

## 741 運算放大器使用說明

物理量的感測在一般應用中，經常使用各類感測器將位移、角度、壓力、與流量等物理量轉換為電流或電壓訊號，之後再藉由量測此電壓電流訊號間接推算出物理量變化，藉以達成感測、控制的目的。但有時感測器所輸出的電壓電流訊號可能非常微小，以致訊號處理時難以察覺其間的變化，故需要以放大器進行訊號放大以順利測得電流電壓訊號，而放大器所能達成的工作不僅是放大訊號而已，尚能應用於緩衝隔離、準位轉換、阻抗匹配、以及將電壓轉換為電流或電流轉換為電壓等用途。現今放大器種類繁多，一般仍以運算放大器(Operational Amplifier, Op Amp)應用較為廣泛，本文即針對 741 運算放大器的使用加以說明。

### 1. 運算放大器簡介

放大器最初被開發的目的是運用於類比計算機之運算電路，其內部為複雜的積體電路(Integrated Circuit, IC)，亦即在單一電子元件中整合了許多電晶體與二極體，圖 1 為一般放大器之內部等值電路。

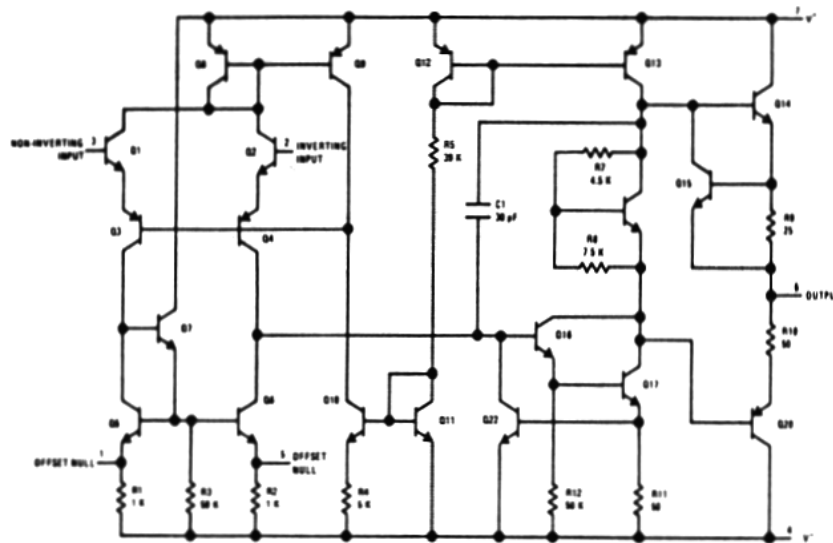


圖 1. 運算放大器內部等值電路

運算放大器屬於使用回授電路進行運算的高放大倍率型放大器，其放大倍率完全由外界元件所控制，透過外接電路或電阻的搭配，即可決定增益（即放大倍率）大小。圖 2 為運算放大器於電路中的表示符號，可看出其包含兩個輸入端，其中（+）端為非反相(Non-Inverting)端，而（-）端稱為反相(Inverting)端，運算放大器的作動與此二輸入端差值有關，此差值稱為「差動輸入」。通常放大器的理想增益為無窮大，實際使用時亦往往相當高（可放大至  $10^5$  或  $10^6$  倍），故差動輸入跟增益後輸出比較起來幾乎等於零。



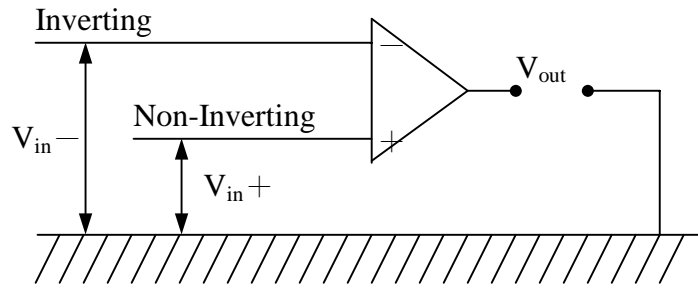


圖 2. 差動運算放大器表示符號

## 2. 741 運算放大器使用說明

### 2.1 作動方式與原理

741 放大器為運算放大器中最常被使用的一種，擁有反相向與非反相兩輸入端，由輸入端輸入欲被放大的電流或電壓訊號，經放大後由輸出端輸出。放大器作動時的最大特點為需要一對同樣大小的正負電源，其值由 $\pm 12V_{dc}$ 至 $\pm 18V_{dc}$ 不等，而一般使用 $\pm 15V_{dc}$ 的電壓。741 運算放大器的外型與接腳配置分別如圖 3、4 所示。

