



毎日が良い日であるのは好ましい。
ところで、ナスとキュウリの関係は？
更にオペアンプが加わると
あんまり良い日じゃないかもね。

ステレオアンプ

その1

パワーアンプ IC、TDA7293 を使ったアンプ。FET の終段が気に入った。
あまり欲張らず、自分用にそこそこの出力で収めたつもり。
ヤフオク出身パーツが多いので丸コピーは無理だろうけど、ブロック単位ではコピー可能。何かに役立つかもしれない。

ステレオアンプ

その1

まあ、こうなるのは見えていたし、当然の成り行きではあるけれど、作って楽しい自分がいるわけです。しかし翻って、これは深慮遠謀の第一歩。明日のための猛特訓でもあるのです。じゃ、明日なにする？ それはまだ秘密。

■ 作るほうが安くて楽しい ■

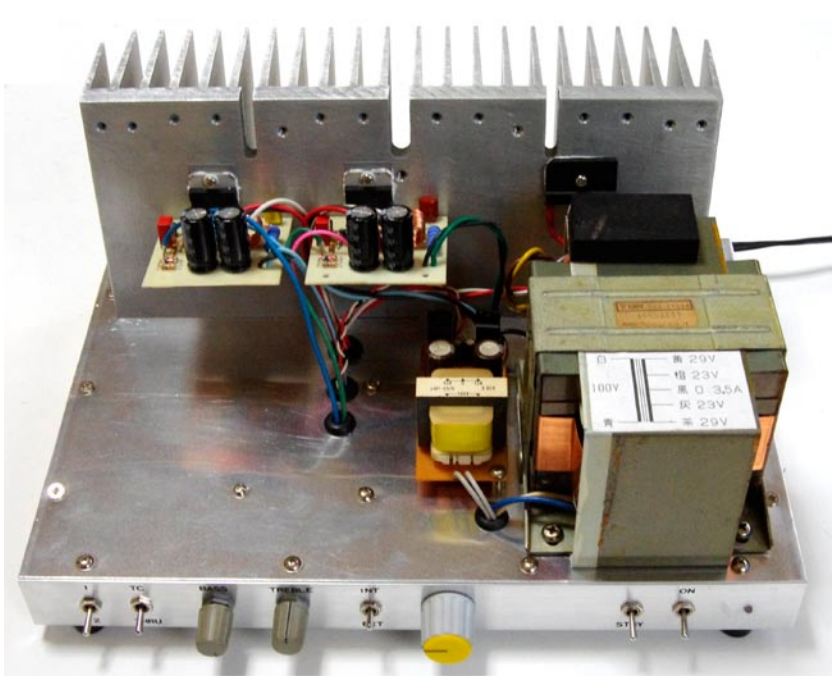
リビングで使っている ONKYO のアンプが気に入らないわけではない。優等生っぽく面白味の無い音ではあっても、真面目に鳴っている。三万円台だったから文句を言言っちゃかわいそう。ただ最近、各所のロータリー SW が接触不良気味になり、メンテしようにも接点洗浄剤を吹き付けられない構造とわかった。こういうのが一番イラつく。SW に気兼ねなく音楽を聴きたい。どうするか？

ONKYO アンプを完全にばらしてオーバーホールするより、新しく作ったほうが面白そうだ。いや、確実に面白い。そもそも私には自宅用のアンプを「買う」という習慣はなかった。買ったのはこの ONKYO アンプが最初だ。十年も前のこと、使っていた自作アンプを欲しがる人がいて、気前良く進呈してしまった。で、次のアンプを考えていたとき、相棒の小沢が「いまどき作るなんて合理的じゃない。買ったほうがずっと安い。ケース代だけで買えるよ」なんて言うものだから、その足でビックカメラに行って衝動買い。たしかに安かった。

しかし十年でまた世の中は変わった。やっぱり作ったほうが安くなったのだ。そりゃケースに凝ったり、装飾過多でオーバースペックのオーディオパーツを多用すれば予算は青天井だが、自分用と割り切って（つまり、いつでもメンテできるということ）、中古パーツと実用的な素材を使えば、プリメインなら数千円で作れる。腐ったトランスや臓物が染み出しかけたコンデンサなどを選ばなければ、耐久性だって充分。

そして、なによりも十年前と違うのは、地下工房でスピーカと格闘した過程で初めて使ったパワー IC の登場だ。安い上に音はマジ。オーディオマニアではないから「ディスクリと比べて云々」は関係ない。パワー IC は私にとって必要にして充分な音質。メーカーと型番によってキャラクタが微妙に異なるため、狙った音作りもできる。1 個千円以下でパワーアンプがほとんど全部入った IC が手に入るから、製作コストと製作リスクは格段に下がった。

よし、それなら究極のローコストで我が家のメインになるアンプを作ってみよう、ということで完成したのが上の写真。トンコロ付き（つまりプリ付き）のオーディオアンプだ。最大出力は不明だが、



家が揺れるほどの音量も楽に出て、まだいくらでも余裕がある。電氣的な計算では 25W/ch くらいのはず。売り物ではないから、そんな数字は無関係だ。総工費は、きちんと計算していないけれど、多分 8 千円くらい。間違っても 1 万円を超えてはいない。

ご覧の通り高価なケースは使っていない。シャーシも気に入ったサイズがなかったためアルミ板とコの字チャンネルで自作した。トランスと放熱器はオークションで入手した中古品。こうすると、どことなく真空管時代のシャーシむき出しアンプみたいじゃない？ 埃よけと補強のために 9 ミリ合板でカバーらしき物も作ったのが右の写真。不細工な手作り感満載だ。

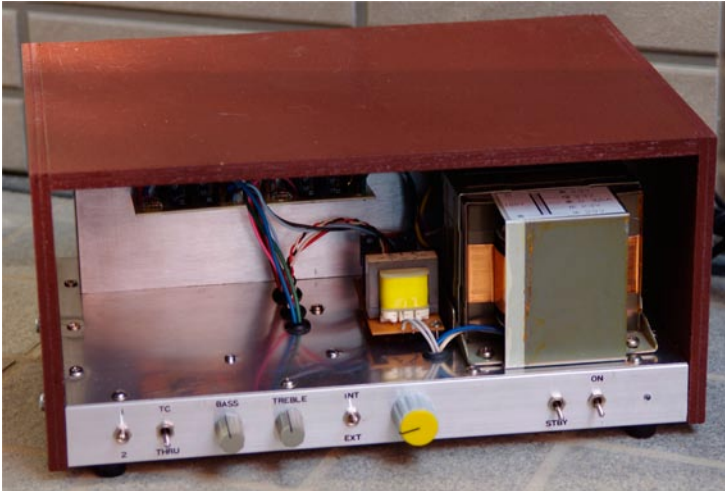
■ パワーアンプを考える ■

すべてのパワーアンプに望むことは、ただひたすらリニアに電流増幅することだけ。歪み皆無、ノイズ発生ゼロなら電圧利得なんか 0dB でいい。そんな理想のアンプを求めて、昔から皆さん右往左往している。オーディオ機器なるものが存在する以上、右往左往はこれからも永遠に続くだろう。

もちろん理想は理想であって現実 is 厳しい。歪みの無いアンプは無いしノイズが出ない回路も無い。そこで現実 to めげた人たちが流れて行った先が「良い歪み」の世界。良い悪いは個人の感性によるので、はい、もうおわかりですね、ここで先生が登場して派閥ができるわけです。

真空管時代なら先生方各流派の主張も、それなりに意味があったと思う。しかし、石のアンプになって、特にパワー FET が出てきた頃から、直線性の良いアンプが簡単に作れるようになった。真空管なら意地と経験で苦心惨憺したものか、理論的な方法で解決できるようになった。純粋に物理的かつ実用的な意味から言えば、歪みやノイズは既に克服されている、と思う。

アンプのパワーユニットが IC 化されて、その感是一段と強まった。電子回路の常識をわきまえて作れば、誰が作っても使用に支障ないアンプができる。私には文句のない良い音だと感じられる。あとは



石による音の違いを、どう応用して行くかだけだ。

パワーアンプ IC って、私にとってそんなような位置付けなんですよ。で、これでもってアンプを組むに当たって、何を作ろうか迷った。もちろんパワーアンプを作るのだけど、いろいろあるでしょ。

パワーアンプは大きく三種類に分けられる。まず家庭用のアンプ。これは小パワーでいい。10W+10W もあればオツリがくる（ただしまともな能率のスピーカを使うこと。おおむね 90dB 以上）。四畳半でフルに 5W 出すと聴覚が壊れ、命の危険もあるらしい。実際、かなり大音量で鳴らしても一般家庭では 2W が精一杯だろう。マンションでは（あなたが常識人なら）もっと小さいはず。また、耐久性もシビアではないとされている。メーカー製アンプの取説には「業務には使わないでください」なんて書いてある。大きなお世話だ。いったん買ったアンプをどう使おうかユーザーの勝手だろう。私は家庭用アンプでも充分な電氣的耐久性が必要だと思う。構造やら機械的な強度は業務機ほど要らないだろうが（2 トントラックから落下する危険はない）。結論として、家庭用アンプに大出力は不要。部屋で出せないほどの大パワーがあっても宝の持ち腐れ。ひたすら美しく鳴り続けることが重要だ。

