

# 睿意科技股份有限公司 小小零件。大大學問

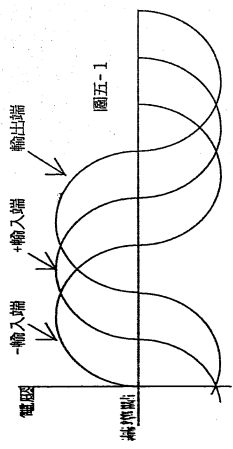
【精選專題課程在DIN課程！】

## OP 放大器活用的實踐

- 主題一：小信號微分放大器  
本專題是將微弱信號利用相位時間差方式產生相量微分放大之設計。
- 主題二：0.5 瓦音響功率放大器  
本專題提供一個極為實用而且歷久不衰的簡單聲音放大電路。
- 主題三：可調工作週期頻率函數產生器  
本專題提供一個可調式的方波，鋸齒波三角波產生器，是實驗的最佳工具。
- 主題四：正弦波產生器  
本專題提供一種只要一個 OP 就能產生標準正弦波。

### 本零件的特點：

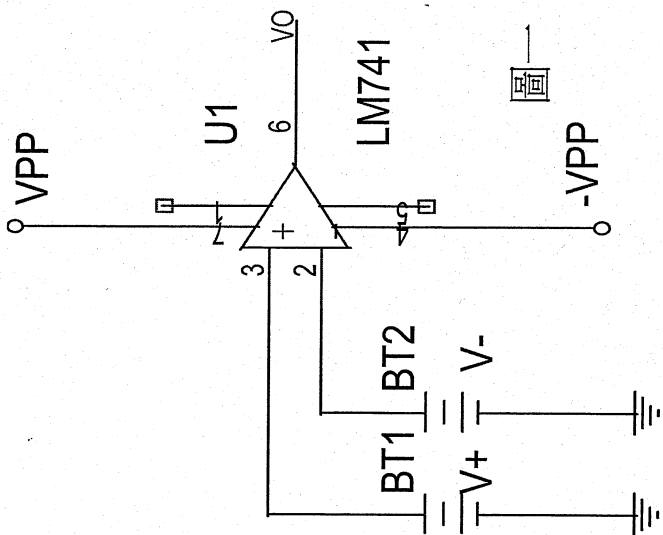
1. 從原理開始由簡入深循序漸進，對初學與著手開發者均值得再讀。
2. 方波鋸齒波以可變電阻方式調整方便研讀。
3. 直接可透過麥克風及喇叭觀察週期變化，音量振幅變化。
4. 單電源設計，兼具其實用性與教學性。



第一個應用應該是比較器(無回授)如圖(一)

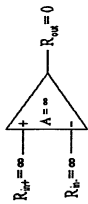
若  $V_+ > V_-$  因為無限放大則  $V_o = V_{pp}$   
反之  $V_+ < V_-$  因為無限放大則  $V_o = -V_{pp}$

這種線路最常見的實用電路如溫度開關，聲音開關，達到四兩撥千金的妙處。



圖一

### 作實驗前先簡單回憶一下運算放大器基本功能



理想的 OP 條件

1. 開路時放大率=無限大
  2. 輸入阻抗=無限大
  3. 輸出阻抗=0
- 以上是絕對條件若不成立所有計算式都失去意義  
其他條件則依設計環境需求有所限定
4. 頻響應應從 DC 至無限大
  5. 無雜訊
  6. 負回授很大時仍很穩定
  7. 假想短路(負回授時成立)

