

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

最佳(鄉土)教材獎

091015

聲頻放大器的探索

學校名稱：苗栗縣私立建臺高級中學

作者： 職二 劉冠廷 職二 吳源鈞 職二 鍾岱霖	指導老師： 彭雙宏
---	------------------

關鍵詞：放大器、真空管、半導體

摘要

科技時代下，人們生活與科技產品相伴，食衣住行、視覺、聽覺...似乎無法脫離，本次科展就以聽覺感受部份做研究目標。聽覺的科技產品優劣不外乎聲頻信號的還原程度，不論是各種能量、數位處理最後皆要轉換成聲能，其過程中有很重要的一環就是聲頻放大器，此科技產品小至助聽器；手機...大至視廳音響，室內外舞台皆應有盡有。

關鍵字：放大器、真空管、半導體。

壹、 研究動機

接觸電子學課程時，第一章簡介就提到真空管的發明，之後談到真空管被半導體取代了，但市面上高級音響店常放著真空管擴大機，而且做為其招牌廣告，我們覺得納悶，上網也有不少的真空管擴大機介紹，因此這次科展本組同決定以真空管放大器做為題目。班導師推薦我們去請教彭雙宏老師做為本組的指導老師。

指導老師提示真空管並非是理想的放大器，半導體也是，應該將兩者各取其優點，去除缺點的組合才可達到高傳真度的理想放大器。於是我分頭尋找相關資料完成目的。

貳、 研究目的

研讀電子學，電子實習教課書的內容，上網查詢資料及老師提供的真空管資料，設計簡單的方塊結構：

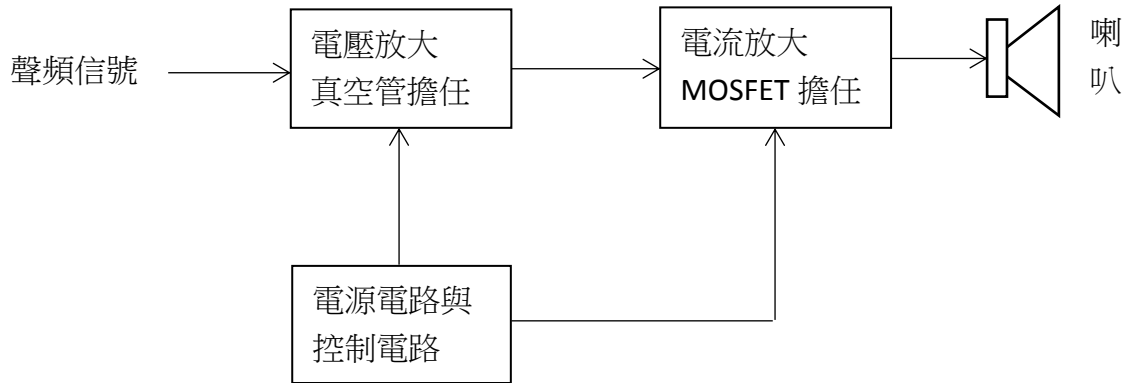
- 一、 半導體元件，我們討論結果選擇 MOS-FET 做為電流放大器
- 二、 真空管決定用三極管做為電壓放大器
- 三、 依據電子學、實習課本及所收集的資料，我們有信心做出一個**最高傳真度、最低失真度、最理想化聲頻功率放大器**，藉此充實電學專業基礎與實習能力。

參、 參考資料

- 一、旗立資訊公司，電子學-宋由禮、陳柏宏編著。
- 二、啟台圖書公司，電子實習(4)－王秀仁校訂。
- 三、1983 年音響技術月刊。
- 四、全華圖書公司，FET、電晶體手冊。
- 五、堅新電子公司，裝訂的真空管放大器集。
- 六、指導老師，指導的原理與建議。

肆、研究過程與方法

一、方塊圖：



(一)、要有足夠的功率來推動喇叭，且又要滿足真空管與半導體的優點，則將功率放大拆開，依電學公式： $P=V \cdot I$ 。因此真空管做為電壓放大而 MOS-FET 做為電流放大電路。

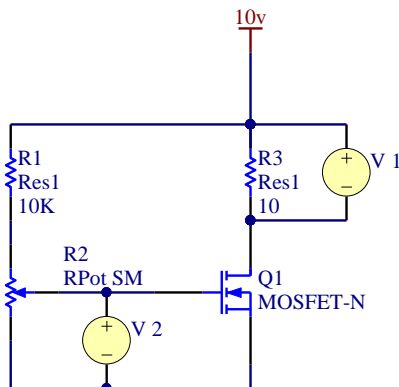
二、我們三人各負責一部份的設計與製作

(一)、增強行 MOS-FET 電路實驗

1. 依據全華書局 FET 規格表，選購 K405，J115 兩者互補再選購 K347。

型號	用途	$V_{DS(max)}$	$I_D(max)$	$P_o(max)$	T_j	$V_{GS(max)}$	g_m	$f(max)$
K405	PA	160V	8A	100W	150°C	±15V	2ms	100MHz
K347	PA	400V	1.2A	10W	150°C	±20V	0.5ms	500MHz

2.