業務用アンプに求められるのは、音質もさることながら耐久性、壊れないこと、壊れてもすぐに直せること。PA アンプなら、仕込み時にラックが倒れても壊れてはいけない。たとえ停電しても鳴り続けてほしいものだ（無理だけどね）。時として耐久性は音質よりも優先される。いざとなれば音質は二の次で、でかい音を出し続けることこそが使命になる。

録音スタジオはもっとシビアだ。ミュージシャンに「メインモニタが壊れたので今日は帰ってください」とは言えないから。普通は予備機がある（はず）ので大丈夫だろうが、やはり壊れにくく、常に安定して動かなければならない。本物のプロ仕様機が高いのはこういった要求に込んでいるからだ。最近 is 安いプロ仕様「風」機が多いけれど、あれは民生機だろうなあ。

アンプにはもうひとつ、楽器用がある。これは別世界の発想に基づくもので、アンプ自体が楽器であり表現手段のひとつになるから、意図的な歪みならあってもよく（偶然の歪みもいいのかな？）、周波数特性もフラットにこだわらない。ちゃんと作るには長い経験からくるノウハウが要り、それは単なるリクツではないはず。だからいまだに真空管が有利だし、石のアンプにしても一般のオーディオメーカーは参入できない。作るのに一番難しいアンプではないだろうか。もちろん挑戦のしがいはある。

でもって、今回は自分用に室内で鳴らすアンプを作ることにした。

屋外に持ち出すことは考えていない。間違っ て盆踊りの手伝いを頼まれたら使うかもしれないが、PA アンプのような機構面での耐久性は考えない。トラックから落ちたら壊れてもいい。

構成はなるべくシンプルに。年に一度使うかどうかかわからないアクセサリ回路は排除。信号ラインに影響を与えない形でトンコロは付けてやろう。同じ発想でプリアウト・メインインを少しだけ充実させれば汎用性も高くなる、で設計を始めた。

■ パワー IC と周辺のセレクト ■

多くの諸君が気にするだろうことは、パワー段には何を使う？ 何ワット出すの？ といったあたりだろう。使用デバイスはもちろんパワー IC だ。ナショセミの LM3886 と ST マイクロの TDA7293 を聴き比べて、とりあえず 7293 にした。

ST マイクロなんていう会社は知らなかった。ヨーロッパの会社で、イタリア人が中心のようだ。おおい、ラテン系かよ、大丈夫？ と思ったが、案に相違して性能はなかなかよろしい。故障ばかりしていたアルファロメオではないようだ。ただしコンシューマ向けの製品は作り慣れていないらしく、データシートは読みにくい。

7293 を選んだのは出力段が DMOS、つまり FET だからだ。音質はトランジスタに近い FET といった感じで、ちょっとだけ上品だから室内楽にも向きそう。反面、しっかりとパワー感もあるのでロックも大丈夫だろう。電氣的には「熱暴走がない」ことが最大のメリットだ。トランジスタならレミングの自殺のように自己崩壊に突進するところを、FET だと立ち止まって考えてくれる。もっとも、現在ほぼすべてのパワー IC には保護回路が入っているから、ディスクリのアンプのように簡単には死なないだろうが、それでも私としては FET だと安心できる。

3886 が劣るわけではない。音質というより音のイメージが違うのだ。ロックやジャズ志向に感じられる。これはこれで別の使い方をすることにしよう。

7293 の最大出力は 100W（負荷 4 Ω、歪率 10%）。そこまで無理しなくても 50W は確実に出る。……なんて知ってしまうと、なるべくハイパワーを望むのが人情。せめて 30W はほしい、なんて思うはず。でも、ちょっと待って。常にフルパワーで IC を使わなければならない理由 is 無い。前述したように、家庭用なら片チャンネル 10W で足りる。少し欲張っても 20W だ。それでパワー不足ならスピーカの能率が極悪ということで、アンプよりまずスピーカを買い換えよう。

大パワーが出る IC を家庭用の小パワーで使ったとしても、まったく問題はない。誤解無きよう書いておくと、大パワーが入るスピーカに小パワーを入れると鳴りが悪い。これは事実だ。パワー IC は違う。スペックで決められた最低電圧以上であれば、どんな小パワーでもきちんと鳴るし、かえって経済的でもある。つまり、小パワーなら大電流は要らないからトランスは安く済む。IC の発熱も少なくなるので放熱器も小型。軽自動車 で済むならトラックは不要だ。

どうも世の中、スペックの最大値めいっぱい の設計にしたがる人が多い。本当にそれほどの性能が必要なのか、その性能を活かしきれるのか、よく考えるべきだろう。考えて自制すれば、アンプ作りはそれほど金のかかる趣味ではない。

とはいえ、トランスと放熱器を定価で買ったら目玉が飛び出るほど高い。昔ならジャンク屋とクズ屋の仕切り場を徘徊し、品質無保証の怪しげな物体を入手したものだが、今はオークションがある。リスクはジャンク屋と変わらないが、座ったままで手に入る。

■ トランスの選択 ■

オークションでの買い方も「選択」の内だろうから、私なりの考え方を書いておこう。まず、「ダメでも絶対に文句を言わない」覚悟が必要だ。NC/NR と書いてあったら何が送られて来ようと仕方がない。引っ掛かったら自分が悪い（それがイヤなら新品を買おう）。何も送られてこないときだけ喧嘩すればいい。

でも、できればカモられるのは避けたい。そのための鉄則その1は「品物をわかってる人」からしか買わないこと。品物のデータをきちんと提示している人から買うなら、まず問題はない。しかし、当方、この分野は詳しくないので、とか、試験する環境がないので、なんて言っている無責任なやつは危ない。何を売っているのかわかってないんだから、何が届くかはもっとわからない。一般にショッパもダメだ。品物に対する愛情が皆無。客に対する思いやりも期待できない。気分の悪いやつ（最近多い）とは付き合わないほうがいい。本当に生きにくい世の中になったもんだ。

私がパワーアンプを作り始めたのは真空管時代。どんなトランスを使えばいいかはプレート電流とスクリーングリッド電流がわかればそれだけで決まり、選定自体は簡単だった。高価なので買うのは常に困難だったが、それが石のアンプになると、そもそもどんな容量のトランスを買えばいいのかさえわからない。まさか HTW1501 で 10W アンプができるとは思わないけれど、何 V、何 A が必要なのか、どこにも明確には書いてない。

以下に書くことは、あるいは間違っているかもしれないので、信じてくれたとしても自己責任で。

ワケわかんなくなったら、一番正しいのは基本に戻ることだろう。そう、オームの法則に戻る。下のカコミに電力関係のオームの法則を抜き出した、というか①式の変形バージョンを書いてみた。これで大枠の計算だけはできる。（電圧は V で表わしている。よく使われる E は、私は起電力として使うので、現実の電圧は V とする。昔はこうだった）。

8 Ω のスピーカを使って片チャン 8W のステレオアンプを作りたい。電流は？ なら④でいい。答えは 1 A だから、ステレオではこの 2 倍の 2 A になる。そして、そのときに必要な電圧は⑤で計算できて、答えは 8 V になり、これは波形片側だけのものなので ± 8 V になる。即ち ± 8V、電流が 2A のトランスを使えばいいと思えるが……これで済むならラクチンだ。世の中、少し面倒。いくつか問題がある。

± 8V と 2A は、どちらも実行値であることだ。オーディオ信号

は交流だから、波形のピーク時にはこの 1.414 倍（ $\sqrt{2}$ 倍）の電圧が必要になる。電源はこれに耐えなければならず、トランスはでかくなり高価になる。（しつこいようだが念のために書けば、これはあくまでも 8W のフルパワーを出そうとしている場合。パワーが小さくなくても構わないならトランスを大きくしなくていい）

ピーク時を考えて電源電圧を計算すると、電圧に 1.414 を掛けて、約 ± 12V になる。このとき電流は約 1.5A 流れ、両チャンネルで 3A ！なんか数字が段々大きくなる。でもまだ終わりじゃない。

上の数字はスピーカにかかる電圧・流れ込む電流でしかない。アンプの回路を動かす分は含まれていない。実際にはアンプの入力回路で消費する電流もあるし、最終段のトランジスタを働かせる電圧も要る。そこで、アンプ回路の能率を知りたくなるのだが、メーカーのデータシートにはストレートには書いてない。一部親かなメーカーだと明記してあって、たとえばナショセミの LM3866 では「ドロップアウト電圧は 4V」と書いてある（アンプの設計例の項）。さすがナショセミ、アマチュアも意識しているんだろう。

もし ± 4V が無効になるなら、その分の電圧を ± 12V に足して ± 16V にすればいい。無効電圧がわからなければ 5V ～ 10V と考えて勝手に足すしかない。一方電流は、パワー IC の場合、パワー段以外での消費は無視してもいいくらい小さいから、迷わず無視してしまふ。つまりこの場合、± 3A のままだ。

