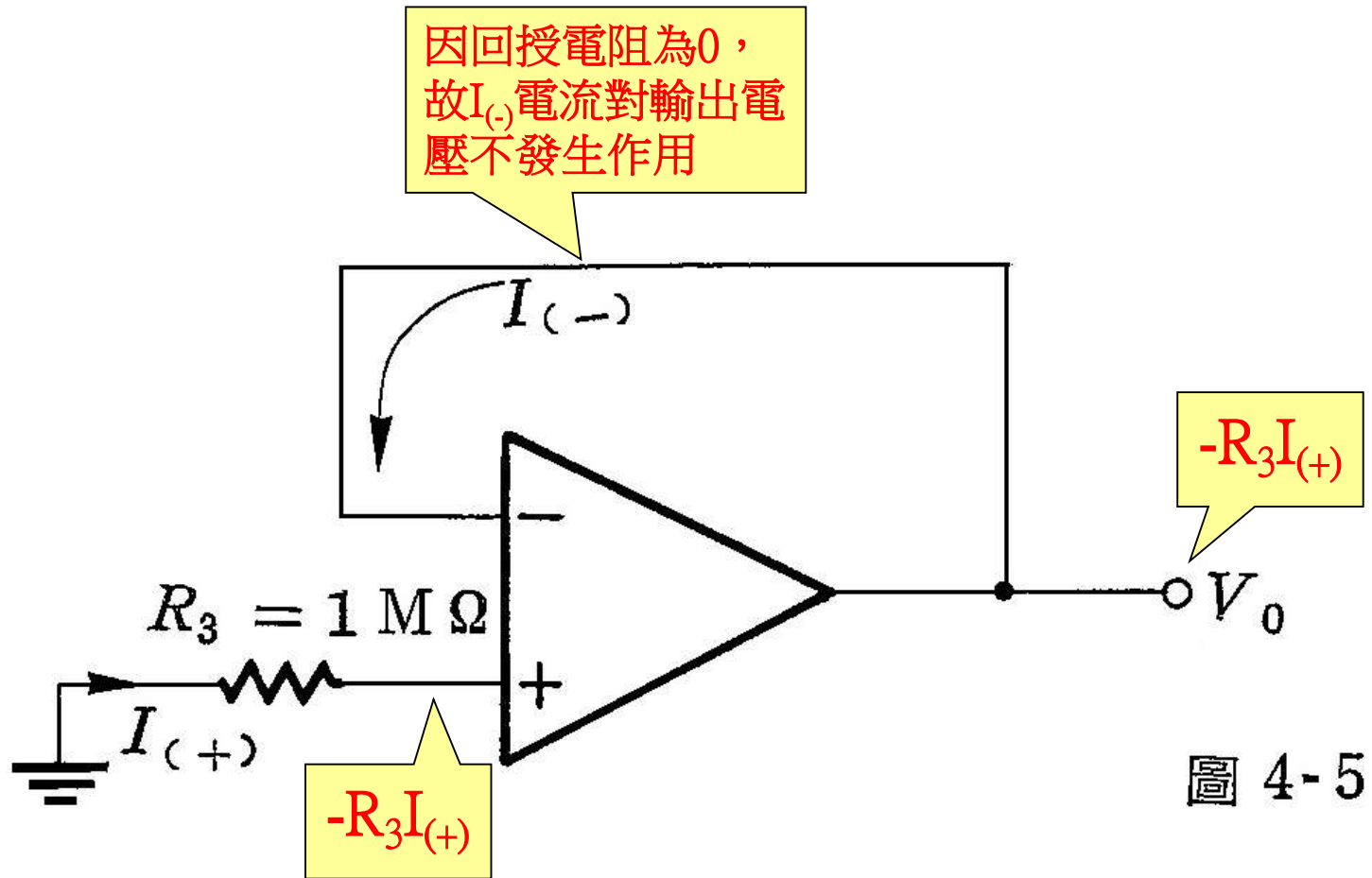


圖 4-5

## $I_{(+)}$ 電流對輸出的影響

- 輸入偏壓電流所引起的直流輸出電壓，對交流放大器之交流訊號輸出沒有什麼影響，而對直流放大器之大訊號輸出影響亦不大，但在直流放大器之小訊號輸出時，就必須考慮在內，所以應該想辦法來消除這種電壓誤差值。



