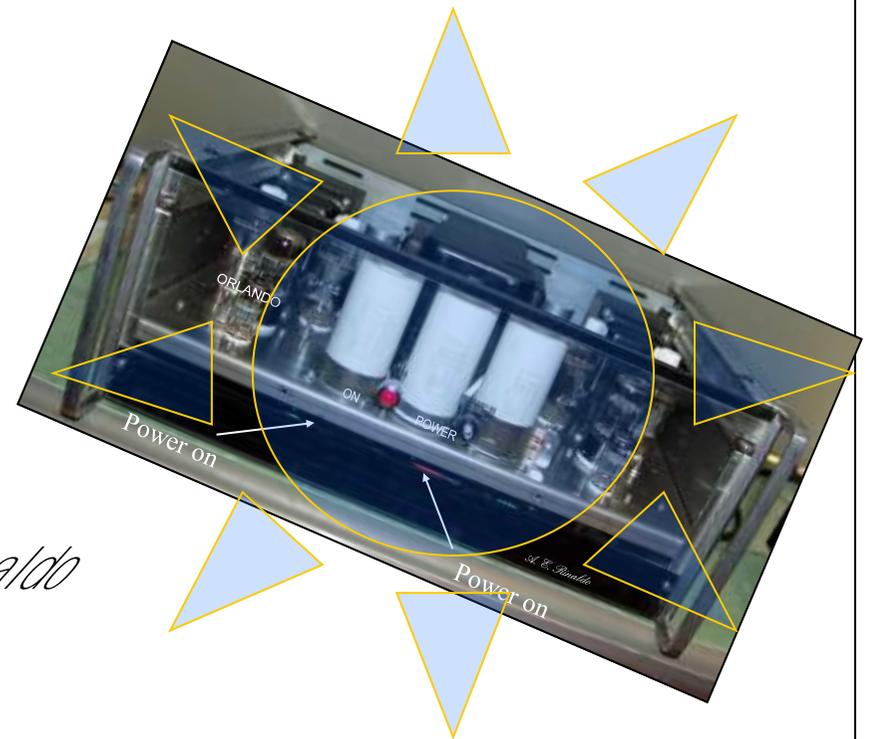


# ORLANDO

## “Class A” Single Ended Power amplifier

- 12 Watt per channel
- 10 db of feedback- (optional)
- 0,6 % distortion 1W
- Parallel of 2 x 6JM6 Power tube.

*By A. E. Rinaldo*



Concetti di progettazione

**Una volta deciso di costruire un amplificatore di potenza in classe "A", stereo, ho dovuto fare alcune scelte fondamentali:**

**1) Potenza di uscita**

Considerando che le casse migliori che ho, ( 2 Thor con linea di trasmissione,) hanno una efficienza di 89 –90 db mi occorrono almeno 10W efficaci (RMS) di potenza per pilotarle; questa scelta impone, assieme ad altri parametri, di individuare un trasformatore di uscita adeguato e uno stadio finale capace di generare tale potenza.

**2) Trasformatore di uscita**

La scelta non è stata facile considerando assieme prestazioni e costi. Ho trovato una soluzione ragionevole con la coppia di *One Electron UBT-1* disponibile via internet tramite il sito [www.tubesandmore.com](http://www.tubesandmore.com) ad un costo appena inferiore a \$ 100,00 ciascuno.

L'UBT-1 fornisce sino a 15 W di potenza in uscita, ha una bassa impedenza primaria di 1600 Ohm, una risposta in frequenza da 10Hz sino ed oltre i 75kHz, tollera una tensione di alimentazione per gli anodi delle valvole attorno ai 300Volt con una corrente di saturazione del nucleo piuttosto alta di circa 160mA .

**3) La scelta delle valvole finali**

Questa è stata la parte più semplice in quanto già avevo deciso di usare una coppia (parallelo) di pentodi a fascio (*television sweep tube*) della General Electric, 6JM6 collegati a triodo, delle quali ne possedevo una dozzina, a suo tempo impiegate in un tentativo finito male di OTL (output transformer less). Questi tubi presentano ottimi parametri di dissipazione, impedenza di placca, tensioni di lavoro, affidabilità, costo... ecc, per questa applicazione,

**4) La circuitazione di pilotaggio.**

Per massimizzare la risposta in frequenza ho optato per un SRPP in ingresso seguito da uno stadio di pilotaggio delle finali con doppio triodo in parallelo per disporre di una bassa impedenza di uscita e una banda passante molto ampia (ben oltre 100kHz) con una strumentale riduzione del rumore e una distorsione attorno all'1% senza feed back.

**5) L'alimentazione**

La ditta *One Electron* fornisce assieme all'UBT-1 anche un adeguato trasformatore di alimentazione modello BFT1-B dal costo piuttosto elevato di poco meno di \$ 200,00. L'alternativa di trovare altro modelli è possibile ma laboriosa.

**Ho deciso di adottare un filtro con ingresso induttivo con doppia cella a "L" per le finali e dei semplici stabilizzatori di tensione per lo stadio di ingresso e driver.**

I filamenti delle finali sono alimentati in corrente alternata mentre gli stadi di ingresso in corrente continua fornita da due regolatori tipo 7806.

La tensione di *bias* è ricavata da una presa secondaria del BFT1-B stesso e regolabile mediante potenziometri, su ogni tubo finale per ottimizzare le correnti anodiche.

**6) Controreazione o no?**

Un amplificatore HI-FI deve presentare, tra l'altro, una distorsione totale inferiore all'1% (TDH) . Con la circuitazione adottata non si riesce a scendere sotto l' 1,5% a meno di un tasso di controreazione di 6 db. Io ne ho applicato 10 raggiungendo lo 0,6% su una gamma di frequenze da 20 Hz a oltre 20 kHz. a 1W. In realtà la differenza non è percettibile anzi senza controreazione l'amplificatore presenta una dinamica superiore, percettibile, che a me piace.

**Design concept.**

Once decided to design a Class "A", in order to proceed I had to make few basic choices:

**1) Output power**

Based on my actual best loudspeakers set (Thor T.L. tower) with an efficiency of 89-90 db, I decided that 10 W RMS, along with many other parameters, would be sufficient to drive them; This choice drives then what type of output transformer should be used, what tubes for the final stages and several other related details.

**2) Output transformer**

The choice was not an easy one considering that I was looking for a reasonable balance between cost and performance. Among other, the best solution was the readily available units from One Electron: the UBT-1.

It costs about \$ 100,00 each; it is capable of handling up to 15 Watts of power with a frequency spectrum over 70kHz. It has a primary impedance of 1600 Ohm, a core saturation current of about 160mA and it can easily tolerate anode voltage over 300V. *UBT-1 is available* via internet at: [www.tubesandmore.com](http://www.tubesandmore.com)

**3) The final stage tubes**

This has been the easiest choice since I had in my vacuum tube mini storage a number of General Electric 6JM6 compactron beam pentode (*television sweep tube*) left over an OTL dead project. These tubes present excellent parameters when paralleling them as a triode, they are very reliable, fits perfectly with my choice of working conditions and, lastly, they can be purchased on the NOS market at a reasonable price of 5 to 6 dollars each. .

**4) Input and driver stages**

In order to maximize the frequency response I elected to use an SRPP as input stage followed by a parallel of triodes to drive the final stage. With this configuration, along with an adequate components layout, I've been able to reach a band-width of over 100kHz with essentially no noise at all and distortion in the 1% range w/o feed back.

