

第4回
5万円(台)アンプ
製作シリーズ



●シャーシ内部。とにかく目立つニチコングレートサプライ・タイプIV 6800 μ F 63V。太い煙突が4本!! 小型のシャーシのわりにズシリとくる重量はトランスのせいだ。分けてあるとはいえ大小8個のパワー・トランスを内蔵。

独立CRフィルタ採用
トランス・インピーダンス
アンプの製作

製作★別府俊幸

●本文製作記事参照



●リアの入出力端子部。リアは電源コード、フロントは電源SWがパネル・センターに配置され、左右対称配置になっている。



出力 10 W/トランス・インピーダンス方式 パワー・アンプの設計と製作



■ 別府俊幸 ■

前口上

絶対ウケルから「5万円のできるアンプの競作を企画したら」と編集子にいていたのはかれこれ3年前。「5人くらい集めて2カ月くらい特集ができて、ついでに座談会と試聴会もできる素晴らしい企画だ」とハッパをかけていたのですが、話が本格化したのは93年2月号のアンプ特集座談会のこと。ところがこっちがすっかり忘れてころになって「あれ、やりますよ」という話。本業も忙しく「そーですか、楽しみにしてますよ」などと聞き流していると、「座談会に同席のIさん、Kさん、Oさんも大張り切りですよ」とか、Uさんが「何で俺のところに話を持って

こないのだ」とか、戦況はどんどん変化。その報告と同時に、「進みますか」と催促。そのうちに「K氏から要請があったので598(5万円(台)なんて、なんて品のない看板でしょう!)にします」とレギュレーションの変更があったりとか。私もつい乗って「コンテストやりましょうよ。デザイン賞とか最大出力賞とか設けて」となり、挙句の果てには「オークションで値段を決めましょう」(?)……。

で、まあ、いい出っぺである私もようやく本腰を入れて突貫工事を始めたのですが、しかし、普段、コストなど度外視。ではなく考えたこともないので、いざ考え始めても、どう考えても、いかに考え抜いても、まともま

せん。それどころか、意外に部品単価さえも知らないことに気づきました。思い浮かぶのはせいぜい抵抗の値段。キャパシタになるといい加減。ケースやスイッチやトランスはまるでわかりません。何度も秋葉原回りをし、売値をメモしては、家へ帰って計算を繰り返して……。

まず、電源回路をどうするか

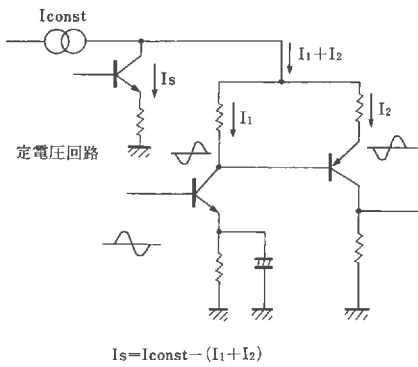
作るのはパワー・アンプです。

構想図は思い浮かんでます。予算制限がなかったら作るであろう想像図です。が、これは公開しないで取っておきます。

さて、どこから削るかですが……

せつかく作るのですから、電源はマルチトランスにしたいところです。各段独立トランスは、一度経験してしまおうと止められない恐しさがあります。しかし16または20個のトランスは、この予算では買えそうもありません。外装に1万円(弱)配分すると、残りは5万円。チョーク・コイルも無理みたいです。

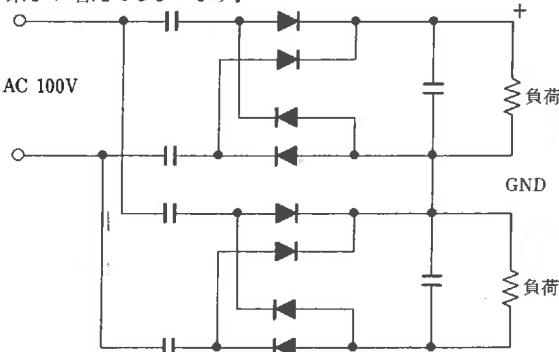
ところで、トランスを別々にするとどうして音がよくなるのか、ですが、考えつく唯一の説明は、同一の電源からサプライされていたのでは、それぞれの増幅素子の要求する電流変化が他の増幅素子に影響を及ぼす(第1図)、



〈第1図〉
増幅素子の要求する電流変化が他の増幅素子に影響を及ぼす。たとえ定電圧回路を用いたとしても、その中ではそれぞれの増幅素子に供給される電流の変化分が合わさって流れる

です。A級増幅であってもB級増幅であっても、入力信号によって瞬時の電源電流は変化します。この変化が他の増幅素子に影響を及ぼすと考えます。“干渉”によって音のクリアさが失われ、音源の位置関係がわかりにくくなり、音と音の間に隙間風が吹いてしまうことは、聴かれた方にはおわかりのとおりです。

これは、たとえ定電圧回路を用いて供給したところで解決されません。定電圧回路の中ではそれぞれの増幅素子の電流変化の合成が生じています。ですから、いくら“高速”の定電圧回路を用いたところで、各段の“干渉”をなくすことはおろか、減少させることもできません。各増幅素子へ別々の安定化回路を用意したところで、整流回路、電源トランスを分離すると、はっきりと効果が聴こえます。複数の安定化回路は複数のアンプであって、複数の電源ではありません。1つの電源から複数の増幅素子に供給する構図は何も変わらないどころか、かえって増幅素子が増えてしまいます。



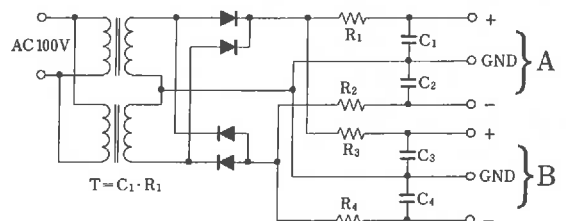
〈第2図〉容量と負荷電流によって電圧を自由に設定できる電源

ところで、この“干渉”は、電源トランスが発生源ではありません。念のためトランスレス電源も実験しましたが(第2図)、ここでも左右、各段と分離すると、その効果は聴こえます。

なお、第2図のキャパシタ電源の音は、トランスに比べ、おっとりとしたというか寝ボケたというか、とろい音です。Cは、ASCのX363とX300、トーアと指月のポリエステルとを比べましたが、ほとんど違いません。トランスに比べればキャラクタの差は小さいようです。あるいは、こちらが本質的な音なのかもしれません。が、普段聴き慣れているためか、私はトランスを選びます。加えて、トランスよりもコスト高です。

各段“独立”CRフィルタ電源の採用

さて、もう1度立ち返って考えます。もしもそれぞれの増幅素子での電流変化が“電源”を介して干渉し合っていると考えるならば、その電流変化を“電源”に伝えなければ“干渉”は生じないと考えられます。第3図に示す



〈第3図〉各段“独立”CRフィルタ電源。時定数は大きくとる必要がある

CRフィルタで0.1秒の時定数を持たせれば、20 Hzの電流変化は-60 dBに低減されます。仮説が正しければ、この方法は効果ありそうです。

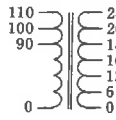
が、よくよく考えてみれば、電源トランスを分けてもこんなに減衰するはずはありません。仮説ははずれでしょう。ですが、もしかすると、電源トランス分離よりもよいかもかもしれません。今回はこの方式を試みます。

