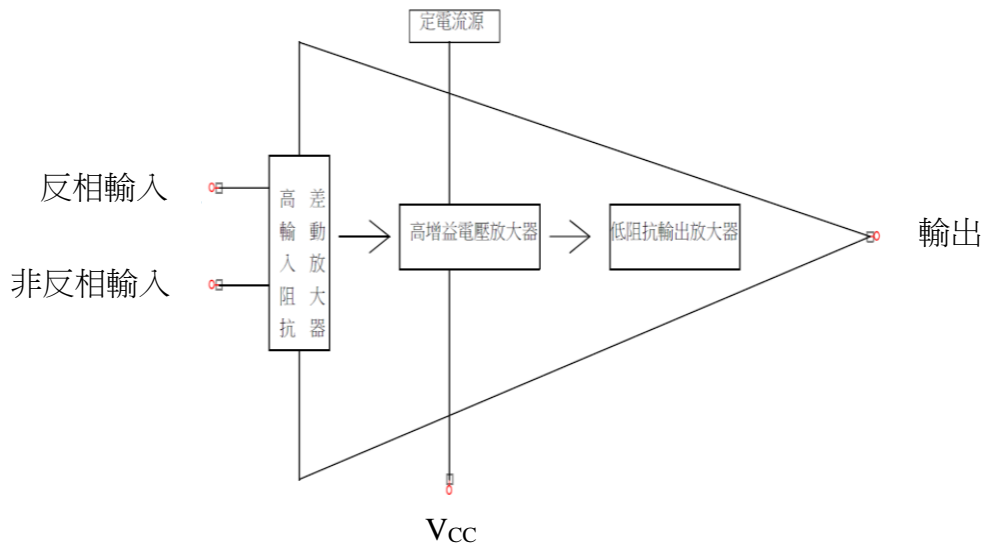


# 運算放大器

## 一、運算放大器之基本理論

將許多電晶體、電阻、電容等元件連接組合在一起小晶片上，在將此晶片加以封裝，即成為一獨立元件，這就是所謂線性積體電路，亦稱IC運算放大器(OPA)。

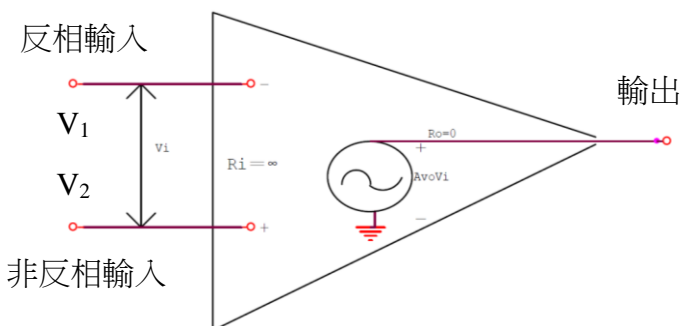


運算放大器(OPA)最重要的特性是:

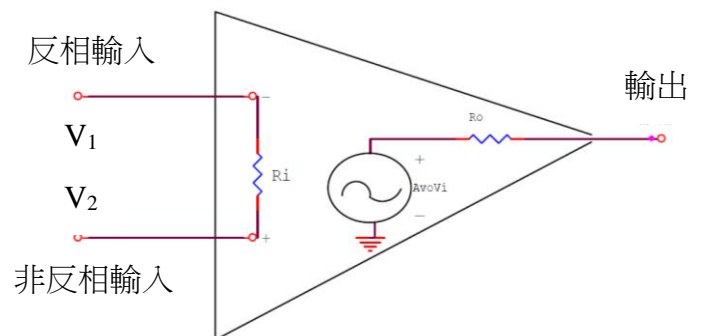
- (1) 高的輸入阻抗，因此在輸入端產生的電流可忽略。
- (2) 非常高的開迴路電壓增益。
- (3) 非常低的輸出阻抗，所以放大器接負載時並不影響輸出。

## 二、實際與理論之OPA:

實際的運算放大器(OPA)與理想運算放大器(OPA)的特性極為接近，為了運算放大器(OPA)之設計及增益計算的方便，因此一般在討論時，均把它看成理想運算放大器(OPA)來操作。下圖(A)為理論運算放大器(OPA)之圖形，(B)為實際運算放大器(OPA)之圖形:



(A)為理論運算放大器(OPA)



(B)為實際運算放大器(OPA)

理想運算放大器(OPA)之特性:

