

投稿類別：工程技術類

篇名：

不隨著時代被淘汰—真空管

作者：

陳海奇。臺北市立松山高級工農職業學校。電機科三年級仁班。

鍾政廷。臺北市立松山高級工農職業學校。電機科三年級仁班。

指導老師：

劉建忠 老師

王淳葦 老師

壹●前言

一、研究動機

因在電子學中真空管僅簡單敘述帶過，隨著科技的進步早已被電晶體取代。然而在高二參加工業電子丙級技能檢定時，看到同學製作的真空管擴大機。才了解到原來真空管並不算是完全被淘汰，它擁有電晶體與積體電路所沒有的特點及效果。探究其中的工作方式變成為我們的目標。

如今，在電子學中我們學過了與真空管、電晶體以及積體電路的一些相關介紹，仍然並非十分的清楚其中的差異以及電路運用，因此決定利用專題課程的時間尋求相關資料並製作出一個真空管擴大機。

二、研究目的

- (一)瞭解真空管的優缺點。
- (二)能夠更加了解電子學的演變。
- (三)探討真空管的放大效果。
- (四)真空管的用途與運用。
- (五)利用真空管製作一個真空管擴大機。

貳●正文

一、相關知識

(一)發展歷史

1. 真空管時期(Vacuum Tube) (第一代)

西元1897年，德國科學家布朗製造出第一個真空管（陰極射線管），西元1904年英國科學家弗來銘發明了二極管，過了兩年美國科學家德弗萊斯特發明了三極管，接下來在西元1946年人類史上第一部大型電子電腦 ENIAC 誕生了。不過因為真空管的缺點較多，絕大多數都已經被電晶體所取代，除了少數的音響為了能夠擁有更佳的音樂品質而繼續選擇使用真空管來製作擴大機。(註一)(註二)(註九)

2. 電晶體時期(transistor) (第二代)

原先電晶體研發目標只是為了製造出體積更小、功能更強、更可靠的裝置來取代真空管。在西元1947年美國的三位物理學家發明了點觸式固態放大器，三年後迪耳在實驗室中製作出第一個接面型鍺電晶體。電晶體的發明使電子產業有了極大的進步。(註一)(註二)

3.積體電路時期(integrated circuit) (第三代)

西元1958年德州儀器公司的基爾比將一個完整的電路製作在單石晶片(monolithic chip)上，也就成了積體電路。(註一)(註二)

4.超大型積體電路時期(very-large-scale integration) (第四代)

積體電路時期時晶片上只能容納數十個電子元件，故稱之為小型積體電路，接著也開發出中型和大型積體電路，到了西元1970年以後，晶片上已經能容納數萬個電子元件，我們稱之為超大型積體電路。(註一)(註二)

(二)真空管的介紹

1.真空管的優點

增益頻寬乘積大。增益頻寬積越(gain – bandwidth product)大能使更寬廣的頻寬內保持穩定的放大增益，優化音頻放大效果。(註九)

2.真空管的缺點

體積大、燈絲因高溫壽命短、易產生大量的熱源造成穩定及可靠度差、消耗之功率大、又因為用的人不多生產量非常少導致價格昂貴。(註九)

3.真空管的運用

真空管的用途很少，因此只剩下一些型號還有在生產，不然就是些實驗用的。少數的愛樂者因為真空管的聲音音質柔美，接近原音重現而使用，但因為真空管的種種缺點，市面上真空管擴大部分為 20 或 30 瓦輸出。除此之外在微波爐及人造衛星的高頻發射機中也能發現真空管的身影。(註三) (註九)

(三)真空管擴大機與電晶體擴大機的比較

真空管以及FET電晶體是屬於電壓放大，而BJT電晶體是屬於電流放大，真空管擴大機與電晶體擴大機最大的差異在於真空管的輸出阻抗較大故其聲音音質柔美也因此需要經過變壓器，反之電晶體則輸出阻抗小，聲音聽起來也較硬。