ちなみに、第3図のフィルタは受動素子で構成しなくてはなりません。半導体による定電流回路(いわゆるシャント・レギュレータを含む)では高周波特性がベケです。

さて、CRフィルタによる分離回路を使うとなると、整流後のDC電圧を高くしなければなりません。ラッキーなことに、安価な100V:100Vのトランスを使えます。

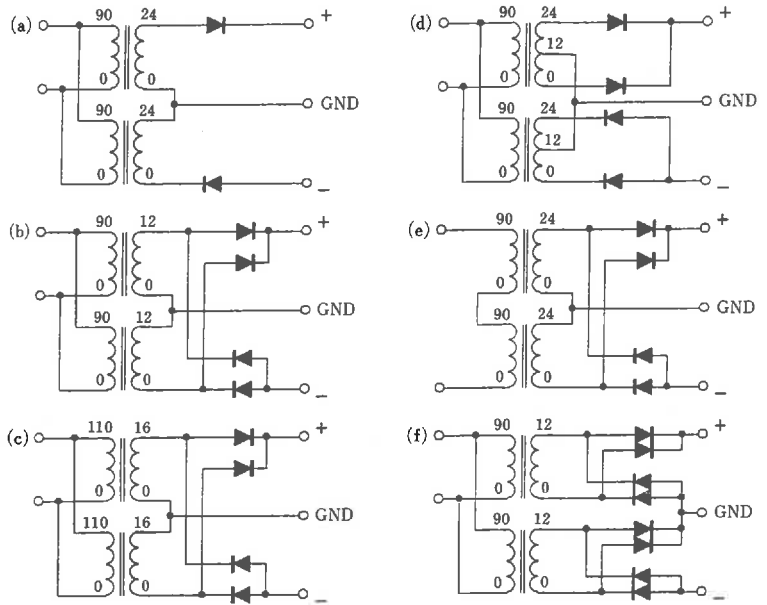
さてさて、トランスを正と負に1つずつ用意し、すべての電源をCRフィルタ分離とする方法も考えられます。が、パワー段はA級としなければならず、10W出力として8Ω負荷で0.5Aアイドリングとしても、約75VA、左右で150VAです、A級とすればそれなりにヒート・シンクも買わなければなりませんし、160V耐圧の大容量キャパシタも用意しなければなりません。抵抗の発熱も50W×4とバカになりません。これではかえって高くつきそうです。パワー段は普通の非安定化電源として、電圧増幅の各段のみCRフィルタ分離法を用いることにします。予算配分を考えながらトランス屋さんを探したのですが、パワーマックスの10VAが@950円、20VAが@1140円で、電圧増幅段を左右を共通にするかしないか、相当悩みました。

PowerMax PW2418



〈第4図〉

トランスとダイオードの接続方法、6通り考えついたが、どれも大差なし。本機では(d)を選んだ



両方のトランスを買って帰り、方眼紙の上に並べながらも迷ったのですが、左と右を別々にしておけば、フィルタ分離が効果なかったときに左右分離にはなる、と理由を付け、左右別々に決

めました。

パワー段はパワーマックスPM2418 (@1500円)×4個です。

以上 9800円。残高 50000円。

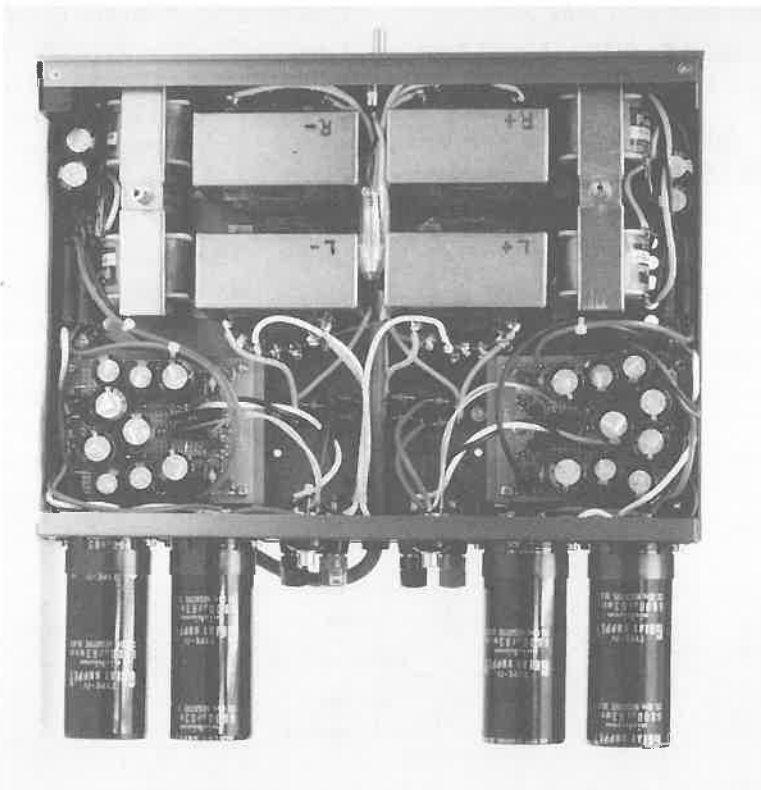
さてさて、トランスの接続と整

流方法ですが、6通りも考えつきます(第4図)。いくら回路図を眺めたところで音の違いは聴こえませんので、一通り聴きましたが、結論からいいますと大した差はありません。(a)の半波整流はリップルが増えるハンディキャップがありましたが、ハム・ノイズはありません。ブリッジ整流に比して低域の量感があります。よくいえば太い音ですが、悪くいえば締まりの悪い音です。なぜ整流方式で違いが生じるのか、不思議です。

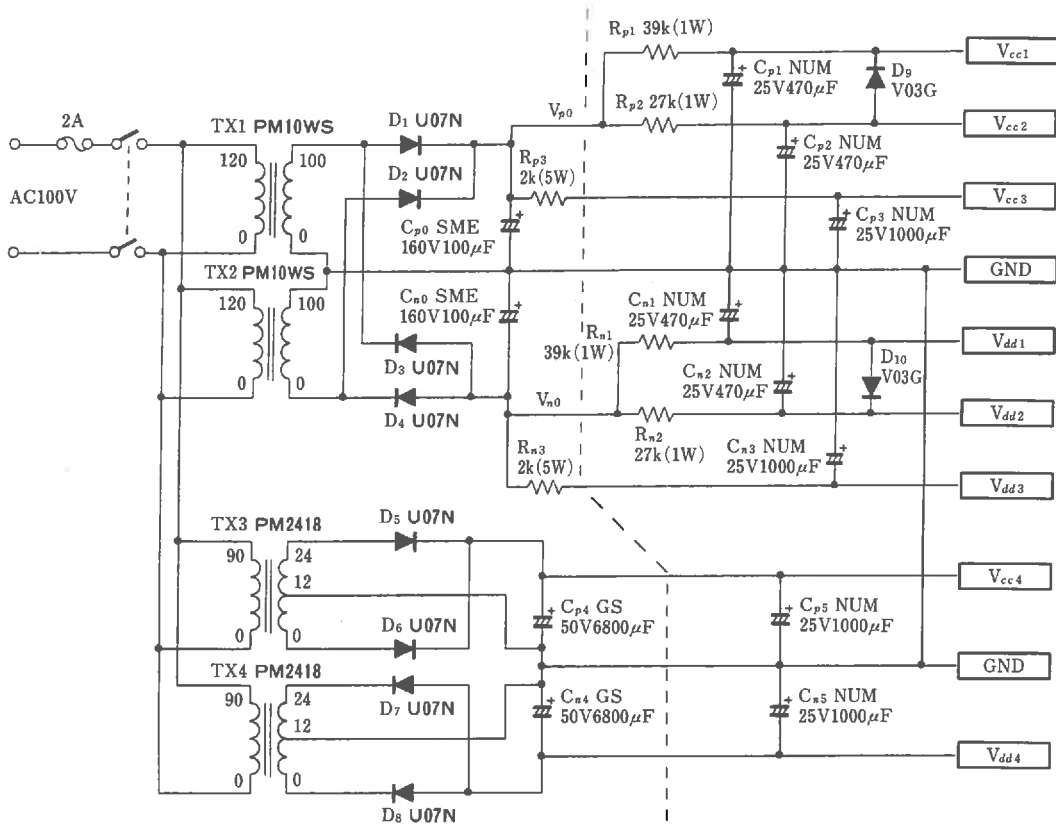
(b)と(c)ではトランスの磁束密度が20%変わるはずですが、差は聴こえません。ブリッジ整流に比べ(d)の全波整流は、若干ですが音の伸びがよさそうです。(e)のトランス1次側の直列接続は、正負の消費電流がシバランスしなければ中点電位が動いてしまいます。小さなブリーダ抵抗を入れて試しましたが、動揺します。動揺しても音に影響なさそうです。(f)の正負の2つのブリッジは、わずかに透明感が劣ります。それにダイオードがたくさん必要です。