(1) 調整 VR 使得 $V_2=1mV$ ($I_D = 1mV/10=0.1mV$)

此時 $V_1=0.8V$ ，於是定義 V_T 大約為 0.8V
(V_T 為 FET 的最小電壓)

(2) K405 為 N 通道，J115 為 P 通道兩者，
電器特性相同稱為互補

(3) 2SK347 之 V_T 測試結果約為 0.8V

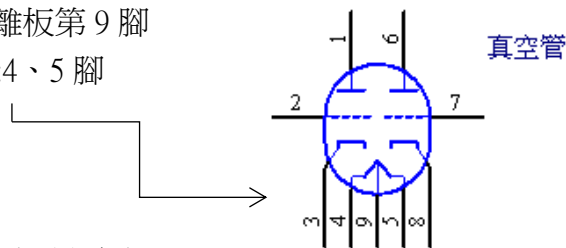
3. 依照以上資料，再採用 OCL 型式，設計一種高傳真度電流放大器。

(二)、真空管電路的實驗

1. 老師提供一份老舊的資料，印上堅新電子公司：內容有數十種放大電路，主要為典型差動、串疊式放大電路而我這部分目標是做出高傳真度電壓放大， $A_v=300\sim 500$ 而 $V_o=\pm 30V$ ，對於工作在高電壓的真空管而言，是一個簡單的任務，因此採用 6DJ8 的典型兩級放大電路，再加入 2SK347 作為低阻抗輸出。
2. 6DJ8 特性：

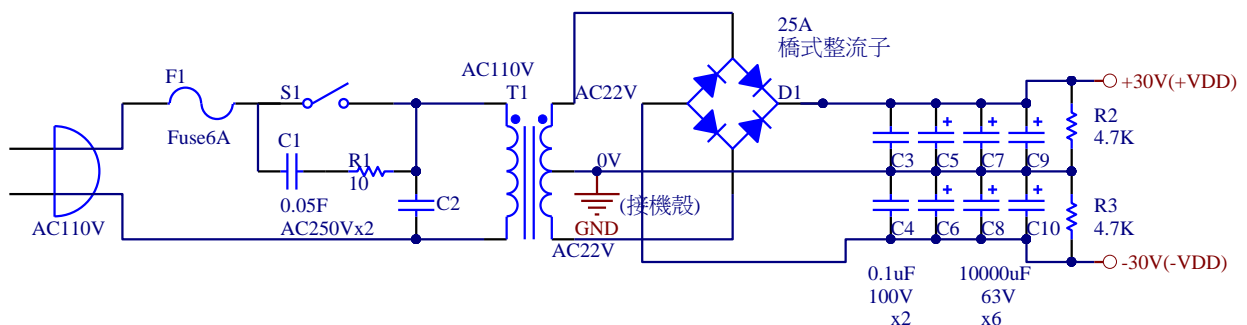
燈絲	u	rp	Pw	PVC(max)
6.3v/0.36A	33	3K	1.8W	180V

B:隔離板第 9 腳
燈絲:4、5 腳

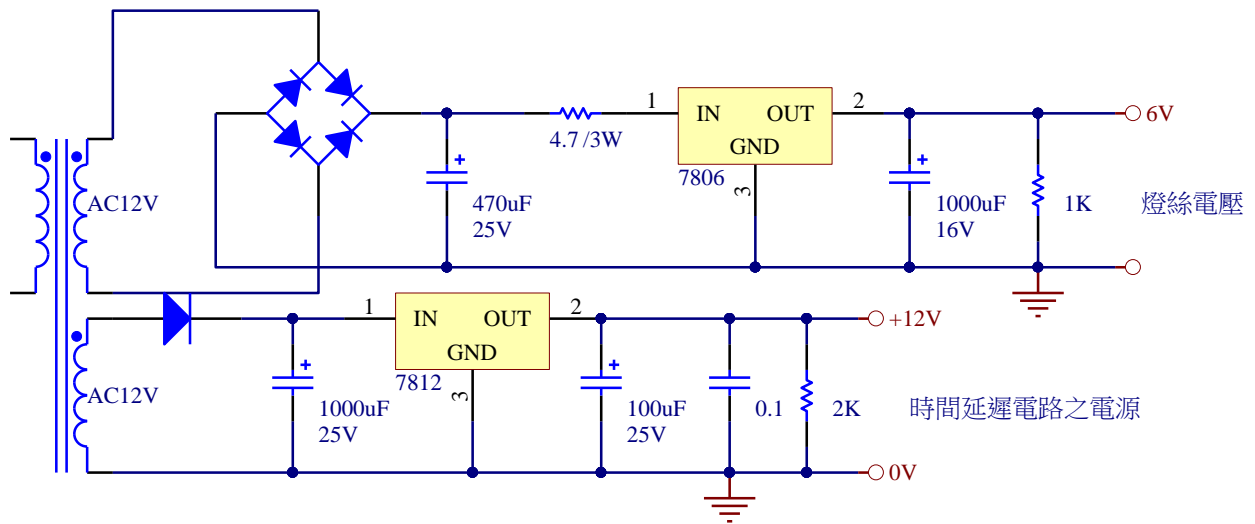


(三)、電源與控制電路:

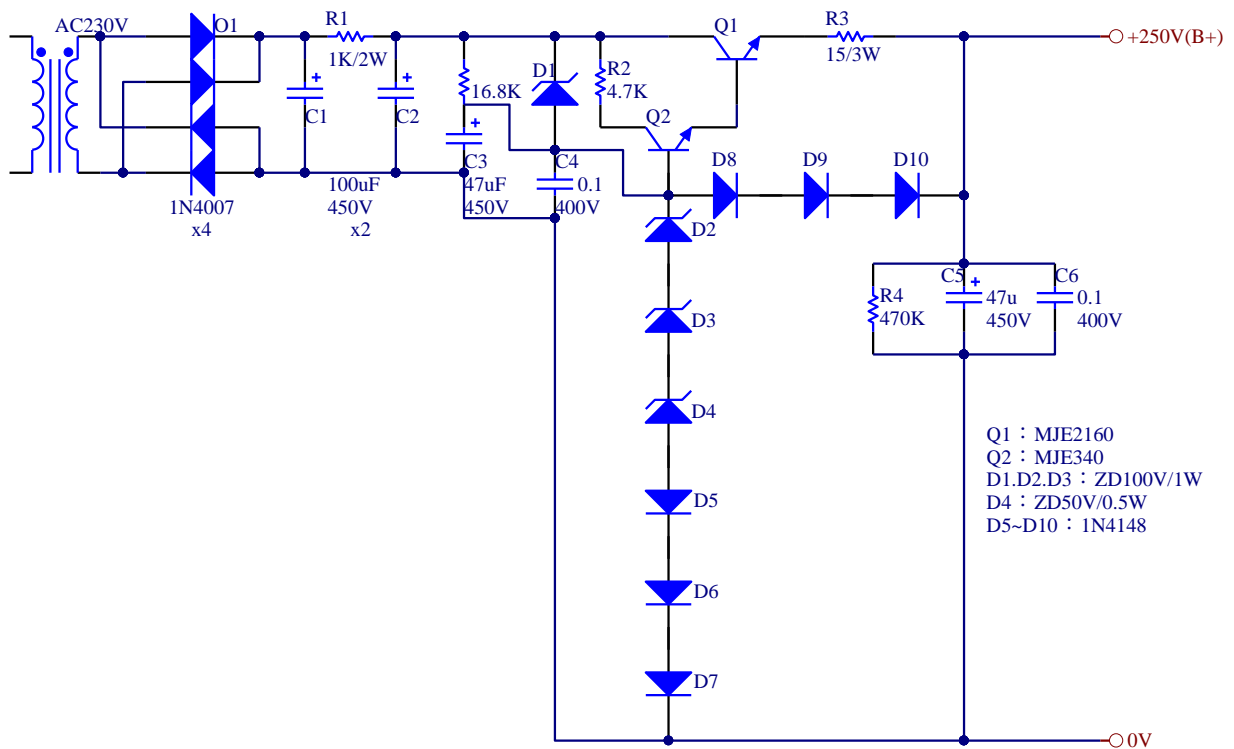
1. 本機所需要電源有: (1)FET 電流放大器之 $\pm V_{DD}=\pm 30V$
(2)真空管放大器之 $B^+=250V$
(3)燈絲電壓:6V
(4)控制電路 12V
2. 依據電學整流原理，訂製電源變壓器，規格為初級圈 AC110V，次級圈:(22V、0V、22V)/10A，(230V、0V)/0.2A 兩組(12V、0V)/2A
3. 電源電路與控制電路