**5) The power supplies**

One Electron provides, along with UBT-1 a suitable mains transformer model BFT1-B at about \$ 200,00. Others options are probably available but this BFT-1 meets my requirements perfectly. To keep performance and anode voltages within the limits of my design I elected to use an double "L" input filter capable of removing any 50 cycle ripple and any hum source at the speakers. The input stage and the drivers plate voltages, however, are fed by two MOSFET simple regulators. The heaters of the final stage are fed by a dedicated winding on the mains transformer while the other stages heaters are fed by a couple of 7806 constant voltage regulators. The bias voltage is generated through a tap on the secondary winding and can be adjusted via a dedicated potentiometer, on each final tube to optimize the anodic current.

**6) Feed back: yes or no?**

An Hi –FI amplifier must present (among with other parameters) a TDH of less 1%. With this design and no FB the distortion reaches 1,5% from 20 to over 20kHz at 1W and can be lowered to a 0,6% by applying 10 db of FB.

To my hearing, however, the difference between FB and no FB cannot be perceived, while zero FB gives, instead, a greater dynamics to the sound which I like the most.

## Descrizione dell'Amplificatore S.E Classe "A" - Orlando - \*

Nel diagramma 1 è riportato lo schema completo dell'amplificatore valvolare "Orlando". Il diagramma 2 riporta invece l'alimentazione principale anodica e filamenti.

Circuitazioni simili sono state pubblicate e realizzate nel corso degli anni ma nessuno (a mia conoscenza) ha mai impiegato un parallelo di pentodi a fascio tipo 6JM6 in configurazione "Single Ended", nello stadio finale.

Queste valvole, progettate per l'impiego negli stadi di amplificazione orizzontale dei televisori funzionano perfettamente in questa applicazione per la loro affidabilità, la modesta tensione di alimentazione (300 Vcc) la capacità di gestire elevati picchi di corrente anodica, una buona linearità e una altrettanto buona disponibilità sul mercato NOS (New Old Stock) a prezzi convenienti (5-6 dollari l'una) rispetto tubi similari.

### Pre-amplificazione e stadio driver

Dal terminale di ingresso, il segnale è applicato al doppio triodo V1 E88CC in configurazione SRPP (*totem pole*). La polarizzazione catodica prevede due resistenze sulla giunzione delle quali verrà applicata la controreazione se lo si desidera. Esso amplifica il segnale di circa 22 db e, prelevato dal catodo del triodo superiore, viene applicato tramite un condensatore di 1  $\mu$ F alle griglie del triodo V2 6SN7 che presenta le due sezioni collegate in parallelo.

La disposizione dei componenti di questo stadio appare piuttosto compatta. Infatti lo è ma la soluzione, assieme alla scelta di appropriati valori dei componenti, è voluta per massimizzare la risposta dello stadio alle alte frequenze audio. Il risultato è eccellente ed è in grado di amplificare segnali, senza attenuazione significativa, sino e oltre 200kHz.

Dagli anodi della 6SN7, due condensatori da 1,5  $\mu$ F collegano il segnale alle griglie dei tubi finali di potenza, 6JM6. La configurazione "Single Ended" impiega la polarizzazione di griglia fissa ottenuta tramite una tensione negativa applicata alle griglie stesse e regolabile singolarmente per mezzo dei potenziometri "P1" e "P2"

### Stadio finale di potenza

Lo stadio finale impiega come già detto, 2 x tetrodi 6JM6 in parallelo collegati a triodo e polarizzati in modo da lavorare in classe "A"

L'ottimizzazione dello stadio finale si ottiene mediante una polarizzazione di griglia di circa -55 Volt al fine di ottenere una corrente anodica in ogni tubo di 55 /60 mA.

Attraverso il trasformatore di uscita quindi circolerà una corrente totale di 110/120 mA, al di sotto del valore massimo consentito di 160 mA al fine di evitare la saturazione del nucleo.

La regolazione della corrente si effettua misurando la caduta tensione ai capi della resistenza da 1 Ohm posta sul catodo della 6JM6 (TP1-TP2) dopo un riscaldamento dello stadio di almeno 15-20 minuti e senza l'applicazione del segnale di ingresso.

Questa è l'unica regolazione richiesta per la messa a punto dell'amplificatore.

È opportuno, dopo 10-15 ore di funzionamento, verificare e riaggiustare questi valori, se necessario.

## Alimentazione

L'alimentazione è divisa in tre sezioni (diagramma 2):

1) *Anodica*: dal secondario del trasformatore BFT1-A, (365 Vca) una coppia di raddrizzatori alimenta il filtro con ingresso induttivo da 10H 500 mA e 3 condensatori in polipropilene metallizzato da 40 $\mu$ F ciascuno in parallelo; un addizionale filtro con una induttanza da 2,5H e un condensatore da 100  $\mu$ F, 550 V fornisce la tensione anodica priva di *ripple* alle valvole finali. Gli stadi di ingresso e driver sono alimentati da una tensione stabilizzata ottenuta mediante due semplici regolatori serie realizzati con due MOS-FET IRF 840, separati (fig 2).

2) *Tensione di Bias*: Da una presa secondaria del trasformatore di alimentazione (260 Vca) un semplice circuito e una serie di partitori resistivi generano la tensione negativa necessaria da applicare ai 4 potenziometri per la regolazione fine della tensione di bias. (-63V) La tensione non deve essere stabilizzata per consentire di seguire le variazioni della tensione di rete (generalmente  $\pm$  10%) aumentando o diminuendo al fine di mantenere costante, per quanto possibile, la corrente anodica soggetta ad analoghe variazioni a causa delle conseguenti alterazioni della tensione anodica.

### 3) Filamenti

La tensione di 6,3 Volt ac, necessaria ai filamenti delle 4x 6JM6 è fornita direttamente da un secondario dedicato mentre i filamenti degli stadi di ingresso e driver sono alimentati in corrente continua tramite due regolatori tipo 7806. (diagram 2).

Poiché il catodo superiore delle E88CC ha un potenziale di circa 130Vcc è necessario mantenere la VKf (tensione catodo/filamento) sotto il valore limite di 100 volt previsto dalle specifiche tecniche; a tale scopo quindi la tensione dei filamenti viene elevata di +75 volt rispetto massa ricavandola da un apposito partitore (fig 2). La 6SN7 tollera invece una VKf di 200 volt cc.

### Controreazione

L'amplificatore funziona perfettamente senza controreazione e la distorsione totale (TDH) non supera l'1,5%. Con una controreazione di soli 10 db la distorsione scende intorno lo 0,6%. (vedi diagrammi a pag 10) a scapito però di un incremento delle tensione del segnale di ingresso necessaria per ottenere la massima potenza in uscita, da 0,3 a 1 volt.

### Considerazioni finali

Ulteriori indicazioni per la costruzione dell'amplificatore sono incluse nelle pagine che seguono. Il progetto non è adatto a principianti.

Esso richiede una buona conoscenza dell'elettronica e una altrettanto buona conoscenza dell'arte del montaggio di circuitazioni audio, in particolare, oltre alla conoscenza dei pericoli potenziali esistenti quando si lavora con tensioni dell'ordine di 400- 450 volt di discreta potenza. Il costruttore potrà trovare soluzioni alternative al telaio e alla disposizione dei componenti tuttavia raccomando di seguire, per quanto possibile, la disposizione del layout per evitare inaspettate sorprese sulle prestazioni finali..

\* Il mio ultimo nipotino

## “Orlando” \* Amplifier Description

Diagram n. 1 depicts the complete amplifier schematic of “Orlando”. Diagram n. 2 shows, instead, the power supply sections of plate voltage, filament and bias voltage.

Similar circuit have been published and constructed over time, but, to my knowledge, none has been made with a parallel of 6JM6 power beam pentode in a single ended configuration as final stage.

These tubes, designed to power television set horizontal amplifier, work perfectly in this application thanks to their good linearity (when connected as triode), relatively low plate voltage (300V), high reliability, capable of handling high current peak up to 500mA, and, lastly, available in the NOS market at a good price (5 to 6 dollars each).