以上の顛末より、(d)を採用します。

ダイオードですが、本命の ERC84-009 は @370円もしますので、2番人気の日立 U07N を使います。ファスト・リカバリーです。耐圧は 1500V。



●全体の構造は左右独立対称型となっている



〈第5図〉片 ch 分の電源回路。点線より右側はアンプ基板上に配置したが、 $R_{p1,2}$ 、 $R_{n1,2}$ は端子台を使って別に配置した方が調整は楽。電圧増幅段用トランス、パワー段用の GND は基板上で接続される

くっきりとした音です。光電電気で @150円×16本。

残高 47600円。

値段のことを考えていますと、メーカーのエンジニアはたいへんだなあ、ふと同情心が湧いてきました。音へのこだわりを捨てれば、別に何とものないのでしょうか。

悩むところがキャパシタです。最大出力は 10W を予定していますが、電源電圧は ±18.5V とします。半端な数字ですが、手持ちの実験用電源の最大電圧という根拠のない数字です。

AC を整流した 120V を 100V 下げるとして、ドライブ段でのアイドル電流を 50mA とすれば、必要な抵抗値は 2kΩ。カットオフが 0.1Hz となる容量は 796µF。1000µF の C が必要です。候補はニチコン・グレートサプライ (GS) IV とマルコン NUM の 2 種です。が、GS は 1000µF 以下の容量は入手できない上、足が短くて使い

にくいので NUM とします。ドライブ段は 1000µF とし、前 2 段は 470µF にしましょう。

ここはパソコン兼用とします。ただ、電源として考えると十分な時定数ですが、アンプから見ると容量が 1桁不足の気がします。しかし、予算の制約は重くのしかかっています。容量の数値を大きくするためにキャパシタのグレードを下げる手は、音を悪くすると信じています。

NUM は 100V 耐圧までしかありませんから、160V はニチケミ SME の 100µF。NUM と比べるとボヤっとした音ですが、もしもフィルタ分離が効くのなら、この C やダイオードやトランスの音も聴こえなくなるはずですが（そうは問屋が卸さないでしょう）。

ここまでで 7120円。結構なお値段です。残り 40480円。

パワー段のフィルタ・キャパシタで

すが、常用の SME 25V 39000µF (@2880円) のチョークなしでは、充電時の突入電流が大きくなりそうで心配です（これはまったくの杞憂でした。後でレポートします）。ちょっと容量が少なすぎる気もしますが、値段の制約といいわけしながら、GS-IV 50V 6800µF (@3000円) を使うことにします。それで 12,000円（たまたま海神無線に在庫がなく、現物は 63V になっています）。

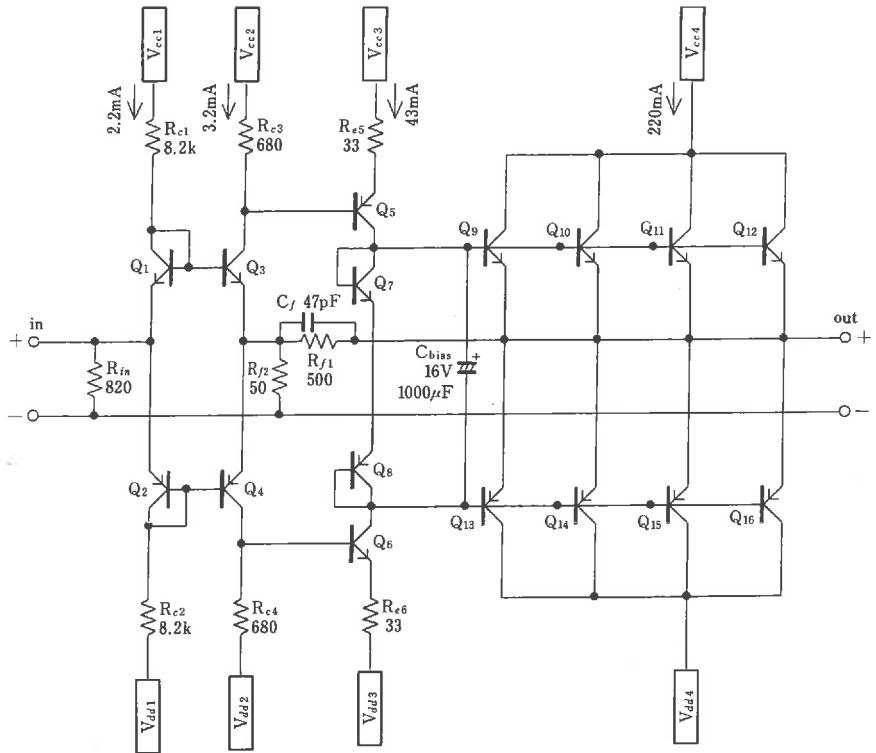
あと 28480円。

電源フィルタの抵抗にはまったくこだわりません。酸化金属皮膜で必要な値を揃えます。

D_9 と D_{10} のダイオードは、パワー ON 時に V_{cc2} 、 V_{dd2} の方が先に立ち上がるため、キャパシタに耐圧以上の電圧が加わらないようにするためです。銘柄不問。整流用 D_1 であれば OK です。

以上、31880円を要する本機の電源

〈第6図〉ノン・インバータ接続のトランス・インピーダンス方式パワー・アンプ。こちらの方が第7図のインバータ接続より電源の数が減らせるので、本機ではこちらを採用した。Q₁とQ₃、Q₂とQ₄は熱結合する



回路を第5図に示します。

残高 27920 円。これだけあれば…

パワー・アンプもトランス・インピーダンス回路に

本機の目玉はアンプ回路。初登場、トランス・インピーダンス・パワー・アンプです(第6図)。I/V コンバータ、MC イコライザと使ってきましたが、差動回路特有のにおさが消え、ふわつと軽くてがっちり重い、透明感のある音が特徴です。

ノンインバータ接続(第6図)とするか、インバータ接続(第7図)とするか選択の余地がありますが、音的にはインバータ接続としたいところです。が、インバータ接続では入力抵抗=アンプの入力インピーダンスを600Ωより下げられませんから、ゲインを確保するためには出力段をダーリントン接続にしなければなりません。私はエミッタ・フォロワが嫌いなのですが、ダーリントン・エミッタ・フォロワも嫌いです。ダーリントンとノンインバータでの悪化の程度は、比べたことがないのでわかりませんが、ノンインバ

ータなら“電源”を1組減らせるという理由から、今回の回路としました。

第6図で動作の概略を説明します。Q₁とQ₂のエミッタが入力となります。Q₁とQ₂はダイオード接続されていますので、入力電圧はQ₃とQ₄のベースに現れます。また、Q₁とQ₂はQ₃とQ₄のバイアス電圧源としても働きます。

Q₁とQ₂のコレクタ電流は $(V_{cc} - 0.7)/R_{c1}$ で決まります。V_{cc}=18V としますと、

$$I_{c1} = I_{c2} = 2.2 \text{ mA}$$

Q₃、Q₄のV_{BE}はQ₁、Q₂と同じですから、電源電圧が小さいときにはコレクタ電流もQ₁、Q₂と等しくなります。が、V_{CE}が大きくなるにつれてコレクタ電流も大きくなります。実測で約 I_{c3}=I_{c4}=3.0mA です。

なお、R_{c1}とR_{c2}の並列値4.1kΩとR_{in}820Ωの並列値がアンプの入力インピーダンスとなります。

Q₃とQ₄はエミッタ接地プッシュアップル、Q₅とQ₆もエミッタ接地プッシュアップルとなります。実質は2段増幅器。ゲインは近似的に $(R_{c3}/R_{f2}) \times (R_{load}/$