- (1) 輸入電子無限大  $R_i = \infty$ ，即輸入電流為零  $I_i = 0$ 。
- (2) 輸出電阻為零  $R_o = 0$ 。
- (3) 開迴路電壓增益無限大  $A_v = -\infty$

(4)頻帶寬度無限大 $BW=\infty$

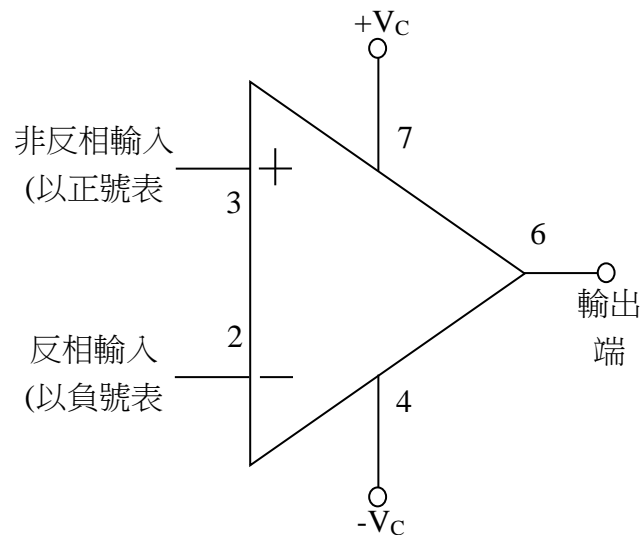
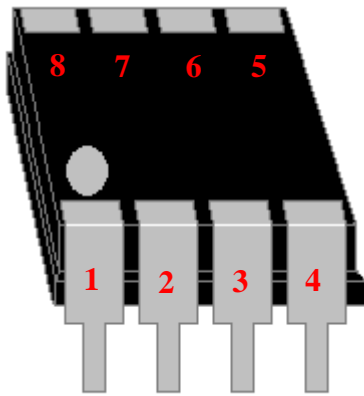
(5)輸入抵補電壓等於零時 $V_o=0$ (電路平衡)。即當 $V_1=V_2$ 時， $V_o=0$ 。

(6)共模拒斥比無限大 $CMRR=\infty$ ，即因共模增益等於零 $A_c=0$ 。

(7)特性不受溫度變化而漂移。

(8)響應時間為零，即無時間延遲。

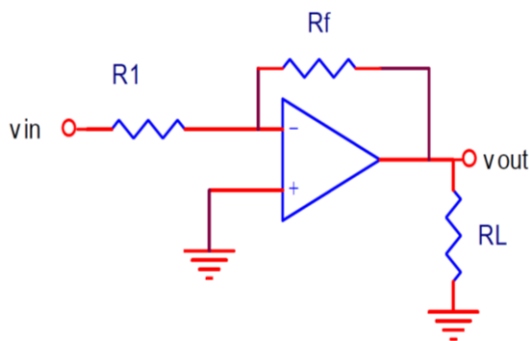
### 三、標準運算放大器(OPA)符號圖及接腳



### 四、電路的瞭解

#### (1)反相放大器(Inverting Amplifier)

一個放大器在其輸入端接受一個小的電壓或電流，在其輸出端產生一大電壓或電流，一個運算放大器(OPA)具有相對的線性增益及輸出可由輸入控制的函數。下圖顯示最基本的反向放大器。

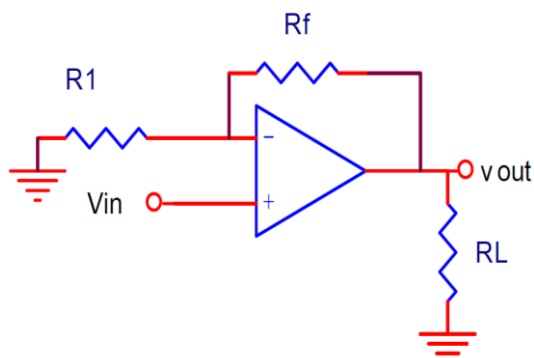


$$A_v = -R_f/R_1$$

$$V_{out} = -R_f \cdot V_{in}/R_1$$

#### (2)非反向放大器(Non-inverting Amplifier)

運算放大器(OPA)可以使用非反向放大器，如下圖所示。在這種電路組合用來控制增益的電阻，是加在反向輸入端，但 $V_{in}$ 是加在非反向輸入端，輸出電壓是與輸入電壓相同。