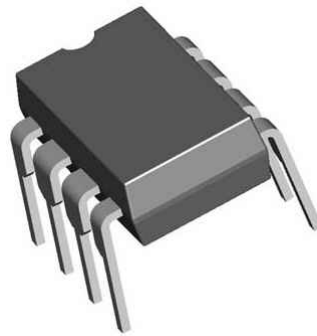


圖 3. 741 運算放大器外型圖

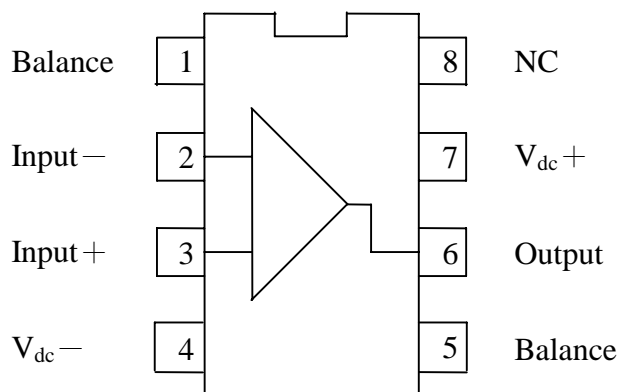


圖 4. 741 放大器輸出入腳位圖

741 運算放大器使用時需於 7、4 腳位供應一對同等大小的正負電源電壓 $+V_{dc}$ 與 $-V_{dc}$ ，一旦於 2、3 腳位即兩輸入端間有電壓差存在，壓差即會被放大於輸出端，唯 Op 放大器具有一特色，其輸出電壓值決不會大於正電源電壓 $+V_{dc}$ 或小於負電源電壓 $-V_{dc}$ ，輸入電壓差經放大後若大於外接電



源電壓  $+V_{dc}$  至  $-V_{dc}$  之範圍，其值會等於  $+V_{dc}$  或  $-V_{dc}$ ，故一般運算放大器輸出電壓均具有如圖 5 之特性曲線，輸出電壓於到達  $+V_{dc}$  和  $-V_{dc}$  後會呈現飽和現象。

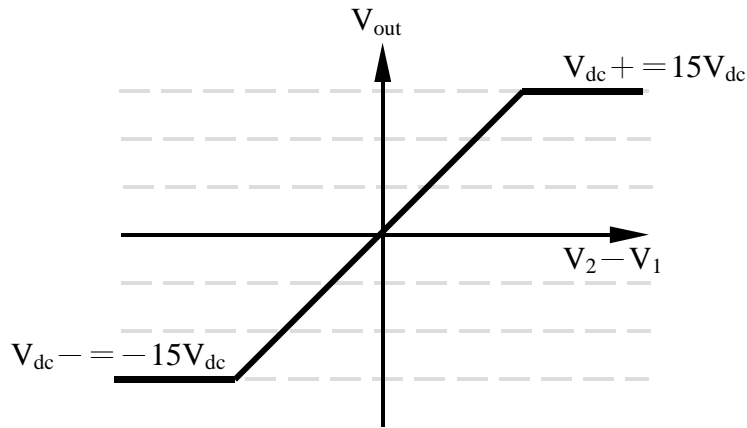


圖 5. 放大器輸出入電壓關係圖

741 運算放大器之基本動作如圖 6 所示，若在非反相輸入端輸入電壓，會於輸出端得到被放大的同極性輸出；若以相同電壓訊號在反相輸入端輸入，則會在輸出端獲得放大相同倍率後但呈逆極性之訊號輸出。而當對放大器兩輸入端同時輸入電壓時，則是以非反相輸入端電壓值( $V_1$ )減去反相輸入端電壓值( $V_2$ )，可於輸出端得到( $V_1 - V_2$ )經過倍率放大後之輸出。