R_{e5})。ここでR_{load}はパワー段の入力インピーダンスです。

Q₅のコレクタ電流はR_{c3}とR_{e5}によって決まります。いま、R_{c3}での電圧降下が、

$$680 \Omega \times 3.0 \text{ mA} = 2.04 \text{ V}$$

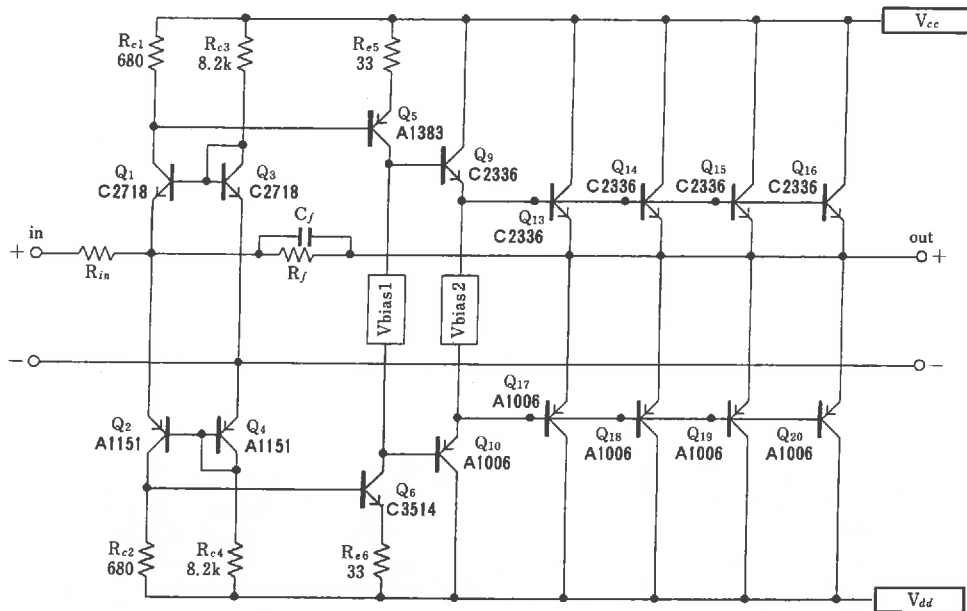
ですから、Q₅のV_{BE}=0.7V とすれば、コレクタ電流は、

$$(2.04 - 0.7)/33 = 40.6 \text{ mA}$$

となります。

Q₇とQ₈はパワー段と同じ石を使い、パワー段のアイドリング電流を決めます。ここもV_{CE}が異なりますから、パワー段の方が20%くらい多めに流れます。熱結合すれば、温度補償兼用になります。

パワー段はエミッタ・フォロワの4パラPPです。バイアスがしっかりと定められていますから、エミッタ抵抗なしで安定に動作します。コレクタ電流にバラツキが生じますが、電流プローブで測定しても20%程度でした。多少、放熱器の温度を上げ下げしてもそれほど変化は生じません。なお、4パラとしたのは実装上の理由からです。以前は「3パラがいい」などとほ



《第7図》インバータ接続のトランスインピーダンス方式パワーアンプ。音的にはこちらをとりたいたが、ゲインが不足するため出力を2段ダリントンとする必要がある

ざいていましたが、3パラと4パラの差は大きくありません。少ない方がベターではありますが。

Q₁~Q₄は、A1151/C2718です。素直な音の石です。ちなみに、ペアもしくはコンプリ・ペアの必要はまったくありませんが、ランクは同じにしてください。QでもPでもKでもOK。入手できない場合の代替品はA991/C1844とします。値段もそうは変わらないでしょう。

ドライブ段はA1383/C3514。情報量の多い石です。A1142/C2682と同じチップを、一まわり大きなパッケージに収めた代物です。音もパッケージが大きいぶん、わずかですが、しっかりとしているようです。ここは、実装上の理由からパワー段と同じ形状の石を用います。

入手できない場合、または好みによってはA1006/C2336がよいでしょう。高域はこちらの方が素直ですが、かまぼこのバランスです。どちらを使ってもOK。PランクでもQランクでもOK。

Q₇~Q₁₆はA1006/C2336です。これしかありません。コレクタ損失が小さく(25W, 1.5A)、本来、パワー段に使える石ではありませんが、それでもこれしかありません。パワー-Tr,

FETはA1006/C2336に比べると、どれもこれも情報量が乏しく、歯抜けの音です。大パワーを得るために細かいところが失われてしまいます。本機の音のほんとうの目玉はこの石です。

耐圧の違いで記号なし(180V)、A(200V)、B(250V)の3種類ありますが、どれでもOK。これもコンプリ、ペアの必要はありません。ランクは同じにしてください。

ところで、Rです。理想をいえばフエルニース社のYAM抵抗ですが、たったの18本でも財布が許しません。DALEとすれば1~3割は安くできます。音の差はそれほどではありません。どちらも巻線抵抗特有の音があります。YAMはその特徴がより高い周波数帯域に移動しているぶんクリアです。合計金額に余裕があれば、YAMとしてください。

しかし、DALEにしても18本では財布が許しません。比較的音への影響が小さいR_{c1}~₄、R_{e5,6}は妥協して、シンコーのタンタル1/2W(@60円)を用います。が、残りの入力とNF抵抗は妥協できません。

入力抵抗R_{in}ですが、680Ωでは入力インピーダンス583Ω、820Ωでは683Ωと、どちらも中途半端になります。ここはどちらでもよいでしょう。

手持ちがありましたので、820Ωとしてしています。“598”の制限がなければ、入力に600ΩのVRを入れ、R_{in}の代役をさせると便利でしょう。

位相補償Cはディップ・マイカです。日通工でも双信でもOK。@80円。

パワー段のバイアス安定用Cは効きます。これなしでは音が安っぽくなります。これもNUMです。耐圧は、最低の16Vを使えば1000μFで@320円。

以上、能動受動部品で計8460円。アンプ全体に占める増幅回路のコストは15%弱。こんなもんでしょう。

残高19460円。

外装もまずまずに

いくらコストを下げるためでも、アルミの弁当箱ではみっともありません。ケースにはそれなりのものを使います。タカチのFU-88-320です。デザインもなかなかですし、ブロンズ色が物珍しく、気に入りました。オールアルミなのもグッド。中にシャーシはありませんが、板厚も2tありますので、8個のトランスでも何とかできるでしょう。SS無線で7940円。

入出力端子は、結構コストを食います。凝れば1万円以上。安く上げれば千円ちょっとですが、よく使われてい

る鉄製の金メッキは、おしなべて最悪です。残り 11520 円で最良の選択を目指しましょう。

で、入力端子はスーパーロンにしました。@660 円もしますが、しっかりとした構造です。GND 側を直接半田づけする構造もよろしい。(半田付けしていない) 接点は音に影響します。また、接点はいかにがっちりとしっかりとホールドするか、その構造が重要と思われま。類似品がありますが、音は違います。残高 10200 円。

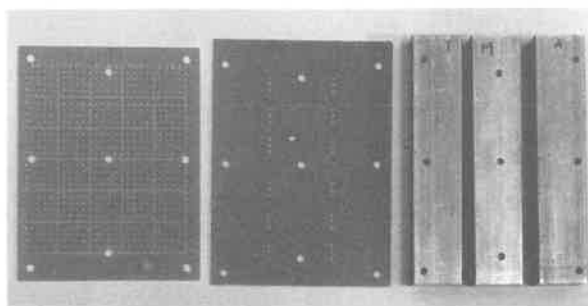
スピーカ端子は、迷いましたが、5way ポストの 2P タイプ (@1600 円) を選びました。丸穴 2 つで取り付けられること、多少は穴が大きめでも、中心がずれていても取り付けに支障がないこと、よく設計された代物です。バナナ・プラグが入ることもありがたい。しかし、高さが低く、回しにくいのが難点です。音はなかなかです。

残高 7000 円。何とかかなりそうです。電源スイッチは、手持ちがいっぱいあるという理由で、サトーの SW59 を

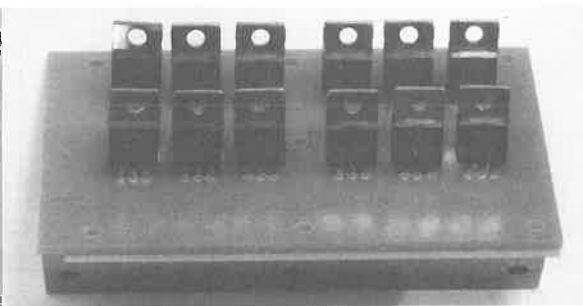
使いましたが、このスイッチ、デザインは派手で好きですが、柄の部分がプラスチックで、簡単に折れてしまいます。新規に購入されるのであれば、他の品がよいでしょう。4P を使用して、ホットもコールドも両断します。ネオンはサトーの ZN45R です。