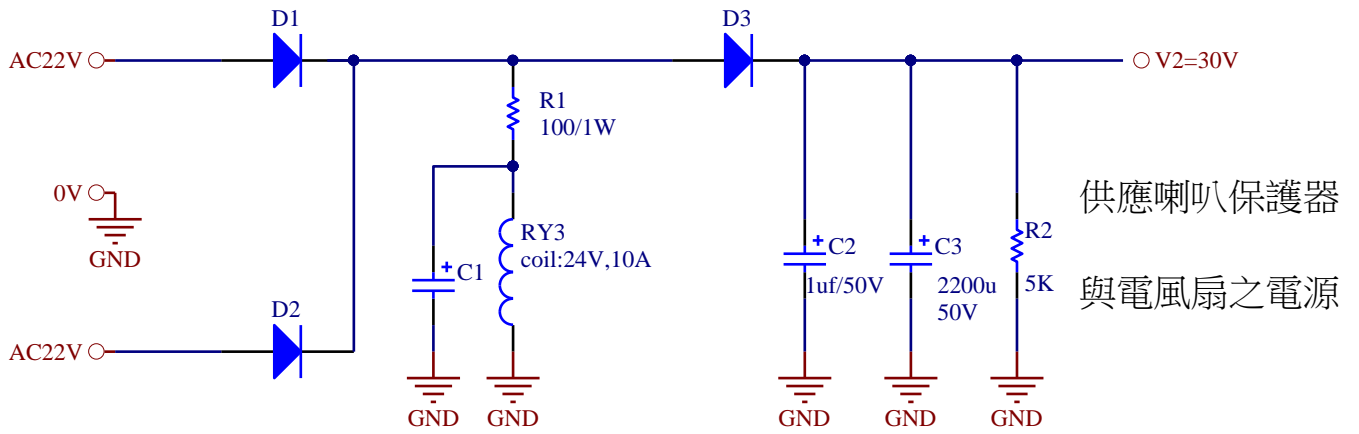
<圖一>



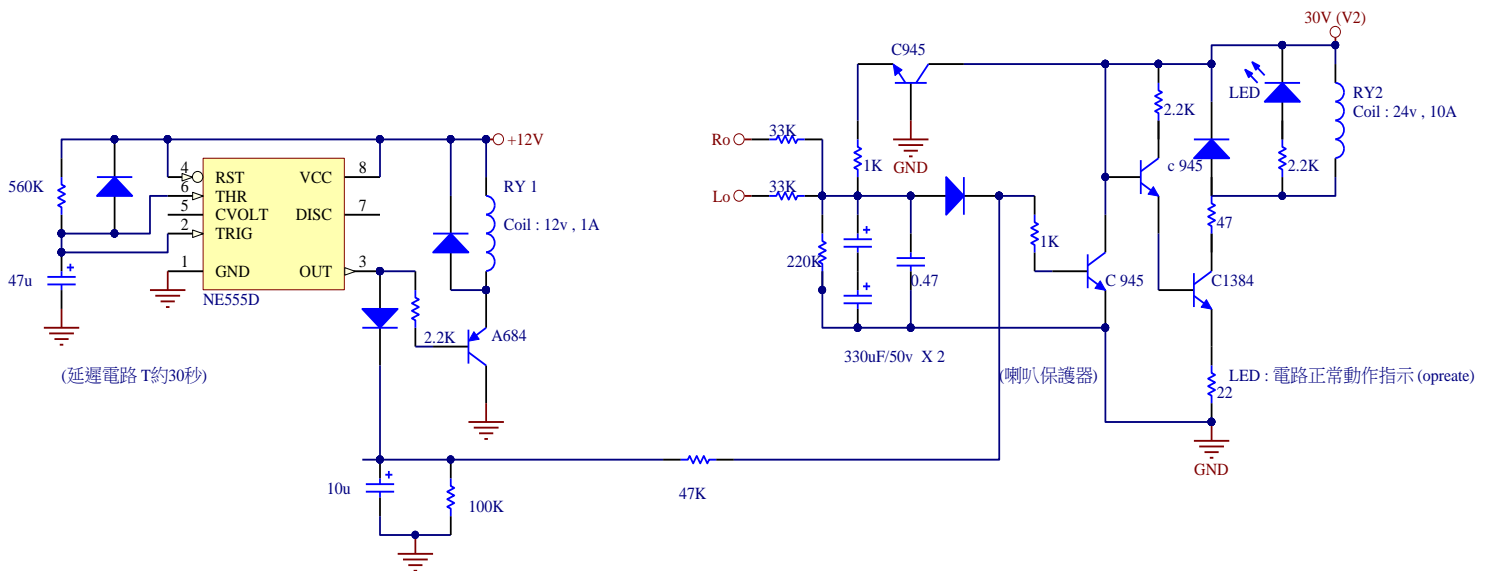
<圖二、圖三>