### *Pre-amplifier and driver stages.*

From the input terminal, the signal is applied to the grid of an E88CC double triode configured as a S.R.P.P. (totem pole) with a gain of 24 db. From the cathode of the upper tube the signal is then applied through a 1  $\mu$ F capacitor to the grid of a parallel of 6SN7 triodes .

Components layout of these stages appears rather crowded and indeed it is. This, along with appropriate choice of components value, has been done to minimize stray capacitance and maximize frequency span. In fact these two stages are capable of a flat amplification of signal up to and over 200kHz

From The 6SN7 triode plates the signal is then applied to a parallel of 6JM6 final stage through a couple of 1,5  $\mu$ F capacitors..

### *Power stage*

As stated earlier the final stage employs a parallel of 2 x 6JM6 beam pentode connected as triode. Stage polarization is achieved through a negative voltage of about -55Volt. applied to each grid. After few hour of run-in, potentiometer P1 and P2 must be adjusted to set the current on each tube between 55 and 60 mA. This can be measured by applying a millivoltmeter between test point 1 (TP1) and ground to read 55 to 60 mV. Measurement and adjustment must be repeated for both tubes an both channels. Check and readjust it once again after 10—15 hours of operation and then forget about it.

The prevent UBT-1 output transformer core saturation this adjustment will set the total current through it to a safe 110 –120 mA, well within the specification limit of 160 mA .

Measurements and adjustment described above must be made with NO input signal.

### *Power supplies*

Power supply is designed around input transformer BFT1-A, and has been divided in three major sections:

1) *Plate voltages:* From the secondary winding of BFT1-A (365 Vca) a couple of diodes supply current to an 10H 500mA “L” input filter to a parallel 3 x 40 $\mu$ F metalized polypropylene

capacitors (the type used to spin single phase motor); two additional inductances of 2,5H 150mA and a 100  $\mu$ F, 550 Volt cap’s supplies required voltage and current to each final stage channel.

Input stages and driver plates voltages (260 V) are supplied by two simple MOS-FET series regulator (fig 2).

2) *Bias voltage:* From the secondary output of power transformer (260 Vac tap) a simple circuit provides about -63 unregulated DC voltage to each of the four adjustment potentiometer of the 6JM6 grids. Bias voltage is not regulated so that when line input voltage varies so does the anode voltage; bias then increases or decreases accordingly to stabilize, to a certain extent , 6JM6 plate current.

### 3) *Heathers*

A 6,3 AC voltage required to heat the 4x 6JM filaments are directly supplied by a dedicated winding on BFT1-B power transformer.

Input and driver stages heathers are fed by a couple of 7806 regulators (diagram 2). Ac input voltage to the regulators circuit is made up by connecting a 5V and 6 V windings in series to allow proper operations of 7806 IC; the junction of these two winding is biased by a + 75 V DC. This is required to bring the VKf of E88CC within its max specification of 100 Volt. 6SN7 does allows a VKf max of 200 V.

### *Feed back*

The amplifier works perfectly without feed back with a total distortion of 1,5 % at 1 kHz 1W.

Applying a 10 db feed back to the E88CC cathode, distortion can be reduced to 0,6%. at 1kHz 1 W (see diagrams on page 10 for total performance) with a draw back on the input voltage necessary to get full output power from 0, 3 to 1 volt.

The circuit is very stable and different FB value can be applied by changing the 5,6 kOhm on E88CC cathode resistors junction. To my ears this amplifier sounds better with no FB at all; the increase of distortion is in fact inaudible and amplifier dynamics is greater, as it is known that FB tend to shrink this parameter.

### *Final considerations*

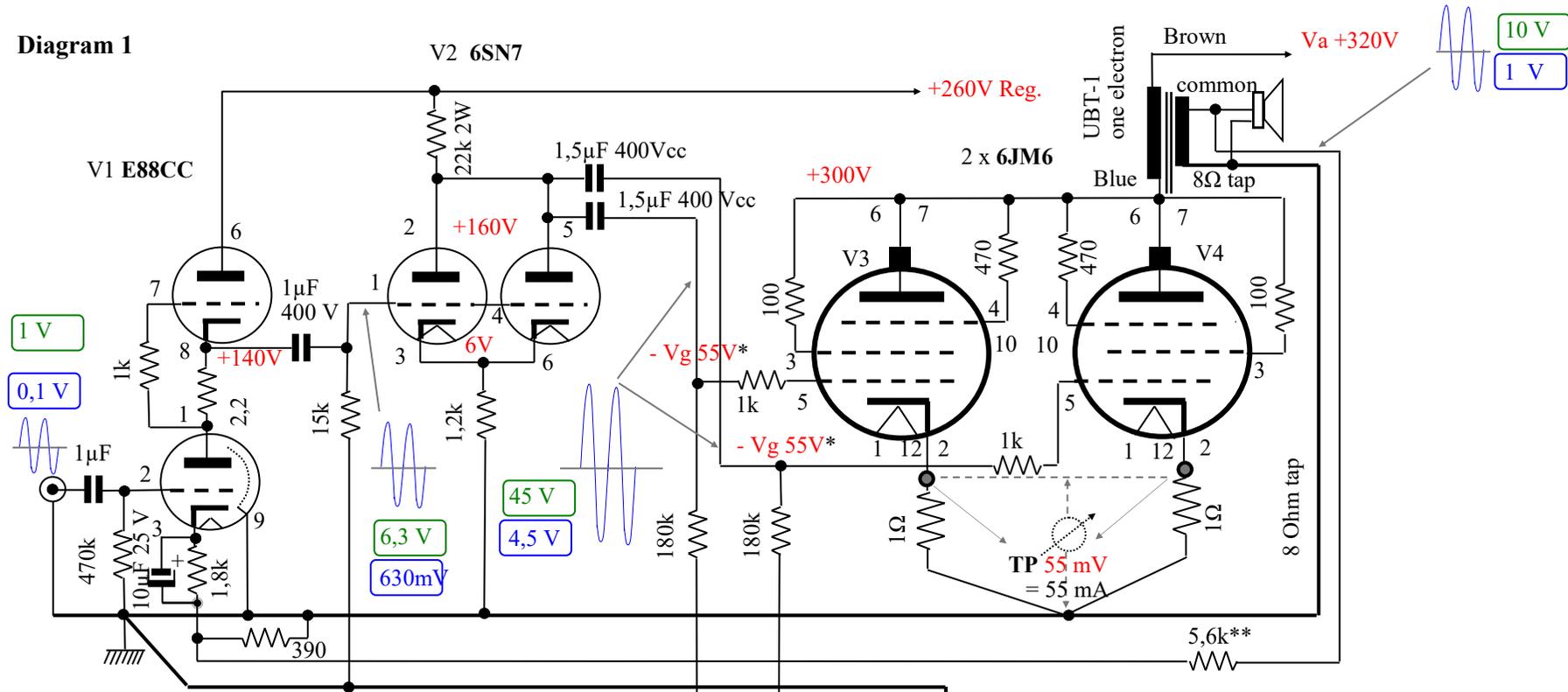
Further information on how to build/assemble this amplifier, all the components value adjustments indication, and other tips are indicated on the schematics in the following pages.

Construction of his project requires a good knowledge of basic audio electronics and a capability to build yourself a suitable chassis to host all the necessary hardware.

In addition you must be aware of the severe danger that may occur when working with high voltage of 400–450 Vcc like the one present in this circuit.