コストを下げるからと、ヒューズをケチらないようにしてください。ヒューズ・ホルダはケチって、中絶タイプにしました。

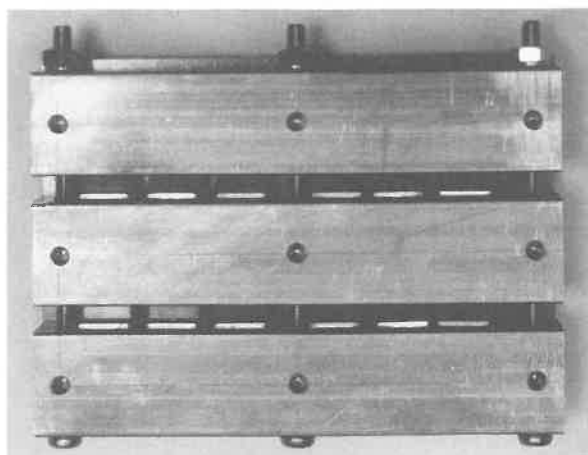
電源ケーブル、端子台その他もろも



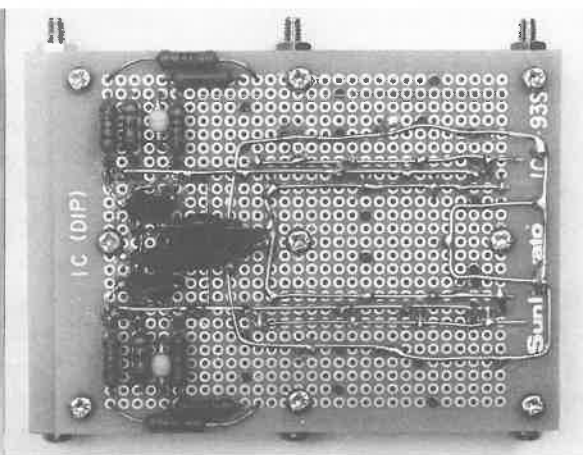
《写真 A》左から ICB93S、穴あけ済みベーク板、真鍮棒



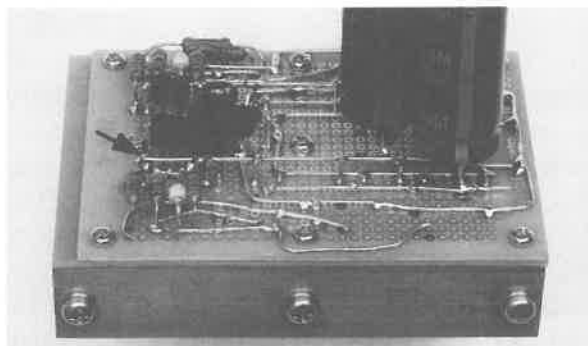
《写真 B》基板に TR を並べる。向きは同じ左端のみ PNP, NPN が逆



《写真 C》シリコン・シートをはさんで真鍮棒で固定



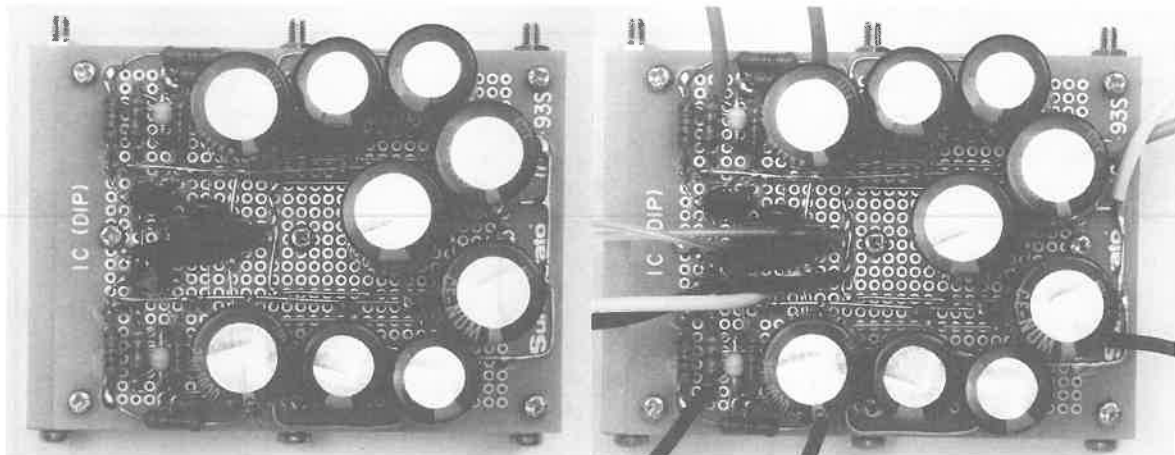
《写真 D》TR の足からデール、タンタル R と取付ける



《写真 E》 Q_5 , Q_6 のコレクタからパワー TR ベースへは空中配線



《写真 H》入力ラインは R_{10} の足にハンダづけする



《写真 F》部品が取付けられたところ

《写真 G》前もって基板からワイヤーを長めに引出しておく

ろで 1510 円。残高 5490 円。

組立てと実装

基板はベークにします。何と云ってもガラエポより安い (@250 円)。人によっては、音もガラエポよりよいとされますが、基板は材質よりも固定が効きます。大春五郎氏にセラミック固めの基板を作っていただきましたが、確かに差はあります。この手の違いは、電線とか部品とか回路をどういじろうと、挽回できる種類の差ではありません。音がくっきりとします。悩みはコストと自分では作れないことです。

で、あれこれと考えると、今回の構造を思いつきました。材料は写真 A に示す 3 点です。

池袋の東急ハンズで買ってきた真鍮の 20 mm 角棒 (@440 円) を 3 本並べ、トランジスタをサンドイッチします。

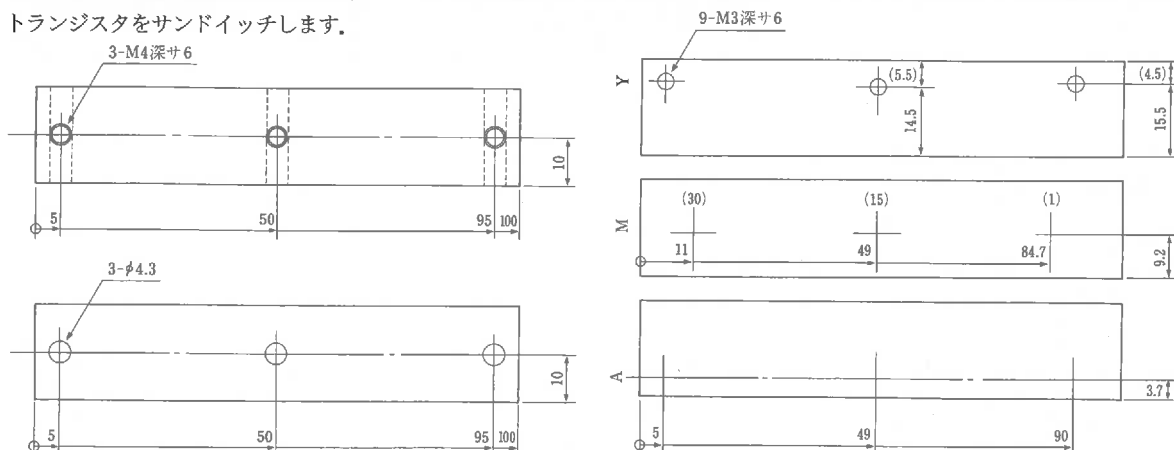
真鍮棒はトランジスタのヒート・シンクと防振兼用です。トランジスタは 1 個 1 個固定するよりもまとめて挟み込んだ方がネジ穴加工が少なくすみます。で、その真鍮棒に基板もネジで押さええます。真鍮棒は 1 本あたり約 330 g。ちなみに棒とネジと基板で 3680 円。シリコン・シートが 480 円。残高 1330 円。