## 電壓隨耦器之電壓補償

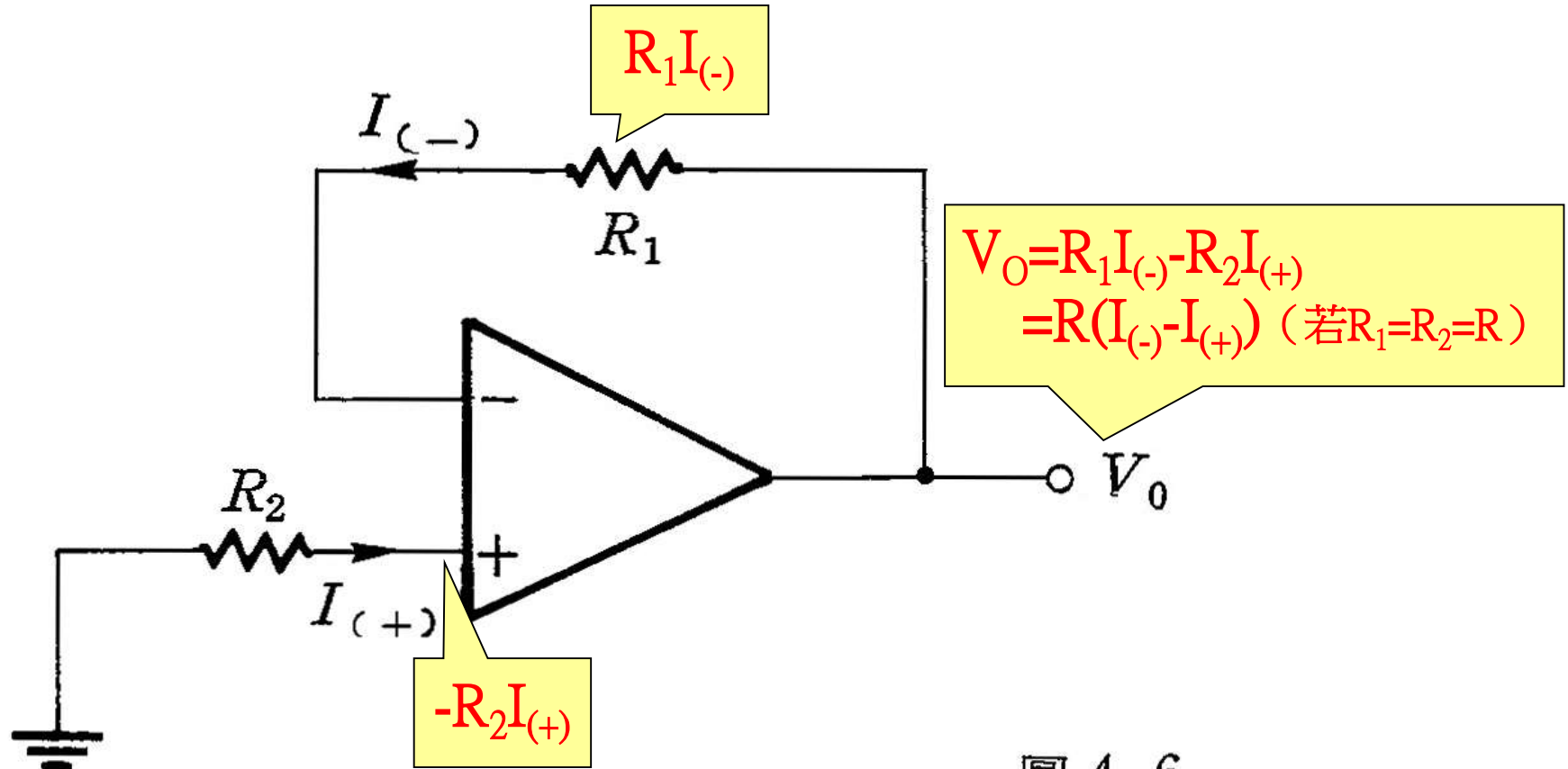


圖 4-6

- 因  $I_{OS} = I_{(-)} - I_{(+)}$  不會等於 0，此時若想使  $V_0$  為 0，可將  $R_1$  改用可變電阻，將其調至  $R_1 I_{(-)} = R_2 I_{(+)}$  時，就能使  $V_0$  為 0。通常  $I_{OS}$  值為  $I_B$  的 25%，故必然有  $I_{OS}$  的存在。

## 反向或同向放大器之電壓補償

$$I_2 = \frac{0 - (-RI_{(+)})}{R_2} = \frac{R}{R_2} I_{(+)}$$

$$I_1 = I_{(-)} - I_2 = I_{(-)} - \frac{R}{R_2} I_{(+)}$$

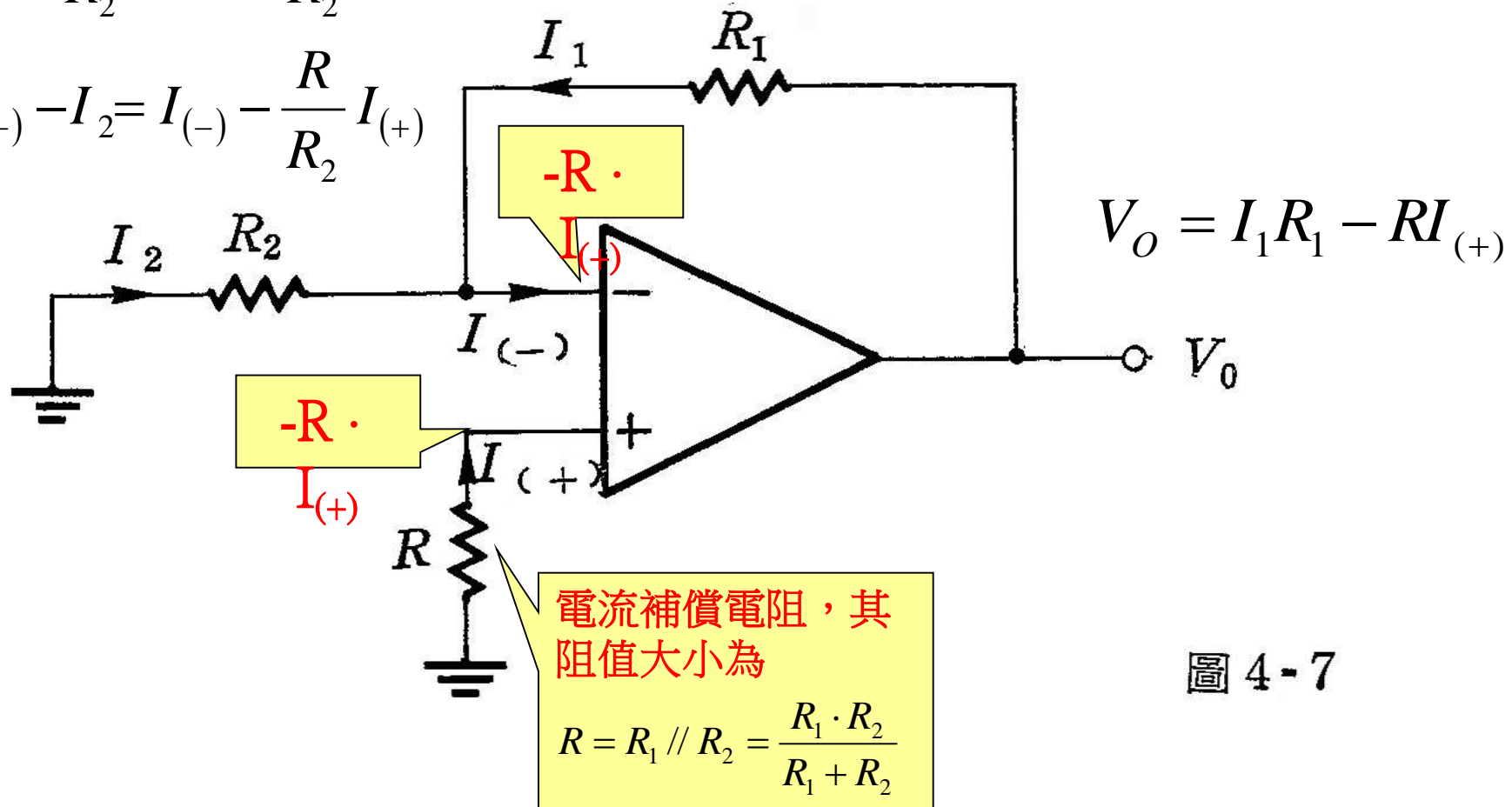


圖 4-7

$$V_O = I_1 R_1 - R I_{(+)}$$

$$= R_1 \left( I_{(-)} - \frac{R}{R_2} I_{(+)} \right) - R I_{(+)}$$

$$= R_1 I_{(-)} - \frac{R_1 R}{R_2} I_{(+)} - R I_{(+)}$$

$$= R_1 I_{(-)} - I_{(+)} R \left( \frac{R_1}{R_2} + 1 \right)$$

$$= R_1 I_{(-)} - I_{(+)} R \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$= R_1 I_{(-)} - I_{(+)} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad (\because R = R_1 // R_2)$$