まだ終わりにならない。± 16V で 3A が得られるトランスを選ぶ。トランスからの交流を整流すると約 1.4 倍の直流電圧が得られ、電流は 0.7 倍になってしまう。どうしてかって？ HMP3 の電源の製作で説明したので参照のこと。16V の直流を得るためのトランスは、16 を 1.414 で割った「11.3V」になる。こんな電圧の既製品は無いから 12V を選ぶ。少し高いほうがダイオードでの損失分（約 1V）もカバーされてちょうどいい。そして欲しいのは ± 16V だから、もちろん単巻線ではなく、12V 二巻線か 12V-0-12V、または 0-12V-24V のトランスだ（単電源でアンプを作るなら単巻線でいいけど、回路のケツに C が入るからなあ）。

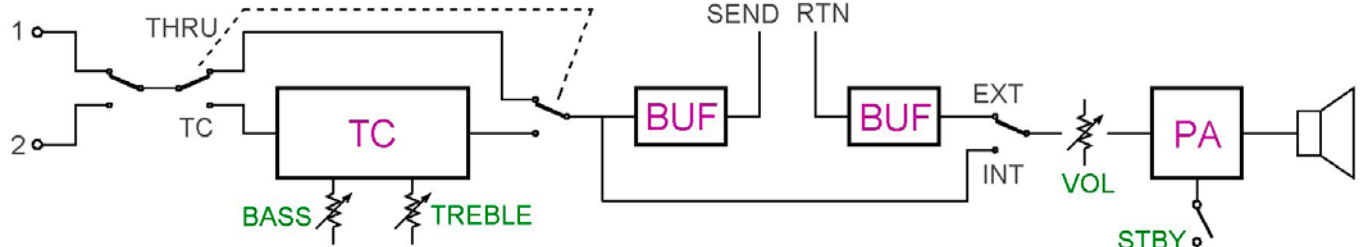
トランスの電圧はわかった。じゃ、電流は？ こっちは怖いよ。必要な 3A を 1.414 倍しなければならない。つまり 4.2A。重そうなトランスだ。まあ、ちょっと負けてもらって 4A でいいだろう。最大音量を出したとき、ピークのほんの少しが歪むだけ。聴感上わかるわけない。

これでやっと終わり。12V × 2 で 4A のトランスが要するという結果だ。4A の市販品はあまり聞かないから、使うなら 5A の HTR125 あたりかな。うへっ、5 千円以上する。だからオークションで探そう。うまくすれば千円台で買える。

なお、先に書いたナショセミ LM3886 のデータシート（日本語版）にも計算式付きで設計のノウハウが載っている。面倒がらずに読むことをお勧めする。

しかし、以上の計算は金持ち用だと思う。計算結果に合ったトランスをいきなり買うなどという自由なことが許される人はそう多くない。だから、私は逆に考えるようにしている。あるトランスが手に入りそうなら、それで何 W のアンプを作れるか考えるのだ。すべては高価なパーツに合わせて考え始める。このとき注意すべきはトランスの電圧。整流すれば 1.4 倍だから、それがパワー IC の定格以内でなければならない。できれば IC のデータシートに書かれている動作例に近ければなお安心。なにしろ IC の中がどうなっているのか等価回路でしかわからない以上、メーカーの推奨動作以上のことはさせないほうがいい。電流？ そのトランスで出せるだけのパワーで我慢すればいいのだから、そこそこ大きければよしとする。

図 1 全体のブロック図



■ パワーアンプ基板周辺 ■

電源関係はまた後で書くとして、「製作記事」を始めよう。全体の構成は上図。トンコロだけ付いたプリアンプ部分は以前作った 386+380 の 2way アンプと同じ回路だ。もう少し凝るなら左右バランスを付けるくらいだけど、そんなの要る？

アンプに汎用性を持たせるため（家で鳴らすだけで外に持ち出さないポリシーと相容れない自己矛盾は承知）、プリアウト／メインインのインサート部分はしっかり作った。市販アンプではかなり省略・簡略化されているところで拡張性のキモ。バッファを介してプリアウトし、メインインにもバッファをかませた。ここまですれば、何かをつなぎ込んで不都合が生じててもこのアンプのせいではない。

パワー部は IC1 個。下の写真がパワー基板全景。たったこれだけでパワーアンプになる。実際、上のブロック図でいえば、プリア部のトンコロを THRU してインサートを使わなければ（SW は INT のポジション）、入力信号がパワー部にダイレクトに入るのがわかるだろう。私はいつもこの位置で鳴らしている。もしかして、プリア部はまるっきり要らない？

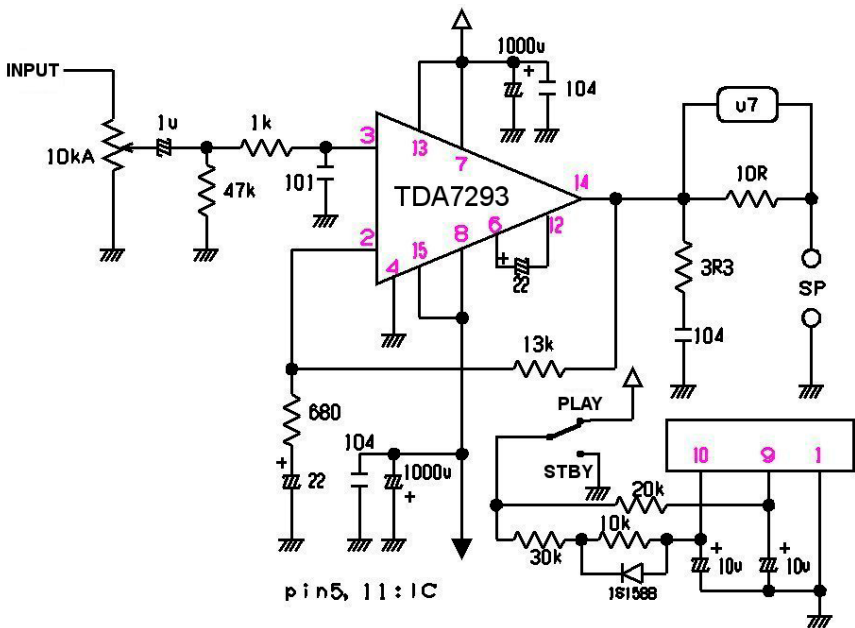
パワー部の製作はハニーファズよりはるかに簡単。エフェクタからの移籍組として気を付けるのは IC を垂直にハンダ付けすることとコイル巻きくらいだろう。

右図は TDA7293 のデータシートから描き直した回路。原典からの変更は、入力部に超高域落としを加えただけ。なお、原典は英語で、しかも説明方法と文章の流れがメッチャ悪い。まさに理科系馬鹿が書いたとわかる。右図では IC を 2 個に分けたように描いているが、こうしないとミュート・スタンバイ系（ピン番号 1.9.10）が信号系と混ざり合って、ワケわかんなくなるからこうした。もちろん IC は 1 個だ。

出力の 10 Ω とバラに入っている u7 は 0.7uH のコイル。私の CAD では螺旋をうまく描けない。



図2 パワー部回路



3.3 Ω は 0.1u の C と直列になって高域落としフィルタとして働いている。用途としてはアンプの発振止めだ。取り払ってしまうとアンプは不安定になる(らしい。やったことがないので詳細不明)。ただ、このフィルタに大振幅の不要な超高域が加わる事態とは、つまりはアンプの惨事である。そこまで行ったら 3.3 Ω が焦げようが焼けようが気にしていられない。ということは、この抵抗はあくまで平常時にだけ軽く働く抵抗と思うべきで、それなら 1/4W でも全然構わない。まあ、一般的には少し大きな 1/2W あたりを使うようだが私は気分決めてる。それに抵抗値の 3.3 Ω も適当でよく、2.2 Ω ~ 10 Ω の間なら用は足る。0.1u はそのままにしておこう。

コイルと並列の 10 Ω も超高域対策なのだが、こちらはアンプ出力に含まれる有害な高域ノイズを除去するスピーカ保護だ。もし仮にこのコイルを「超高域落とし」とだけ考えると妙なことになる。コイルは 0.7μH しかない。無線で使うようなインダクタンスだ。0.7μH が、並列の抵抗と同じ 10 Ω の抵抗値を持つのは 2MHz 以上の信号に対して。そんな周波数の信号をパワー IC が出せるなら、私は TDA7293 で HF の送信機を作る。

実際のところは、ICの出力に紛れ込むかもしれないパルス性のノイズなど、時間的には短くても振幅が大きいノイズへの対策だ。波形で見ると糸のように細くて、オシロの画面を上下に飛び出す大きさのノイズは、たとえ一瞬でのことでもスピーカを飛ばす可能性大。こういう手合いは回路内で発生するのではない。電源ラインを伝って来るなど外部からの飛込みだ。

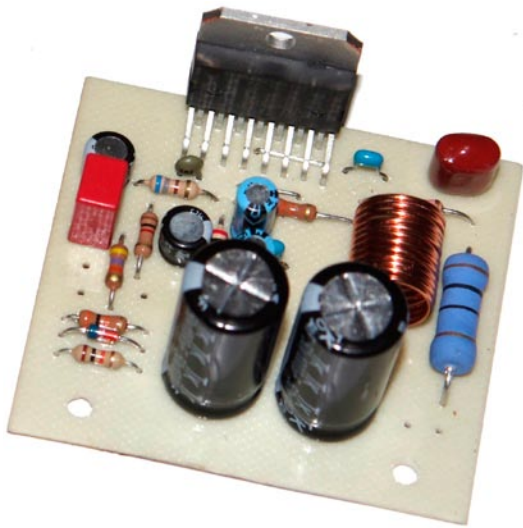
ただし、それほどハイパワーではないアンプでは、スピーカにそんな大出力を送れるわけでもないで、コイルと抵抗を省略してしまう。あるいはコイルを作るのが面倒なら、抵抗とともに取り払って直結にする。すべては自己責任、好きなようにしよう。