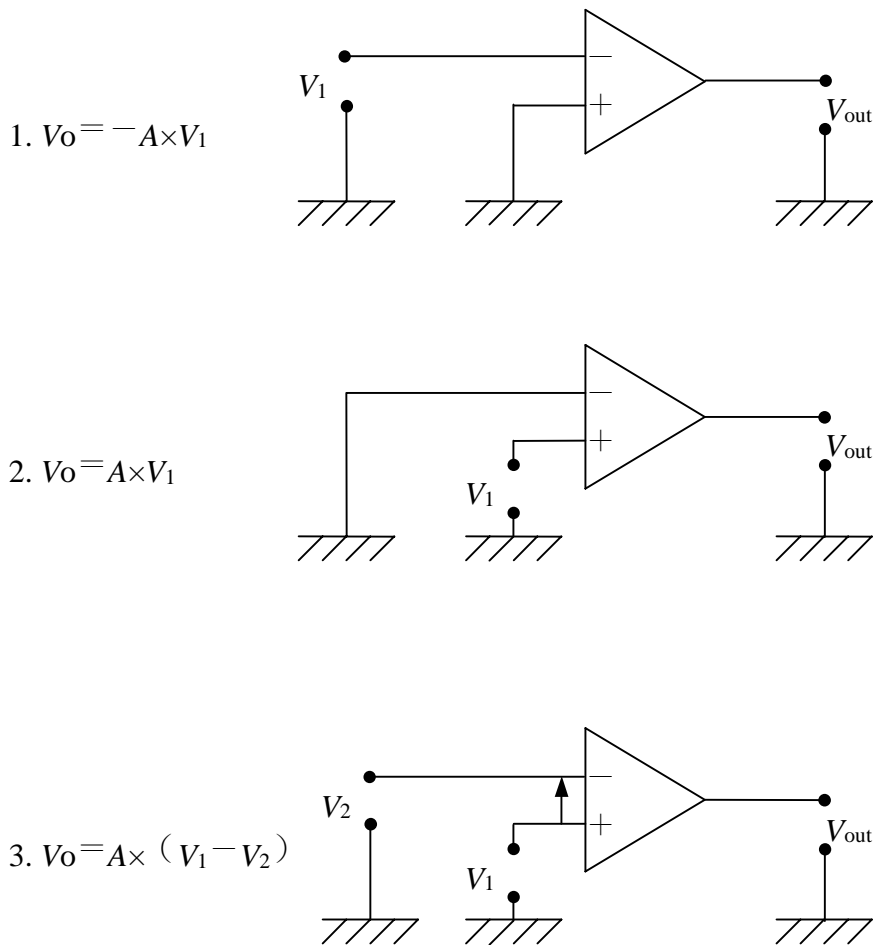


圖 6. 放大器基本輸出入關係圖



## 2.2 電源供應

電源供應器本身具備兩組外接插孔以提供兩組電源輸出，如圖 7 所示，當需要以一正一負方式輸出電壓時，可利用電源供應器上 Tracking 鍵之功能。例如欲產生  $\pm 15V_{dc}$  電壓，需先行將兩組電源輸出中其中一組之正端接上另一組之負端，剩下未接的兩個輸出端便為電源輸出端，之後將電源供應器電源打開並將儀表板上 Tracking 鍵按下，再由板面上調整旋鈕以調整出所需之  $\pm 15V_{dc}$  電壓。於調整時已可發現，儘管只旋轉其中一組電源輸出調整旋鈕，但兩組電壓輸出值會同時改變且顯示數字相同，只是一端為正，一端為負，此時即可得到一端正值、一端負值，且同為  $15V_{dc}$  之輸出，其原理類似拿兩個電池頭尾相接串聯的情況。