當然世界上沒有這種 OP，正如地平線是不是直線一樣，"取相對的狗大及相對的狗小"就可以靈活運用了。

### OP 放大器的應用

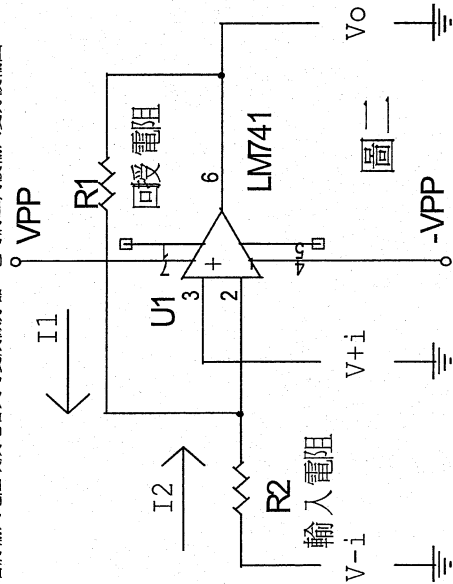
1. 初學者小信號 OP 電路設計的原則  
OP 放大器所放大的是正輸入端和負輸入端的電壓差。  
2. 反相：同相是指輸出端之信號變化和輸入端一樣或相反，負回授；正回授是指回授系統控制+輸入端或-輸入端的電壓。  
3. 注意+輸入端和-輸入端的電壓基準點，真正負電源 OP 一般以 0V 為基準點，單電源 OP 一般以  $V_{PP}/2$  為基準點。

第二個應用是反相放大器(負回授)如圖(二)

這可說是典型的小信號負回授系統，OP 放大器的正輸入端和負輸入端都具有假想短路之現象。

假想短路：因 OP 之輸出電壓 = OP 放大倍率 \* 輸入電壓差 (正輸入端和負輸入端之電壓差)，而輸出電壓為有限值(受電源電壓限制)，OP 放大倍率為無限大，所以輸入電壓差需為無限小，OP 之正輸入端和負輸入端之電壓可視為同電位。而在負回授系統中，當輸入電壓發生變化時，輸出端也會產生很大的相反的電壓變化，再經由回授電阻回授至一輸入端，使輸入電壓差保持在 0V 平衡，所以只有在負回授系統中假想短路才能成立。

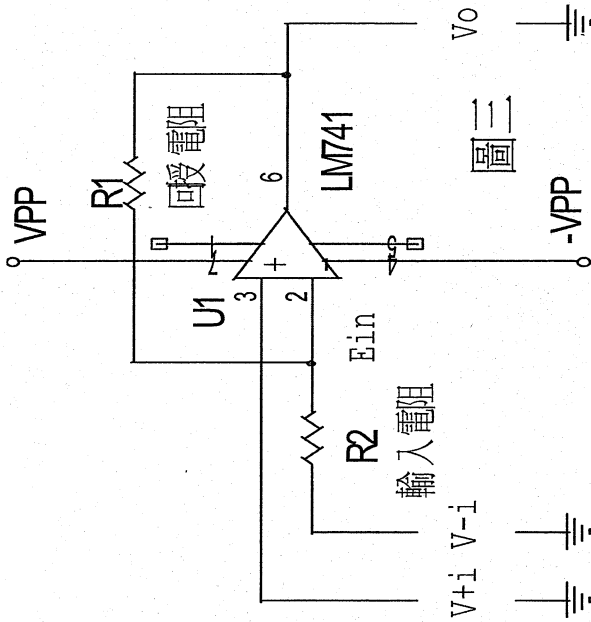
$I_1 + I_2 = 0$  (輸入阻抗為無限大，流出電流為零)， $(V_i - V_i) / R_2 = (V_o - V_i) / R_1$ ，所以  $(V_o - V_i) / (V_i - V_i) = -R_1 / R_2$ ， $V_i$  為基準電壓，當  $V_i = 0$  時  $A$  (放大率) =  $R_1 / R_2$  (- 為反相)；此時以一個電容將 AC 小信號耦合到輸出端則輸出可得到放大的信號，當使用單電源時， $V_i$  需設為  $V_{PP}/2$ ，輸入的  $V_i$  需加上  $V_i$  電壓值，這種線路最常見的實用電路如音響放大器，電壓控制器，達到低失真的放大。若將回授電阻改成電容又可變成積分器，它可將方波輸入變三角波輸出。若將輸入電阻改成電容又可變成微分器，它可將三角波輸入變方波輸出。



圖二

第三個應用是同相放大器(負回授)如圖(三)