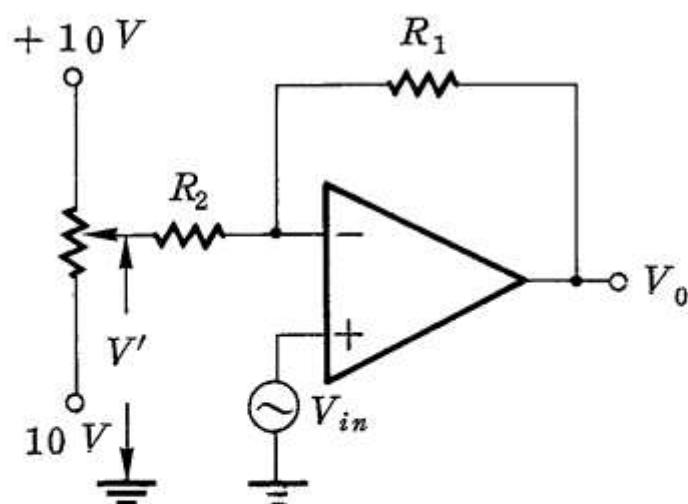
$$= R_1 I_{(-)} - R_1 I_{(+)} = R_1 (I_{(-)} - I_{(+)}) = R_1 I_{OS}$$

上式所代表的意義為：當接上電阻**R**時，輸出電壓誤差**V<sub>O</sub>**就會由圖4-2之**R<sub>1</sub>I<sub>(-)</sub>**減低至**R<sub>1</sub>I<sub>OS</sub>**（**I<sub>OS</sub>=I<sub>(-)</sub>-I<sub>(+)</sub>**，其值比**25%**的**I<sub>B</sub>**值還要小）。在最佳的情況下，**I<sub>(-)</sub>=I<sub>(+)</sub>**則**I<sub>OS</sub>=0**，而**V<sub>O</sub>=0**。

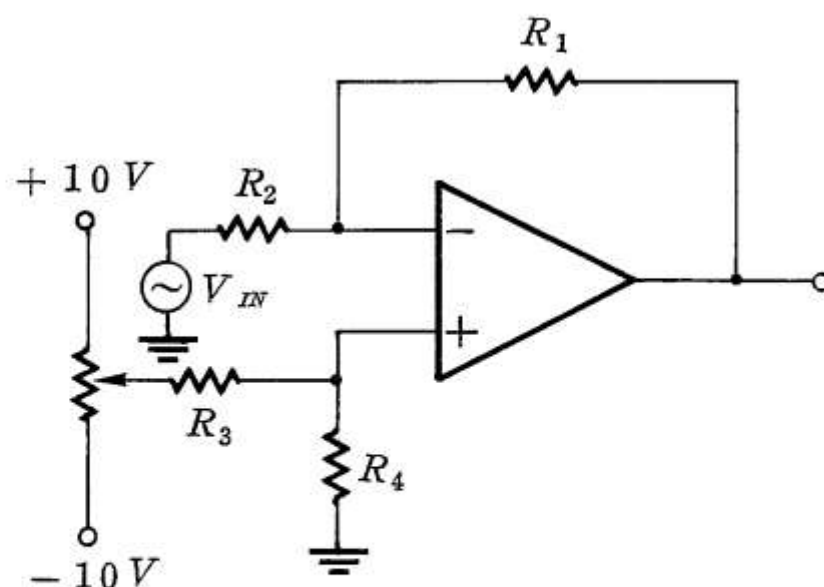
運用圖 4-7 的補償電路，假使在“+”“-”端點有很多電阻時，必須根據下面的原則：從“+”輸入端至地間的等效直流電阻要與由“-”輸入端至地的等效直流電阻相等。由於  $I_{(-)}$  不等於  $I_{(+)}$ ，因此一般皆調整  $R$  至適當值，使  $I_1 R_1 - R I_{(+)}$  等於 0，亦即  $V_o = 0$ 。

## 輸入端直流準位調整之補償電路

輸入端直流準位調整之補償電路：如圖 4-8 所示，當輸入訊號接地時（圖(a)爲“+”輸入端接地，圖(b)爲  $R_2$  電阻接地），可在另一輸入端調整可變電阻，使輸出電壓爲  $0\text{ V}$ ，則圖(a)中之  $V'$  直流電壓及圖(b)中之“+”輸入端直流電壓稱之爲輸入抵償電壓。



(a) 同相放大之零位補償電路



(b) 反相放大之零位補償電路

OP Amp 內部本身有輸入抵償電壓補償端點，我們可利用此補償端點校正 OP Amp 之輸出電壓為 0 V。圖 4-9 (a) 為 IC 附有 "offset null" (抵償歸零) 端點的抵償電壓調整，圖 4-9 (b) 為 IC 附有 Trim (修整) 端點的抵償電壓調整。

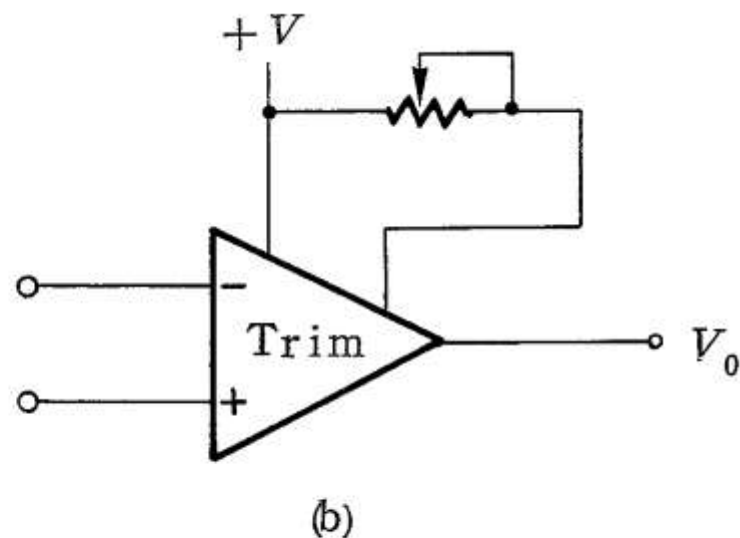
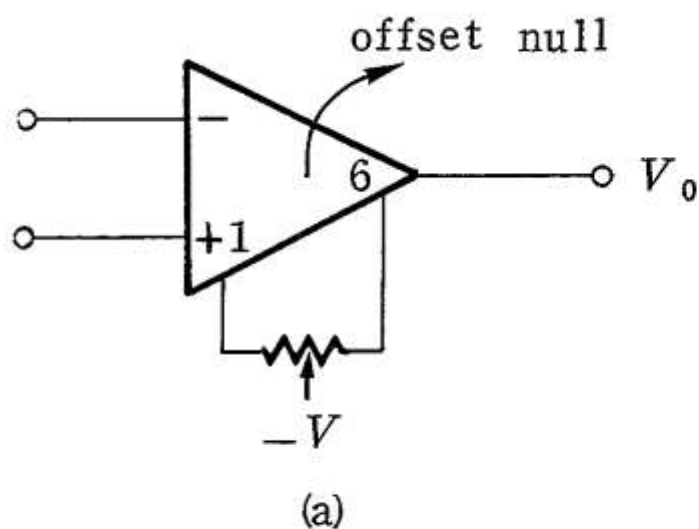


