



完全ステレオ仕様の左右揺れエコー  
最長 400mSec デイレイとしても使用可

# *DUAL ECHOES 2*

# DUAL ECHOES 2

憧れていたエコーチェンバ  
果たせなかった夢を BBD で達成  
コピー製作可能な 2 号機に  
コピーしない方がいい初代を  
併せて発表します



## ■ 計画と結果 ■

人は何かを計画するとき、もちろん成功を目指しているから、無意識に良い要素を集めがちになる。良い要素だけで恣意的に計画した結果が原発なのだろうが、そこまで強引ではない私でも、ときにヤバい要素を見過ごすことが多々ある。結果として、妄想していた出音と実際の出音が違ってしまふ。悪い要素も加えて考えれば、その結果は当然のこととしても、それは後知恵。かなりガッカリするし、己が不明に腹立たしくもなる。

下の写真は己が不明の成果、初代 DUAL ECHOES。付録として後半でデータだけ紹介しよう。19 インチラックケースはダテではなく、バランス入出力も備えてスタジオでも使え、やる気になれば各種のスイッチングを外制御可能な回路構成のステレオディレイ。昔から一度作りたかった機材だった。

ところがこいつ、BBD とコンパンドの限界と弱点を私に見せつけてくれた。カタログの数値には出てこない要素によって思いっきり足元をすくわれた。冷静になれば「たしかにそう」と納得するけれど、スタジオ機材として S/N に少々難があり、楽器用には造りが仰々すぎる。どうしてくれよう九両二分。落ち込むよりも心機一転、この子をコンパクトエフェクタにまとめ直したのが、表題の DUAL ECHOES 2。私自身に対する、ひとつのリベンジでもある。

## ■ ステレオエコー ■

左の項は、読んでいて全然わかんないか、ただの愚痴にしか思えないだろう。そう、第一にどんなステレオエコーなのか説明していないし、初代がうまく行かなかった理由も書いていない。思い込みで書いた悪文の見本みたいだ。悪文をリカバーすべく、以下に少々説明を試みる。

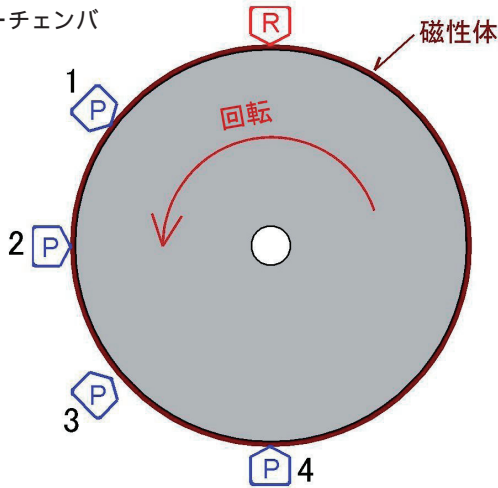
まず「ステレオエコー」から。揺れものエフェクタでステレオ出力という、ディレイ音の位相を反転させて左右に振り分ける方法が圧倒的に多い。一部のコーラス等では、片チャンネルから原音、もう片方からディレイ音を出し、空間で合成することでステレオ化している。どちらの方法でも音は左右に広がり、とりあえず気持ち良い音場になる。

でも、そういった方法では音がモヤモヤ広がるだけで、スキッとした定位にはならない。もっと鋭くステレオにする、音が左右に吹っ飛ぶ効果を得られないものだろうか？ と昔から考えていた。ヒントになったのはずーっと以前に GS の諸先輩が使っていたエコーチェ

初代 DUAL ECHOES



図 1 エコーチェンバ



ンバ。テープ式と円盤式があったが、どちらも原理は同じ。上の図 1 は円盤式の例だ。円盤の大きさは今の CD くらいだったと思う。厚さは 1 センチ程度で、周囲に磁性体が塗ってある。これがテープと同じ役目をする。円盤の周囲には 1 個の録音ヘッドと複数の再生ヘッドが、磁性体に接触して配置されている。

図で R とした録音ヘッドで記録して、再生ヘッド (P) で読み出す、という単純な構造 (自作するには、まったく単純ではなかったが)。円盤の回転速度を変えてディレイタイムを変えていた。回転数が変わっても再生 EQ は固定だから、その辺はいい加減。音はお世辞にもフラットとはいえなかった。でも欲しかったなあ。

図は原理の例なので 4 個の再生ヘッドにした。このうちのどのヘッドからでも録音ヘッドに音を戻すとフィードバックになり、無限ループになる (のだが、音が悪くて「無限」は無理)。実際の使用では、希望の効果に合わせて再生ヘッドが選択される仕組みになっていた。

エコチェンの中身を初めて見たとき、最初に思ったのは、各再生ヘッドの出力をバラバラに取り出し、それぞれを別のアンプで鳴らしたらもっと面白いだろう、ということ。上の例だと 4 チャンネルステレオになって、観客の周囲を音がグルグル回る効果になる。もっとも、ディスク以前の GS 時代のことだから、そんな効果を誰も欲しがらなかったろうが。

それでも、まずはエコチェン自作すべく奮闘だけはしたのだ。テープ式で、とりあえず再生ヘッド 2 個の最小構成。うまく行ったらヘッドを増設するつもりだった。回路部分は全真空管で完成させたが、当時の私の工作精度ではメカがまるっきりダメで、テープがヘッドに安定して密着せず、あえなく撃沈した。

状況が変わったのは BBD が発表されたとき。メカがなくても同じことができる！ これは作らなきゃいけない、とは思ったものの、BBD は高価すぎた。その後、製作記事を書き始めると、ある程度パーツにお金を使えるようになったが、読者が望んでいたのは長時間ディレイや良い音のディレイで、アンプ 2 台が必須のステレオ仕様ではなかった。そんなこんなで、夢を抱いたまま 30 年以上過ぎた。

下の図 2 が今回のステレオエコの基本構成。この機械は大昔に私が断念した再生ヘッド 2 個のエコチェンと同じなのだ。初恋の人は忘れても、作れなかった機材は忘れようがない。2 個の BBD を直列につなぎ、各段の出力を得る。それを左右に振ってステレオ化する。BBD には同じ段数のものを使い、クロックは共通にして遅延時間を同じにする。図では  $T_d$  で表わした。①は単純なステレオディレイ。  $T_d$  だけ遅れた音が片チャンネルに出て、次に  $2T_d$  遅れた音ももう片方が出る。②はフィードバックをかけたところ。  $T_d$  の時間差で左右にディレイ音が飛ぶ。これはかなり気持ちいい。③はオマケで、両方のディレイ音をミックスしたものを。モノラルになって、単に  $T_d$  のディレイになる。

基本はアンプが 2 台必要なステレオ仕様だが、BBD 2 個分の長時間ディレイがほしいければ、図の OUT2 だけ使う手もある (実機では OUT1 が該当)。

ライブならステレオかモノラルの使い方がないけれど、自宅録音などで信号を卓に立ち上げれば、もっとヘンな使い方もできる。EQ や定位を変えれば、バリエーションは無限だろう。