ICB93 は、A 列と Y 列の 15 番、M 列の 1 と 15 と 30 番の穴を $\phi 3.5$ で広げます。ベーク板は ICB93 と重ねて穴を開けます。開けたところからビスを差し込み、次の穴を開けると、ずれを減らせます。トランジスタの足が通る穴は H 列と R 列の 1, 2, 3, *, *, 6, 7, 8, *, *, 11, 12, 13, それから 4 つ飛ばして 18, 19, 20, *, *, 23, 24, 25, *, *, 28, 29, 30

です。ICB93 は、いわゆる部品面がベーク板と重なることを忘れないように！

第 8 図に角棒の加工図を示します。角棒の加工には、かならずバイスを使用してください。ネジ切りは電動ドライバーにタップを挟んで回すと、あっという間です。トルクは弱い方から試すこと。切削油(何でもよい。CRC-556 でもスクアランでも)を付けること。

まず最初に基板にトランジスタを並べます(写真 B)。向きに注意。次に真ん中の真鍮棒と基板をネジ止めし、両端の棒を並べ、シリコン・シートを間に入れ(シリコン・グリス不要)、80 mm のネジを真ん中から止めます。締め付けすぎないように。次に両端のネジを止めれば、基板を裏返してもトランジスタは落ちません(写真 C)。念の



《第 8 図》真鍮棒の加工図。右が基板取付け面となる

ため、それぞれのコレクタ端子と棒の間の絶縁を確かめてから配線します。

次に基板を裏返し、すべての部品を並べ、ぶつかったりしないか様子をみます。部品の足がくる位置にマジックで印を付けておくと、後が楽です。ついでに、配線すべきところに線に引いてもよいでしょう。

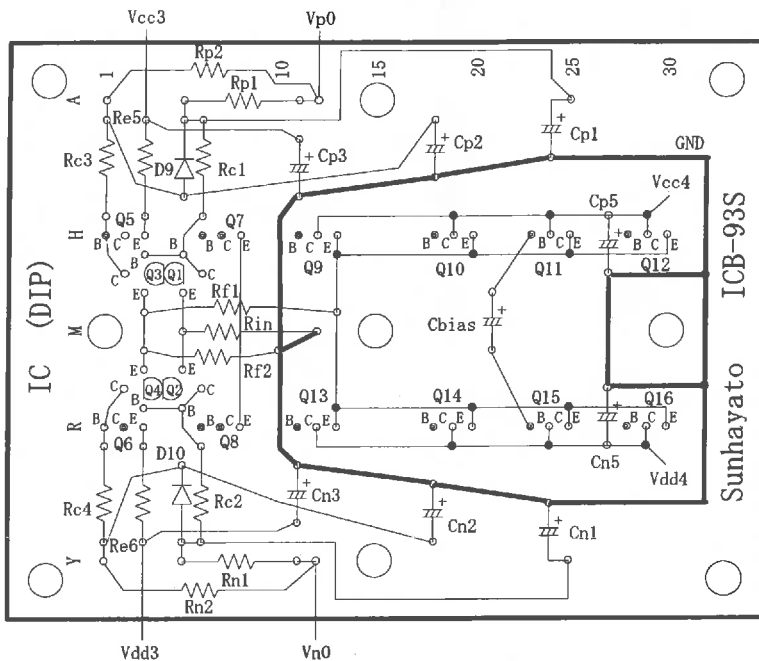
トランジスタの間から配線します。Q₁~Q₄の足からデール抵抗、タンタル抵抗、そしてD₉、D₁₀を最初に配線します(写真D)。写真ではD₉とD₁₀が逆向きになっていますので注意してください。部品の足は長さを揃えてから差し込みます。R_{in}はR_{f1}、R_{f2}より長めに足を残して上に出るようにします。C₁はR_{f1}の上にあらかじめ半田付けしておきます。Q₅、Q₆のコレクタからパワー段のベースへは空中配線です(写真E)。ここは単線が配線しやすい。

それぞれのトランジスタの他の足を折り曲げて配線した後に、通します。

その後にCを取り付けます。Cも中心部から取り付けます。Cは基板から6~7mm浮かせなければ、半田コテが入らなくなります。予算さえ許せば、穴あき基板は2枚重ねた方が配線は容易です。細いこて先を用意します。

最後にR_{p1}、p₂、R_{n1}、n₂を取り付けます(写真F)。ただし、後で調整が必要になりますので(直列に1/2WのRが取り付けられるよう)、写真より余裕を持たせて取り付けるか、10PWの端子台を別に用意して、そちらに取り付ける方がよいでしょう。

電源と入出力ラインは(十分に余裕を持たせて)基板を固定する前に取り

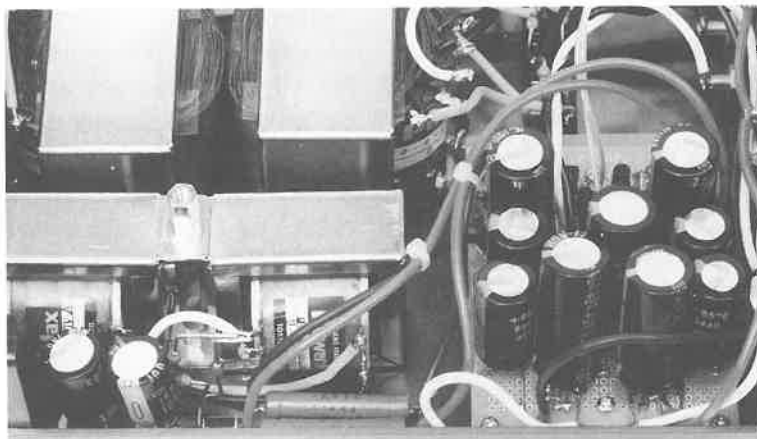


〈第9図〉 基板上の部品配置図

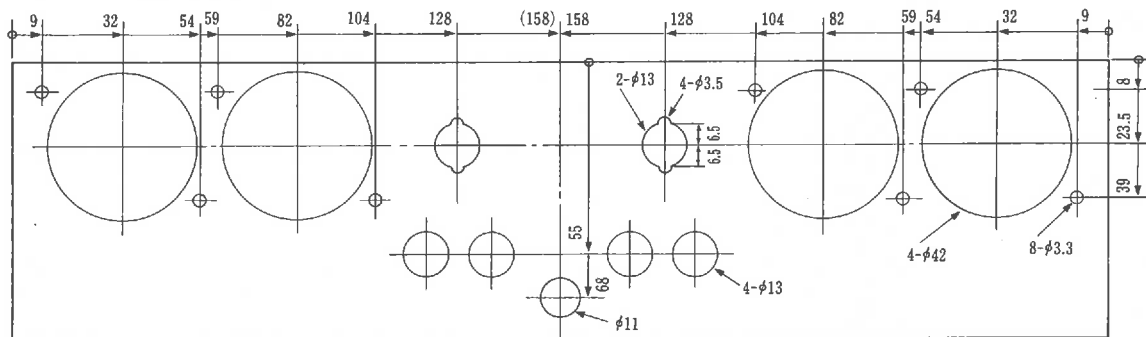
付けます(写真G)。入力ラインはR_{in}の足に半田付けします(写真H)。ケースへの固定は、動作確認の後です。