圖 4-9

### 三、實驗步驟

#### 1 輸入偏壓電流之測試：

- (1) 如圖 4-10 連接綫路。
- (2) 使用靈敏度較高之示波器或 *DVM*（三用表無法測試）測試輸出端之直流電壓，並記錄其結果於表 4-1 中。（使用示波器測試時，由於電壓低，會有雜訊干擾，應注意綫路連接）
- (3)  $R_2$  改用 100 K，重覆(2)之步驟，並記錄其結果於表 4-1 中。
- (4)  $R_2$  改用 1 M，重覆(2)之步驟，並記錄其結果於表 4-1 中。
- (5)  $R_1$  改用 10 K， $R_2$  改用 100 K，重覆(2)之步驟，並記錄其結果於表 4-1 中。

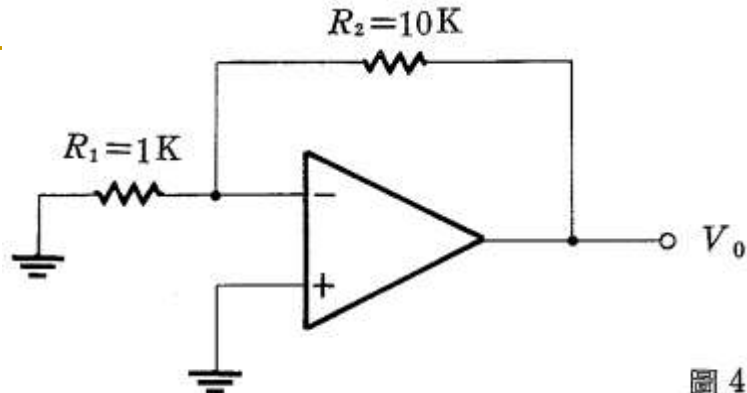


圖 4-10

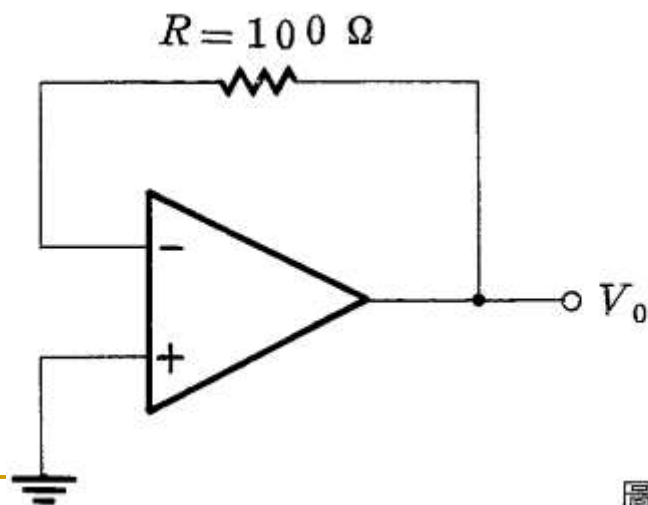


圖 4-11

- (6)  $R_1$  仍為 10 K， $R_2$  改用 1 M，重覆(2)之步驟，並記錄其結果於表 4-1 中。
- (7) 如圖 4-11 連接綫路。
- (8) 使用示波器或  $DVM$  測試輸出端之直流電壓，並記錄其結果於表 4-2 中。
- (9)  $R$  電阻改用 1 K，重覆(8)之步驟，並記錄其結果於表 4-2 中。
- (10)  $R$  電阻改用 10 K，重覆(8)之步驟，並記錄其結果於表 4-2 中。
- (11)  $R$  電阻改用 100K，重覆(8)之步驟，並記錄其結果於表 4-2 中。
- (12)  $R$  電阻改用 1 M，重覆(8)之步驟，並記錄其結果於表 4-2 中。
- (13) 如圖 4-12 連接綫路。
- (14) 使用示波器或  $DVM$  測試輸出端之直流電壓，並記錄其結果於表 4-3 中。



- (15)  $R_1$  改用 100 K，重覆(14)之步驟，並記錄其結果於表 4-3 中。
- (16)  $R_1$  改用 1 M，重覆(14)之步驟，並記錄其結果於表 4-3 中。
- (17)  $R_1$  改用 100 K， $R_M$  改用 100 K，而  $R_2$  維持不變，重覆(14)之步驟，並記錄其結果於表 4-3 中。
- (18)  $R_1$  改用 1 M， $R_2$  改用 10 K， $R_M$  仍為 100 K，重覆(14)之步驟，並記錄其結果於表 4-3 中。
- (19) 如圖 4-13 連接綫路。
- (20) 以示波器或  $DVM$  測試輸出之直流電壓，並記錄其結果於表 4-4 中。
- (21)  $R$  電阻改用 10 K，重覆(20)之步驟，並記錄其結果於表 4-4 中。
- (22)  $R$  電阻改用 100 K，重覆(20)之步驟，並記錄其結果於表 4-4 中。