\* *Il my last nephew*

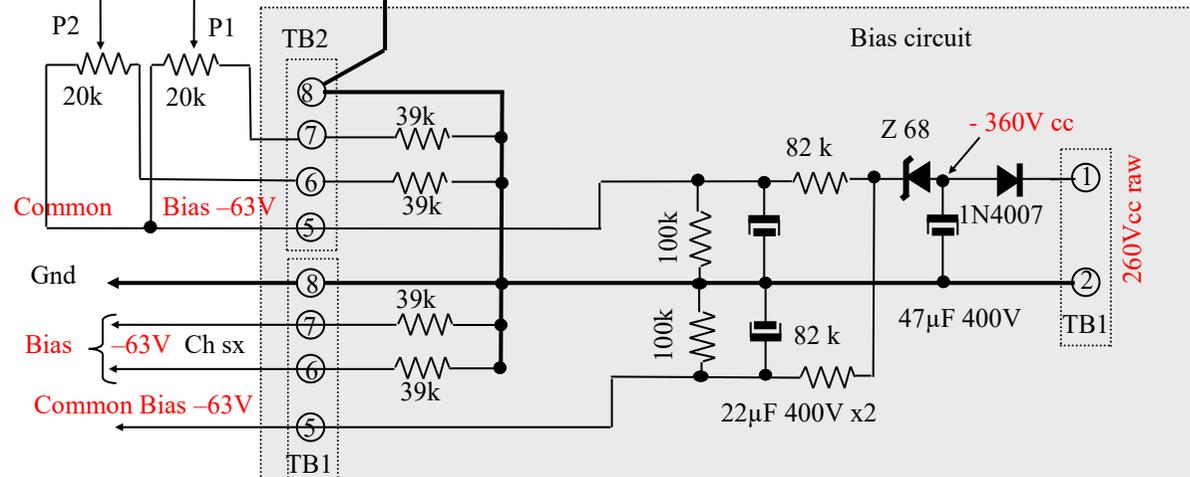
Diagram 1



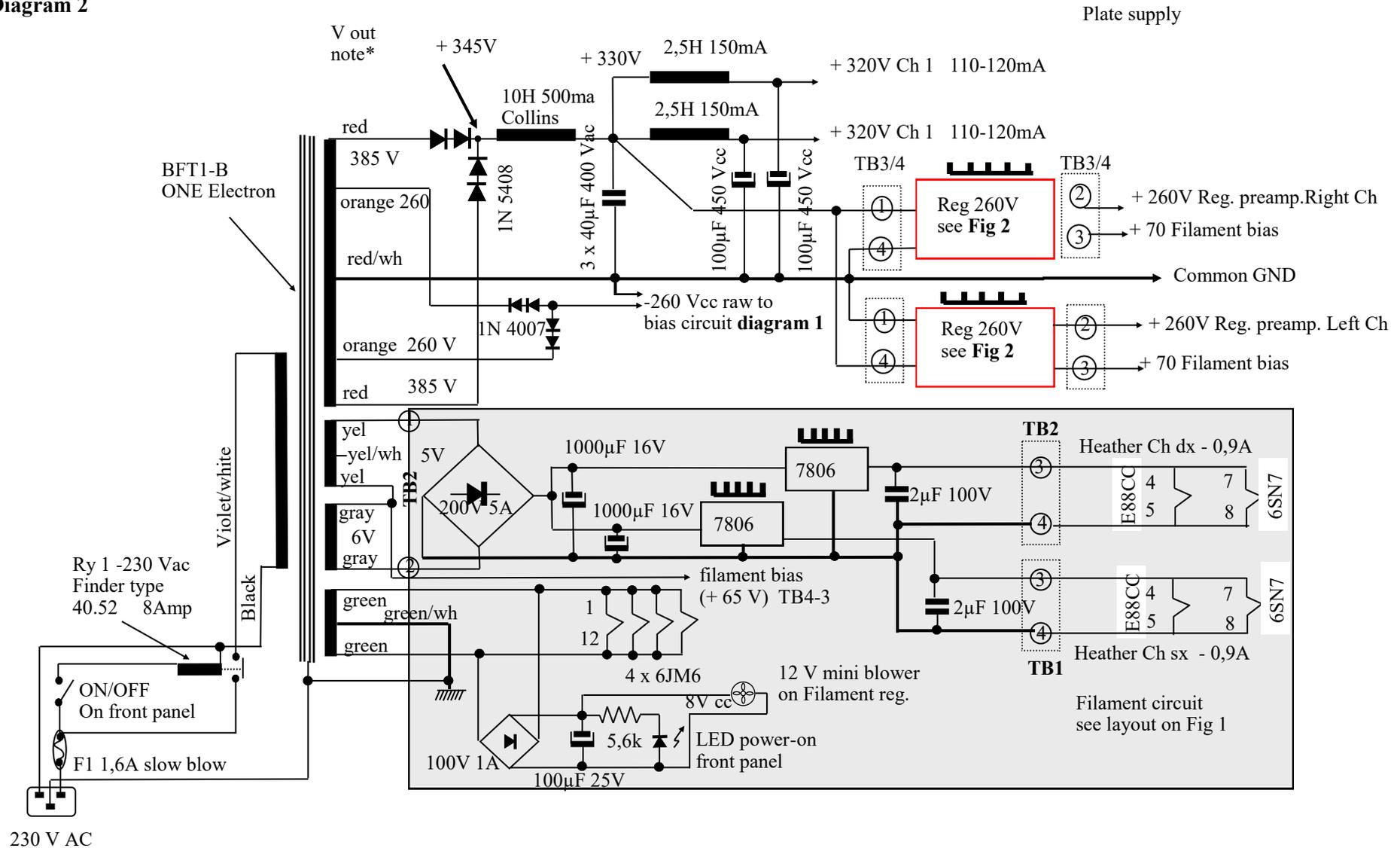
Total  $I_a$  (V3+V4) = 110/120 mA thru UBT-1  
 $V_g$  -55 V\* GE Tubes  
 Sensitivity 1,0 V per max output (clipping)

\* Adj P1/P2 to measure 55 to 60 mV between TP1/TP2 - GND (equivalent to 55/60 mA through each 6JM6) -wait 30 minutes for fine adjustments check and readjust after 10-15 hours of run-in -  
 \*\* Optional

Overall gain = 20 db  
 feed back = -10 db (with 5,6 kOhm resistor)  
 V1 gain 16 db  
 V2 gain 17 db  
 Voltage (red) = measured with power up and no input signal they may vary  $\pm$  10%  
 Signal voltage amplitude in blue and green  
 All resistor 1W unless otherwise indicated



**Diagram 2**



Note for inductive filter

$$V_{out} = \frac{2 \times (V_m)}{\pi} = \frac{2 \times (385 \times \sqrt{2})}{3,14} = 345 \text{ Vcc}$$