第9図に部品配置を示します。

第10図に後面パネルの加工図を示します。天地の板には前後があります



〈写真I〉 電圧増幅段用トランス(左下)は折曲げ部を伸ばして重ねて取付ける



〈第10図〉 裏パネルの加工図。底板・天板は現物合わせて穴をあけると失敗しない

部品番号	品名	メーカー	形式	数量	単価	小計	購入店
	ケース	タカチ	FU-88-320	1		7,940	S.S無線
	RCA端子		スーパーロン1P	2	660	1,320	海神無線
	スピーカ端子		5way post	2	1,600	3,200	海神無線
	電源ケーブル		100V15A	1		320	オヤイデ
	ケーブル止め		8mm	1		20	
	電源スイッチ	サトー	SW59TA-4P	1		370	
	ネオンランプ	サトー	ZN45R-R	1		170	
	ヒューズ		1A	1		20	
	ヒューズホルダ			1		50	海神無線
	ネジ		M4*80	6	50	300	西川電子
			M4*10	10	5	50	
			M4*8	18	5	90	
			M3*10	14	5	70	
			M3*6	18	5	90	
	ナット		M4	12	5	60	
			M3	14	5	70	
	スベラー		M4*60(オス)	2	110	220	西川電子
			M4*15	2	25	50	西川電子
	ケーブル					350	
		藤倉電線	1.5DQEV	2m		100	オヤイデ
			錫メッキ単線1.0mm	2m		100	海神無線
	端子台	サトー	TW10P	3	180	540	瀬田無線
	コルク栓		No. 7	4	50	200	東急ハンズ渋谷
TX1, TX2	電源トランス	PowerMax	PM10WS	4	950	3,800	野口トランス
TX3, TX4		PowerMax	PM2418	4	1,500	6,000	野口トランス
	基板	サンハヤト	1C89GS	2	250	500	マルカ
	ベーク板		200*100*2t	1		240	マルカ
	真鍮棒		20*20 l=100	6	440	2,640	東急ハンズ池袋
D1-D8	ダイオード	日立	U07N	16	150	2,400	光南電気
D9, D10		日立	V03G	4	20	80	
Q2, Q4	トランジスタ	NEC	A1151	4	50	200	オテック
Q1, Q3		NEC	C2718	4	60	240	オテック
Q5		NEC	A1383	2	70	140	光南電気
Q6		NEC	C3514	2	60	120	光南電気
Q8, 13-16		NEC	A1006	10	180	1,800	光南電気
Q7, 9-12		NEC	C2336	10	90	900	光南電気
	シリコンシート		TC220用	24	20	480	光南電気
Re1, Re2	抵抗	シンコー	タンタル1/2W 8.2k	4	60	240	海神無線
Re3, Re4		シンコー	タンタル1/2W 680	4	60	240	海神無線
Re5, Re6		シンコー	タンタル1/2W 33	4	60	240	海神無線
Rf1	デール		NS-2B(3W) 500	2	590	1,180	海神無線
Rf2	デール		NS-2B(3W) 50	2	590	1,180	海神無線
Rin	デール		NS-2B(3W) 820	2	590	1,180	海神無線
Rp1, Rp1			酸化金属皮膜1W 39k	4	30	120	瀬田無線
Rp2, Rp2			酸化金属皮膜1W 27k	4	30	120	瀬田無線
Rp3, Rp3			酸化金属皮膜5W 2k	4	60	240	瀬田無線
			カーボン1/2W	少々			(調整用)
Cp0, Cp0	キャパシタ	ニッケミ	SME160V100uF	4	240	960	海神無線
Cp1-2, Cp1-2		マルゴン	NUM25V470uF	8	320	2,560	シーアール
Cp3, 5, Cp3, 5		マルゴン	NUM25V1000uF	8	450	3,600	シーアール
Cp4, Cp4		ニチゴン	GS50V6800uF	4	3,000	12,000	海神無線
Cbias		マルゴン	NUM16V1000uF	2	320	640	シーアール
Cf		日通工	DM22pF	2	80	160	海神無線
	合計					¥59,920	

〈第1表〉本材の部品・価格一覧表 (価格は'94年後半のもの)

ので、注意してください。電解キャパシタが収まらず、裏板から突き出してしまいました。図はGS(φ40)用の穴となっています。SME(φ35)を用いるときは、穴サイズ、金具位置を変えてください。

電圧増幅段用のトランスは、折り曲げを伸ばし、長ナットを取り付けてからシャーシに固定します(写真I)。

配線材は普通のメッキ線です。ここは、コストの制限がなくてもこれを使います。信号入力は1.5Dの心線だけ

を燃っていますが、こだわる必要はありません。適当な太さの線でOKです。どんなに音のよいシールド線よりも、シールドのない線がベターです。

基板の配線も、電線をむいて使っています。GNDラインおよび空中配線は、片方を単線、他方をより線で作りましたが、私には音の差は聴こえませんでした。

シャーシGNDは、左右のブロックCの近くにそれぞれ接地しています。いわゆる1点アースではありません。

が、左右のチャンネルそれぞれは1点アースとなっています。ケースに信号を流さなければハム・ノイズの心配はありません。

100V系の配線は、それぞれのトランスの0V, 100V端を揃えます。電圧増幅段用のトランスは、1次2次を逆に使います。

調整中は机にべた置きでしたが、結構、暖まりました。付属のゴム足では空気流入が不十分かもしれないと思い、最後に残った費用でコルク栓を買ってきました。試験管の蓋に使う代物で、サイズ“7”、直径約25mmです。東急ハンズ渋谷で@50円。

以上、部品表を第1表に示します。調整用のRが必要になりますが、なんとか5万円(台)に納まったようです。表は、1994年後半、消費税抜きの店頭価格です。ネジの@はわからないので5円として計算しています。記載ミス、変動があるかもしれません。ご了承願います。

パネルにレタリングを入れたかったのですが、レタリング費用がなくてのっぺらぼうにしたのが心残りです。

調整

基板はケースに固定しないで、大きめのつまみかみなにかて浮かせると調整が楽です。

V_{cc1-3} , V_{dd1-3} を(R_{p1-3} , R_{n1-3} を介さずに) V_{cc4} , V_{dd4} に接続します。異常発熱、発振のないことを確かめます。

V_{cc4} , V_{dd4} は±18V近辺になっていると思います。パワーONして $R_{c3,4}$, $R_{e5,6}$ の電圧降下を計り、それぞれの電流値を求めます。いま、 R_{c2} での電圧降下が2.3Vであれば、

$$I(R_{c2}) = 2.3/680 = 3.38 \text{ mA}$$

です。 $R_{p2,3}$, $R_{n2,3}$ での電圧降下を

$$100 - V_{cc4}$$

と見積もり、それぞれ計算します。

$$R_{p2} \text{ は } 3.38 \text{ mA 流れますから,}$$

$$R_{p2} = (100 - 18)/3.38 = 24.3 \text{ k}\Omega$$

これより大きい値で 27 kΩ とします。近いからといって小さい 24 kΩ としますと、 V_{cc2} 、 V_{dd2} の電圧が高くなり、ドリフトの原因となります（後述）。

この実測法によって $R_{p2,3}$ と $R_{n2,3}$ の値を決めます。ところで、最初に片方の基板のみこの作業を行い、もう一方も同じ値としたのですが、左チャンネルの R_{p2} 、 R_{n2} は 30 kΩ に交換となりました。先にそれぞれをチェックされた方がよいでしょう。

次に、 R_{p1-3} 、 R_{n1-3} を入れて V_{cc1-3} 、 V_{dd1-3} を配線します。

V_{cc2} 、 V_{dd2} が V_{cc1} 、 V_{dd1} より低くなっていることを確かめます。高いとダイオード D_9 、 D_{10} に電流が流れ、 V_{cc1} 、 V_{dd1} の電圧変動となり、ドリフトの原因となります。 R_{p2} 、 R_{n2} に直列抵抗を加えて調整します。

V_{cc1} と V_{cc2} 、 V_{dd1} と V_{dd2} の電位差は、電源電圧によって変化します。電源電圧が低くなると 2 番の電圧が高くなりますので、電圧の低くなる時間帯を確認するか、始めから 1V 以上の電位差になるように調整します。スライダックで 5% くらい下げるか、または 100V に 5Ω (10W) の直列抵抗を使って下げるかして確かめれば、万全です。

入力オフセット電圧は、入力端子にデジタル・マルチメータ（テスターでもよい）を接続し、 ± 10 mV 以下になるように R_{p1} 、もしくは R_{n1} に直列抵抗を加えます。第 2 表に示すように、左に 1kΩ、右に 330Ω を使用しました。

次に、出力オフセット電圧を調整します。 R_{p3} または R_{n3} に小抵抗を直列接続し、 ± 50 mV 以下になるようにします。 V_{cc3} と V_{dd3} のアンバランスが大きくなるようでしたら、 R_{p2} または R_{n2} に抵抗を加えます。おおむね ± 0.1 V 程度の電圧がバランスするように（1V 程度の差でしたら OK）調整します。