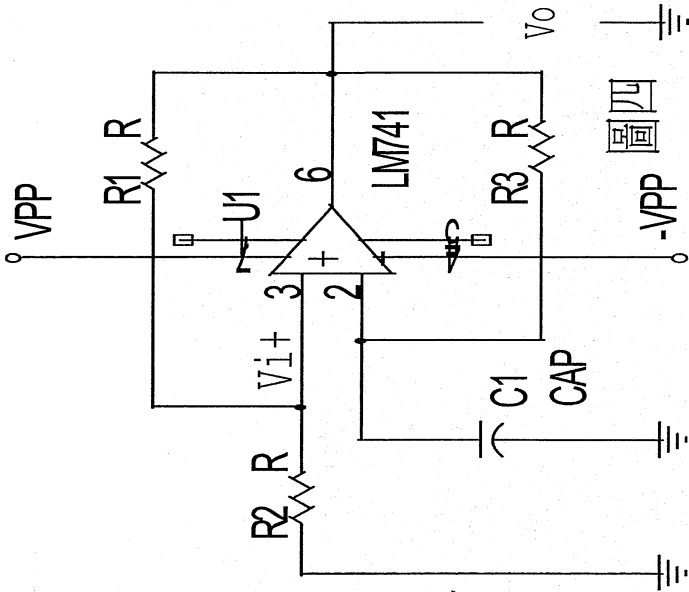
因假想短路，當  $V_i = 0$  時， $(R_2 / (R_1 + R_2)) * V_o = V_i$ ， $A$  (放大率) =  $1 + (R_1 / R_2)$ ， $V_i$  為基準電壓和反相放大器一樣，使用單電源時， $V_i$  需設為  $V_{PP}/2$ ，輸入的  $V_i$  需加上  $V_i$  電壓值。



圖三

第四個應用是振盪器如圖(四)