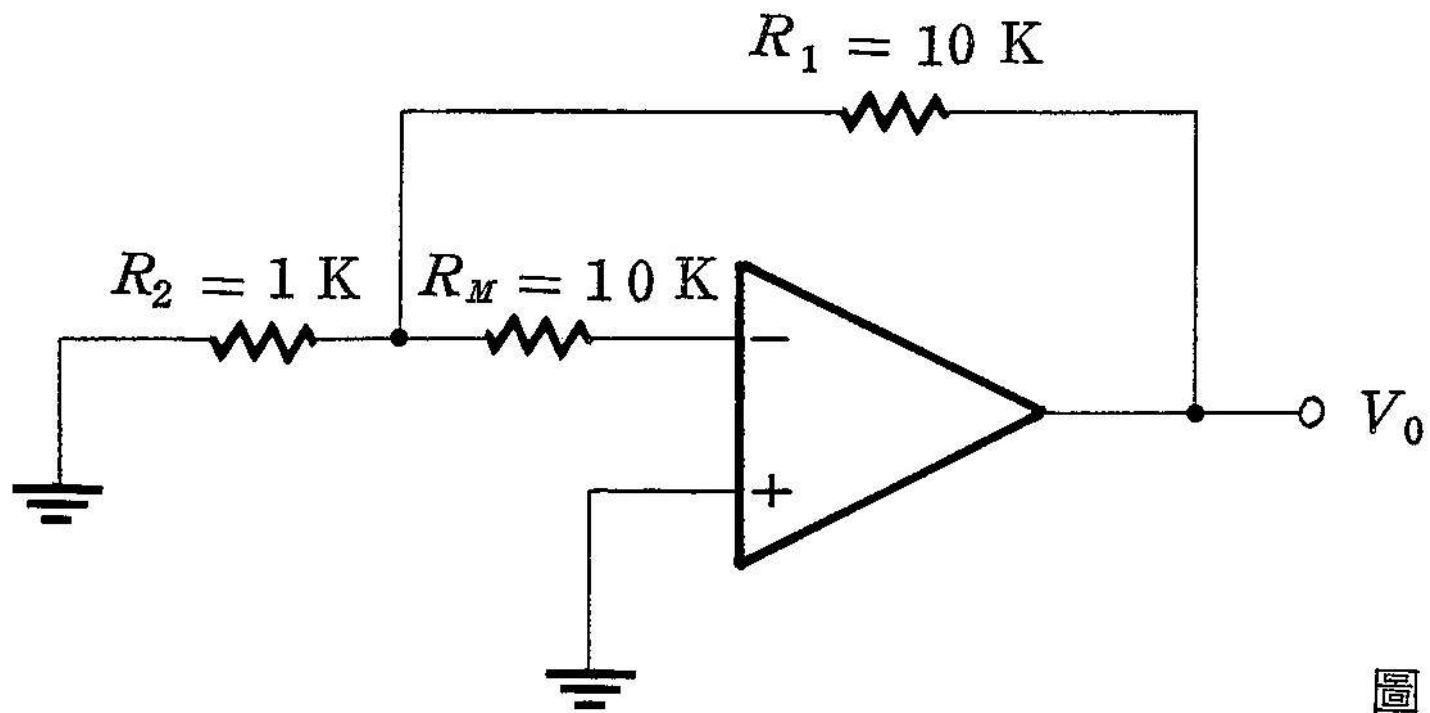


圖 4 - 12

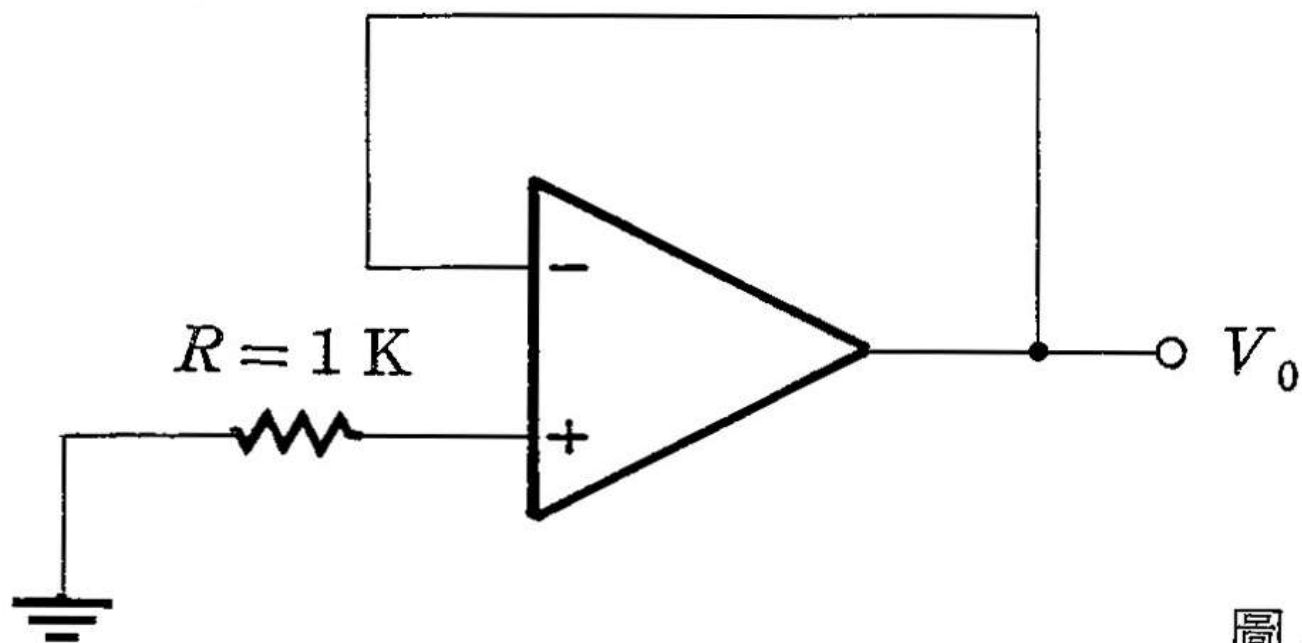


圖 4-13

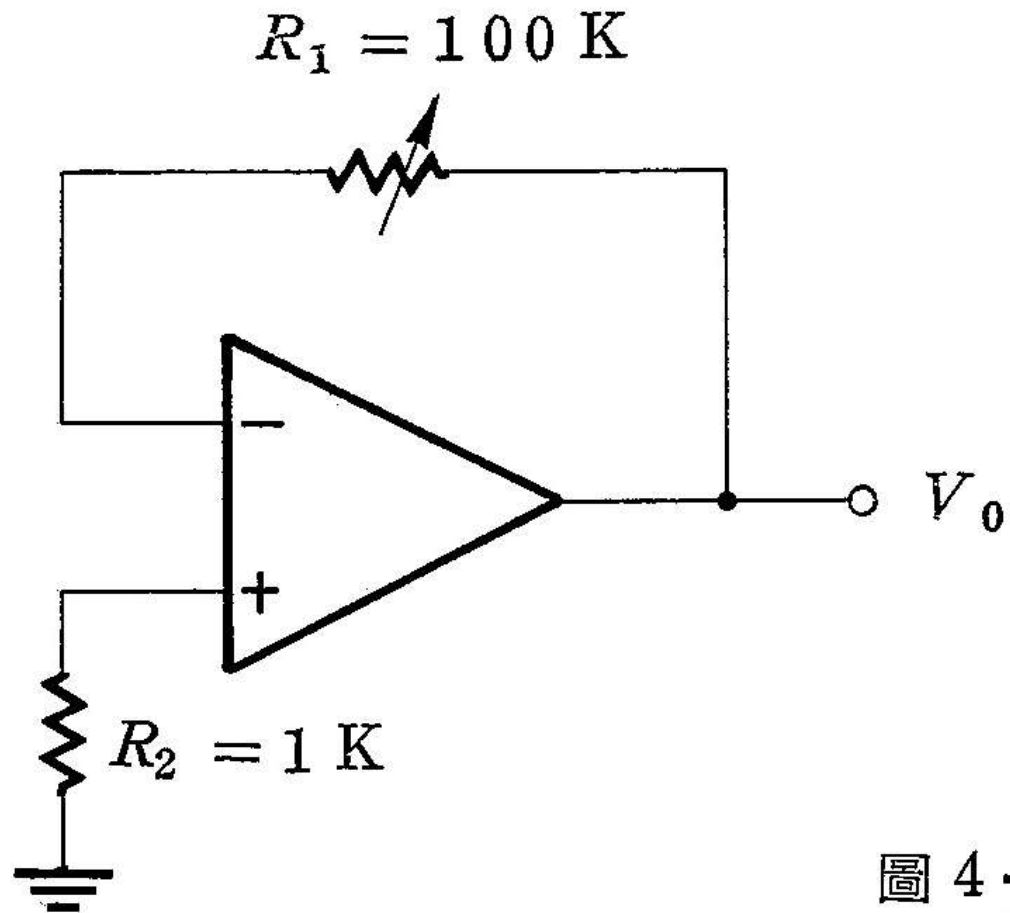


圖 4 - 14

(23)  $R$  電阻改用 500 K，重覆(20)之步驟，並記錄其結果於表 4-4 中。

(24)  $R$  電阻改用 1 M，重覆(20)之步驟，並記錄其結果於表 4-4 中。

## 2. 輸入抵償電流之補償電路測試：

(1) 如圖 4-14 連接綫路。

(2) 以示波器或  $DVM$  測試輸出直流電壓  $V_o$ ，調整  $R_1$  電阻，使  $V_o$  電壓爲零。

(3) 將  $R_1$  移開，以三用表或  $DVM$  測試其電阻值，並記錄其結果於表 4-5 中。

(4)  $R_2$  改用 10 K，重覆(2)、(3)之步驟，並記錄其結果於表 4-5 中。

(5)  $R_2$  改用 100 K， $R_1$  改用 1 M 可變電阻，重覆(2)、(3)之步驟，並記錄其結果於表 4-5 中。

(6)  $R_2$  改用 500 K，重覆(2)、(3)之步驟，並記錄其結果於表 4-5 中。