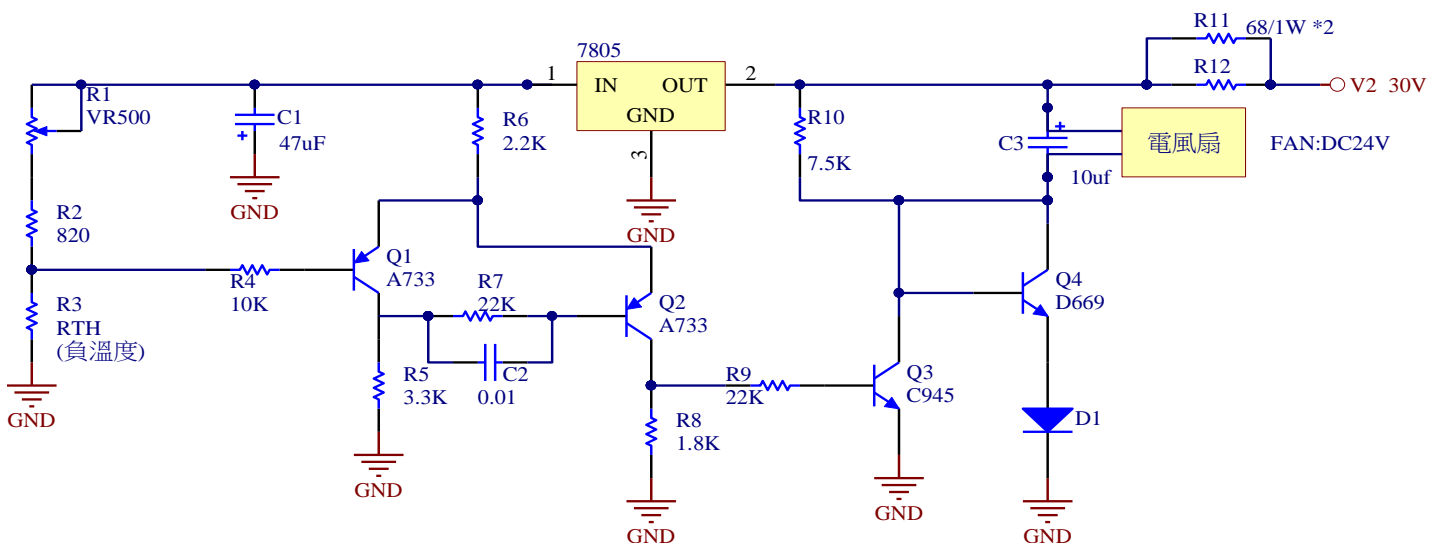
<圖四>



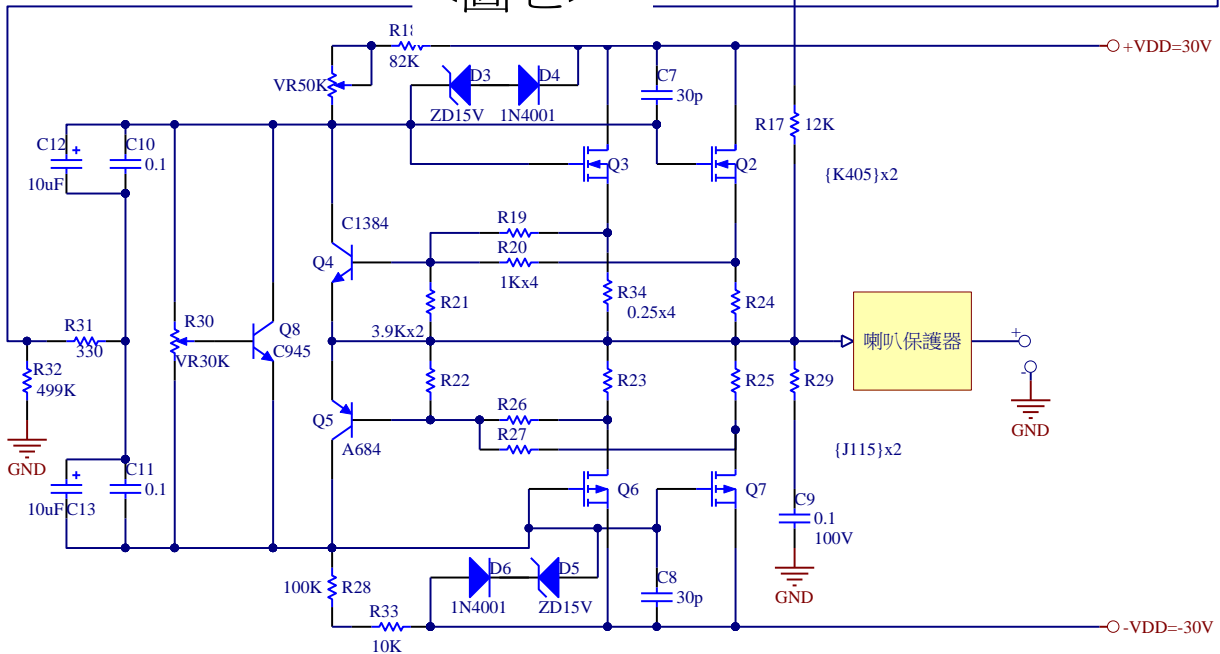
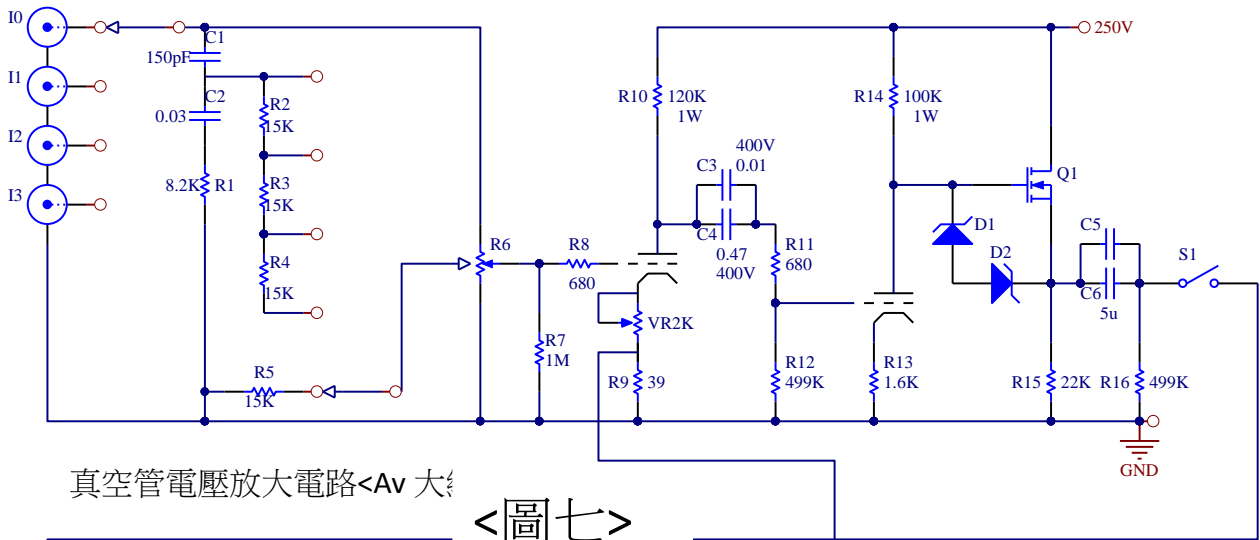
<圖五>