- 一般振盪有三個條件
- 1.放大倍率 \* 負回授 = 1
  - 2.放大器之輸出電壓回授到輸入端的信號需為同相
  - 3.對特定頻率具濾波作用

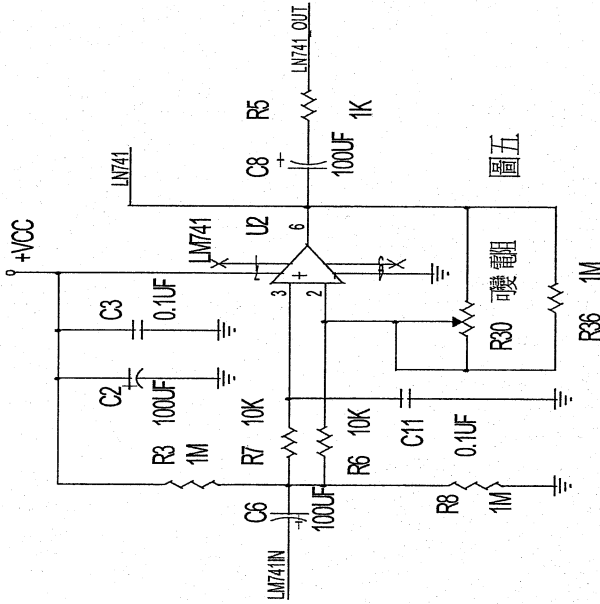


其操作原理如下

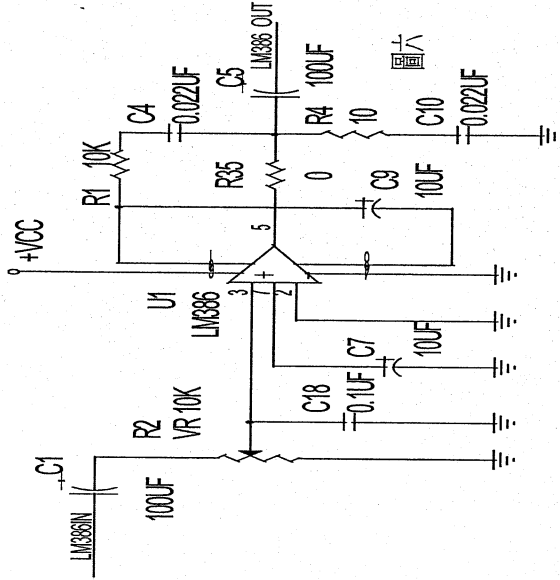
OP 放大器若把  $V_0$  信號回授至  $V_i+$  則成一自偏的比較器。電壓在  $V_i$  點附近會迅速改變輸出電壓，當電容充電達到參考電壓時造成輸出電壓反轉，參考電壓也反轉，此時電容又開始放電直到參考電壓為止，如此周而復始達到振盪。

這種線路最易的實用電路如蜂鳴器，電壓控制器，達到低失真的放大。有了上面的熱身後我們開始動手吧，相信複雜的電路也難不倒你吧！

主題一：小信號微分放大器(圖五)



主題二：0.5 瓦音聲功率放大器(圖六)

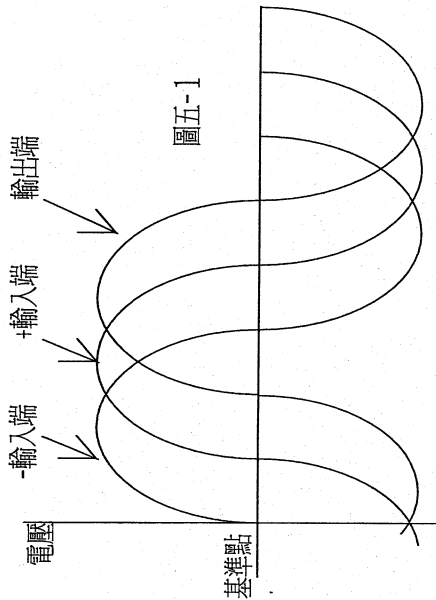


圖六

LM386 是專為聲音輸出量身打造的音聲功率放大器，使用單電源+4V~+12V，在 LM386 內已有基準點提升電路，所以只要直接輸入交流信號就行，C18 是作做濾波之用，LM386 的增益是由 C9 控制的，有加上 C9 的增益為 200，沒有加上 C9 的增益為 20，如果加上 R1 和 C4 會加強 LM386 之低音輸出，可自行比較有和沒有加之差別，改變 R2 可改變音量。

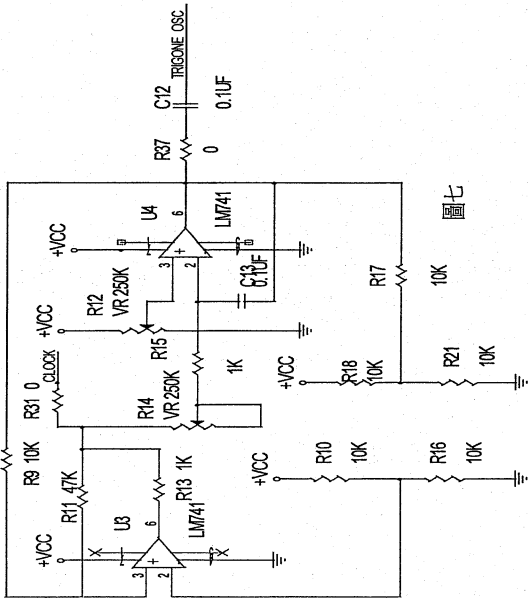
這是一個常用的工業用電路，它利用正負其中一個輸入端加上 RC 電路，產生相位延遲來分離出信號加速度，當信號由 LM741IN 輸入，經 C6 交連耦合後由 R3；R8 提供其基準點偏壓，在正輸入端所接 R7；C11 會使信號產生延遲(如圖五-1)，輸出端之電壓變化會經由 R30 或 R36 負回授至正輸入端控制其增益，其  $A = -(R30/R6)$  或  $A = -(R36/R6)$ ，將 R36 之電阻拿掉，加入可變電阻到 R30 便可調整其放大倍率。