ということで、コイルの働き方からして、特に 0.7uH ビッタリでなくてもいいのがわかるだろう。そこそこのコイルでいい。右上写真の私のコイルは、多分 1uH 以上あるだろうがまったく問題は無い。

コイルの巻き線には注意が必要。通常時、スピーカへの信号はコイルだけを通る。並列の抵抗は通らない。好き好んで「抵抗」のあるルートを通る信号は無い(少しはあるが)。コイルの巻き線が細いと抵抗分が増えて信号をロスする。0.8～1.0 ミリのエナメル線(最近では絶縁材が新しくなってポリウレタン線は主だ)にしよう。私は0.8 ミリの線を使って、10 ミリ径のボールペンの軸に12回密着巻きした。0.7uHなら10～11回でいい。

最悪の場合、並列の $10\ \Omega$ には大パワーの信号が流れる。3 ~ 5W にしておこう。これまた「何 W なら充分」というものでもないから適当に決めるしかない。もちろん $10\ \Omega$ でなくても、近い抵抗値が手持ちにあれば活用を。

私が書くと、すべてが「いい加減でいいんだよ」みたいになる。どう足掻いてもパーツには1%以上の誤差があるわけだし、扱うのは常に動き回るアナログ信号。人間様が制御できるものではない。だからツボだけをおさえ、あとは放任するのが精神衛生上よろしいかと思う。気を遣うべき箇所は、実は全然別のところにある。まず第一に、製作者を含めて誰にも危害が及ばないこと。不注意の感電は自作者の勲章みたいなものだから(おいおい)いいとして、作った機材から煙や炎が上がらず、とにかく音が出て、あわよくば安定して鳴り続け、運が良ければその音を気に入って、長年使える機材になること。生きてる人間が一番大切。小難しい独善論や耽美的なパーツ論は、どれも人間の安全が確保されてからの話だ。どうも世の中、難しいことを言えば偉そうに聞こえると信じるアホが多すぎる。難しいことを言うのは、実は簡単なのだと知らないらしい。



■ パワーアンプ基板の製作 ■

下が基板パターン。サイズは2.2×2インチ(56×50ミリ)。エフェクタの基板より簡単。赤丸になっている箇所は、そこから基板裏ジャンプをとばす場所。本来TDA7293の基板は両面で、しかも感光基板で作る前提らしく、片面手描きなんていう原始的な方法は論外らしい。そのためにどうしても基板裏ジャンプという奥の手を使わなければならない。赤丸のところはランドを少し(赤丸分だけ)大きくしておく。

図3をフィルムにして感光基板に焼き付けられればいいかという、
 そうでもない。動くことは動くけれど、最適な基板にはならない。
 図4はなるべく太くしたいパターンを表わす。大電流が流れる電源
 ラインと、それが戻ってくるアースラインは可能な限り太くしたい。
 出力ラインももちろん太く。つまり基板面積の80%くらいが太くし
 たいラインで占められる。細くていい黒のラインはコマゴマとある
 だけだ。太くといっても隣と接触するのはもちろんNG。線の間には
 0.5ミリ以上の空白がほしい。考えながら丁寧に描かねばならな

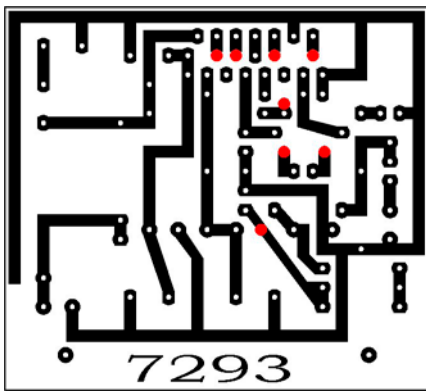


図3 パワーアップ基板
パターン（原寸）

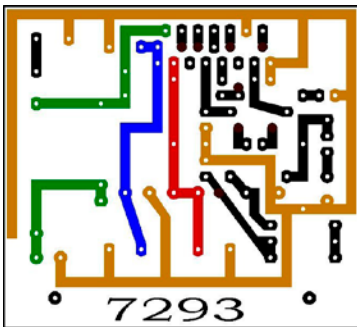
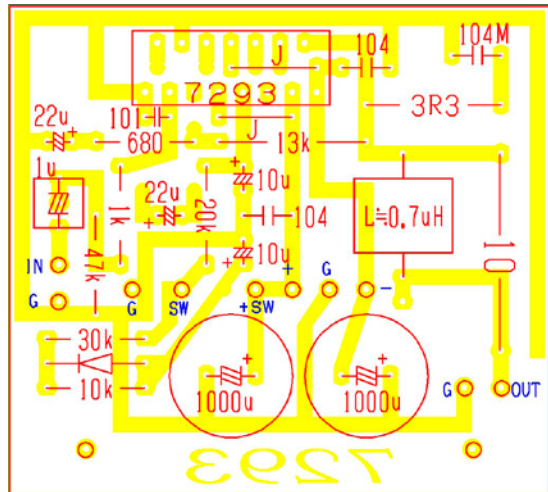


図4 太く描くパターン



図5 パワーアンプ基板 パーツレイアウト



0.7uH コイルデータ
0.8 φ ~ 1.0 φ のポリウレタン線を直径 10 ~ 12 ミリに
10 ~ 11 回密着巻

い。これが結構トリッキーで面白いんだけど、私だけ？

基板の IC と逆側には 3.2 ミリの穴を 2 個開けた。ケースに固定するためのものだけれど、今回は使っていない。IC を放熱器に固定して「これでいいや」にしたからだ。パターンを描くとき、穴の周囲 5 ミリ以内は空白にする。ビスで留めた場合、ビスがアースとつながるのは好ましくないから（アースが勝手にケースに落ちる）。

アースラインで注意がふたつ。基板の周囲を一周させてはいけない。図3では左下で切っている。アースループを作らないためだ。いや、ループなんかより面積が大切だから、空いている場所は全部アースで塗りつぶせ、という一派もいる（主に高周波から来た人たち）。どっちが正しいのかわからないけれど、私としては基板上のループだけでなく、配線、ケースまですべてのループはなくす方向で作っている。ビス穴周囲の空白もループ防止のためだ。

図3の上の辺を勝手に伸ばしてはいけない。ICピンと基板端の間隔はこれが限度。これ以上基板が伸びるとICが放熱器に垂直に取り付けられなくなる。放熱器を基板上に載せる発想ならこの限りではないが。

基板上パーツはお馴染みのものばかり。電解の耐圧は電源電圧による。電源が決まっていな人、あるいは、安全策で行きたいのならすべて 50V にしておこう。入力部の 1u には無極性電解も使えて（パターンも対応している）耐圧は 16V もあればいい。不幸にして私の手元に 1uNP が無かったので、ジャンク箱で冬眠していた高級品を使った。音は変わらない。

基板上のジャンパは2箇所。1本はICの直下に付く。一応電源ラインだが、たいした電流は流れないから抵抗リードの切れ端でいい。ICを基板に差すとき、あまり深く差すとピンがこのジャンパに当たる。ほどほどに。

図5の右上の104Mはマイラの0.1u。その他の104には積層セラミックが向いている。左下あたりのダイオードには1S1588タイプなら何でも使える。こういうところにもオーバースペックの整流用を使ったがるオーディオ系人種もいるけれど、ここは整流回路ではないからまるで無意味だ。

基板表面に全パーツを取り付けたら裏ジャンパの工作。……ここで写真を撮り忘れたのに気付いた。しょうがないから別のアンプ基板上で誤魔化そう。写真はLM4766（3886のデュアル版）基板のもの

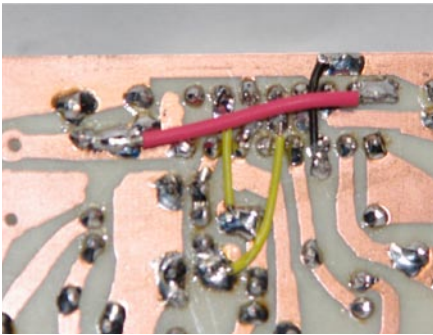
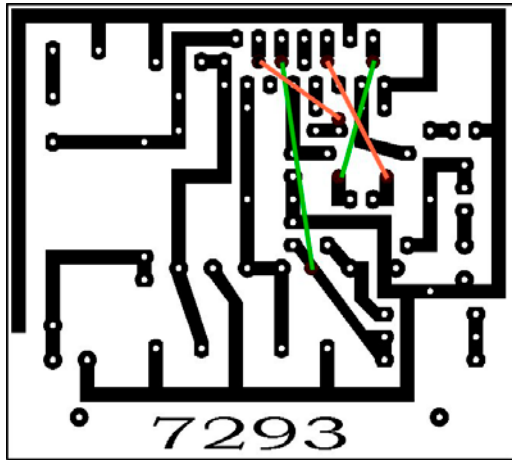