これから作る DUAL ECHOES 2 では BBD 1 と 2 に MN3005 を 1 個ずつ使っている。クロックを 10kHz まで下げるようにしたので、 $T_d$  は最長で約 200mSec.。左右に振ると本当に両側からエコーが返ってくる感じになる。

初代 DUAL ECHOES での失敗は、BBD 1 と 2 に MN3005 を 2 個ずつ使ったことにある。ディレイタイムを欲張ったからではない。少しでも高域特性を良くしようと思ったからなのだが、これが大きな落とし穴だった。詳しくは次項で。

図 2 ステレオエコ

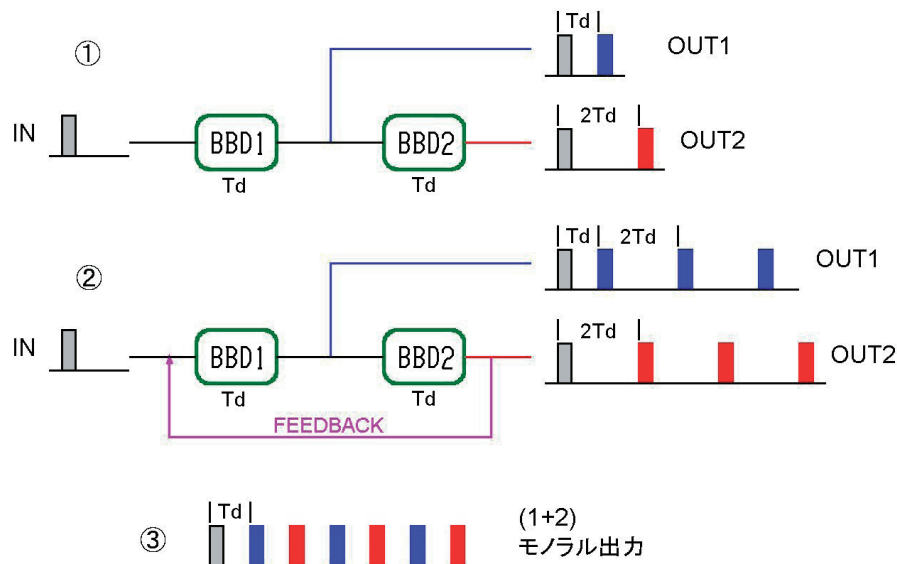
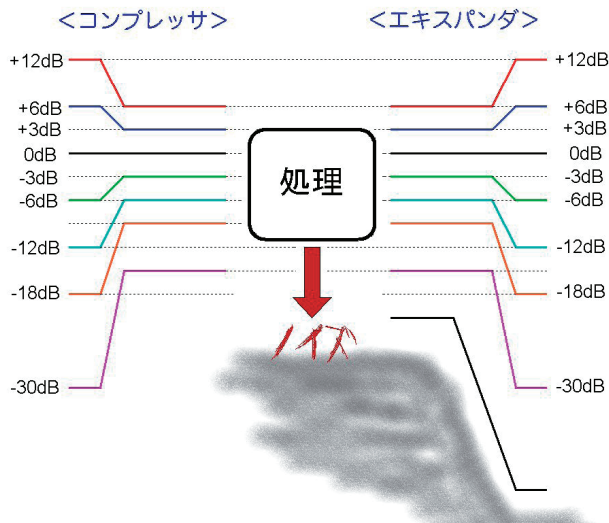


図3 コンパンドの動作



### ■しごく当然の話■

VIB CHORUSでコンパンドの働きを説明した。説明するくらいだから、私自身きちんと理解しているつもりだった。この「つもり」がいつも怪しいのだ。

BBDはノイズを発生する。クロックも漏れる。だからLPFでクロックの領域を落とし、コンパンドで残留ノイズを下の方に追いやって聴感上のS/Nを確保する……たしかにそうだ。でもここにトリックがあった。エキスパンダの働きに盲点があった。

BBDに何の信号も加わらず、出力にノイズしか出ていないときには、ノイズは信号に比べてかなり低レベルだから、エキスパンダでさらに小さいレベルに落とされる。上の図の通りだ。しかしBBDに信号が来て、それが仮に0dBだったとしよう。するとエキスパンダは「大きな信号が来た」と認識して増幅率を1にしてしまう。信号レベルがもっと大きければ、1どころか増幅する動作になる。

このとき、BBDから-30dBのノイズが発生していたらどうなるだろう。信号といっしょにノイズも通過してしまうのだ。エキスパンダは、その入力信号レベルに応じて増幅率を変える。信号にノイズが混ざっていても、そんなことは気にしない。エキスパンダ自身、有用な信号かノイズかの弁別などできないからだ。この、当然のことを忘れていた。

BBD4重連のノイズは決して小さくない。初代機では、無音時の出力ノイズレベルは極端に小さいが、信号が生きているときにはノイジになるという、至極当たり前の結果になった。これは理に叶ったことなので、どうにも修正しようがない。どうしてもとなれば、4個あるBBDを直接つながらず、BBD1個ごとにコンプレッサとエキスパンダで挟んでやるしかないだろう（それで効くかなあ？）。

せっかくラックケースに入れてスタジオ仕様にしたのに、プロの現場に持ち込める性能にはならなかった。楽器用アンプで鳴らすなら、この程度のS/Nでもドカチャカでわからなくなるから充分に使える。でも、それなら敢えてラックケースにする必要はないし、フットスイッチもつなぎ込めるように改造しなくちゃならない……とりあえず半端な機材になってしまった。

どう使うか思案中だが、もしかすると芝居のSEには向いているかもしれない。芝居の音はほとんどの場合、マスターのソースは圧縮したMP3などだから、一度コーディングすればノイズは更に低レ

ベルになる。ATRACをノイズゲートに使うのだ。うちのガキがアマチュア芝居をやっているのだから、いずれくれてやることになるだろう。

それにしても業腹である。もっと決定的な設計ミスなら喜んで作り直せるが、電気的な設計は正しくて、リクツ通りに動いてコレだから始末に困る。

業腹な初代機の主な仕様は次の通りだ。各種の切り替えスイッチはすべて電子スイッチ。BBDクロックは20kHz～100kHzで、これを2レンジに分けている。そして各レンジに対応したLPFを2系統用意し、クロックが速いときには14kHzのフィルタ、遅いときには7kHzのフィルタが自動的に選択される。電源はケース内蔵の±15V。詳しいデータは後半で。

これを小型エフェクタとしてシュリンクしたのが2号機。9V単一電源。フィルタは1系統で3.3kHz。電子スイッチは使わない。クロックは10kHz以上で、上は無理なく出るところまで。そして最大の変更点が3005を2個しか使わないことだ。4個は懲りた。