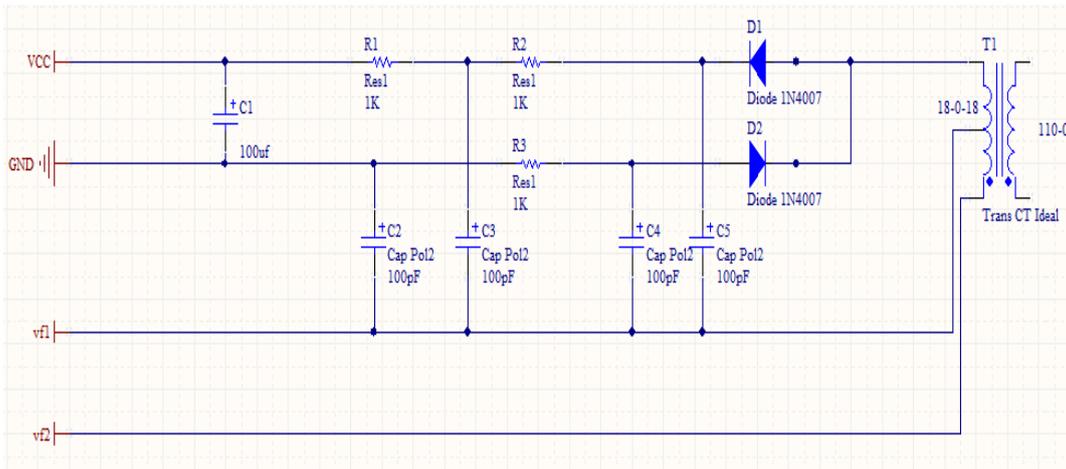
因為真空管製成的擴大機需要經過變壓器使得真空管製的阻尼因素

(damping factor)會比電晶體製的大很多。(註四)(註九)

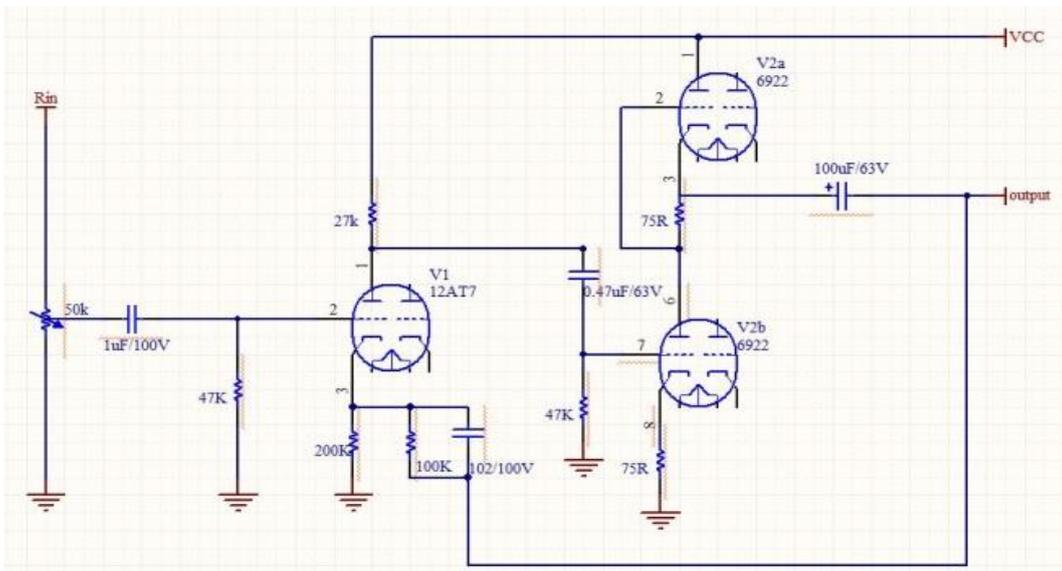
二、電路說明及結果

(一)電路圖及方塊圖

根據網站(中國音響DIY)上所提供之電路圖，經討論並探討其工作步驟後修改電路並繪製出電路方塊圖。如圖(1)、圖(2)、圖(3)



圖(1)電源電路(註五) 圖片來源: 自行繪製



圖(2)WCF 放大電路(註五) 圖片來源: 自行繪製

不隨著時代被淘汰—真空管



圖(3)流程圖 圖片來源: 自行繪製

(二)電路介紹

此電路為 WCF(和田茂氏電路)電路需要使用三個真空管其中一支為主管(V1)，這支真空管屬於 A 類放大，另外的兩支真空管為副管(V2a 與 V2b)可以工作於 B 類放大，這兩支真空管與 V1 為推挽關係。V1 屏極中的電阻與負載串聯，而 V2a 與 V2b 就是由電阻上的壓降來驅動的。

由於 V1 是跟隨器會產生負反饋，雖然 V2a 與 V2b 是有電壓增益的共陰狀態其整體的電壓增益還是等於 V1，WCF 比較方便前後極直接耦合。而此電路的最大特色就是擁有一般的陰極輸出電路更大的輸出電流且輸出阻抗更低。(註六)

(三)使用之材料如下表(1)