図6 裏ジャンパ



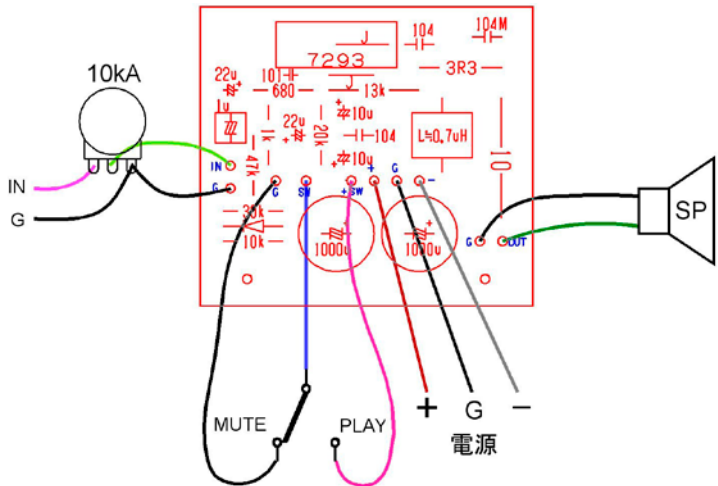
の。これでもわかるでしょ？ 写真の黄色い線くらい、ごく細い線材で図6のようにパターン間をつなぐ。図6で2色にしているのは見間違わないためで他意はない。上の写真では多少大きめの電流が流れるジャンパがあったので赤い太目の線材も使った。今回は細い線だけでOK。これ、太いコテ先ではやりにくい。1ミリくらいの細いコテ先をお勧めする。

基板が完成したら、電源のある人は動作チェックをしておこう。このICは±12Vから動くそう。動作テストだけなら電流は0.5Aもあればいい（大音量は出さないこと）。CDプレーヤなどからの信号を10kAのVRを介して入力し、出力には壊れてもいいスピーカ（8Ω）をつなぐ。ミュート機能も試しておきたい。

このとき IC を適当なサイズ (概ね 10 センチ四方以上) のアルミ板に仮止めて放熱器の代わりをさせる。IC の背中にはマイナス電圧が出ているから絶縁シートを必ず挟むように。面倒だからと言って放熱器無しで電源を入れてはいけない。

VRを徐々に上げるとスピーカから音が出るはずだ。正常に鳴るのを確認したら、少し良質のスピーカにつなぎ替えてみよう。

図6 パワー基板の動作テスト



■ 電源 ■

電源電圧が高いほどパワーが出ると思っている人がいる。少し本当で、おおむねウソです。あるいは、電源電圧を上げれば同じ回路でも音が大きくなると思っている人もいる。明確に間違いです。たしかに電源はアンプの心臓だから、これがセコいと良い音は出ない。じゃ、セコくない電源とはどんなものか、まず考えてみよう。

去年、あるアマチュアミュージシャンから聞かれた。「エフェクタの出力を大きくするために電池を二個直列にして18Vにしてみたが、音の大きさが変わらないのはどうして？」あなたならどう答える？

電源電圧を2倍にしても音量は倍にはならない。いや、本当は2倍になっている。同じ歪み率での最大出力音量は2倍になるはずだ。これまで9Vでクリップしていたものが18Vまでクリップしなくなるのだから。ミュージシャン氏はこれに気付かなかったのだろう。氏の狙いは同じVR位置で音量を2倍にしたかったのだと思う。それなら電源は関係ない。回路の増幅率を変えればいい。

さて、これはパワーアンプにも当てはまる。電源電圧を上げてもハイパワーになるわけではない。そしてエフェクタと違って、最大出力も簡単には大きくならない。何故か？

8Ωのスピーカを鳴らす前提で話をしよう。今、このスピーカは100Wの大音量を出しているとする。このときスピーカにかかっている信号の電圧は、4ページ前の式⑤から約28.3Vとわかる。同時に、スピーカに流れる信号電流は、同じく式④から約3.54Aと計算できる。これらは交流の実効値なので、信号波形のピーク時にはこれらの約1.4倍に当たる約40V5Aがスピーカには必要になる。40Vはいいとして、5Aは大電流だ。7Aのトランスが要るから。

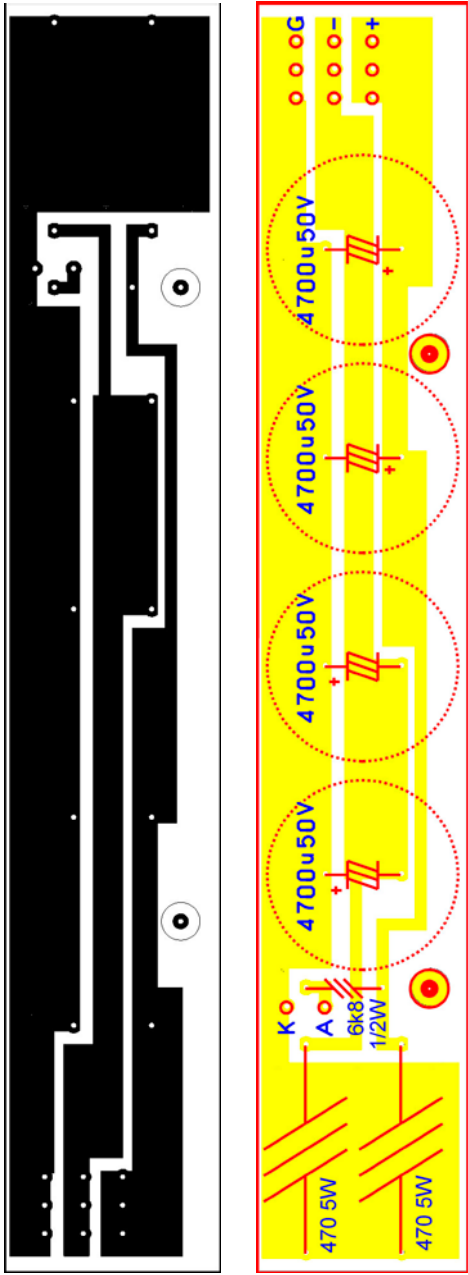
40Vも5Aも電源から供給される。つまり8Ωのスピーカから100W出すための電源は、少なくとも40V5A以上なければならない。しかもこれはスピーカに関してだけの値だから、回路の他の部分を動かすために、電圧をあと10V程度高くしないとだめだろう。電流は5Aのままで大丈夫のはず。

不幸にしてあなたの電源は2Aしか出せなかったとしよう。するとスピーカには2Aしか流せず、そのときスピーカにかかる電圧は16V（ $V=IR$ ）。出せるパワーは32Wになる。いや、失望すべきではない。32Wはかなりの大音量だ。

注意してほしいのは、上の4行では電源電圧に触れていない点。電流が2Aなら、電源電圧が50Vだろうと100Vだろうと同じことで、32Wしか出ない。一応計算すると、このときスピーカにかかるピーク値電圧は22.4Vだから、なんやかんやあっても28Vもあれば間に合う勘定になる。それ以上の電源電圧は無駄。ただひたすら放熱器を温めるだけに使われる。

ここまで読んで、経済的精神的な努力のわりに大出力は得られなさそう、と思う人もいるかもしれない。いいえ心配ない。音楽の音

図8 パワー部電源 パターン（原寸）とレイアウト



量は常に変化している。本当のピーク音量はごく一瞬。キックがドカッと入った一瞬だけ歪が増えても、誰が気付く？ 5万人のPAで使うのでなければ、以上の計算はアンプを燃さないための純粹理論だと思って構わない。大丈夫、でかい音は必ず出ます。あなたの期待以上にスピーカは吠えます。

■ 電源回路と製作 ■

図7はパワーアンプ部の電源。プリアンプの電源はトランスに適当な別巻線があれば使うが、今回は無いのでトランスから別にした。

私が手に入れたトランスは29-23-0-23-29Vで3.5Aというもの。きっと29Vのときに3.5Aなんだろうと思ひ込むことにして、23Vなら4Aは取れると信じた（だめでも気にしない）。整流ブリッジには6Aクラスを使う。能力80%としても4Aなら問題はないだろう。あまり熱くなるようなら大きいのと替える。ブリッジは放熱器に直付けするので基板は使わない。

基板には平滑コンデンサ、ブリーダ抵抗、LED用の電流制限抵抗が付く。ケース内部に納めるため図8のように細長くなった。基板はLアングルでケースに留める。

この手の電源のキモはふたつある。まず電源オン／オフのSWは両切りにする。理由はともかく、大電流回路では常識だ（と父に言われた）。事故防止を考えると当然だろう。

もうひとつはアースポイント。電源と全回路のアースを、どこでケースに落とすかだ。オーディオでは「扱う信号レベルの一番小さい箇所の直近」とされている。それなら入力端子だ。また一説に、平滑コンデンサのアース（コモン）端子からケースに直結、というのもある。電力の面で考えるとこちらが妥当。今回はトランスの0V端子と左の電源基板のアースを太目の配線材でつなぎ、そこから近くのケースにつないだ。幸運にもノイズは出ていない。