Fig 1 - 6JM6 bias voltage and 6SN7/E88CC DC filament layout

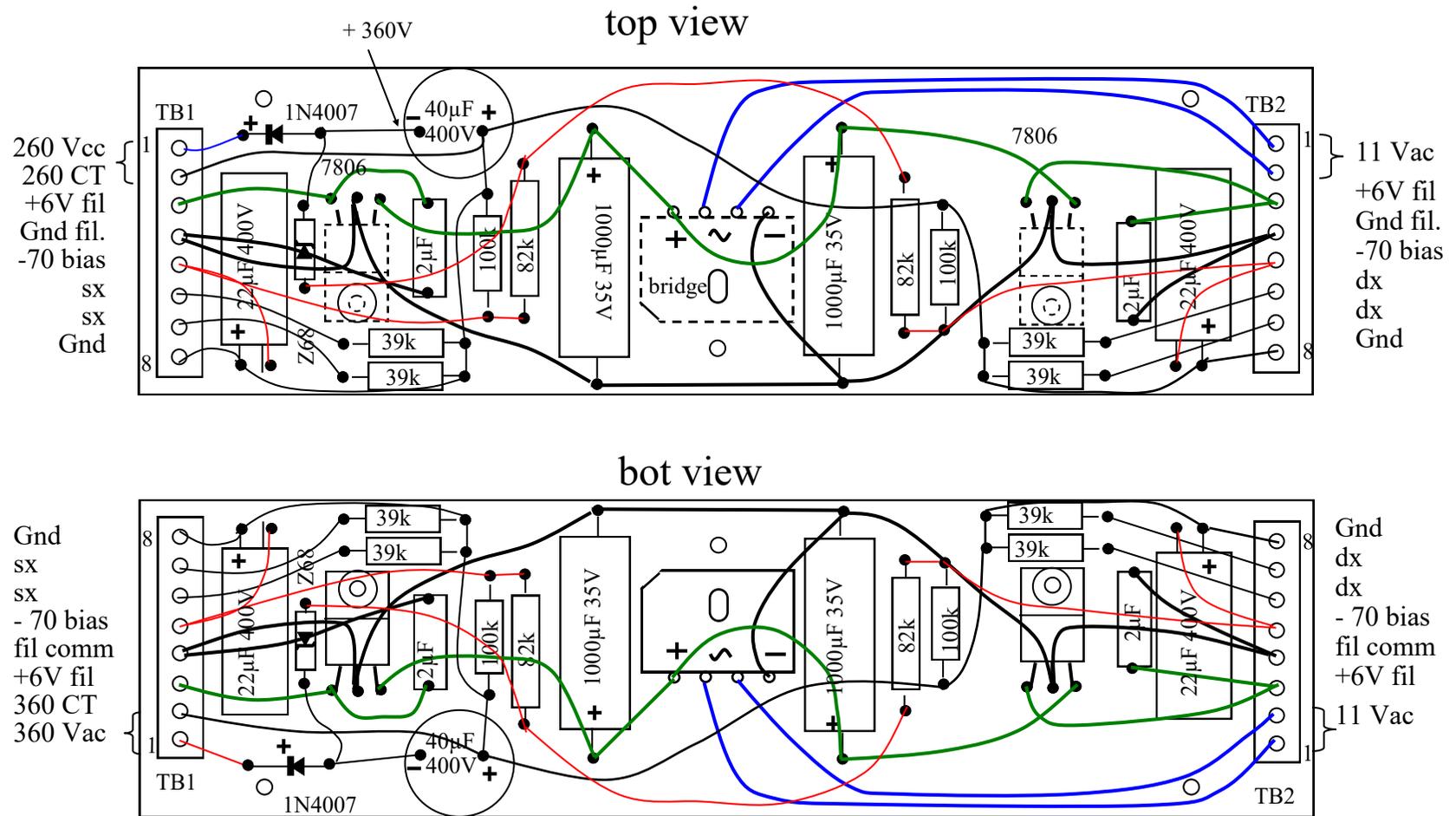
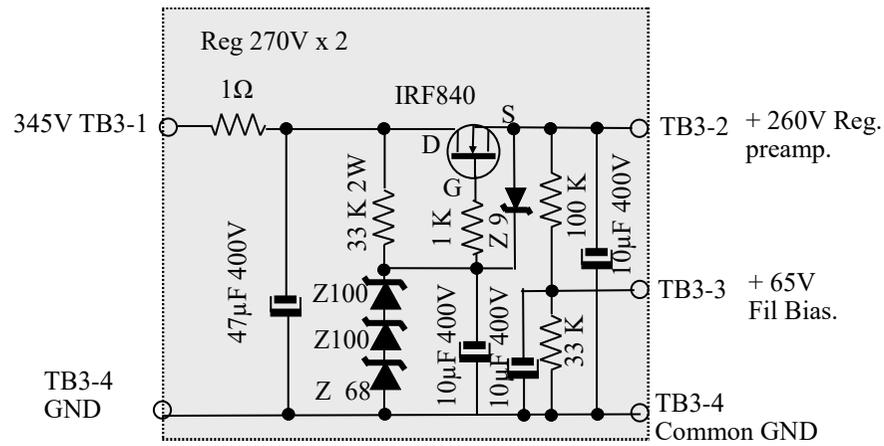


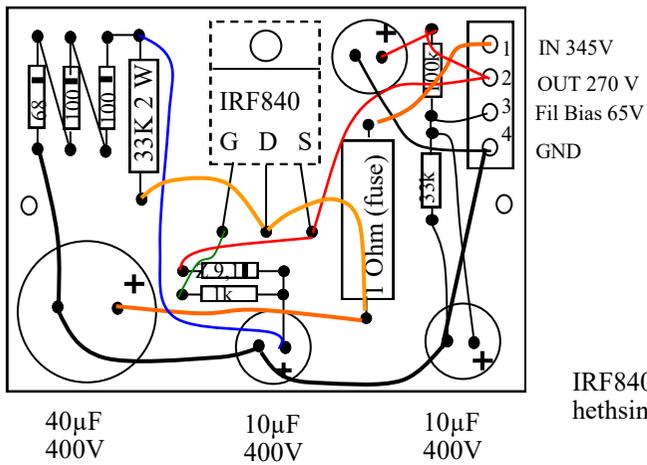
Fig. 2 - 260 Volt regulator & filament Bias