### ■回路■

図4が回路図。基本的にはJUST ECHO（以下「JE」）の定数をそのまま使った。出力が2系統なので、BBD後段のフィルタとエキスパンダも2個ずつ必要になる。JEを完成させられればこの機械も作れるはず（基板までは、の話。同じケースだと実装で苦労する）。

位相関係から入力段は反転増幅。FETバッファで受けて入力インピーダンスを上げてやる。A1は帰還抵抗を変えて増幅率を落としただけでJEと同じ（47k→22k）。同じでもいいはずなのに、今回、アタック時の歪がちょっと気になったのでゲインを下げてみた。

COMPはコンプレッサ。571を使う。VIB CHORUSと同様、571の片側が余るが、571内部は1.8Vのバイアスで動いているので、うかつに放置できない。入力ピンとよくわからない時定数のピンはCで切ってアースに落とし、出力はオープン。これで発振しないし異常電流も流れないから、まあよしとしよう。

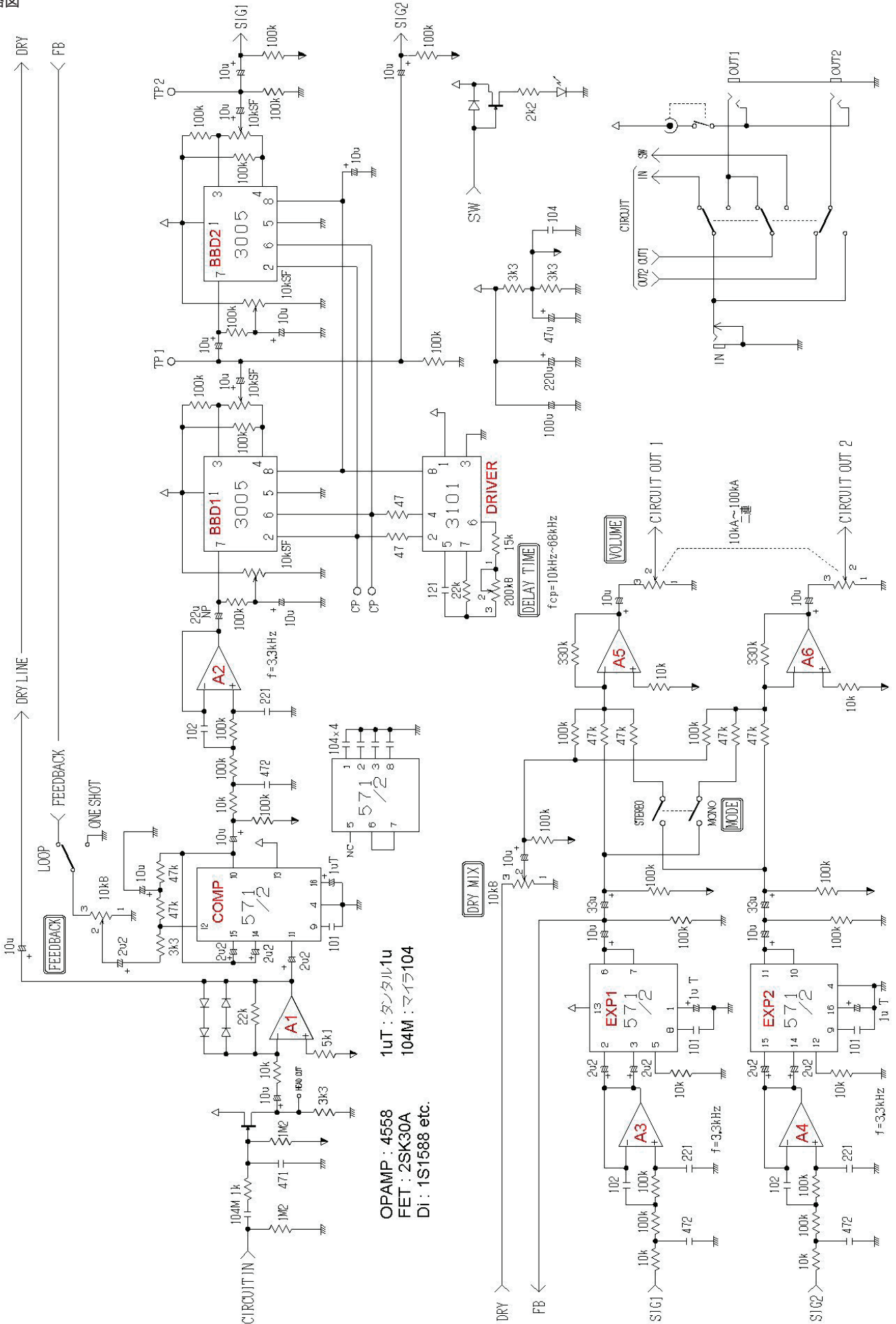
この571のコンプレッサ部分はJEの方法でフィードバックのミキサとしても使う。12番ピン、つまり内蔵オペアンプの反転入力の後段からのフィードバック信号を加算するのだが、今回、唯一理由不明の現象が起きた。JEでは20kの加算抵抗でちょうどよかったものが、今回は一桁程度小さい3.3k～3.6kで最適になった。石を差し換えても変わらない。多分、帰還回路（47kが2本と10u）あたりとの関係なのだろう。詳しい理由はわからないが、加算抵抗を3.3kにしたらうまく行ったので解析する気はなくなった。これで問題が起きるとすれば、この571ではなくフィードバック信号を出すデバイス、回路図ではEXP1の571に内蔵されているオペアンプだ。出力負荷が3k程度になり、741クラスのオペアンプには快適とはいえない重い負荷になる。ただ、扱う信号レベルが1V程度なので壊れることは絶対になく、信号もクリップしないはず。で、実際に問題は起きていない。これでいいだろう。

次のA2は3.3kHzのLPF。これもJEと同じ3段で-18dB/octのバターワース特性にした。

BBD1と2はまったく同じ回路。BBDの前後に信号バイアス調整用と出力バランス用の半固定が付く。後者はBBDの負荷も兼ねているため10kSFしか使えないが、前者の信号バイアス調整では電圧だけ出ればいいのだから、たとえば20kSFでもいけるだろうと試してみた。結果はダメ。うまくバイアス電圧が合わないのだ。これもミステリー。おとなしく10kを使うことにした。

クロック発生とクロックバイアス発生にはMN3101。これもJE

図 4 回路図



と同じ。ただ今回は1個の3101でMN3005を2個、4096×2段のBBDをドライブする。松下さんのデータではドライブ可能な最大の段数。クロックのラインに入っている47ΩはMN3005の入力容量を、結果として緩和するオマジナイ。入れなくてもいいが、入れても悪いことはない。イワシの頭より効くはずだ

3101で作るクロックの周波数は10kHz～68kHzあたり。上が100kHzに達していないのは、早い話、不要だから。理由は次に述べる。常にフルスペックが良いというものではない。