なによりイケナイのは、回路のあちこちでアースをケースにつなぐこと。もっと進んでケースをアース配線代わりにするのは、オーディオなら自滅を意味する。高周波では普通に行なわれているこれらの方法も、オーディオではNG。アースは必ず一点でケースに落とす。複数になるとアースループができ、良からぬノイズが生まれる。

基板上の3種類のパーツについて書いておこう。平滑コンデンサには秋月で買える4700u50Vをプラス／マイナスそれぞれに2個ずつ。この秋月コンデンサは、どうやら容量が足りない規格外品みたいだ。4700uあったためしが無い。それでも4300uくらいはあるので2個で充分とした。足りなければ足せばいい。トランスの23V端子を使ってるので整流後の直流は32V程度になる。耐圧35Vでも足りそう。50V耐圧なら文句はない。

平滑コンデンサにどの程度の容量を使うのが妥当か、多分計算式でもあるのだろう。リップル○%の際のC容量とか。私は知らないのではぼアテカン。そりゃ、大きくすればより良いだろうとは思うけれどラッシュカレント（突入電流）が怖くなる。つまり、スイッチ・オンの瞬間、コンデンサをチャージするために流れる大電流だ。よく怪奇映画などで、狂気の科学者が悪魔の装置の電源を入れたとたん、部屋の明かり一瞬暗くなるシーンがあるだろう。あれがラッシュカレント。凶器の電源回路でも起こり得る。機器のフェーズが飛ぶだけならまだしも、機器のスイッチが壊れ、家のブレーカが落ちることだって考えられる。これでは実用にならない。

平滑コンデンサの容量が足りないと何が起きるか。大電流時（大音量時）に電源ラインの直流に交流成分（リップル）が増え、100Hzまたは120Hzのハムノイズが出る。大音量時に限ってだから、ノイズというより音質の変化として感じられることが多い。それが問題なら平滑コンデンサを増設すればいい。

小音量時や無音時に出るハムノイズは、ほとんどの場合コンデンサの容量不足とは関係ない（今回の回路でCを片側100uなんかにすれば別）。もっと別の、根本的な原因、たとえばアースループなどを検証すべきだ。

トランスを無負荷状態、つまり電流を一切流さない状態にすると、ものによっては予期せぬ高電圧になることがある。無負荷は過負荷同様に好ましくない。で、常に一定の電流を流すための抵抗がブリーダ。470Ωがそう。ここに流れる電流はオームの法則で計算できる。モノの本によれば、ブリーダには全電流の5%程度を流すことなんて書いてあるが、それだと今回の回路では200mAになる。真に受けて計算すると、電圧が32Vとして160Ωの抵抗になり、ワッテージは6.4Wだから、実際には10Wを使わねばならない。ケースの中に6.4W×2の電熱器を入れたい？

5%ルールは無視して470Ω5Wを使った。70mA近く流れるから、まあこれでいい。

ブリーダ抵抗の質によって音質が変わることもある。抵抗に電流が流れると必ずノイズを発生するからで、それが電源ラインに乗って増幅回路で音になる。……ここまではリクツとして正しい。オーディオマニアのウンチクでは、だから高価な抵抗を惜しみなく使わなければならない、となる。これは正しくない。私の経験からすれば、あまりにブアなブリーダを使ったときに「なんかおかしい」と感じるだけで、国産品（または国内メーカー）のまともな抵抗で問題になったことはない。セメント抵抗でも全然OK。余裕があれば酸金にすればいい。どっちにしても抵抗を燃さないように、計算の2倍以上のワッテージにしよう。

LED用の抵抗は、4mA程度流すために6k8にした。最近のLEDは無闇に明るいので4mAで充分だ。6k8のワッテージも計算しておこう。元の電圧が高いので、知らない間に1/4Wを超えることもある。今回、0.1W以上だったため1W物を使った。

最後にフェーズとパワースイッチ。フェーズの容量がトランスに明記してあればそれを使う。飛びやすいからと勝手に大容量のものに変えてはいけ。飛びやすいのは電源関係のどこかに無理があるからだ。先にそれを直すこと。トランスに書いてない場合は推理するしかない。まずそのトランスから何Wの電力を取り出すか計算する。今回のトランスは前述した29-23-0-23-29Vの3.5Aだから、フルにパワーを出したとして58V3.5A、つまり200W強だとわかる。少なくとも2Aのフェーズは要るわけだ。

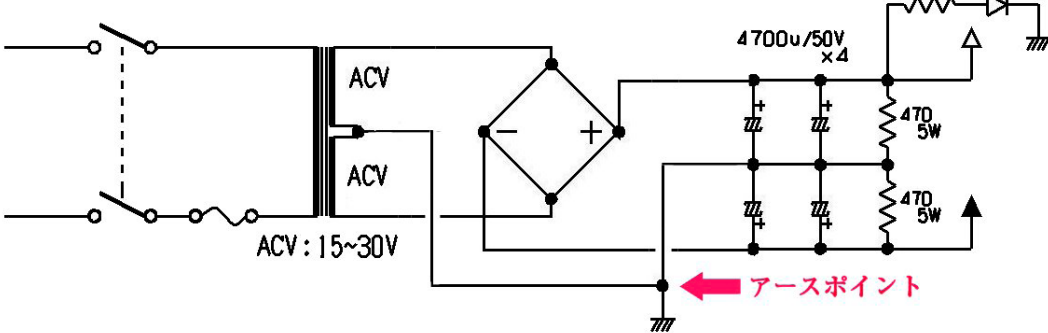
トランスの能率は100%ではない。中のコイルには純抵抗成分があるし、交流がコイルを流れるとインダクタンス（何ヘンリーっていうやつ）も抵抗になる。さらにトランス一次側と二次側は磁気につながっていて、全部の磁気が伝わるわけではない（勢い余って飛び出した磁気を漏洩磁束という）。これらの損失がどれほどになるかはトランス設計者でないとわからない。

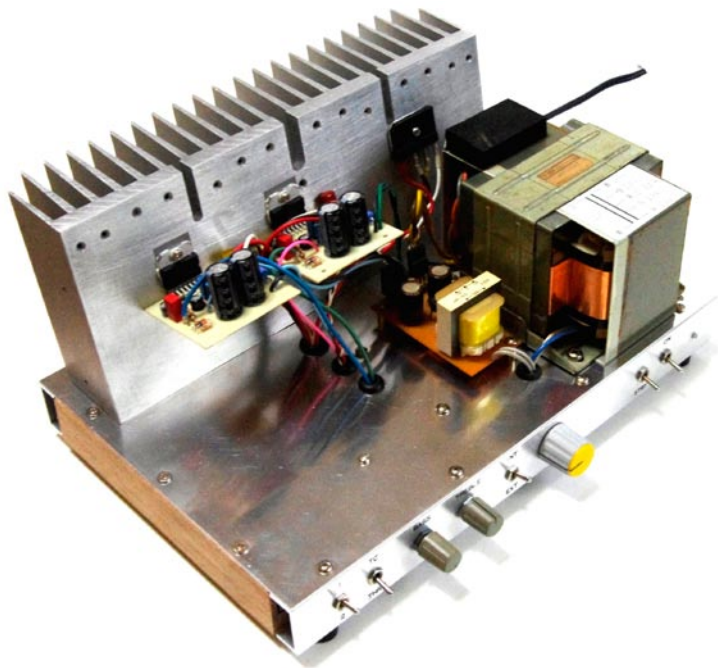
で、大胆に推論する。私は能率をまず50%としてフェーズを決める。今回なら4Aだ。まあ5Aでもいいだろう。それ以上は危険。

スイッチも要注意のパーツ。スイッチ本体に書いてある「125V6A」とかいう表示は、負荷が純抵抗のときのもの。トランスは純抵抗か程遠い誘導性負荷だ。モーターなどと同じ区分けになる。スイッチの表示の125Vは信じていいが6Aはだめ。誘導性負荷の場合、その60%までしか扱えない。つまり3.6Aまで。手持ちになかったの、今は6Aのスイッチを使っているが怖い。近々10Aのスイッチに取り替える予定。

電流オーバーしたらスイッチはどうなるか。オンするのはまあ問題ない。オフできなくなるのだ。接点が溶けてくっついてしまう。それでも使い続けられ、いずれ過熱し本体まで溶け、後はご想像にお任せしよう。

図7 パワー部電源回路





■ 全体の構造 ■

ここまででくたびれちゃった人は、プリアンプ無しで作ってもいい。動作テストの結線(図6)だけで立派なパワーアンプになる。電源トランス、ヒートシンク、適当なケースその他があればいい。

トランスとヒートシンクは各自奮闘して入手するしかない。本当ならヒートシンクの容量(サイズ)は計算して求めることになっている。市販品ならそうするのだろうが、ここは適当、なるべくでかいもの、としておこう。大音量を出さないのならICをケース直付けしてヒートシンク代わりにしても大丈夫だ(私のアンプの何台かはそうしている)。

ケースの選択は悩ましい。美しい製品は例外なく高いと決まっているからだ。パワーICが500円程度なのに5000円のケースを使ったら、これは実用品ではなく美術作品になる。そこで、美しさとはかけ離れた構造を考えた。アルミ板とアルミチャンネル(コの字型)を組み合わせ、ラワン材で補強して全部自分で作る。横から見ると下のようなもの。最後に合板のフタ(?)を被せれば強度は充分。