(7)  $R_2$  改用 1 M，重覆(2)、(3)之步驟，並記錄其結果於表 4-5 中。

(8) 如圖 4-15 連接綫路。

(9) 以示波器或  $DVM$  測試輸出直流電壓  $V_o$ ，調整  $R_x$  可變電阻，使  $V_o$  電壓爲零。

(10) 將  $R_x$  移開，以三用表或  $DVM$  測試其電阻值，並記錄其結果於表 4-6 中。

(11)  $R_2$  改用 5 K，重覆(9)、(10)之步驟，並記錄其結果於表 4-6 中。

(12)  $R_2$  改用 10 K，重覆(9)、(10)之步驟，並記錄其結果於表 4-6 中。

(13)  $R_1$  改用 100 K， $R_2$  仍爲 10 K， $R_x$  改用 100 K 可變電阻，重覆(9)、(10)之

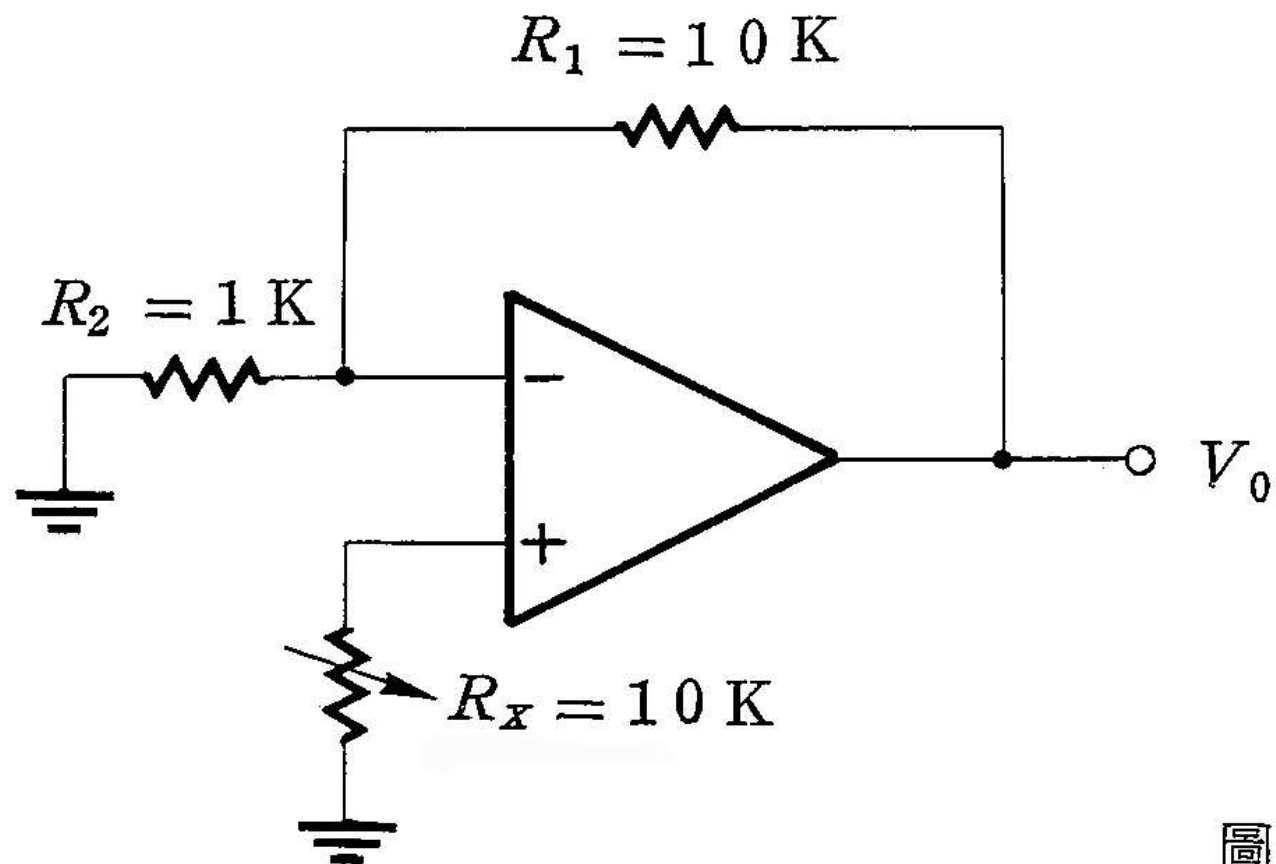


圖 4-15

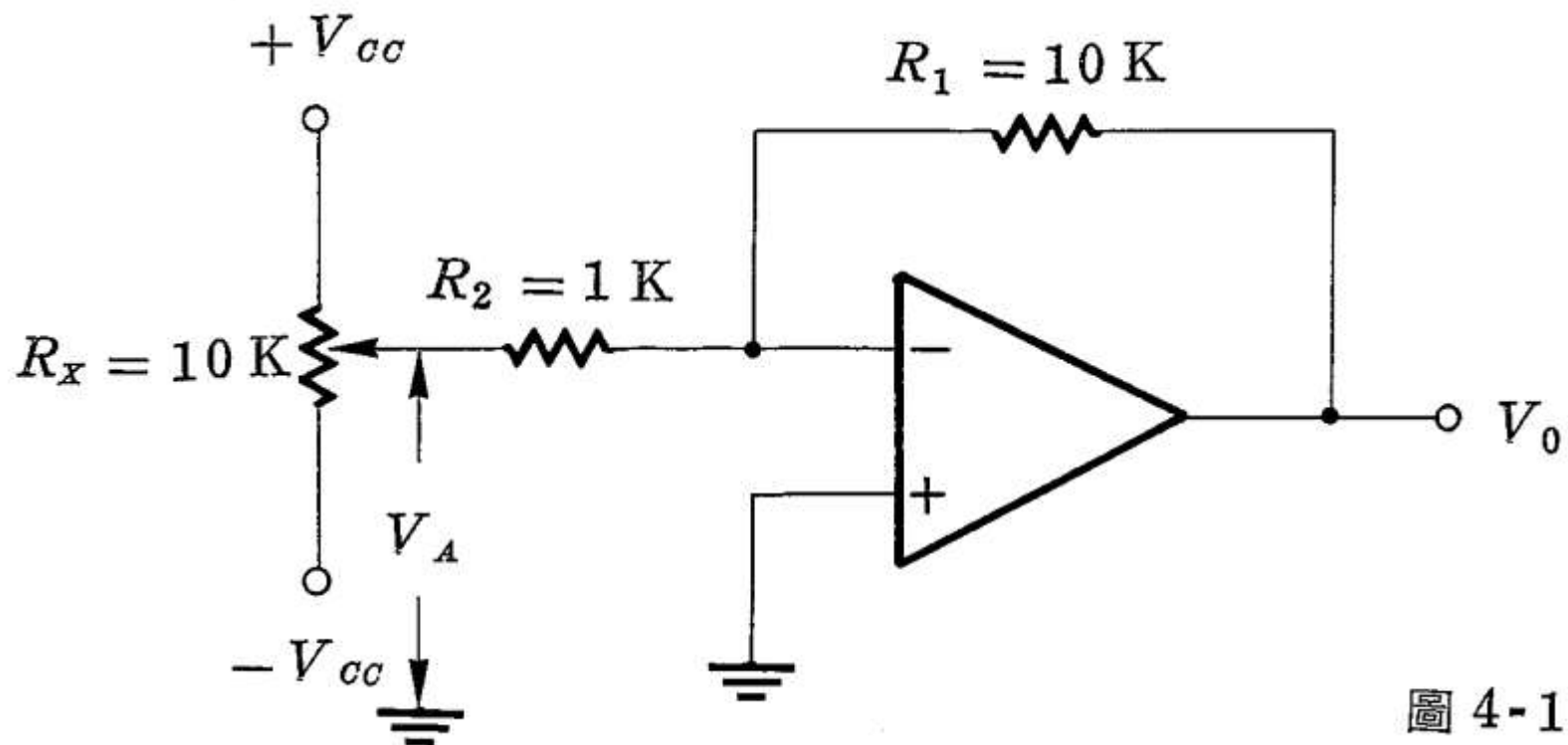


圖 4-16

步驟，並記錄其結果於表 4-6 中。

- (14)  $R_2$  改用 100K， $R_1$  及  $R_x$  維持不變，重覆(9)、(10)之步驟，並記錄其結果於表 4-6 中。