Option 1  
Top view

10μF  
400V

TB3/4



40μF  
400V

10μF  
400V

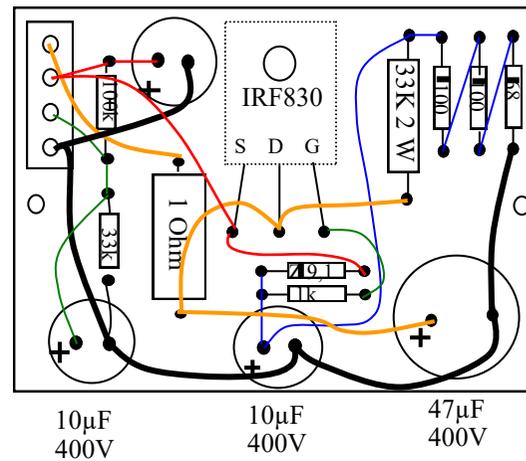
10μF  
400V



IRF840 must be mounted on a  
hethsink

Option 1  
Bot view

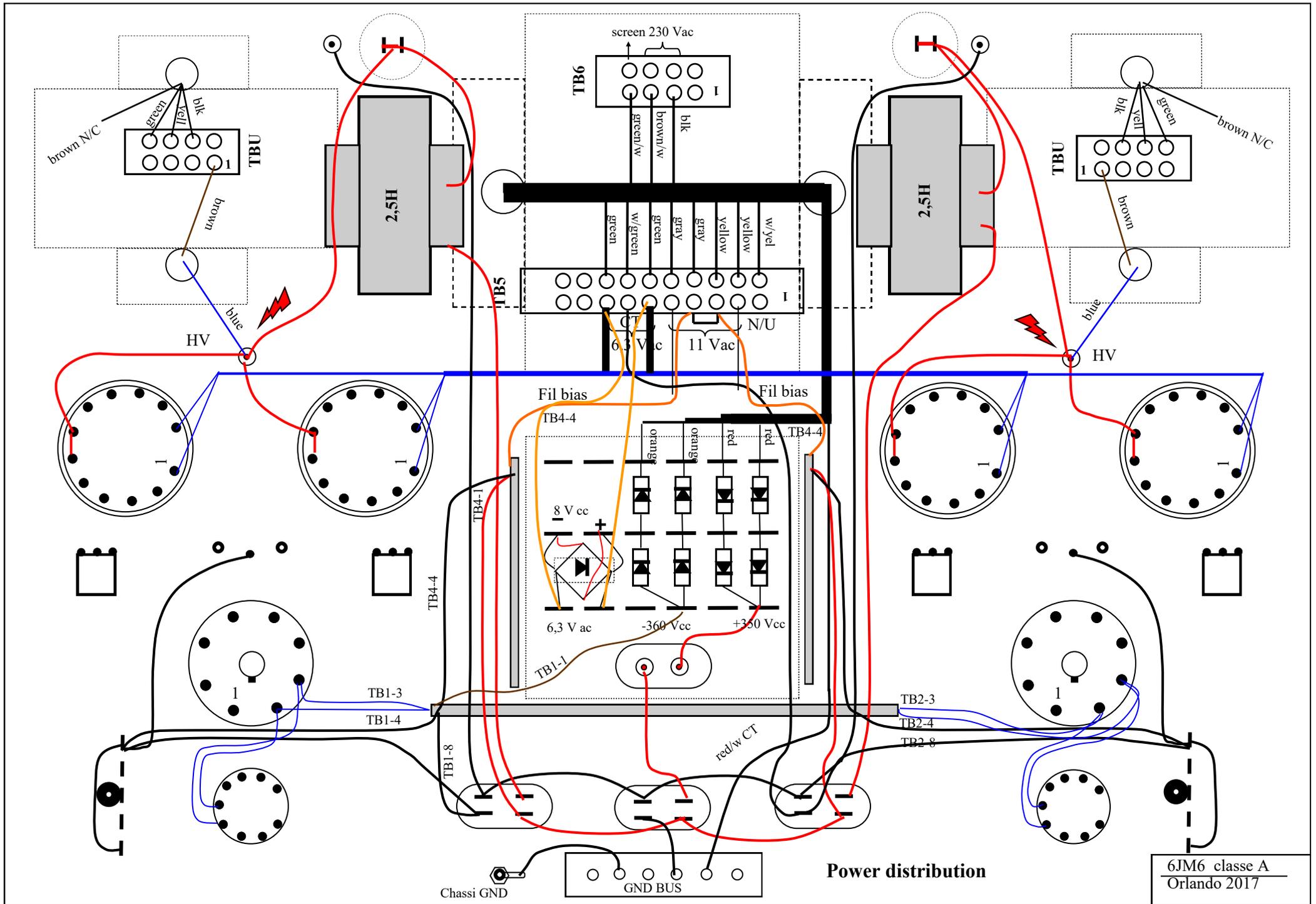
TB3/4



10μF  
400V

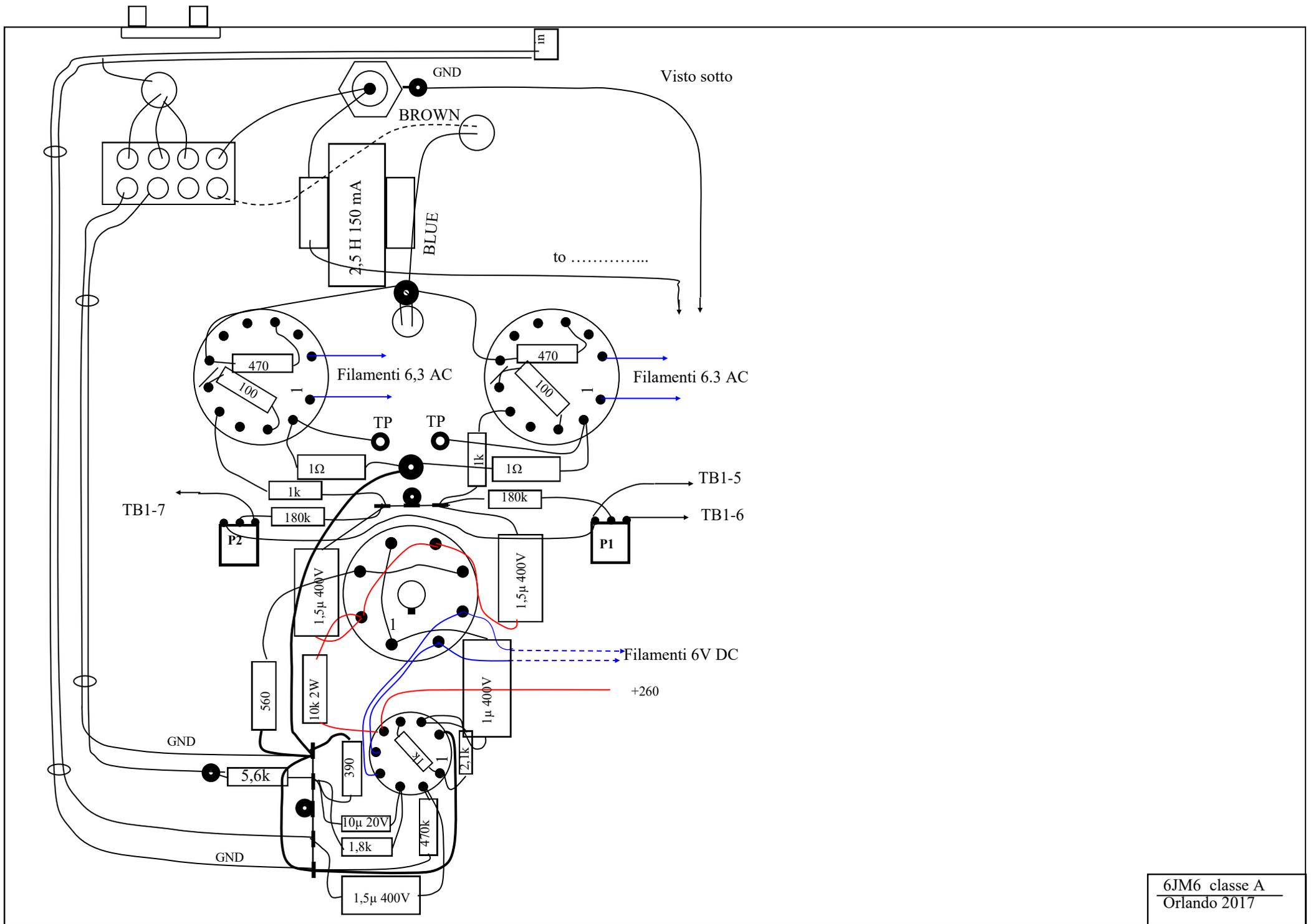
10μF  
400V

47μF  
400V

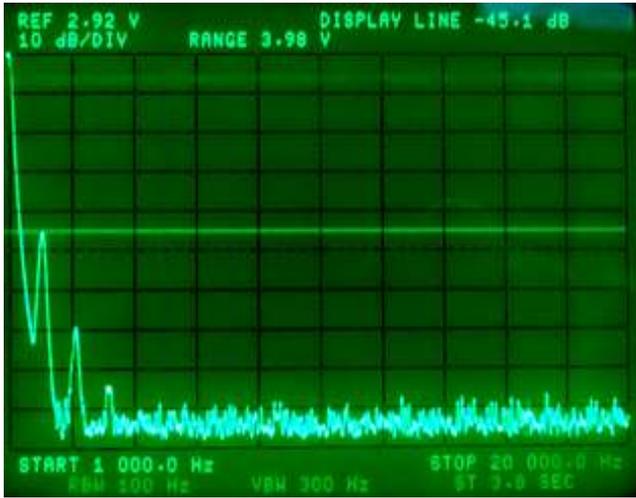


**Power distribution**

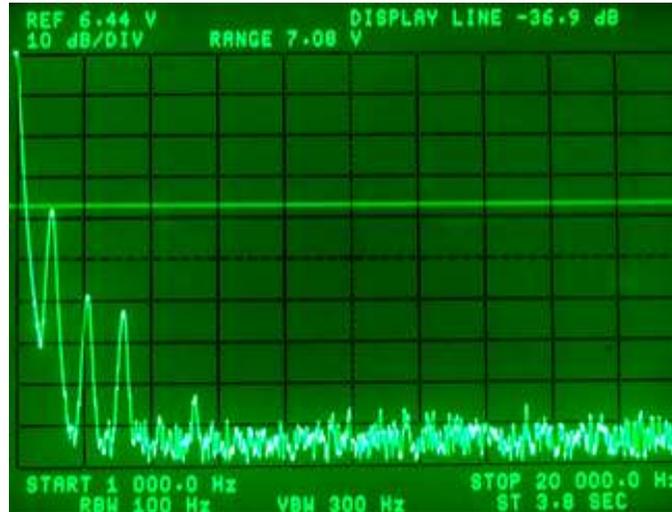
6JM6 classe A  
Orlando 2017



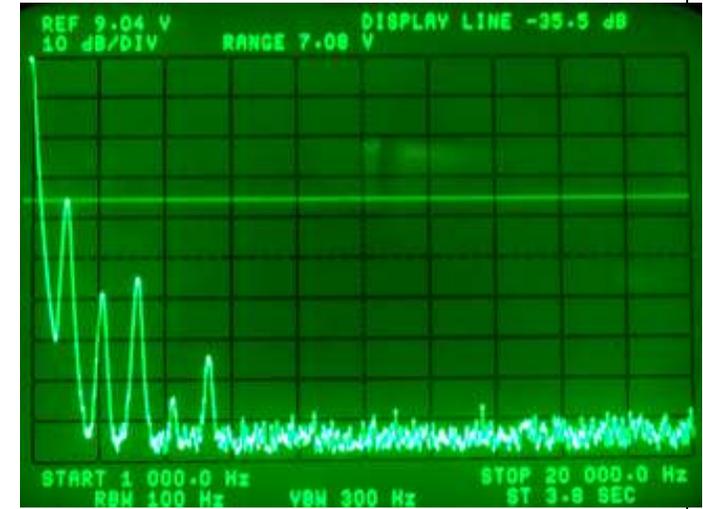
Measurements taken with HP 3585 spectrum analyser



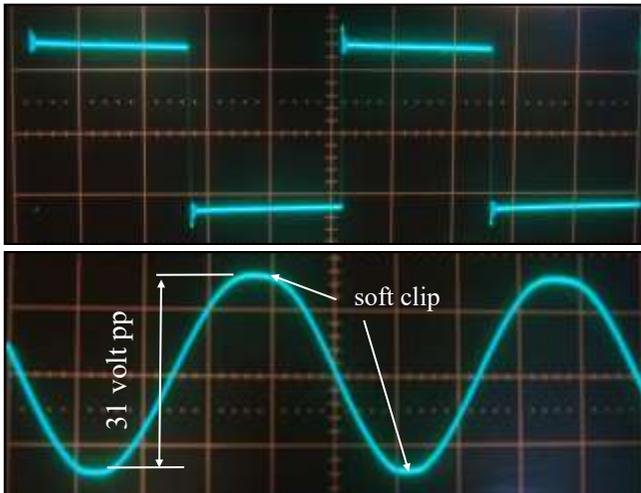
Distortion after applying 10 db feedback -1kHz 1W - TDH 0,6%  
 2<sup>^</sup> harmonic - 45 db (0,55%)  
 3<sup>^</sup> harmonic - 70 db (0,03%)