由於 uA741 有良好的線性特性曲線，因此經過放大後較少失真，但其缺點是 uA741 輸出阻抗過高無法有大功率的輸出，如果以示波器量測沒有問題，但無法直接推動喇叭，改變 R30 可改變放大倍數。



圖五-1

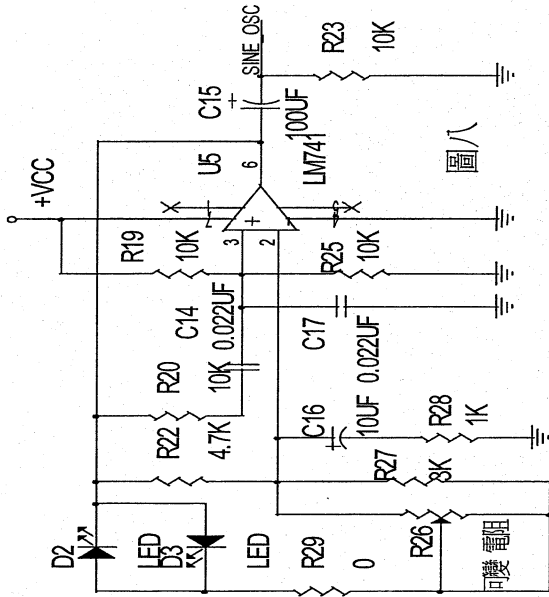
主題三：可調工作週期頻率函數產生器(圖七)



圖七

這是由兩個  $\mu A741$  完成的函數產生器，它可產生鋸齒波，三角波，方波，調整 R12 你可以變化正負工作週期，調整 R14 可以變化頻率，將波形信號輸入 LM386 可以從喇叭聽到頻率變化，用示波器可以量測到 TRIGONE OSC 端輸出鋸齒波到三腳波的變化，CLOCK 端則可以量測到有工作週期變化的方波。U4 是一個反相積分電路，當 U3 之輸出電壓為 VCC 飽合電壓時 U4 之輸入端 U4 之輸入端，當其電壓低於 U3 之輸入端電壓時，U3 之輸出電壓轉為最低電位，這時 U4 之輸入端 C13 開始放電使 U4 之輸出電壓持續上昇，當其電壓高於 U3 之輸入端電壓時，U3 之輸出電壓轉為 VCC 飽合電壓，反覆以上的動作產生三角波和方波。

主題四：弦波產生器(圖八)



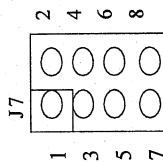
圖八

這是一個 Wien 橋式的弦波振盪器它只需要一個  $\mu A741$  就可完成，其  $F_0=1/2\pi RC$ ，R 為 R19；R25 之值，同時這二個電阻也產生 VCC2 的偏壓，C 為 C14；C17 之值，改變這些值便可改變其輸出頻率，而在 Wien 橋式中其 RC 的部分會產生 1/3 的損失，所以其放大率須為 3，才會開始振盪，設定放大率的電阻為 R22 和 R27， $R22 > 2 * R27$ ，LED 和 R27 是作為輸出振幅限制之用，也可以將 R27 去除，在 R26 加上 10K 可變電阻來對 LED 的順向電壓誤差做補正和波形失真之調整，這電路之電源電壓最好為 12V 以上至 LM741 的極大電源電壓 30V，其電壓愈高波形愈好，不過須注意其他元件之耐壓，LM386 只到 12V，電解電容為 16V。當然學無止盡，OP 還有許多主題值得探討例如主動濾波器課程與高等工程數學結合甚至可花上一整年來討論，因此我們會在以後陸續推出討論。

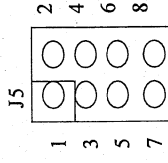
### 使用說明

在組裝完成後，其使用方法是將 J5、J1、J7 上的連接端短路選擇所  
要的功能。

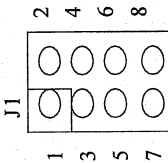
兩點連接	功能	說明
1 - 2	LM741 輸入接到所選擇的波 形產生器輸出	明
3 - 4	三角波形產生器輸出接到所選 擇的波形產生器輸出	
5 - 6	方波波形產生器輸出接到所選 擇的波形產生器輸出	
7 - 8	張波波形產生器輸出接到所選 擇的波形產生器輸出	