人間の耳の時間についての分解能は30mSecと言われている。ふたつの音がある時間差で鳴ったとき、30mSec以上離れていれば「別の音」と認識され、30mSec以内なら「ひとつの音」に感じられる（個人差もあるだろうが、これは学説）。本機はエコーマシンであり耳鼻科の検査機ではないから、明確に離れて聴こえるエコー音だけがほしい。それなら30mSec以下のディレイなど作っても仕方ない。クロック68kHzだと4096段のBBDで、約30mSecのディレイになる。これより短いのは要らない。

逆にクロックを下げて長いディレイが欲しい人もいるだろう。10kHz以下にするのは松下さんのデータ範囲を超え、結果がどうなるか保証しないけれど、たとえばDELAY TIMEのVRを200kから250kに換えれば、クロックは10kHz以下まで延びる、とだけ書いておこう。

BBD1から信号を取り出して短い方のディレイ信号とする。回路図ではSIG2。図1のエコチェンでいえば最初の再生ヘッド出力にあたる。それをさらにBBD2で遅延させて長い方のディレイ信号にする。SIG1だ。どちらもA3、A4のLPFを通してエキスパンダに行く。LPFはBBD前のもと同じ定数で3.3kHz。コンパンダを使うので3段の-18dB/octでいい。

長い方のディレイ信号を処理するEXP1の出力からフィードバックを戻す。EXP1の出力はJEのエキスパンダ出力とほぼ同じなのに、どうしてCOMPでの加算抵抗を小さくしなければならないのか、やっぱり不思議だ。ま、解けない謎はあった方が楽しい。JEと同様、フィードバックを瞬時に切るスイッチも設けた。これは一発エコー

とループの切り替えでもある。今の定数では、みなさん大好きな発振も、もちろん可能。発振させたくなければ、COMP近くにある問題の3.3kを4.7k以上にするだけでいい。

A5とA6は原音や他チャンネル信号をミクスする反転回路。原音は両チャンネルに同量ミクスされるので、本機をステレオ出力で使うとき、原音は常に中央に定位する。そして、そのレベルはDRY MIXで可変。原音を大きく遅延音を小さくとか、その逆もできる。

MODEスイッチは両チャンネルの信号をミクスしてモノラルにするもの。これをMONO側にする、ふたつのチャンネルの出力信号はまったく同じになる。図1でいえば③の状態だ。遅延時間がステレオ時の半分になってしまうし、こんなスイッチ要らないだろうと思うかもしれない。いえいえ、このスイッチはかなり画期的に効く。モノラルで音を出した後にいきなりステレオにすると、音像がパッと左右に散る。かなり劇的だ。この効果が気に入ったら、MODEスイッチもフットスイッチに置き換えてもいいだろう。ケースを大きなものに換えなければならないが。

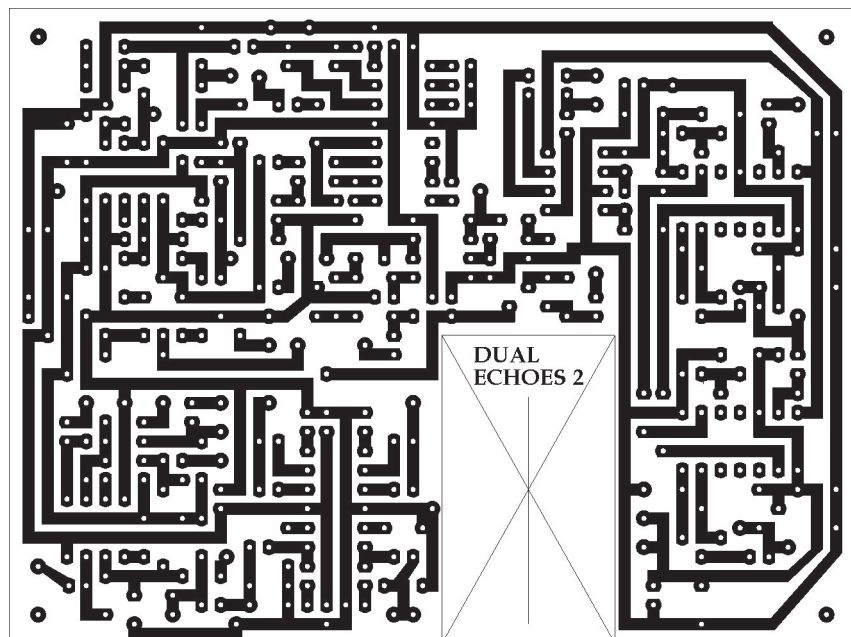
EXPとミキサの間では、信号はバイアス(1/2Vcc)に乗っている。VRを入れるなど、何か改造したいときには十分に注意を。もっとも、左右のミクスバランスを変えるなどの細かい操作をしたければ、本機を改造するのではなく、出力を卓に立ち上げる方が早いはずだ。

A5、A6の出力はVRを経てそのまま外に出る。本来はバッファを入れるべきなのだろうが、基板サイズの制約から断念した。VRには二連の100kAを使ったが、手持ちにこれしかなかったからだ（まだ「何も買わない運動」継続中）。できれば10kA二連くらいが適している。VIB CHORUSのように、両チャンネル別個のVRにしても構わない。その際も10kAを推奨する。

フットスイッチには9pを使うしかない。トゥルーバイパスとLEDをあきらめれば6pでもいけるが、そのときの結線は各自で考えて。エフェクトオン時のLED点灯はミレニアムバイパス仕様。2系統出力の片方を使ってFETをスイッチングしている。

といったあたりが回路の説明。基板サイズを小さくすべく、余計なものはあまり付けていないつもりだ。

図5 プリントパターン



## ■ 基板 ■

最初、使用ケースを考えずにパターンを組み始めた。CAD 上でほぼ出来上がった基板を見て、我ながら困った。デカイのだ。VIB CHORUS の KU-190 にも入りきらないサイズ。それならもっと大きなケースにすればいい？ どうか収まりそうなのはタカチのダイキャスト TD12-18-5 あたり。いかにもゴツい。たかがディレイ、心の中で「ヤダッ」の声が聞こえてきた。こういう釈然としない気分ときは作業を進めてはいけない。ロクなことは起きないから。

変更しようのない BBD 周辺を残して、その他の部分を全部やり直した。寝かして付けていた抵抗を立て、自分なりの「手描きパターンルール」ギリギリで組んでみた。すると、もしかして JE と同じ TS-1 に入りそうな気配。それなら入れよう、と欲が出て、決まったのは糸ノコ作業が必須の図 5。パターンが無くて X になっている箇所は切り欠きで、ここはフットスイッチの場所になる。

最初にお断りしておこう。以上の私の判断は、コピーする人にとって地獄になる可能性が大きい。この基板、最高にアクロバティックなワザを使わないと TS-1 には入らない。いや、基板だけなら入るが、入出力ジャックが取り付け不能になるかもしれない。で、ケースを含めた丸コピーは、初心者にはお薦めしない。もっと大きなケースでノビノビ組んだ方が精神的にも健全と思える。そして、大きなケースならフットスイッチも余裕で取り付けられるだろうから、基板の切り欠きは不要になる。この辺の判断は各自にお任せする。なお、