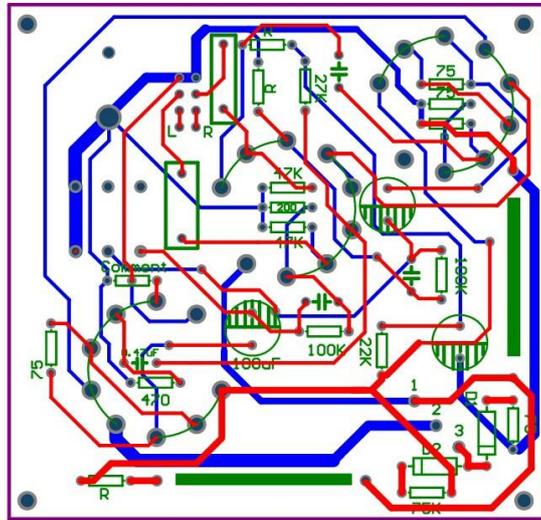
表(1)材料表

物料名稱	物料規格	數量	物料名稱	物料規格	數量
電阻	75Ω 1/4W±0.1%	4	電解電容	100 μF 63V	3
電阻	200Ω 1/4W±0.1%	4	電解電容	2200 μF 50V	2
電阻	22KΩ 1/4W±1%	1	二極體	1N4007	2
電阻	27KΩ 1/4W±1%	2	真空管座	小九腳	3
電阻	47KΩ 1/4W±1%	4	可變電阻	50K	1
電阻	100KΩ 1/4W±1%	2	變壓器	雙 18V	1
金屬皮膜電容	1000pF 100V	2	6.3 立體聲輸出端子		1
金屬皮膜電容	0.47 μF 63V	2	輸入端子 RCA		2
金屬皮膜電容	1 μF 100V	2			

不隨著時代被淘汰—真空管

(四)實驗紀錄、步驟與測試

考慮到電路的複雜，我們將設計完的電路及電腦繪製 PCB 圖後請人洗出電路板，經過重重的校正與更改後完成了下圖。如圖(4)

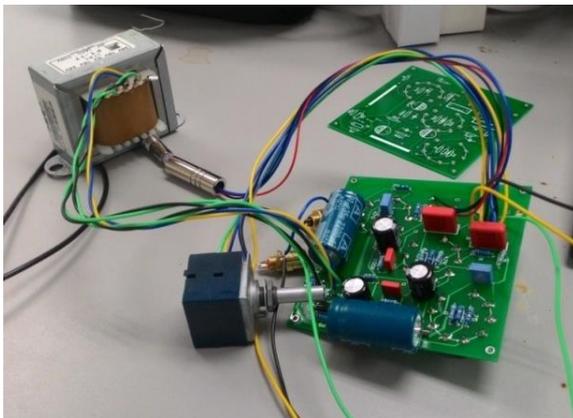


圖(4) PCB 圖

圖片來源:委託羶麗國際股份有限公司製作

根據電路圖上的每個元件位置焊接完成後，檢查是否有漏焊的點。接著進行功能的測試。

如圖(5)為我們在電路板上完成的成品。



圖(5)成品圖

圖片來源:自行拍攝



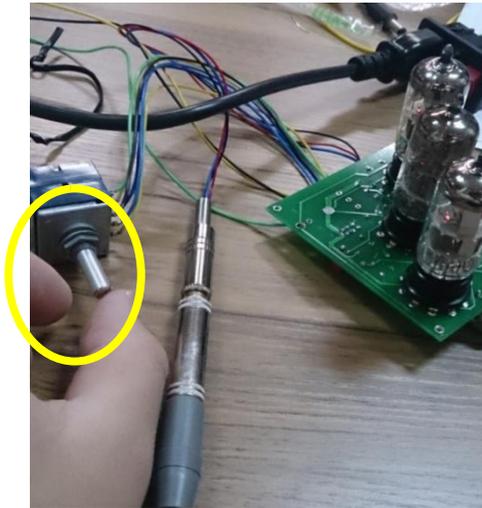
圖(6) 送電後

圖片來源:自行拍攝

不隨著時代被淘汰—真空管

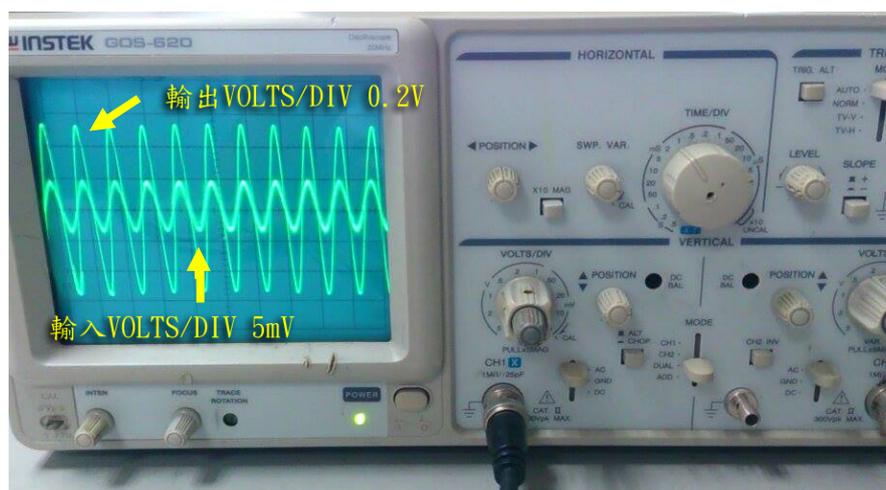
首先，我們先測量各個腳位的值，在確認每個腳位的值皆正確無誤且做好短路保護措施，就接上電源送入電壓。如圖(6)