### 3. 輸入抵償電壓之補償電路測試：

- (1) 如圖 4-16 連接線路。
- (2) 以示波器或  $DVM$  測試輸出直流電壓  $V_o$ ，調整  $R_x$  電阻，使  $V_o$  電壓為零。
- (3) 再以示波器或  $DVM$  測試  $V_A$  之直流電壓值，並記錄其結果於表 4-7 中。
- (4)  $R_2$  改用 10 K，重覆(2)、(3)之步驟，並記錄其結果於表 4-7 中。
- (5)  $R_1$  改用 100 K， $R_2$  維持不變，重覆(2)、(3)之步驟，並記錄其結果於表 4-7 中。
- (6)  $R_2$  改用 100 K， $R_1$  維持不變，重覆(2)、(3)之步驟，並記錄其結果於表 4-7 中。
- (7)  $R_1$  改用 1 M， $R_2$  維持不變，重覆(2)、(3)之步驟，並記錄其結果於表 4-7 中。
- (8) 如圖 4-17 連接線路。
- (9) 以示波器或  $DVM$  測試輸出直流電壓  $V_o$ ，調整  $R_x$  電阻，使  $V_o$  電壓為零。
- (10) 再以示波器或  $DVM$  測試  $V_A$  之直流電壓值，並記錄其結果於表 4-8 中。
- (11)  $R_2$  改用 10 K，重覆(9)、(10)之步驟，並記錄其結果於表 4-8 中。