Distortion after applying 10 db feedback -1kHz 5W - TDH 1,5%  
 2<sup>^</sup> harmonic - 36,9 db (1,4%)  
 3<sup>^</sup> harmonic - 62 db (0,08%)



Distortion after applying 10 db feedback -1kHz 10W - TDH 1,7%  
 2<sup>^</sup> harmonic - 35,5 db (1,67%)  
 3<sup>^</sup> harmonic - 59 db (0,11%)  
 4<sup>^</sup> harmonic -55 db (0,17%)



Top - Square wave 1 kHz 1W on resistive 8 Ohm load  
 Bottom - Clipping waveform 1kHz, 12,5 W (both channels driven)  
 Very neat.

### Performance

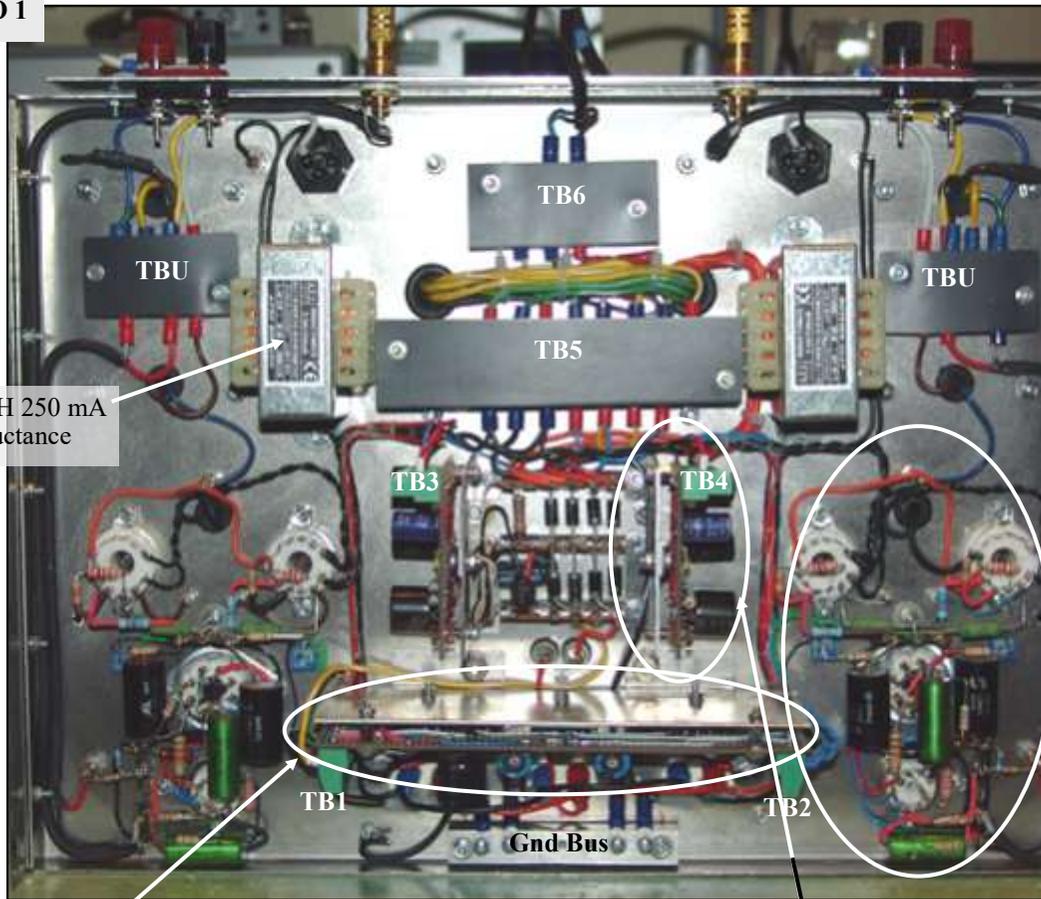
Max Power (8 Ohm load) 12W x ch. -15 Watt Clipping

Distortion	1W	5 W	12W	
1kHz	0,6	1,5	1,7	%

Frequency band with		
20Hz - 100kHz	flat	( 1W)
20Hz - 70kHz	flat	( 5W)
20Hz - 50kHz	-1db	(12W)