兩點連接	功能	說明
1 - 2	LM741 輸出接到 LM386 輸入	明
3 - 4	所選擇的波形產生器輸出接到 LM386 輸入	
5 - 6	外部輸入接到 LM386 輸入	
7 - 8	外部輸入接到 LM741 輸入	



兩點連接	功能	說明
1 - 2	LM386 輸出接到外部輸出	明
3 - 4	LM741 輸出接到外部輸出	
5 - 6	所選擇的波形產生器輸出接到 外部輸出	
7 - 8	小喇叭正端輸入接到外部輸出	



電阻色碼的辨認：

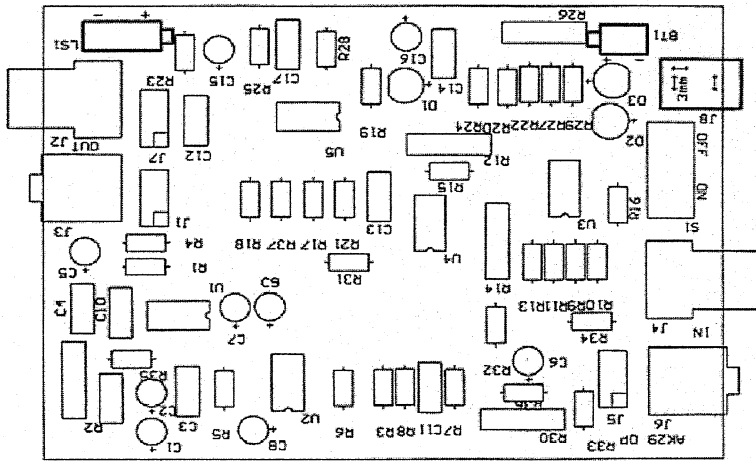
顏色	黑	棕	紅	橙	黃	綠	藍	紫	灰	白	金	銀	無色
第一位數	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
第二位數	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
指數 10 <sup>x</sup>	0	1	2	3	4	5	6	7		-1	-2		
容許偏差										± 5%	10%	20%	

### 零件表

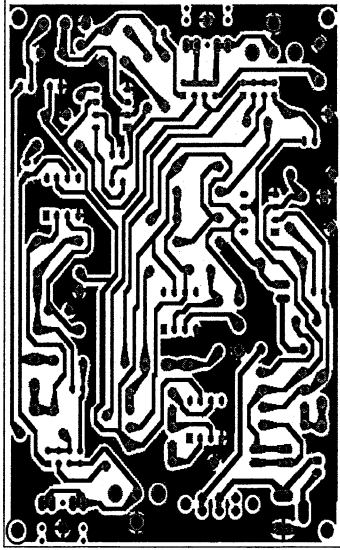
項	零件編號	零件規格	數量	備註 1	備註 2
1	B1	電池 1.5V	1		
2	CL2, C3, C4, C5	電容 100μF	6		
3	C1, C2, C3, C8	電容 0.01μF	5	0.1μF	C18 在 J2 的左邊
4	C4, C10, C14, C17	電容 23PF	4	0.022μF	
5	C7, C9, C16	電容 100μF	3		
6	D1, D2, D3	LED	3		
7	J1, J5, J7	插接 4Pin	6		
8	J2, J4	IC 插座	2		
9	J6, J3	耳機插座	2		
10	J8	DC 插座	1		
11	LS1	Speaker	1		
12	R1, R6, R7, R9, R10, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R23, R25	電阻 10KΩ	13	棕黑綠金	
13	R11	電阻 7KΩ	1	黃綠綠金	
14	R14, R12	可變電阻 2KΩ	2		可變電阻 10KΩ - 1MΩ 都可用
15	R2	可變電阻 10KΩ	1		可變電阻 10KΩ - 1MΩ 都可用
16	R22	電阻 6.7KΩ	1	黃綠紅金	
17	R4, R20, R1, R3, R33, R34, R35, R37	電阻 60Ω	8	黑金	
18	R27	電阻 3KΩ	1	棕綠紅金	電阻 10Ω - 10KΩ 都可用
19	R3, R8, R36	電阻 1MΩ	3	棕黑綠金	代號 R36 之可變電阻，10KΩ - 1MΩ 都可用請參閱
20	R21, R26	可變電阻	2		
21	R4	電阻 10Ω	1	棕黑金	
22	R5, R13, R15, R28	電阻 1KΩ	4	棕黑金	
23	S1	SP 開關	1		
24	U1	IC LM741	1		
25	U2, U3, U4, U5	IC LM741	3		
26	PCB K29	PCB K29	1		
27		零件線	2		
28		短接線端子 Pin Jumper	6		
29	U1, U2, U3, U4, U5	腳座 8Pin	5		