ジグソーパズルが趣味の人には丸コピーが向いているだろう。同じくらいの試行錯誤とイライラが味わえます。

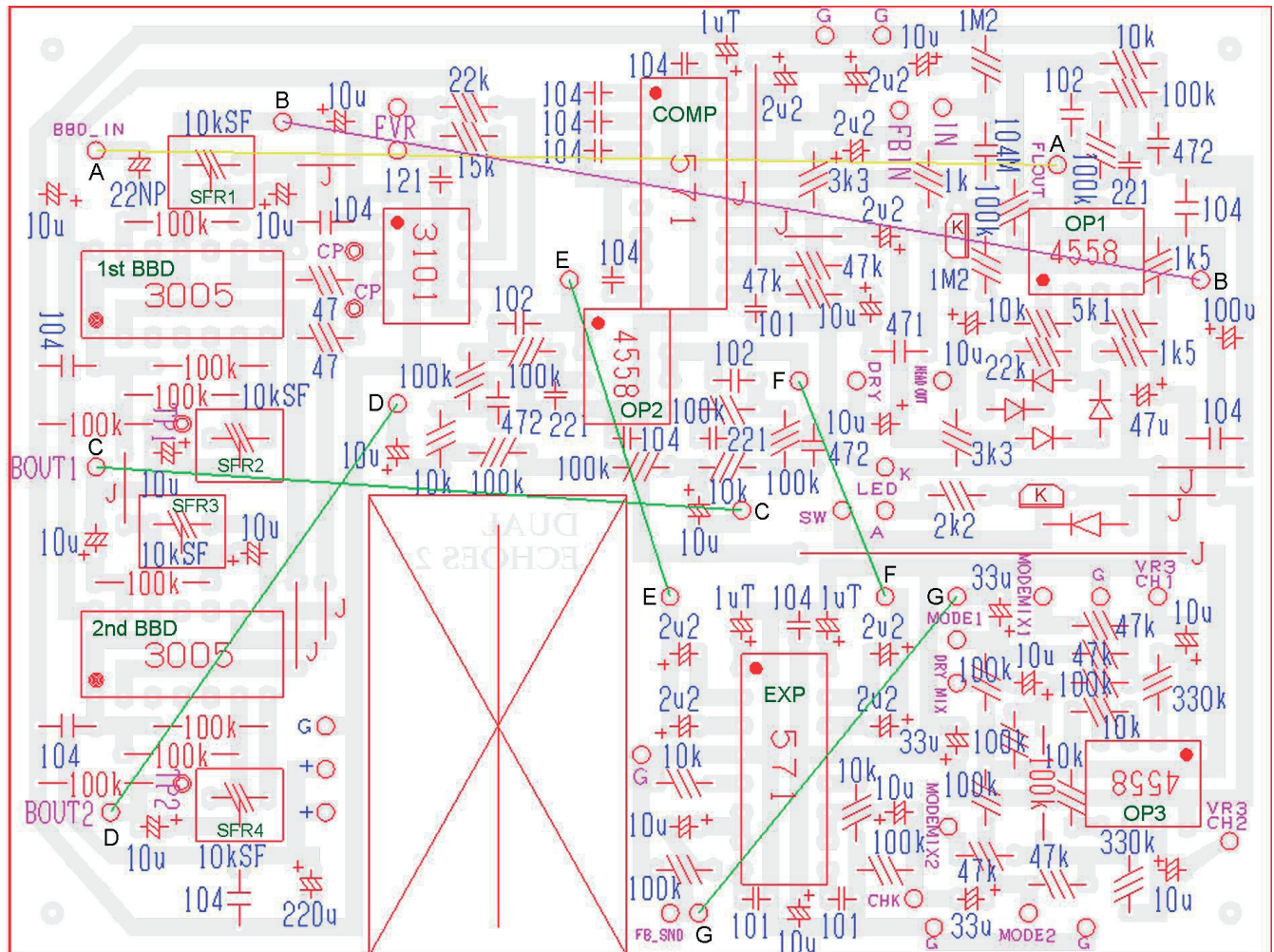
基板のサイズは 4.4 × 3.3 インチ (112 × 84 ミリ)。TS-1 だとメいっばいの大きさだ。ひとつ大きな TS-2 を使えばパーツ配置の自由度は高くなるし配線もラク。フットスイッチを 2 個にもできる。糸ノコはパーツのハンダ付け前に使うのが常道だから、ケースをどうするかは、最初に考えておこう。

パーツレイアウトは下の図 6。抵抗は原則として立てて取り付ける。BBD 周りの 100k と OP3 左側の 100k は寝かせる。なお、OP1 の近くに 1M2 が 2 本あるが、これらは 1M でも構わない。たまたま 1M の袋に 1M2 が紛れ込んでいたのでこうなったまで (ズボラでした)。

次ページに完成した基板の写真を載せた。いくらか参考になるかもしれない。パーツはすべて汎用品。例によって高精度品やら希少コンデンサは要らない。大体、上限周波数が 3.3kHz の回路に、どんなパーツを使っても音はそれ以上になりっこない。フィルタ関係でマイラを使っているところでも、最近のマイラ入手難で手に入らなければセラミック、積層セラミックでいい。

普通の配線材を使う長いジャンパが、なんと 7 本もある。パターンを引き回すと基板サイズが大きくなってしまふのだ。さらにもう 1 本、基板右側の中央よりちょっと下に、半端に長いジャンパもある。私はスズメッキ線でジャンパにしたが、これも配線材で構わない (このジャンパにはバイアス電圧が効いている)。

図 6 パーツレイアウト



ICにはすべてソケットを使用。KはFETで取り付け方向は自由。22NPは22u無極性電解。1uTは1uタンタル。104は積層セラミック0.1u、104Mはマイラ0.1u。Jはジャンパ。7本の長いジャンパがある。A～Gの穴同士を結ぶ。TP1,2と2箇所のCPには抵抗リードのあまりを立てておく。