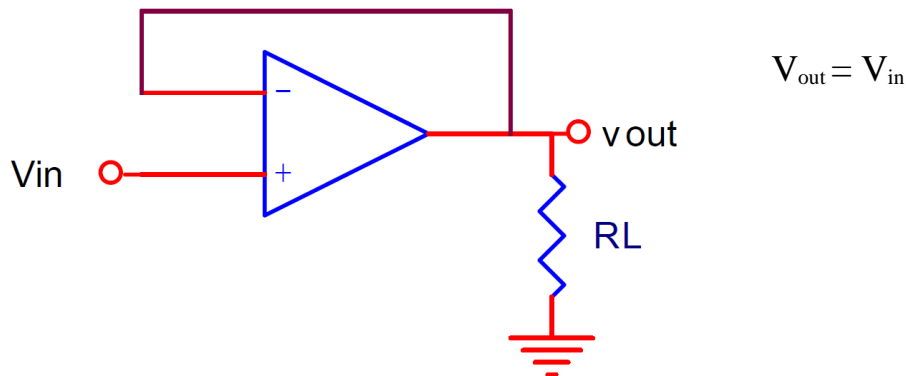


$$A_v = R_f/R_1 + 1$$

$$V_{out} = (R_f/R_1 + 1)V_{in}$$

### (3) 電壓隨耦器(Follower)

電壓隨耦器通常定義為電路增益為 1 或輸出電壓隨者輸入電壓些微減少。減少存在於輸入與輸出間的阻抗是隔離的。運算放大器(OPA)的電壓隨耦器是特有用。如下圖所示。



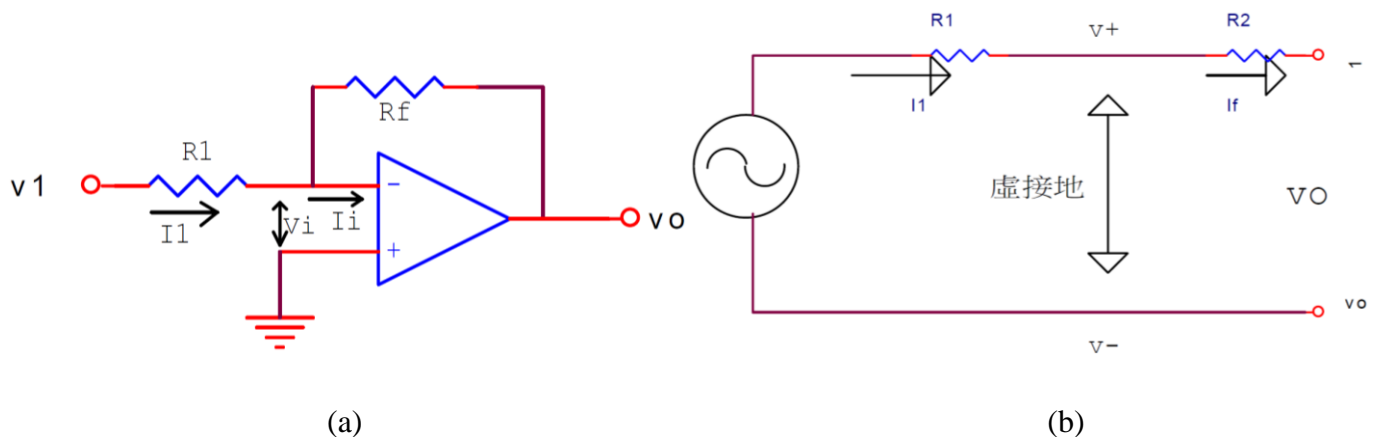
### 五、運算放大器(OPA)之重要觀念:

虛接地(Virtual ground)如下圖(a)所示為加有反饋元件的反相運算放大器(OPA)電路，由於加在運算放大器(OPA)中的電阻 $R_i$ 與 $R_f$ 為有限值，因而形成電壓並聯反饋電路。對理想運算放大器(OPA)而言：

(1) 因輸入電阻無限大( $R_i = \infty$ )以沒有電流流入放大器的輸入端，即 $I_i = V_i / R_i = V_i / \infty$ ，輸入端如同開入不吸取電流，因此流過 $R_i$ 的電流 $I_i$ 也”完全”流經 $R_f$ ，所以 $I_i = I_f$ 。