<圖六>



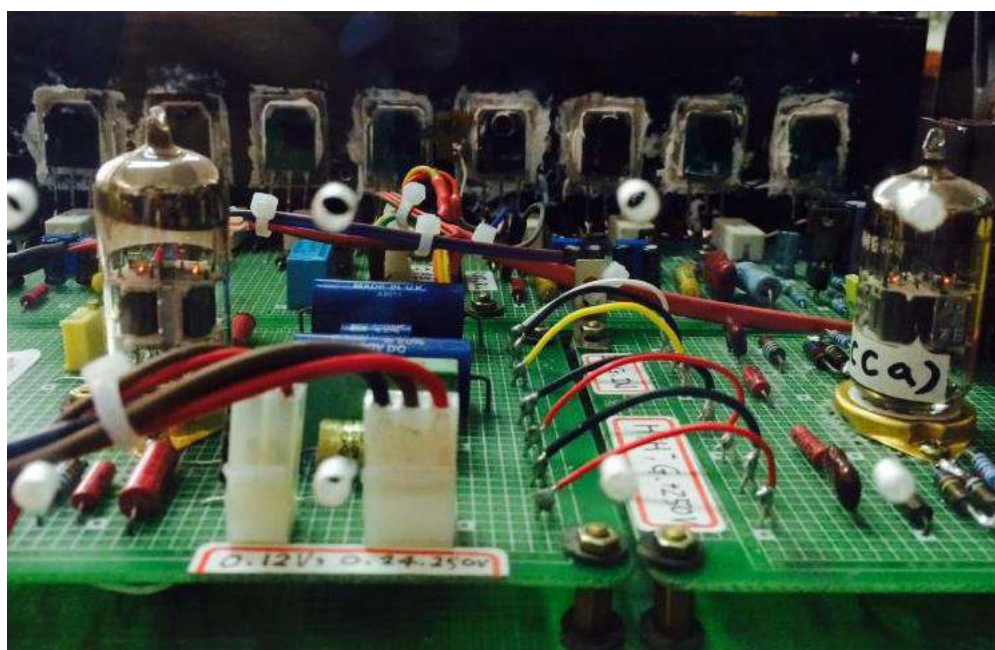
(四)、將我們各自做好的電路連接組合



(五)作品照片集



運作時，會發亮的真空管。





接入示波器，所輸出的波行結果。



聲頻放大器與音響以及 CD 撥放器的示意圖。

伍、研究結果

一、當電路製作好後，首先依設計圖及計算值調整各級電路的電壓與電流特性，以達到完美的電壓特性。

1. 調整真空管之陰極電阻(VR2K)使 $V_p=90V$ 。
2. 調整電流放大器之 MOSFET 的正常偏壓。
 - (1)先關閉電源， $\pm V_{DD}$ 串上兩只電流錶，VR30K 調至中間
 - (2)開啟電源，調整 VR50K 使輸出電壓 $V_o=0V$ 後再調整 VR30K 使得電流錶指示為 400mA
 - (3)再重複微調，VR50K，VR30K 得到上述的數值(原先我們設計靜態電流為 20mA，及每個 FET 流過 10mA，屬於 B 類放大器，但老師說應調的更高一點才可以降低輸出阻抗，推動低效率喇叭。所以我們就調至 400mA)