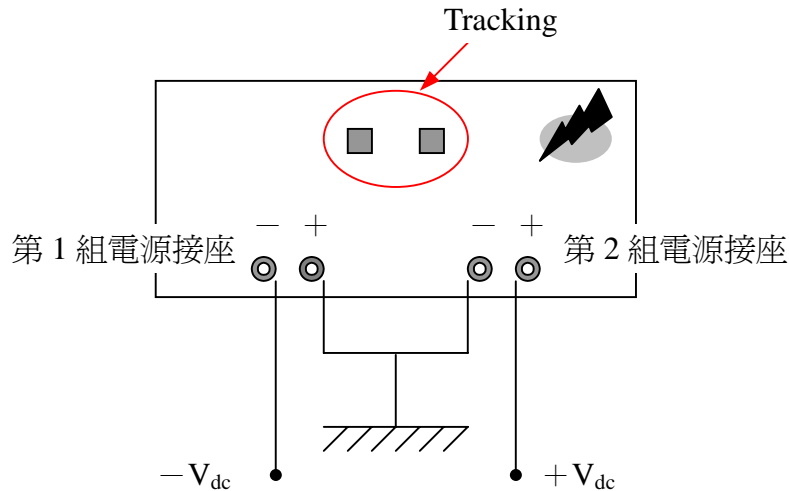


圖 7. 電源供應器產生  $\pm V_{dc}$  電壓輸出接線圖

然而若是欲將放大電路與感測元件整合於測試機台中時，便無法使用電源供應器提供運算放大器電源，此時需要自製  $\pm 15V_{dc}$  電源電路。製作方法是利用橋式整流器與穩壓 IC 搭配適當規格之電容構成整流電路，將一般常用之 110 伏特電源轉為  $\pm 15V_{dc}$  之電源，其電路圖如圖 8 所示，110 伏特電源經橋式整流器後，利用三端穩壓 IC7815 與 7915 將電壓值調整至  $\pm 15V_{dc}$ ，其中 7815 為正電壓調整器用以穩定電壓至  $+15V_{dc}$ ，7915 則進行負電壓調整。

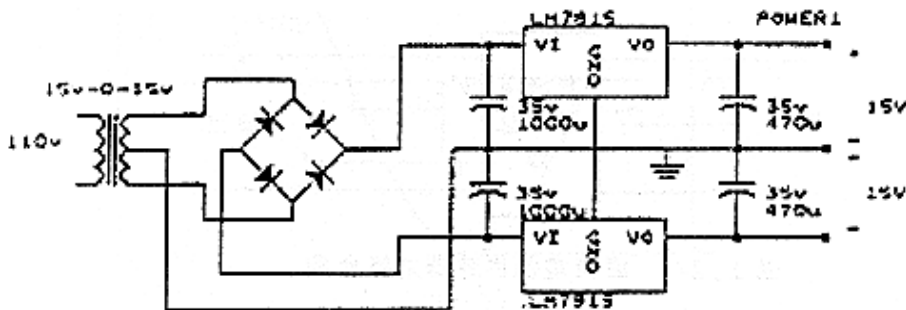


圖 8. 利用穩壓 IC 自製  $\pm V_{dc}$  電源電路圖



### 3. 運算放大器常用電路

實際使用運算放大器時，因各類感測器輸出電壓變化極大，放大後電壓很難正好落在放大器輸出電壓範圍內，且運算放大器輸入電源電壓有其限制之承受範圍限制，故需在電路上變化或補正。另外放大器放大倍率亦不一定正好為所需倍率，故需外接不同阻值電阻來解決。以下是一些簡單的放大器應用電路介紹及其電路圖。

#### 3.1 緩衝電路

將輸出電壓的一部份引回輸入端之動作稱為回授，而其中將輸出電壓引回反相輸入端者稱為負回授，負回授會使得整個電路的放大倍數下降，但卻能因此得到正確的電路放大倍數，且可在輸入電阻很大時，使輸出電阻變小，並且使放大頻率頻寬增大。

圖 9 為放大倍數為 1 倍的緩衝電路，當 a 點電壓為  $V_1$  時， $V_o=V_1$ 。

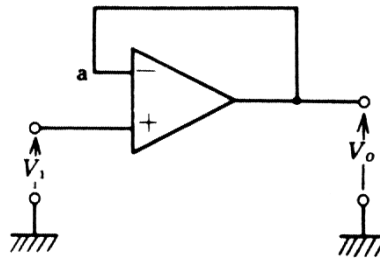


圖 9. 緩衝電路

#### 3.2 非反相放大電路

使用回授方式將輸出電壓引回反相輸出端形成負回授電路，其輸出訊號與輸入同相，可得到  $(1 + R_1/R_2)$  倍的輸出，其電路如圖 10 所示。圖中 a 點電位為  $V_1$ ，流過回授電阻  $R_1$  的電流

$$I = \frac{V_1}{R_2} \quad (1)$$

則可得

$$V_o = V_1 + IR_1 = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \times V_1 \quad (2)$$



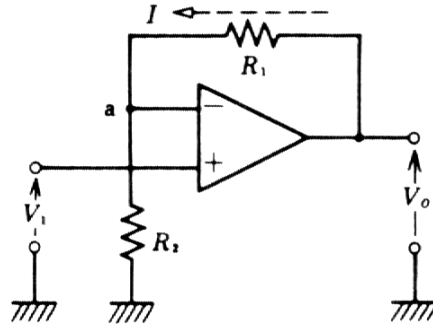


圖 10. 非反相放大電路

### 3.3 反相放大電路

反相放大電路之接法如圖 11，同樣是使用負回授電路方式作動，只是此時訊號由反相端輸入，故會得到與輸入端反相之輸出，當輸入電壓 $V_1$ 增大時會使得輸出電壓 $V_o$ 下降。此電路可以得到 $(R_1/R_2)$ 倍的輸出，當a點電位為 $0V$ 時，其輸出電流如式(1)為 $V_1/R_2$ ，則