自作すると決めたひとつには、好ましいサイズのシャーシがなかったから。どうして大型シャーシは厚みがあるんだろう。シャーシ内に基板などの臓物を入れたとしても30ミリあれば足りる。

ホームセンターは「30センチ」が好きなようで、アルミ板、チャンネルとも30センチに切ったものを売っている。だから金ノコは不要だ。ラワン材には30ミリ幅がある。

この構造を、よりラクに作るにはタップ切りを習得するといい。アルミの結合部分をすべてタップにすればナットは不要。ヒートシンクを立てて固定するにはタップ以外にない。だから3ミリタップは必需品だ。ヒートシンク用に4ミリもほしい。ハンドルも含めて出費は2000円程度。私は一応、各径のタップ刃を既定の3種類ずつ持っているが、普通は通称「中タップ」という1本で済む。



上の写真で全部わかるだろう。プリ無しの場合、シャーシ上の黄色っぽいトランスが載ったプリ電源がなくなり、ケース内のプリ基板もなくなる。リアパネルではDINコネクタが消え、フロントパネルの黄色いツマミから右側だけが付く。

平滑用の電解をケース内に収めたのは熱対策とケース補強のつもりもある。趣味が合わなければこんなに長細い基板ではなく、もっと正方形近くしてシャーシ上に固定してもいい。その他、手持ちのコンデンサがあれば(耐圧注意!)どんなレイアウトでも構わない。

老婆心ながら注意点を列挙すると、整流用ブリッジもきちんと放熱、ヒートシンクはガッチリ固定、入力信号線にシールド線を使っても、極力トランスから遠ざける、パネルに線材を通す箇所には必ずゴムブッシュを、配線が垂れ下がりそうならコード留め金具で固定する……言い出せばキリがない。まあ、このグレードの機材を作ろうという人なら、基本的なタブーは知っているだろうから、あまり心配はしていない。半田ごてを持つのが、今回が初めてという人は作ってはいけない。死なれたくないから。

図8 ケース構造

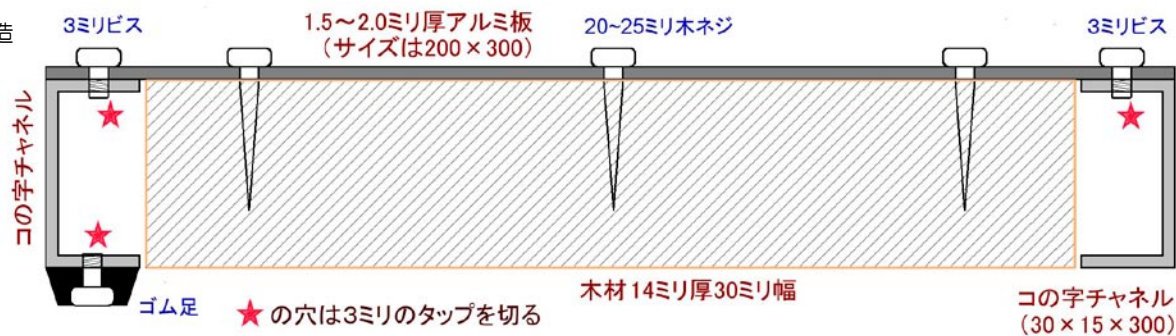
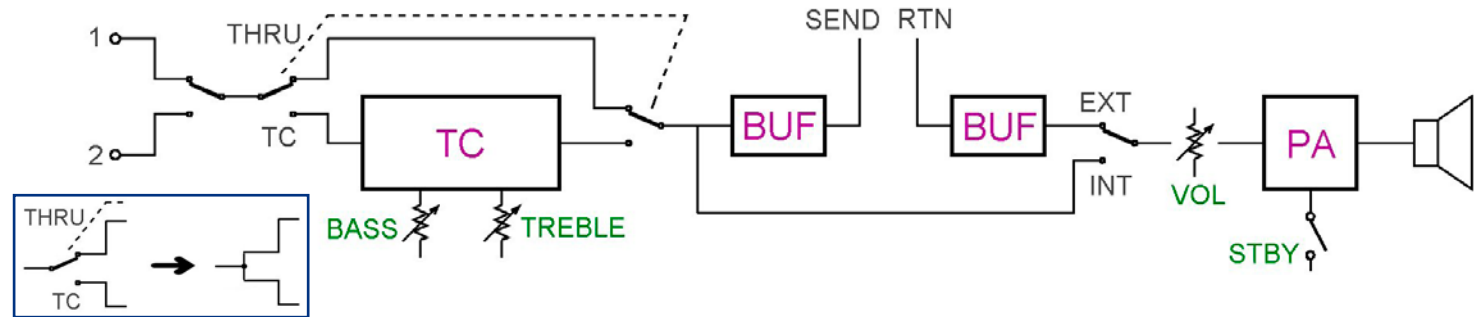


図1 全体のブロック図



■ プリアンプ ■

プリアンプ部分はゾイレ騒動のときに作ったプリアンプとほぼ同じ。チャンネルの代わりにインサート用のバッファを2台設けて1枚の基板に市だけ。もう一度全体の構成を出しておこう。VOLの直前までがプリ部だ。基板の写真は撮り忘れた(ごめん)ので、下の実装済みの写真を参考に。

パワー部の基板にくらべるとやたら面倒臭い。使用パーツ数が2倍になると面倒は2乗になるような気がする。もっとも、この基板だけ独立させれば立派なプリアンプだ(VOLの後に適当なバッファを入れて出力すればいい)から、仕方ないか。

ゾイレのときと同様、トンコロを活かすか殺すかのSWには12pを使ったが、これはごく普通の6pに変更可能。上図、囲みの中のように入力側のスイッチをやめて、ただつないでしまえばいい。トンコロのオン/オフは出力側だけで行なう。それでも実用上の問題はまったく無い。

インサートには少し工夫した。信号ラインを外部に持ち出すとなるとバッファを入れたくなる。外部の信号を取り込むなら、やはりバッファをかませたい。しかしインサートを使わないときに意味ないバッファが2個も直列に並ぶのは好ましくない。そこでインサート関係のバッファをバイパスするスイッチを付けた。インサートを使わないときは信号がパワー部に直行し、音質劣化は皆無。インサートを使うならバッファされて安定した信号を使える。

こんなに凝ったインサートにしたのには理由がある。いずれこのアンプをマルチアンプシステムのスコカ用に使いたいからだ。

インサートにチャンネルをかませる予定(というか夢想)もある。いずれそのうち、気が向いたら。

SENDには、スイッチ位置に関係なく常に信号が出ている。この信号を使ってパワーアンプを増設すれば大規模盆踊りにも対応可能! 最近の盆踊りは騒音公害とやらで無音で踊るところもあるらしいけれど、なんかヘン。花火はうるさくないらしい。勝手なもんだ。

インサート端子にフォーンを使って、RTN側にプラグを差せばインサート・オンにしてもいい。そうすればEXT/INTのスイッチを省けて合理的ではある。ただ私としては前面で操作したかった(いちいちリアに手を伸ばすのはうっとうしい)。そうすれば入出力端子に何でも使える。といっても、5ピン以上のコネクタで手軽なものはなかなか無い。キャノン? 大きすぎ。タジミ? 今更なあ。Dサブ? 冗談でしょ。安易な妥協で、手近にあった5ピンのDINにした。

ミキシング卓ではないからインサートにエフェクタはつながらないだろうが、部屋鳴りなどへの対策にグラフィックEQを入れてもいい。とにかく信号入出力を作っておけば何にでも使える。

プリ部の回路は次ページの図9。なるべく大きな図面にしたいくて妙な配置になった。見ればいまいとしよう。信号部はこれで片チャンネル。電源部はもちろん1回路でいい。

回路図で、極性の描いていない電解はすべて無極性。といっても、直流電圧がモロにかかる箇所には使っていないので有極性でも大丈夫だろう。どっちをプラスにしても構わない。そして、いつものように電源ラインとバイパスコンデンサは描いていない。