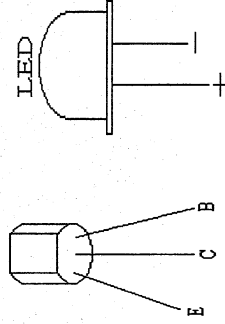




版權所有 \* 翻印必究



1015  
8050  
1815



蓄意科技以優越的工程技術與先進設備提供電子、高頻無線電、紅外線遙控、直流馬達、太陽能及微波等，自行研發的高品質套件，每一種套件均有詳細的組裝說明書及電腦輸出線路圖以供老師、學生及業餘嗜好者採用，以達到教育在兼娛樂性的功用。

## OP 放大器應用回路的實踐

OP 運算放大器在電子學裡是一個相當重要的課程，因為從來沒有一門課可以那麼直接的應用到工業界，而且也從來沒有一門課程可以直接用數學式，準確清楚的描述其功能行為。因此，老師喜歡教這門課，學生也容易理解，而且馬上能學以致用！

OP 理論最早在 1947 年提出，1960 年開始用真空管來完成，1962 年開始有半導體製作出的 OP，由於早期開發 OP 是為了要解微分方程，因此運算放大器 (Operational Amplifier，簡稱 OP) 名稱就此延用至今。

1968 開始有 uA741 放大器，其輸出電流為 10mA，負載電阻為 1K 以上，電源為 4~15V 電源或可達 +30V 單電源，uA741 變成所有學過微電子學的基本教本，由於類比領域在微電子學雖然發展了 40 幾年，但實用線路與基本理論卻沒有太大的變化，因此只要熟讀了運算放大器的課程，你會發現大多數的類比現實世界裡都可以利用運算放大器設計完成！我們將最常在課本看到的實用線路彙集整理，經過不斷的篩選，提出幾種精選電路，無論你正在學習或已經學過，透過這些電路實踐將讓你受益無窮！

感謝購買寄意科技「小小零件大大學問」套件。

關於套件教育，我們強調的是動手能力的培養，如何由一個構思開始，從進行分析、設計、硬體製作、測試、評估等有系統的學習，使學生在就業前能儘可能的吸收專業知識及培養思考能力，俾使每位學生在未來工業界均能學以致用廣受歡迎。因此每一個套件的主題均是經過慎選與反覆驗證而來的。

版權所有 \* 翻印必究

寄意科技股份有限公司 Tel : (02)2959-2082  
E-mail : service@aviosys.com 網址 : www.aviosys.com.tw

### 本公司套件優點

採用高品質零件與 PCB 經過嚴格測試與品質管的流程

- 有使用工具及組裝說明
- 電腦輸出線路圖，清晰易讀
- 專線電話及 E-mail 作最直接的售後服務
- 專業工程師隨時為客戶解答疑難

歡迎來信指教

寄意科技股份有限公司  
220 台北縣板橋市板新街 101 號 9 樓  
電話：(02)2959-2082  
傳真：(02)2959-2091