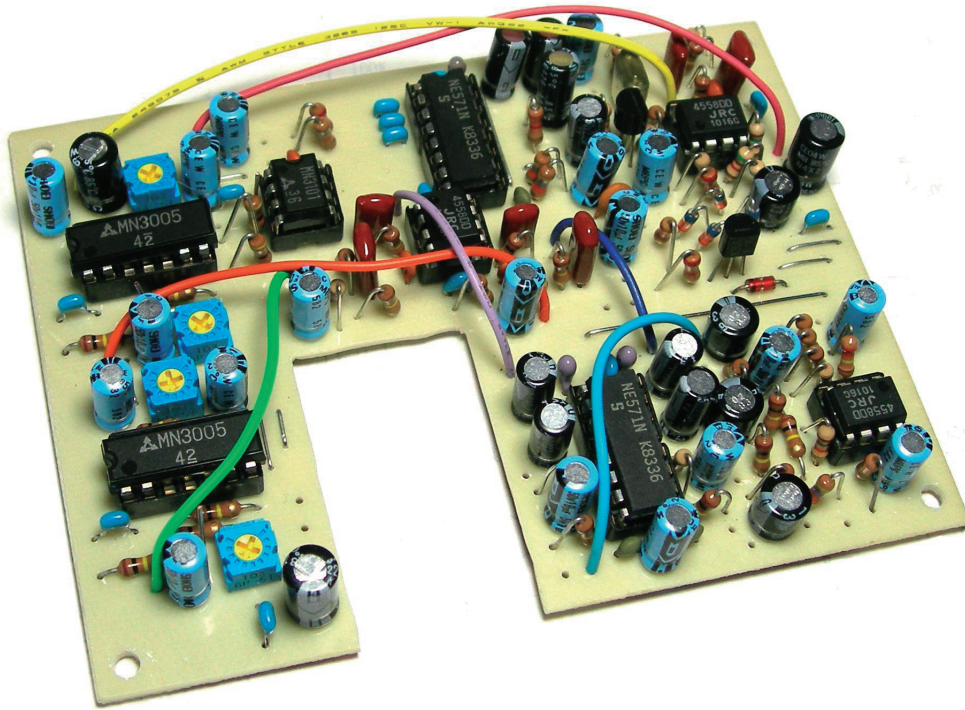
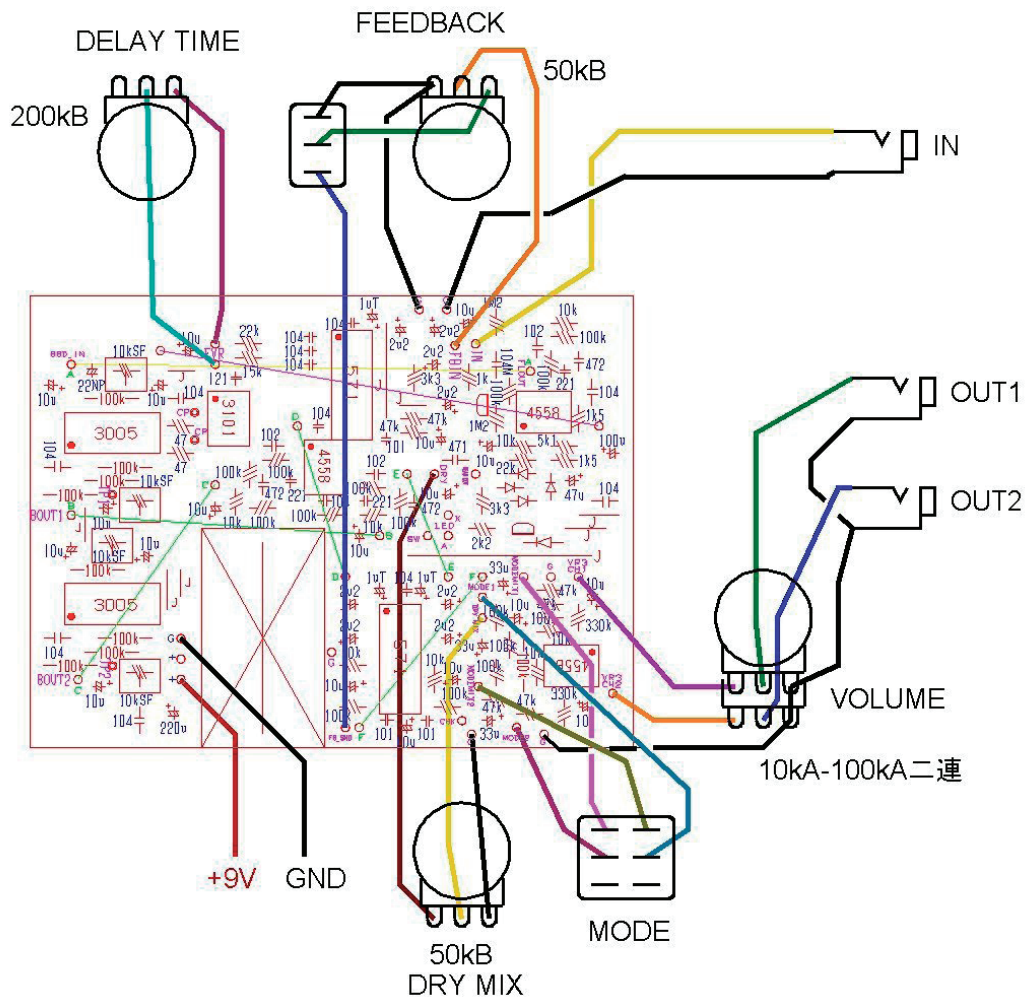


圖 7 結線圖 1





## ■ 基板動作チェック ■

図7は動作チェック用の結線。同時に、ケースに組み込んだときの基本的な結線でもある。

まず注意してほしいのは、この基板には逆電圧対策が皆無ということ。+9VとGNDを逆にすると、すべてのICが一瞬で死ぬ(はず)。赤と黒、くれぐれも間違わないように。

調整にオシロは必須に近い。BBDが1個なら耳だけでも済む。今回は2個直列なので、耳だけだとかなり面倒だ。でも、方法はあるので書いておこう。いずれにしても基板が全部正しく作れていれば4個の半固定を調整するだけで終わる。

周波数カウンタを持っている人は、2個あるCP(抵抗リードのあまりが2本立っているはず。そのどちらか)でクロック周波数を測れる。DELAY TIMEのVRを回すと約10kHz~68kHzで変化する。5%くらい狂っていても不思議はないから、あまりシビアに考えないように。それ以上の狂いなら3101周辺の定数が違っているはずだ。CPに出てくる波形は矩形波。エッジが多少なまっけても構わない。周波数カウンタもオシロも無ければ、この観測はしなくても大丈夫だろう。

入力から信号を追いたい人は、最初にDRY MIXの3番端子(図7では茶色の線)を当たってみよう。回路図でいうA1の出力が見られる。A2の出力はちょっと面倒で、長いジャンパ「A」がそれ。ジャンパを付けたままなら、線がつながっているどちらかのランドで観測すればいい。ただし、バイアスに乗っているので、オシロはAC結合で。音を聴くなら0.1uくらいのコンデンサで切っただけからにしないと危ない。

ここまで正常なら、次はBBD周辺の半固定の調整。パーツレイアウトでSFR1とした半固定が最初だ。

オシロがある人はSFR2の横にあるTP1を観測しながらSFR1を中心付近で回してみる。このとき入力には1kHzサイン波を入れておくとラク(レベルは-6dBu~0dBuくらい)。オシレータが無ければギターをつないで弾き続けるしかない。SFR1はBBD1の信号バイアスの調整。ベストポイントはかなり微妙。いったん波形が出たら、ほんの少しずつ回しながら、波形の上下が同じように歪むポイントにセットする。歪まなければ入力レベルを上げて、わざと過大入力の状態にしてやる。