接著旋轉可變電阻(VR)改變聲音大小，確定元件的動作、檢測輸出是否正常。如圖(7)



圖(7) 檢測輸出 圖片來源:自行拍攝

最後使用函數波產生器輸入一個正弦波並接於示波器上顯示其輸入及輸出之比較。如圖(8)



圖(8) 輸入輸出比較 圖片來源:自行拍攝

上圖中 ch1 為輸入，VOLTS/DIV 置於 5mV。ch2 為輸出，VOLTS/DIV 置於 0.2V。由圖可得之輸入大約為峰對峰值 10mV，輸出大約為峰對峰值 1.2V，故此電路之電壓增益為 120。

由上述波形以及接上耳機使用可以確知，我們所做的真空管擴大機順利成功，所花的時間與金錢都是值得的。如圖(9)



圖(9)成果圖 圖片來源:自行拍攝

參●結論

一、問題與改善方法

由於這是我們第一次嘗試製作與探討此電路，雖然在製作的過程中十分的順利，沒有遇到問題，但理論的了解並非如此，經過了多次的詢問才知道其基本運作。以下是我們所碰到的問題：

- (1) 在洗出電路板前必須先畫出 PCB 圖，若是畫錯圖洗出之電路板將無法使用，現階段我們的能力無法畫出正確的圖，使我們的成本多了一項。
- (2) 在焊接的過程中許多焊點使用過多的焊錫導致輸出雜音重。
- (3) 我們使用的銅線其線徑較一般導線細、脆弱，在剪線與焊接過程中常常因為施力不當導致線材斷裂。

以上問題之原因皆為我們的技術與經驗的不足唯有透過不斷練習來排解以上問題。雖然這次的電路輸出的結果優於預期，但經過相關書籍的研究得出了一些改善電路的方法，例如使輸入的電壓更趨近於額定電壓，以及增加抑制雜訊的方法，降低失真。

經過了這次的專題製作讓我們了解到學校所教的僅能讓我們具備基本知識，想要更深入的了解某部分的專業領域只能靠自己去探索、討論與研究，學校所教的是不夠的，還需要更進一步的學習。

二、未來展望

(一)

美國伊利諾大學香檳分校的研究人員則認為，真空管可利用氧化矽來做為真空管的絕緣壁，陽極材料採用碳奈米管，陰極材料使用鎢做成高能量密度電池，而且這種電池可以整合到 IC 基板中做為晶片上的可充電電池。(註七)

(二)

現在取得真空管是越來越困難但許多人仍然較喜歡真空管的音色。日本的樂器製造公司 Korg 和日本的電子製造公司 Noritake 準備聯手打造體積更小更低消耗功率的真空管晶體。利用螢光顯示，可以大大降低原本的體積和消耗功率並創造和真空管一樣飽滿的音色。如圖(9) (註八)

若是真空管晶體能有效的展現傳統真空管的優點並大量生產，未來許多運用真空管之運用將會越來越普及，不只是擴大機，對於許多的放大電路皆會有所幫助，如此一來真空管時代將會再次崛起。



圖(10)真空管晶體

圖片來源: <http://digilog.tw/posts/396>(註八)

肆●引註資料

註一、陳俊、林瑜惠、陳以熙。2013。電子學(含實習)奪分寶典 I。台北市：文字復興。

註二、徐慶堂、黃天祥。2011。電子學 I。台北市：台科大圖書。

註三、維基百科，真空管。2014/10/10。 <http://zh.wikipedia.org/wiki>

註四、音頻擴大機入門篇。2014/10/10。 <http://www.ac-dc.com.tw/dpage01.htm>

註五、中國音響 DIY。2014/10/15。 <http://bbs.hifidiy.net/thread-984481-1-1.html>

註六、唐道濟。2009。電子管聲頻放大器食用手冊。北京市：人民郵電出版社。

註七、EET 電子工程專輯。2015/3/10。

http://www.eettaiwan.com/ART_8800593760_675763_NT_10e15559.HTM

註八、日本 Korg 和 Noritake 攜手研發新型態的真空管晶體 Nutube。2015/3/10。

<http://digilog.tw/posts/396>

註九、胡寅初。2004。真空管特性指南。台北市：鼎文。