(2) 因開路電壓增益無限大( $A_v$ )，所以放大器的差動輸入電壓為零，即 $V_i = V_o / A_v = V_o / \infty$ ，所以輸入在實效上是短路的。因此非反向輸入端的電位 $V_+$ 將等於紡線輸入端的電位 $V_-$ ，即因 $V_i = V_+ - V_- = 0$ ，所以 $V_- = V_+$ 。

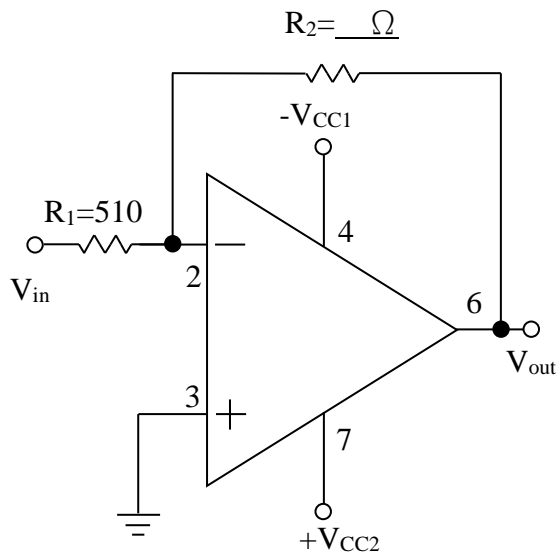
綜合上敘述，在運算放大器(OPA)中，兩輸入端間電位差為零伏特，如同短路。且又沒有電流流入這兩個輸入端，因此輸入端好像在一條虛設的短路線，此時  $V_i = 0$ ， $I_i = 0$ ，在各個的運算放大器(OPA)的分析及設計中將反覆地運用此項特性。



# 電子電路實驗 實驗(七)

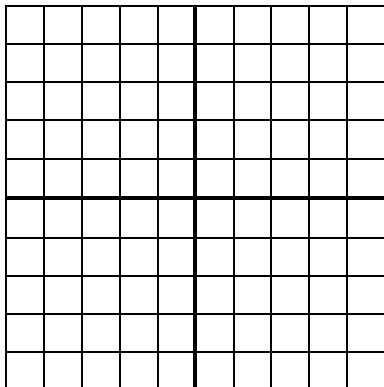
學號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

## 1. 反相放大器



(1)  $V_{in}$  (頻率=10KHz、振幅=1V)，以正弦波輸入測出  $V_{out}$  及電壓增益  $A_V$ 。

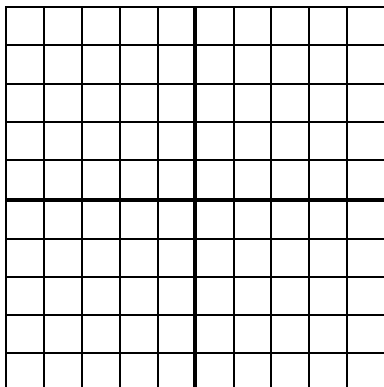
$A_V$  = \_\_\_\_\_ (理想值)、\_\_\_\_\_ (測量值)。



Volts/Div = 5V Time/Div = 200us

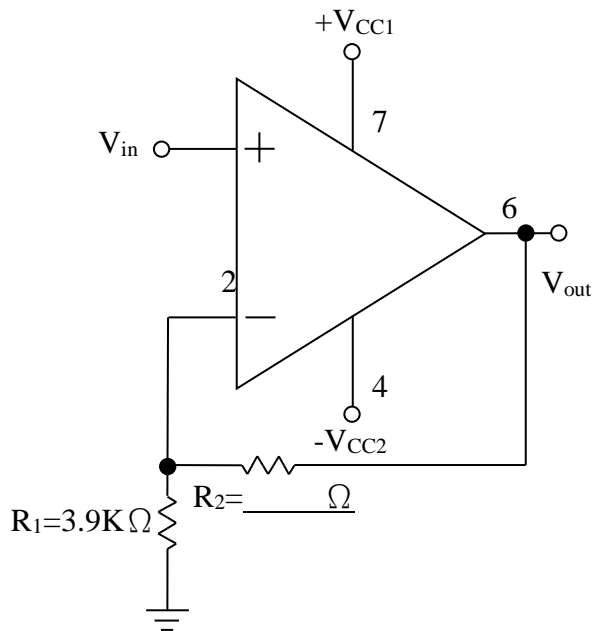
(2) 改變  $V_{in}$  的頻率，在很高或很低的頻率此放大器還正常工作嗎？\_\_\_\_\_。