オシロが無ければ、長いジャンパの「C」にBBD1の出力が出ているので、そこから音を聴けばいい。バイアス電圧は乗っていない

から直接アンプにつないでも構わない。そして、音が歪まずに聴こえるポイントを探す。半固定を少しずつ回すのがキモだ。最良のポイントが見つかったらSFR1は終わり。SFR2はオシロが無いとどうにもならないので、中央ぴったりにしておこう。

オシロ有り組はTP1を続けて観測しながらSFR2を回し、波形になるべく一重になるようにする。多分、波形の下側にゴーストのようなモヤがあるだろう。これはフィルタで消える。

これでBBD1の調整は終わり。BBD2もまったく同じ要領だ。オシロで観測するのはTP2。SFR3が信号のバイアス用、SFR4が波形重ね用(正しくはBBD出力のバランス)。BBD2の出力は長いジャンパの「D」に出ている。

ここまで出来たらほぼ完成したようなもの。気の早い人はOUTの音を聴いてもいい。

まだ信号を追うなら、ジャンパ「E」と「F」にA3とA4の出力が出ている。これらはバイアスに乗っているコンデンサで切っただけから音を聴くこと。そしてEXP1の出力がフィードバックのスイッチに出ている。図7で青い線がそれだ。EXP2の出力は基板穴の「CHK」に出ている。CHKには線はつながっていない。ここは単にチェック用に穴をあけておいた。

このあたりで信号の追跡は終わってもいいだろう。両方のOUTジャックから音が出ればOK。DRY MIXを回して原音の混ざり具合も確かめよう。MODEスイッチでステレオとモノラルが切り替わる。

JEでも書いたが、以上のテスト時には9Vの安定化電源か新品の電池を使うこと。MN3005は減電圧に弱いのだ。

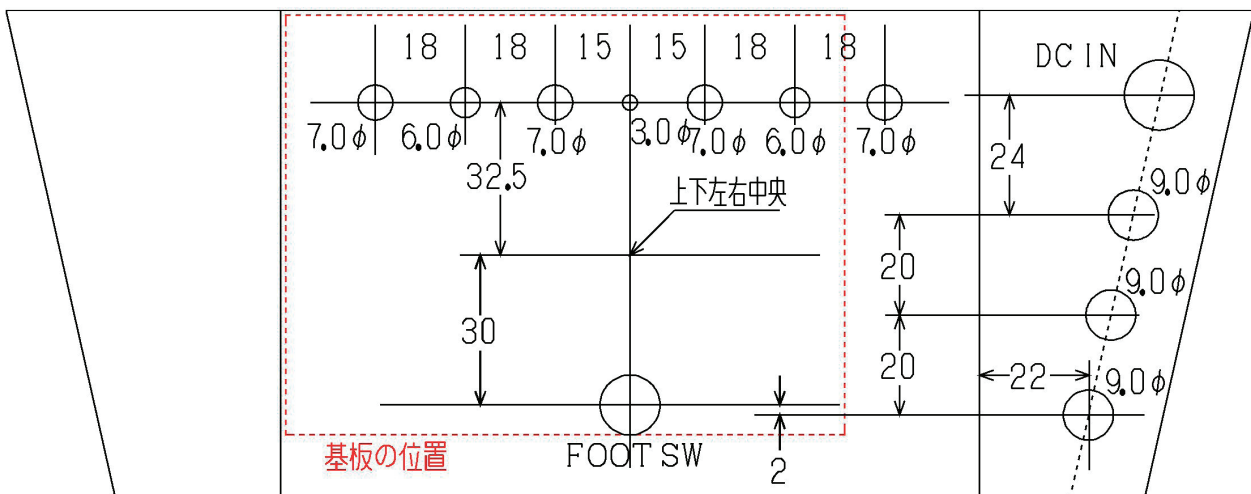
トールバイパスとLED点灯回路のチェックはしていない。簡単な回路だから、誰でも一発で動くと思う。

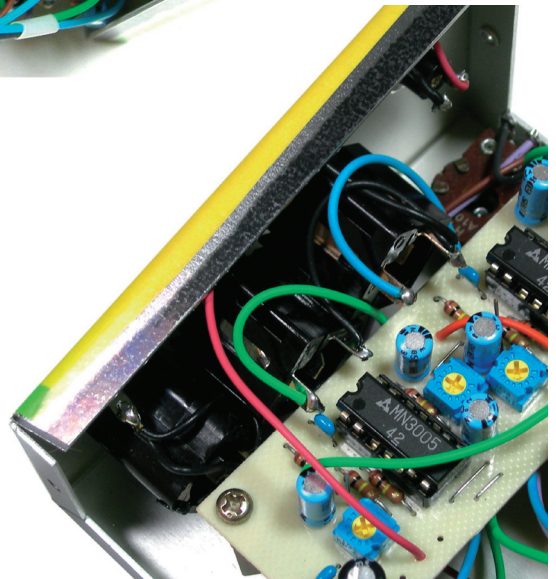
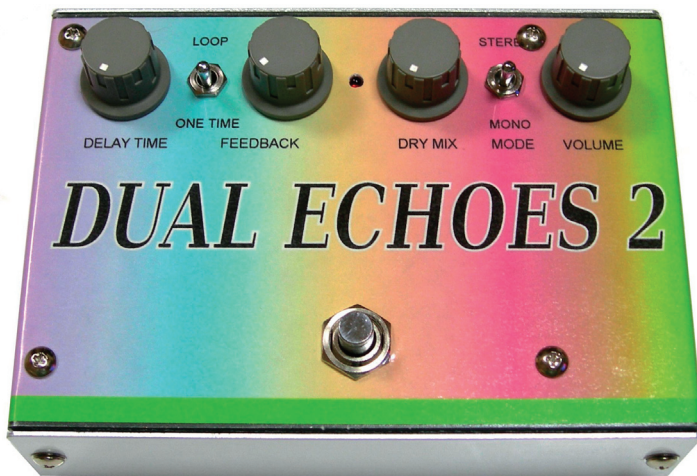
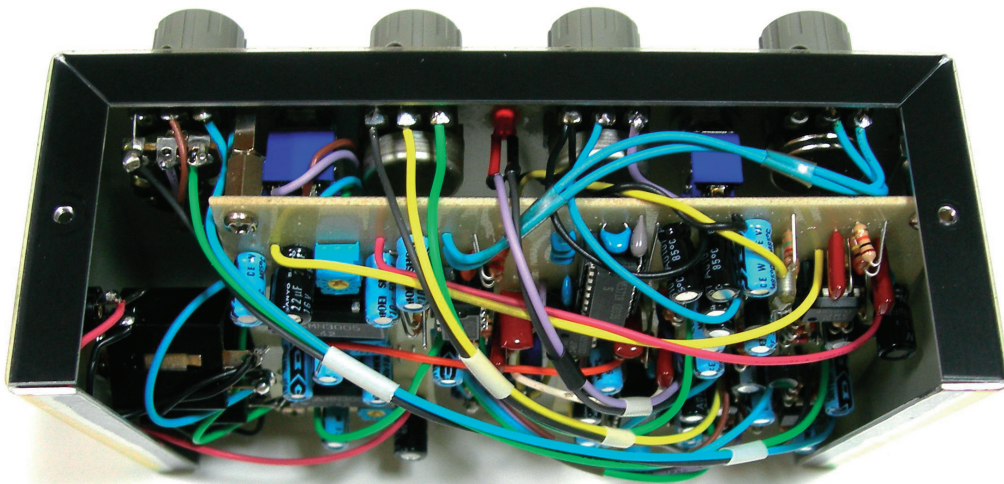
## ■ ケース加工 ■