$$V_o = -IR_1 = -\frac{R_1}{R_2} \times V_1 \quad (3)$$

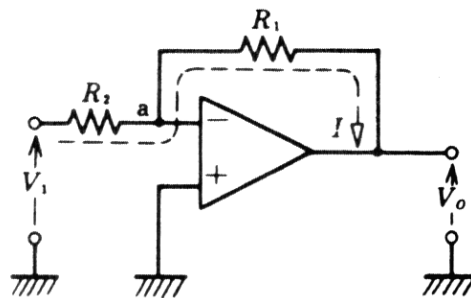


圖 11. 放大器應用電路 3—反相放大電路

### 3.4 差動放大電路

圖 12 是能夠將兩個輸入電壓 $V_1$ 、 $V_2$ 之間的電壓差值放大的電路，同樣是利用將輸出電壓引回反相輸入端的負回授電路，可以得到 $R_1/R_2$ 倍的放大倍率。因為此電路之b點電位是由 $V_2$ 決定，所以a點與b點會有相同的輸入電壓，則

$$V_b = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_2, \quad V_a = V_b \quad (4)$$

通過回授電阻 $R_1$ 上的電流為



$$I_{R1} = \frac{V_1 - V_b}{R_2} = \frac{V_1}{R_2} - \frac{V_b}{R_2} = \left( \frac{V_1}{R_2} \right) - \left( \frac{1}{R_2} \times \frac{R_1 V_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (5)$$

故通過電阻 $R_1$ 所產生的壓降為

$$V_{R1} = -I_{R1} \times R_1 = -\frac{V_1 R_1}{R_2} + \frac{V_2 R_1^2}{R_2(R_1 + R_2)} \quad (6)$$

因為輸出電壓 $V_o$ 是 $V_{R1}$ 與 $V_b$ 之和，故整理得輸出電壓為

$$\begin{aligned} V_o &= V_b + V_{R1} \\ &= \frac{V_2 R_1}{R_1 + R_2} - \frac{V_1 R_2}{R_2} + \frac{V_2 R_1^2}{R_2(R_1 + R_2)} = \frac{V_2 R_1}{R_2} - \frac{V_1 R_1}{R_2} = \frac{R_1}{R_2} (V_2 - V_1) \end{aligned} \quad (7)$$

$$V_o = \frac{R_1}{R_2} (V_2 - V_1) \quad (8)$$

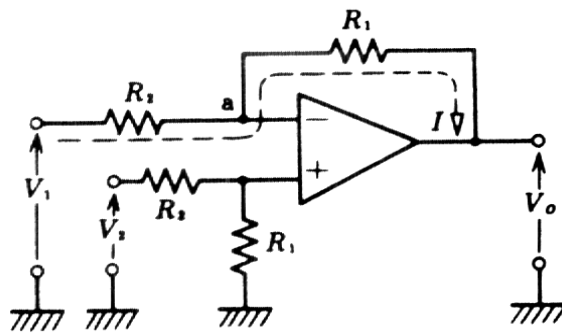
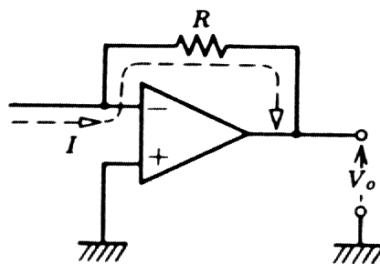


圖 12. 差動放大電路

### 3.5 I/V 變換電路

藉由I/V變換電路可得到隨輸入電流變化的輸出電壓，線路接法如圖 13，其輸出電壓 $V_o = -IR$ 。



R.

圖 13. I/V 變換電路



### 3.6. V/I 變換電路

藉由V/I變換電路得到隨輸入電壓變化的輸出電流，線路接法如圖 14，其輸出電流同式(1)為  $V_1/R_2$ 。

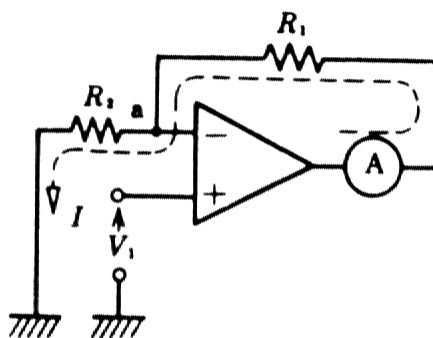


圖 14. V/I 變換電路