入出力とも、電源を OFF にして、抵抗を交換して、また ON して、安定するまでに 1、2 分待つ、これを何度も繰り返す、と、難しくはありませんが、

時間のかかる作業です。気長にお楽しみください。追加する抵抗は 1/2 W の P 型カーボンで OK です。

出力オフセットの調整後に、もう一度入力オフセットを確かめます。出力の調整で影響されますので、誤差が増えているようでしたら、再度入力→出力の順に調整します。

電気特性

第 11 図に入出力特性を示します。8 Ω 負荷時、左は 9.3V、右は 8.6V でクリップ開始です。4Ω 負荷では左 8.1V、右 7.7V。右の方が少なくなっているのは、電源電圧が低いからです。出力は右 8Ω で 9.2W、4Ω で 14.8W ですから、1～3 の電源電圧を上げれば、もう少々パワー・アップできるでしょう。ただし、電源投入時に一度電圧が上がりますので、電解キャパシタの耐圧を 35V に上げなければなりません。電源電圧 ± 20 V として調整されるとよいでしょう。アンプ回路の定数はそのまま OK です。

4Ω と 8Ω の出力差からは、出力インピーダンス = 0.4Ω と計算されます。ダンピング・ファクタは 8Ω 負荷として 20 です。トランジスタのエミッタ・フォロウ PP なのと思われるかもしれませんが、オープンループ・ゲインが小さいためです。計算上、8Ω 負荷で 43.7dB、4Ω 負荷で 38.4dB。NF 量は 23dB または 13dB となります。

第 12 図に周波数特性を示します。10～40kHz までフラット。50kHz あたりから降下を始め、-3dB 点は 700kHz、1MHz で -4dB です。右も左もまったく同じです。

写真 J に 100kHz 方形波出力を示します。上が 8Ω 負荷時、下が 8Ω + 4700pF 負荷時です。R だけでしたら良好ですが、容量負荷を加えたときに 2.4MHz の振動が見られます。ですが、わが家のスピーカを負荷としても振動は見られませんので、このままでよしとします。

第 13 図にひずみ特性を示します。

左	電圧[V]	電流[mA]	抵抗[Ω]
Vcc1	+18.8	+2.2	Rp1 39k+1k
Vcc2	+16.7	+2.9	Rp2 30k
Vcc3	+16.8	+45.5	Rp3 2k+30
Vcc4	+18.5	+210.0	
Vdd1	-19.0	-2.2	Rn1 39k
Vdd2	-16.8	-3.0	Rn2 30k+1k
Vdd3	-16.8	-43.9	Rn3 2k
Vdd4	-18.6	-200.0	
右	電圧[V]	電流[mA]	抵抗[Ω]
Vcc1	+18.5	+2.1	Rp1 39k
Vcc2	+15.3	+3.3	Rp2 27k
Vcc3	+15.4	+44.8	Rp3 2k
Vcc4	+18.2	+220.0	
Vdd1	-18.3	-2.2	Rn1 39k+330
Vdd2	-15.0	-3.4	Rn2 27k+68
Vdd3	-15.0	-43.6	Rn3 2k
Vdd4	-18.1	-220.0	

〈第 2 表〉各部の電圧・電流値と抵抗の補正例 (AC104V 時)

左右ともほとんど同じ傾向です。100 Hz のみ高めになっていますが、パスコン容量が小さいためではないかと思えます。

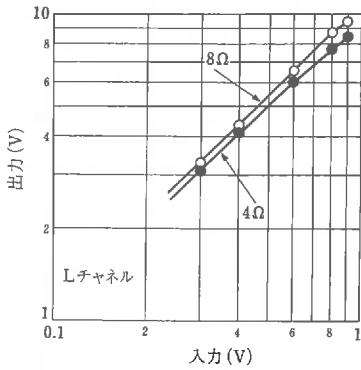
残留ノイズは入力オープンで左 9 μV、右 10 μV です。パワー・アンプとしては優秀でしょう。左右のクロストークは測定限界 (-120 dB) 以下。左右別電源ですから、こんなものでしょう。無信号時の消費電力は 80 W。

透明感の高い音に満足

透明感の高い、エッジの際立った音です。各段独立の電源を思わせる音の広がり、奥行きがあります。スピーカにまわりつくことなく、オーケストラが眼前に広がります。ホールの空間の広がりを感じさせます。定位感のよさは、あなたが各段独立フィルタ電源が的外れでなかったことを示しているようです。

が、わが家のメインの各段独立トランスの Staatskapelle Ve (左右で 16 トランス、16 チョーク) と比べると、よくいえば中央が厚い、悪くいえば音の広がりが悪い、奥行きが狭い傾向です。フィルタ電源の限界でしょうか。(普通の) 1 つの電源トランスと比べれば、広い空間を再現してくれますが、

バランスとしては、やや低域プーミーな感じで、高域もサ行のきつい感があり不満です。が、これは GS の音でした。SME にするとよくなります。大きな穴を開けていなかったら交換でき



《第11図》 入出力特性。クリップ開始点は8Ω負荷時L: 9.3V, R8.6V, 4Ω負荷時L: 8.1V, R7.7V

たのですが、GSは以前に購入したものとは音の印象が異なります。が、まだ通電時間が24時間を越えたところですので、今後に期待しましょう。

高域が荒れ気味ですが、キャパシタ容量が小さすぎるためでしょうか。分離することしか考えていませんでしたが、アンプにとってはいささか容量不足のようです。

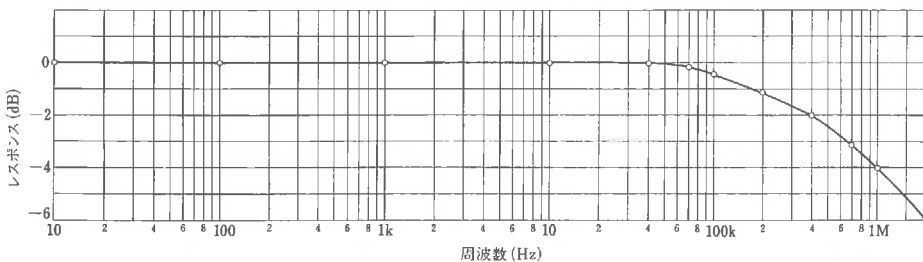
それでも、トランス・インピーダンス・アンプの透明な音が聴こえます。各段独立トランス、それにチョークと大容量のキャパシタを加えて聴きたいアンプです。

なお、あらためて申し上げるまでもありませんが、出力にカップリング・キャパシタを使用しているアンプを接続しますと、低入力抵抗との間でローカット・フィルタを形成します。Cが10μFであっても、

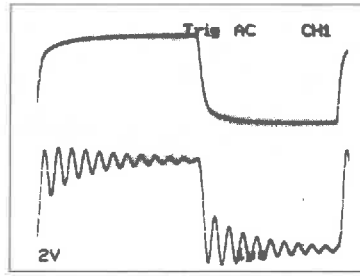
$$f = 1 / (2 \times 3.14 \times 683 \times 10^{-6})$$

$$= 23 \text{ Hz}$$

です。トランジスタ・アンプ、CDプレーヤなどは（メーカー製も含め）問題となることはありませんが、タマ・アンプなどを接続される場合には、ご注



《第12図》 周波数特性、左右の差は観測できず



《写真J》 100kHz/2Vの方形波応答。上: 8Ω負荷、下: 8Ω+4700μF負荷

意ください。

おわりに

このご時世、まさか「自作すればメーカー製品を買うよりも安くできる」と考えている人はいないでしょう。598あればCDにWカセットにFMまでついたミニコンポが2セット買えます。どうかあがいても、アマチュアがメーカーよりも安く作ることは不可能

です。

それならば、価格制限に何らかの意味があるのでしょか。

もちろん、（音を考えないで）値段だけ考えていけば、59800円もあれば十二分です。ですが、音にこだわりながら予算に制限が付けられると、図らずもおおの設計者が「何が音に影響を及ぼすと考えているか」が明らかにされてしまいます。高価な配線材が大切なのか、トランスをいっぱい使うことが重要なのか、回路構成が要点なのか、増幅素子が決め手なのか、抵抗がすべてなのか、設計者が何を最重視しているのか、予算制限によってあぶり出されてくるでしょう。この点、きっとお楽しみいただけることと思います。

が、考える方はハマってしまうのですよね。

《第13図》 本機のひずみ率特性