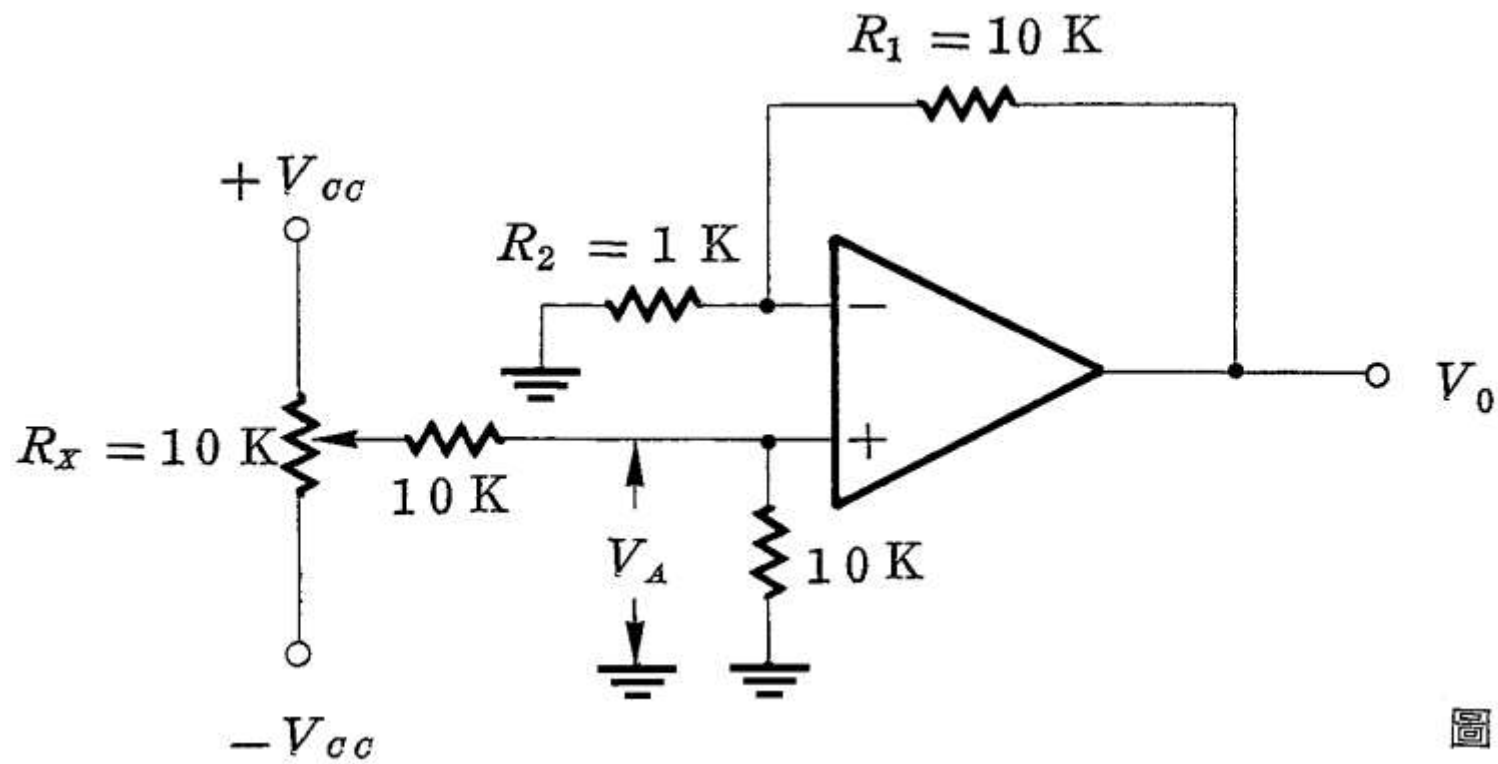


圖 4-17

- (12)  $R_1$  改用  $100\text{ K}$ ， $R_2$  維持不變，重覆(9)、(10)之步驟，並記錄其結果於表 4-8 中。
- (13)  $R_2$  改用  $100\text{ K}$ ， $R_1$  維持不變，重覆(9)、(10)之步驟，並記錄其結果於表 4-8 中。
- (14)  $R_1$  改用  $1\text{ M}$ ， $R_2$  維持不變，重覆(9)、(10)之步驟，並記錄其結果於表 4 - 8 中。
- (15) 如圖 4-18 連接綫路。(以  $\mu A 741$  為例，其他  $IC$ ，則視內部電路結構而決定補償電路之接法)
- (16) 以示波器或  $DVM$  測試輸出直流電壓  $V_o$ ，調整  $R_x$  電阻，使  $V_o$  電壓為零。
- (17) 將  $R_x$  移開，以三用表或  $DVM$  測試  $R_{AC}$  及  $R_{BC}$  電阻值，並記錄其結果於表 4 - 9 中。
- (18)  $R_2$  改用  $10\text{ K}$ ，重覆(16)、(17)之步驟，並記錄其結果於表 4 - 9 中。
- (19)  $R_1$  改用  $100\text{ K}$ ， $R_2$  維持不變，重覆(16)、(17)之步驟，並記錄其結果於表 4-9 中。
- (20)  $R_2$  改用  $100\text{ K}$ ， $R_1$  維持不變，重覆(16)、(17)之步驟，並記錄其結果於表 4-9 中。
- (21)  $R_1$  改用  $1\text{ M}$ ， $R_2$  維持不變，重覆(16)、(17)之步驟，並記錄其結果於表 4 - 9 中。
- (22) 改用其他型號之  $IC$ ，重覆(15)~(21)之步驟，並記錄其結果於表 4-10 中。

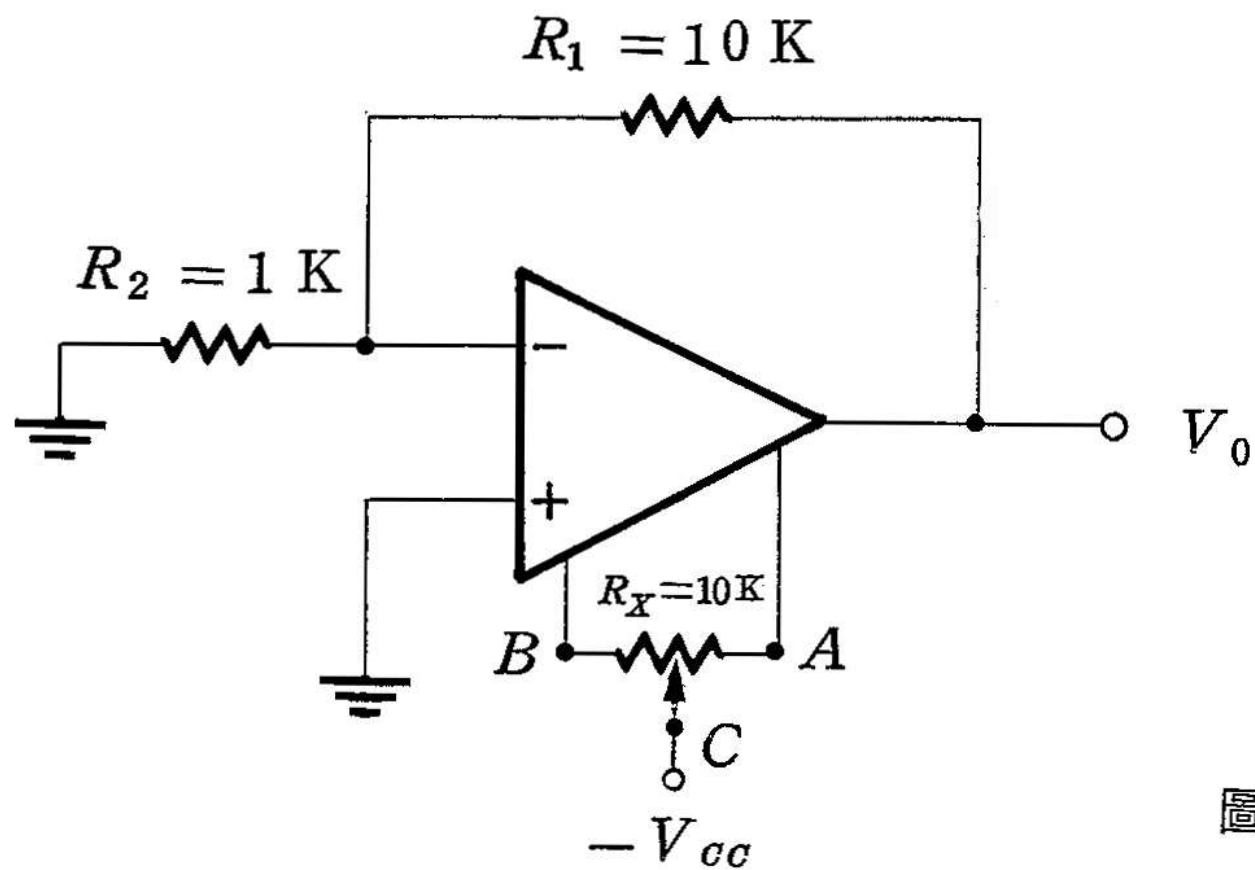


圖 4-18

# 討論