(3) 試試看三角波輸入，這放大器是否失真？\_\_\_\_\_。



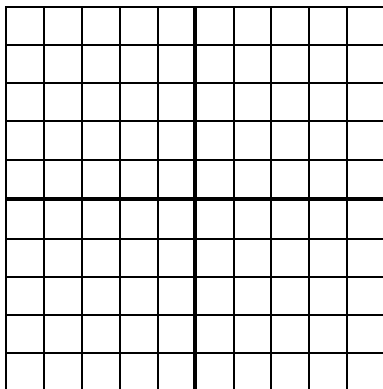
Volts/Div = 5V Time/Div = 200us

## 2. 非反向放大器



(1)  $V_{in}$  (頻率=10KHz、振幅=1.5V)，以正弦波輸入測出  $V_{out}$  及電壓增益  $A_v$ 。

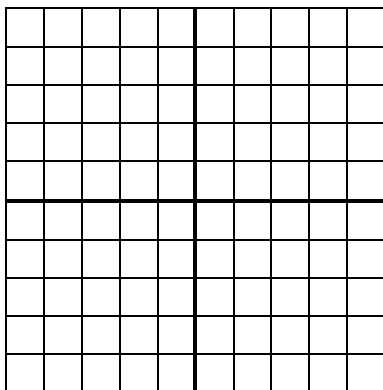
$A_v$  = \_\_\_\_\_ (理想值)、\_\_\_\_\_ (測量值)。



Volts/Div = 3V Time/Div = 200us

(2) 改變  $V_{in}$  的頻率，在很高或很低的頻率此放大器還正常工作嗎？\_\_\_\_\_。

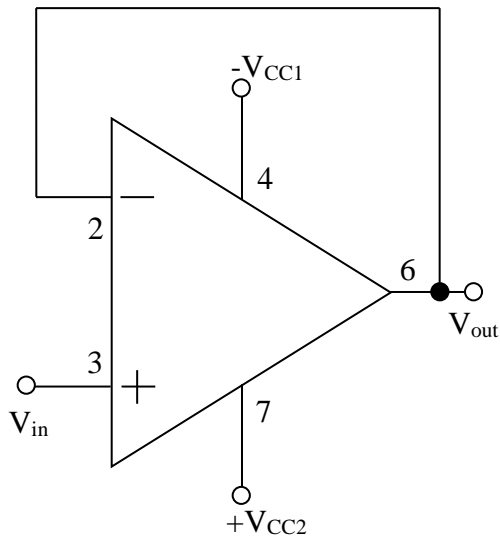
(3) 試試看三角波輸入，這放大器是否失真？\_\_\_\_\_。



Volts/Div = 3V Time/Div = 200us

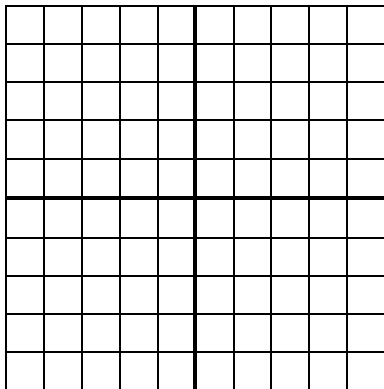
學號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

### 3. 電壓隨耦器(Follower)



(1)  $V_{in}$ (頻率=10KHz、振幅=1V)，以正弦波輸入測出 $V_{out}$ 及電壓增益 $A_v$ 。

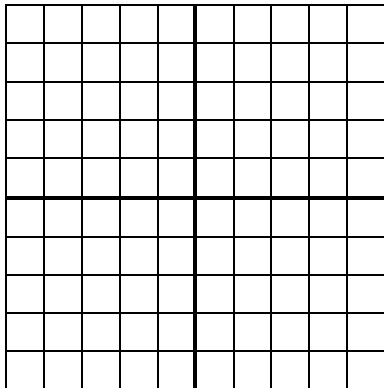
$A_v$ =\_\_\_\_\_ (計算值)、\_\_\_\_\_ (測量值)。



Volts/Div= 2V Time/Div= 200us

(2) 改變 $V_{in}$  的頻率，在很高或很低的頻率此放大器還正常工作嗎？\_\_\_\_\_。

(3) 試試看三角波輸入，這放大器是否失真？\_\_\_\_\_。



Volts/Div= 2V Time/Div= 200us