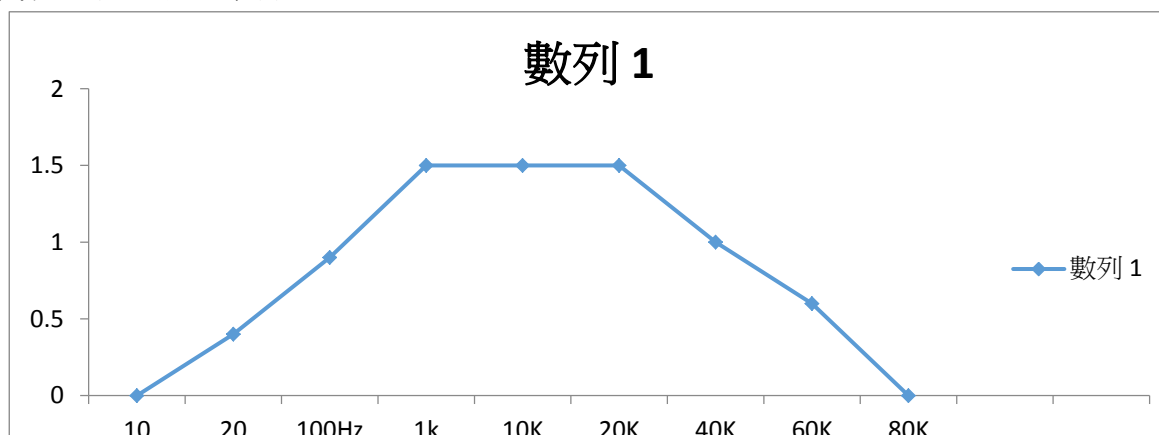
二、加入信號產生器與示波器以 8 歐姆/100w 替喇叭做波形測試：

1. 以 1KHz 之正弦波輸入，使輸出波形不失真情況下紀錄其值； $V_o = 57 V_{p-p}$ ， V_i 趨近於 $0.47 V_{p-p}$ 所以算得 $(AV=V_o/V_i=57/0.47$ 趨近 120 倍)。
2. 調整信號產生器之輸出電壓固定 $83m V_{p-p}$ 改變正弦波的頻率，紀錄示波器的 V_{p-p} 值，列出表格：

(1)

頻率	10Hz	20Hz	100 Hz	1kHz	10kHz	20kHz	40kHz	60kHz	80kHz
負載電壓	3Vp-p	6.5Vp-p	10Vp-p	10Vp-p	10Vp-p	9.8Vp-p	9Vp-p	7Vp-p	5Vp-p

(2)依表格繪製頻率響應圖：



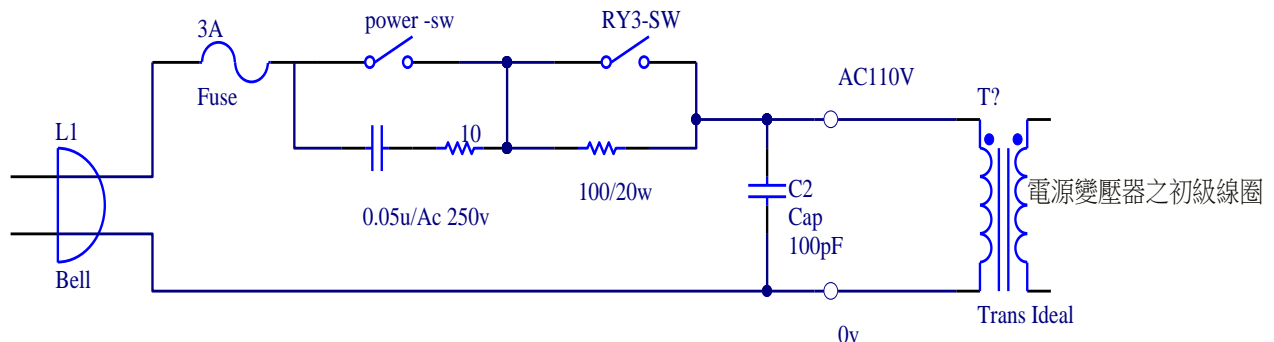
(3). 改接喇叭與 CD 後聆聽數次的 CD，發現音質優美，清晰、層次分明，覺得非常有成就感。

三、我們又分工合作依照裁剪的機箱尺寸及向學校請購高級音響用的特級品材料，重新製作電路板組合於機箱內，於是展品完成。再次聆聽欣賞音樂，很明顯的音質變得很優美，尤其是清晰度，及雜訊降至幾乎為零。

四、展品的電器特性：

- (1)輸入電源：Ac110V,P(max)=250W
- (2)輸入有效功率：50W/8 歐姆,100W/4 歐姆
- (3)S/N 大於 100db(20 log28.5/0.1mv 趨近 108db)
- (4)輸入信號電壓 $V_{p-p} > 0.5V$
- (5)頻率響應：20Hz~60kHz

五、電源改良電路：原本是採用 6AFuse,無實質保護作用小於 6A 又立即燒毀，因開機時瞬間電流很大(濾波電容瞬間呈現短路現象及變壓器效應等等)。下圖為防止瞬間大電流之產生。



陸、討論與結論

一、真空管依資料顯示，其輸阻抗極高，因此諧波失真率極低，很適合電壓放大器。但其輸出阻抗高且工作於高電壓，必須經過輸出變壓器的匹配才可推動喇叭，因此產生失真度及各種效率問題，所以我們排除其缺點，而已半導體元件替代，做為電流放大器。