Sensitivity	
1 Volt	Max out. -Clipping-
Feedback	-10 db
Damping Factor	>10

PHOTO 1



2,5 H 250 mA Inductance

PHOTO 2

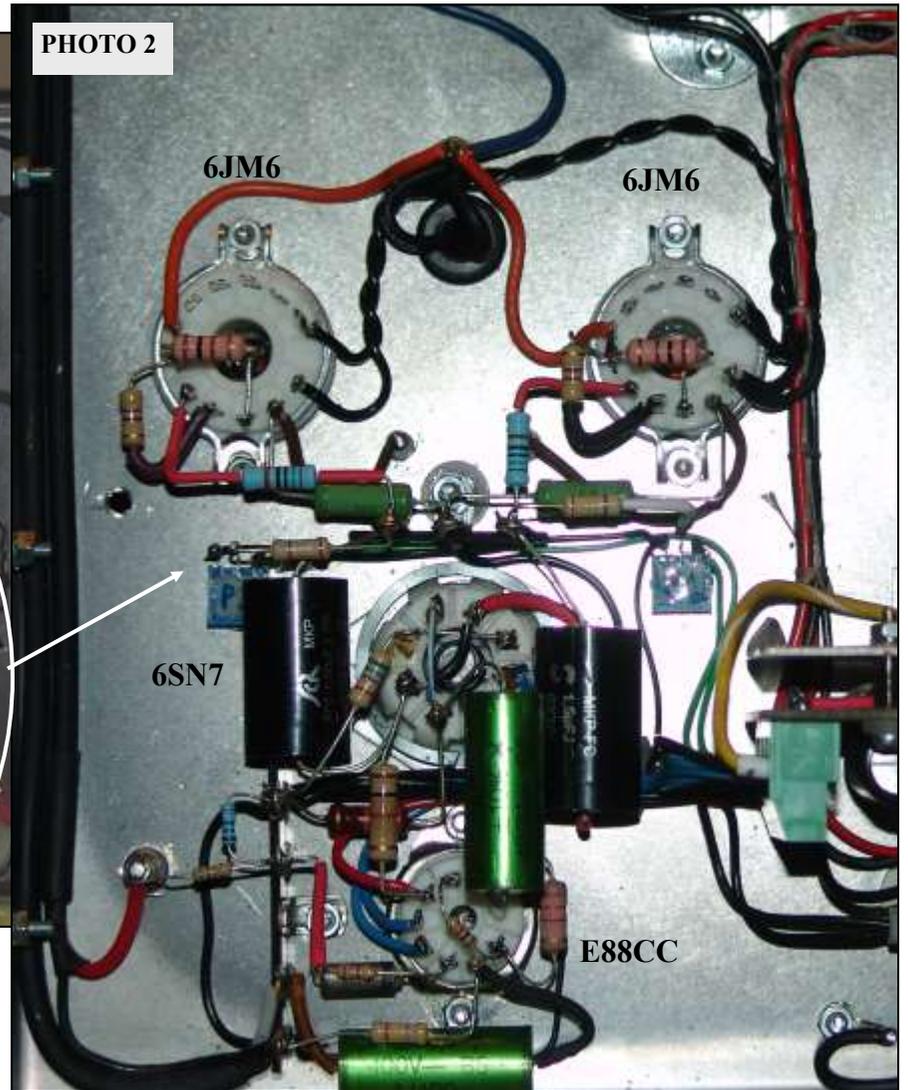


PHOTO 3

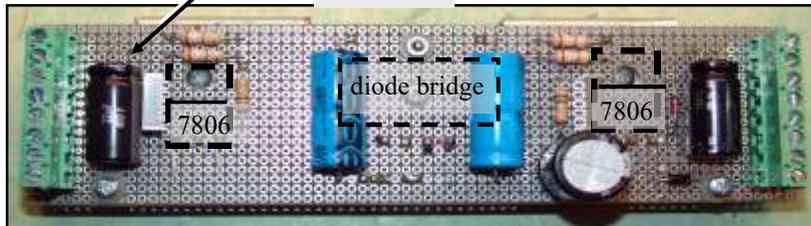


PHOTO 4



Through hole hand made circuit.  
Includes: 2 x 6 Volt filament regulator (V1 and V2)  
1 x Bias voltage for output tubes (-70 V)

260 Volt regulator for input stage plates voltage.

Layout of input and driver stage.  
Components disposition appear very crowded, however this has been done on purpose in order to get a frequency response flat from 20 Hz to well beyond 200kHz.  
The UBT-1 output transformer however limits this performance to 100-120kHz at 1 W output

PHOTO 5

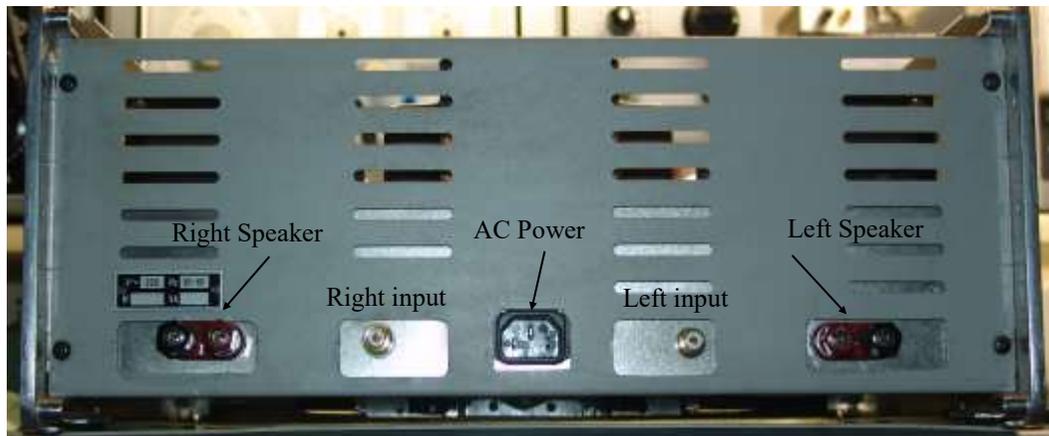


Left  
Overall top view of main components layout.  
Front to rear:

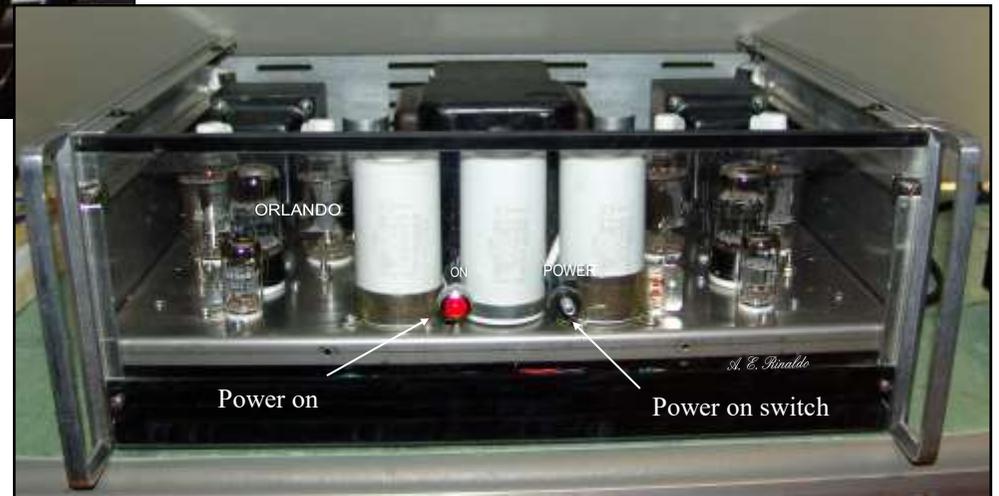
- Clearly visible are the tubes for each channel.
- The three white cylinder up front are 40  $\mu$ F 450 VAC ICAR capacitors
- In the middle the 10 Henry 500 mA Collins inductance
- Back center, the BFT1-A power transformer
- on both sides the UBT-1 output transformer
- Back, between BFT1-A and UBT-1 two 100  $\mu$ F cap's

Note:

- As usual most of my works make use of refurbished chassis.
- This one is an old UNAOHM universal power supply box.
- The top cover (not shown) will be made of a large holes grill to allow vacuum tubes heat dissipation and protection.



Above  
Back view of Power Amplifier



Above  
Front view of finished amplifier.

- A plexiglass front panel allow users to view inside the power amplifier