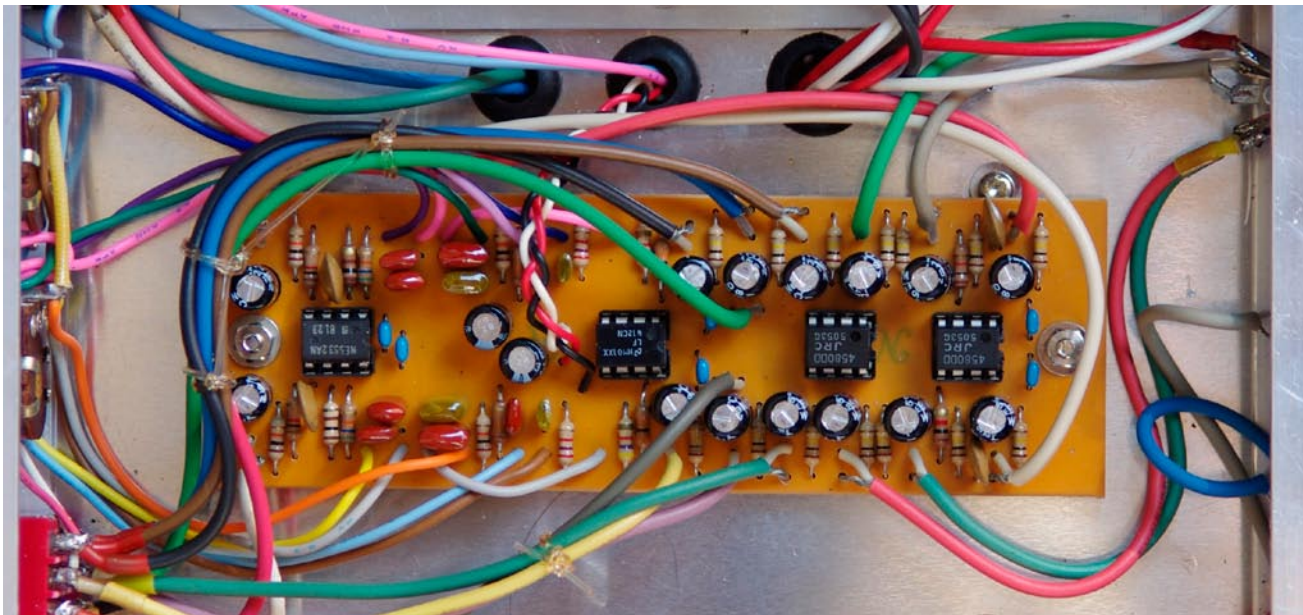


図9 プリ部回路 (片ch分)

トンコロ部のコンデンサのいくつかは手持ちがなかったので2個をパラにして使っている。パターンもパラのまま。153は103+472、823は473+333（少し足りないがOK）で置き換えて

HTW1501
HP155 etc.

100V 15V 15V

メインのパワートランス
1次側とバラ

7815

1000 μ 25V

104

10 μ 25V

+15V

7915

1000 μ 25V

104

10 μ 25V

-15V

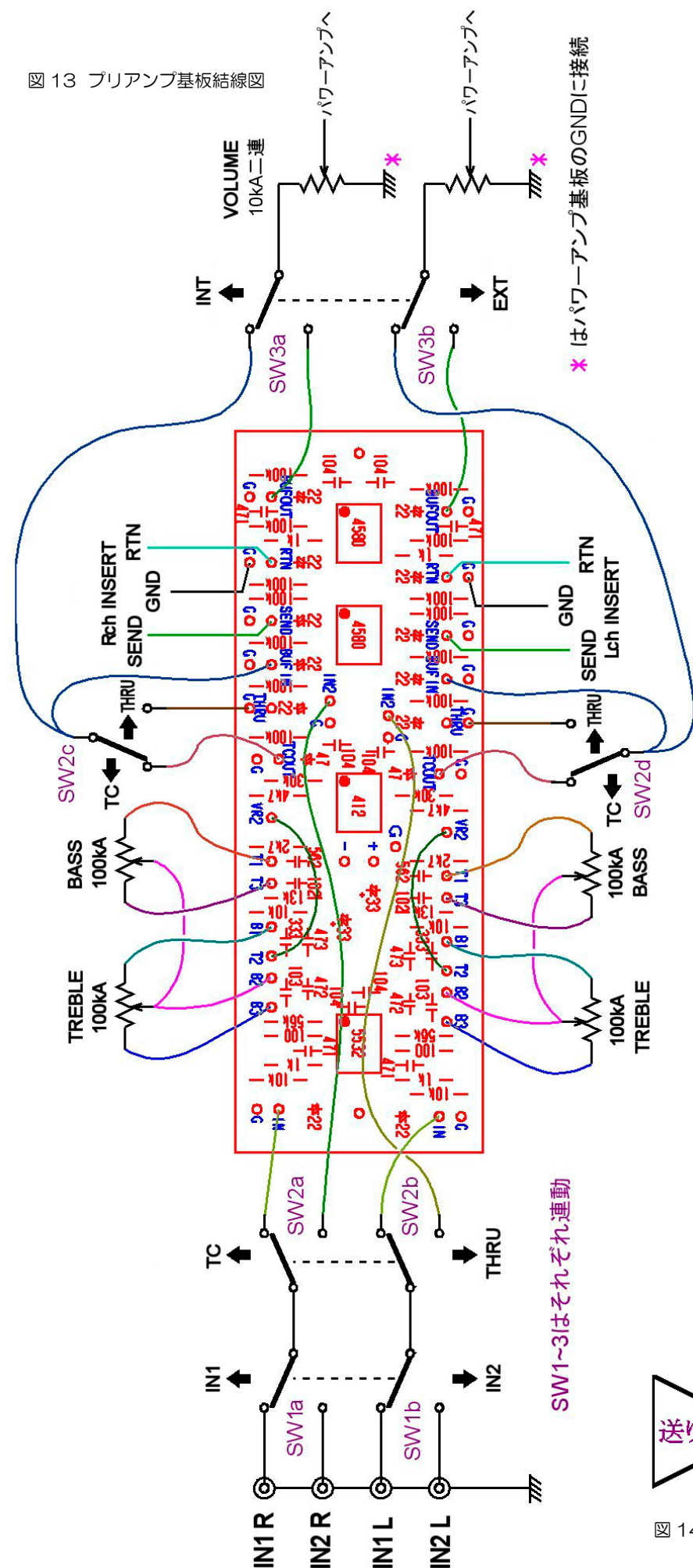
★
メインのアースポイント
につなぐ

レイアウト図で412の近くの4k7と30kでトンコロ回路のゲインが決まる。スイッチでTHRUとTCを切り替えたとき、もしかするとわずかに音量差があるかもしれない(TCは2個のVRとも中

基板が組み上がったら各チャンネルの T2 と VR2 をジャンパでつないでしまう。このジャンパは、412 などの FET 石ではなく「オーディオ用」ローインピーダンス入力の石を使う際に FET バッファを入れるためのもの。今は気にしないでいい。

ピカピカの現行品なのに LM3886 に押されてか売っている店は少ない。マルツでも扱いはあるようだが、44 個以上でないとダメとか（それならメーカーから直接行くよ）。私が入手したのはイトウ電子部品 (<http://it-densi.ocnk.net/>)。ここには 3886 のデュアル版 LM4766 もあって、これが 3886 より安い！それはともかく、ここで TDA7293 と、少し小パワーの 7294 が買えます。（2015 年 10 月現在）

図 13 プリアンプ基板結線図



■ プリアンプ結線 ■

左図は基板周りの結線。いやはや、図にすると大混乱だ。作るほうがずっと簡単。3 ページ前の写真も参考に。

実際には SW1 ～ 3 はそれぞれ連動、VR も BASS、TREBLE、VOLUME とも二連だから、配線の様相はかなり違う。図ではすべての配線を単線で描いているけれど、実際はトンコロ周り以外はすべてシールド線。ま、単線でも動くことは動く（ノイズ・発振の保証はしないが）。できればトンコロ周辺だってだってシールド線にしたかった。しかしムチャクチャ煩雑になるので断念。その代わり引き回しには特に注意する。インピーダンスが高い部分なので、あまり妙な配線と束ねてはいけない。延々と引きずり回すのも絶対禁止。

シールド線を使う場合、憶えておいてほしいルールがある。シールドのアミ線の処理だ。アミ線でアース電位を伝える意図がある場合は別として、アミ線は送り・受けのどちらか片側でしかアースに落としてはいけない。両方で落とすとアースループになる（ことがほとんど）。つまり下図のように、受け側でだけ落とすのが原則。ただし、受け側にアース端子などが無いときには送り側で落とす。いずれにしても片側だけでアースにつなぐのが酒線時の鉄則だ。

それじゃ、つながない側のアミ線はどうするの？ これまであちこちの記事で何度も説明してきたように、アミ線をきれいに切り取って、その上に熱収縮チューブを被せて絶縁しておく。

左図の VOLUME で、アースはパワーアンプのアースにつなぐと指定した。これもアースループをなくす手段だ。ただし、その前提としてパワーアンプとプリアンプのアースが、どこか別の場所（この機材ではパワー部のアースポイント）で確実につながっていないと。そうじゃないと単なるアース浮きになって強烈なノイズを発する。

アースの引き回しは 1 台の機材全体を通してひとつのポリシーで行なわれなければならない。なぜなら、アースは電源ラインであり信号ラインだからだ。これがわかるとオーディオアンプのトラブルは大方解決するはずだが、悟るまで大変なんだよ。

以上、まとまりのない製作記事まがいになってしまった。大きく分けてパワーアンプ基板、電源、プリアンプの三代要素からできているのはわかってもらえたらう。それらを個別に確実に作って組み合わせればオーディオアンプになる。ただし初心者がいきなりこのグレードのアンプに挑むのは危険。最初は 386 や 675 あたりから作り始めてほしい。



図 14 シールド線のアース



キュウリとナスは仲良しなのか？
ぬかみそなら隣り合わせで並んでる。
オペアンプも小鉢の中に…
それが普通に見える人、あなたと私。

ステレオアンプ
その 2

今回は定番の LM3886 で作ってみよう。たしかに扱いやすい石だ。大型トランスが手に入ったので、ちょっとハイパワーを目指す。プリアンプなしのパワーアンプだけ。ステレオばかりでなく独立 2 チャンネルでも使える工夫をしてみた。