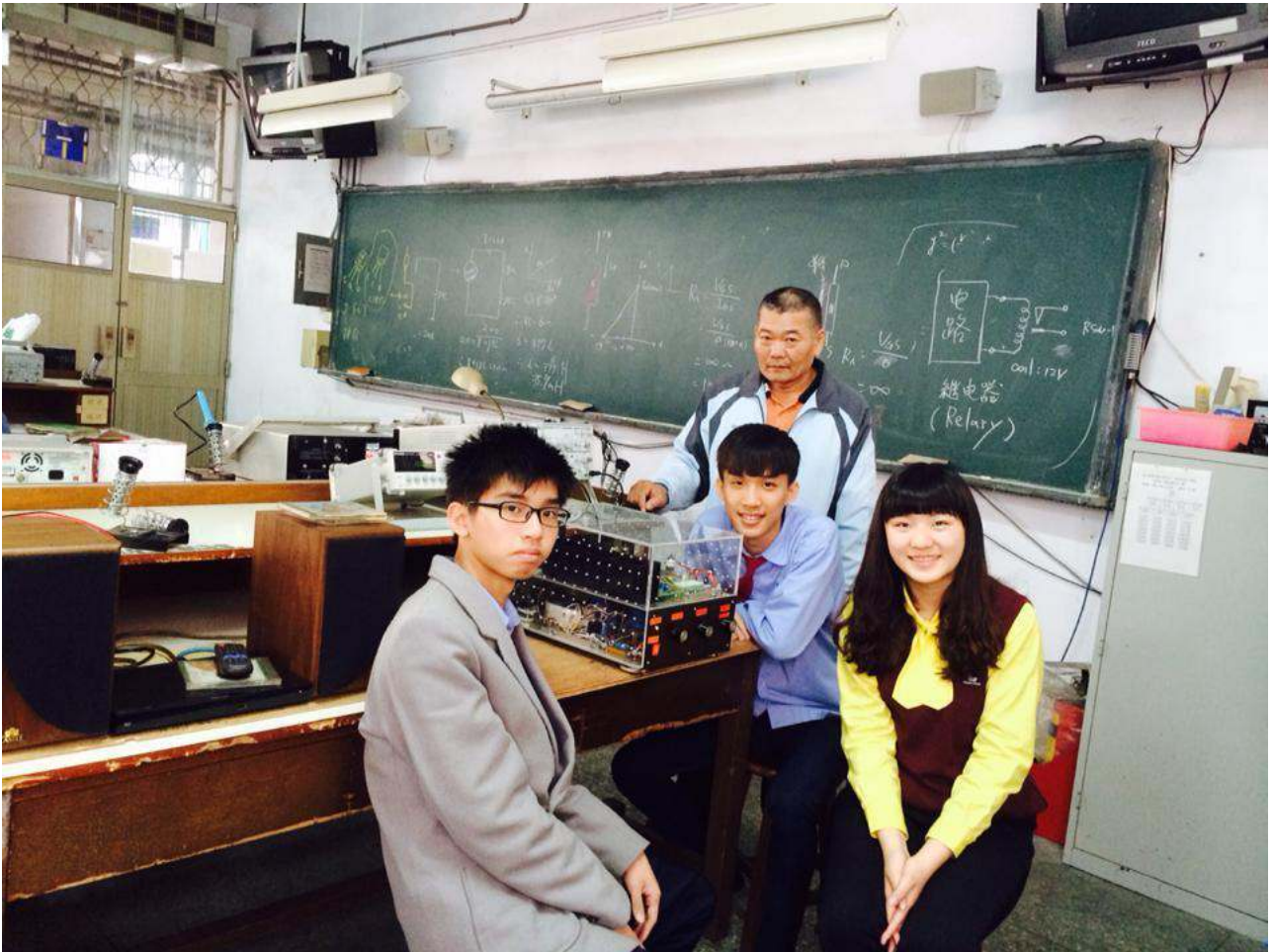
二、與一般擴大機比較

1.市售的擴大機，大部分土 C 化了，其頻寬為：0~20KHz，為了達到輸出工作點(DCOV)的穩定度，而加上了許多控制電路，於是音頻信號受到引想與約束，有如一個人在唱歌，因受到一些因素的約束，而不能自由發揮歌曲的精髓。本產品採以 20Hz 以下的頻率不加以處理，因人耳也聽不到(聲頻：20Hz~20KHz)所以沒有任何的約束電路，輸出的聲音自然傳神。

2.一般擴大機的高頻響應為 20KHz，但音頻非單一頻率是由多次諧波組成，電學記載高頻響應要能容納二次諧波以上(即 40KHz)本機高頻響應在 60KHz，所以傳真度高，音場、立體感非常明顯。

3.一般 200W 擴大機其 AC 保險絲(FUSE)大於 6A，一旦電路發生故障 FUSE 可能不會燒斷，無實質保險作用；依公式 $I=200W/110V<2A$ ，但 FUSE 採取小於 6A，開機時又立即燒斷。這些問題也是我們科展研究的難題，經過多次的修改電路討論，老師提供的意見，最後我們自創獨門電路，如<圖 9>所示，本機 FUSE 為 2~3A 即可，不會因開機而瞬間燒毀。

三、展品在高級音響店試聽比較，可媲美於名牌的高級擴大機，惡是我們組員花費許多腦力與時間的成果，也感謝指導老師，同時很樂意的與音響愛好者分享我們成果。



【評語】 091015

本作品係以真空管的三極管做為電壓放大器，加上電源電路與控制電路，搭配 MOSFET 擔任電流放大器，將聲頻訊號經由喇叭放出音色較佳的聲音。本作品電路系統，大部分沿用老舊的電路系統，尤其是電源電路與控制電路。本作品系統功能缺乏實用性，作者的表達能力及電路設計均可再加強。