この基板、TS-1に「入りそう」だったから、ちょっと意地になった面もある。リクツでは入るのなら、ここは断念してるものか。しかし現実には厳しかった。1ミリ以下のせめぎ合いで超絶面倒。考慮しなければならぬ要素が同時にいくつも出てくる。コピーしてくれる諸氏には、もっと大きなケースを使うことを強く勧める。そうすれば006P電池をケース内に収納できる(現状は外付け電源専用)。でも、広い日本には3人くらい、私と同じ挑戦をする人もあらうから、ケース加工の概略図を載せておこう。

どんなケース加工でもそうだが、出来上がりの状態をきっちり把

図8 ケース加工図





握していることが重要だ。今回、スペースを有効活用するため、基板をスペーサで吊り下げて二階建て構造にしている。基板の下に潜り込むパーツで一番背が高いのはスナップスイッチ。パネル裏から約20ミリ飛び出す。だからスペーサは、短くても22ミリ、できれば23ミリにしたい。もっと長くすれば安全だけれど、TS-1では23ミリがギリギリ。それ以上だと基板上のコンデンサがケースのフランジにつかえてしまう。一番上の写真では右奥の方にあるコンデンサがぶつかる（写真では見えない）。

22ミリや23ミリなんていう半端な長さのスペーサが手に入らなければ、複数のスペーサを継ぎ足すしかない。今回は15ミリのオス・メスと8ミリのオス・オスをつないで23ミリにした。簡単にやるなら20ミリのメス・メスに3ミリのプラスチックスペーサを足してもいい。

基板上パーツがなるべくフランジにつかえなくするために、基板位置を図8の上の方に（奥の方に）したくなる。でも、上ピッタリに付けてはダメ。写真でもわかるように、基板とバックパネルの間には配線が通る。せめて1ミリ以上あけなければならない。

そんなこんなで、図8では基板固定の穴位置を描いていない。現物合わせで決めることになる。もしもVRとスイッチの位置も決め直すなら、基板を固定するスペーサと絶対にぶつからない位置にしないとケース1個が無駄になってしまう。かなり頭が痛い問題。

また、図8では基板が左端に寄っている。ここまで寄せると金属スペーサを立てにくい。と、これを1ミリでも右に動かすとアウト。上の右の写真を見てほしい。ジャック本体がやっと収まっている。これ以上基板が寄るとジャックも付かなくなってしまう。

しかもこのジャック、本体の奥行きが最も短いシンワエレクトリックのMJ103（ステレオ）とMJ104（モノラル）。これ以上の長さの製品は、そもそも取り付け不可能。

更にも、ジャックの端子が基板に当たるため、妙な角度で取り付けるしかない。写真でわかるだろうか。ほぼ45度に傾けて固定している。

更に更にしかも、手前のINジャックは基板関係の配線前に取り付けないと入らなくなる。そして2個のOUTジャックは、最初に取り付けてしまうと基板が入らなくなるので、配線の最後に、基板をスペーサに固定してからしか取り付けられない。まるで箱根は寄木細工の秘密箱。正しい順番じゃなければ先に進めないのだ。そんなことを考えながら正しい配線をするのは、初心者にはちょっと無理。慣れた人でも、ミスをしないうえ不安な作業になるはずだ。

さて、それでもTS-1で作りますか？98%の人は大きなケースに換えるだろう。ま、TS-2なら安全です。そして2%の冒険者たちが「よし、わかった。TS-1でやってやろう」と心に決めることだろう。いずれにしても自作は自分へのチャレンジ。低い山に悠々と登るか、滑落覚悟でヒマラヤに挑むか、それは個々の自由。どっちが偉いわけでもない。

ケースに取り付けるパーツは、INジャックがモノラルSW付き、OUTの2個はステレオ。いつもと同じだ。フットスイッチにはJEと合わせる意味でもフジソクの9pを選んだが、基板の切り欠きサイズはクリフでも入るようにしてある。クリフなら位置をもう少しケース中央に寄せた方が安全かもしれない（底板との接触回避）。DCジャックは、外部電源専用ならスイッチ付きでなくてもいい。

## ■ 配線など ■

基板チェック時に外付けパーツをほぼ全部使ったので、基板のどの穴からどのパーツのどの接点につながるのか、大体把握していると思う。怪しければ図7を見直せばいいのだから問題はないが。

ケース内に実装する際の図7からの変更点は、VOLUMEの2番端子がフットスイッチに行くようにすること、基板穴INから入力ジャックへ行っていた線をフットスイッチにつなぎかえること、基板穴AとKから新たに線を出してLEDにつなぐこと、基板の電源入力「+」の隣のGから出ている線を引っこ抜く。基板穴SWから線を出してフットスイッチにつなぐ。その程度だ。つまり、信号経路にフットスイッチが加わり、ミレニアムバイパス回路とLEDを加えるだけ。変更部分とフットスイッチ周りの結線を下の図9にまと

めた。図9にない配線は図7のままということでもある。

配線の数はかなり多い。同じ配線先に行く線は、基板から線を生やした段階でまとめておくことを薦める。下の写真のように熱収縮チューブで束ねれば無用な神経を遣わずに済む。もちろん同じ束になる配線には異なった色を使わなければ意味が無い。また、細かいことだが、束ねたとき、すぐにチューブを収縮させない方がいい。ただ被せただけにする。というのは、その束がどの方向に行くのかが決まってから、方向を整形して収縮させれば、束は配線先の方向に向いて配線しやすくなる。昔はこれをバンド用のビニール線でやっていた。私は今でもときどき、必要に応じてやっている。結び方を一度憶えれば、ケース内がスッキリ仕上がる。ボーイスカウトの海老結びは忘れたが、バンドは手が勝手に憶えている。いずれ機会があればみなさんにも伝授したい。紙面じゃ無理なので一堂に会したときなどに。(セミナーの催促じゃないからね!)

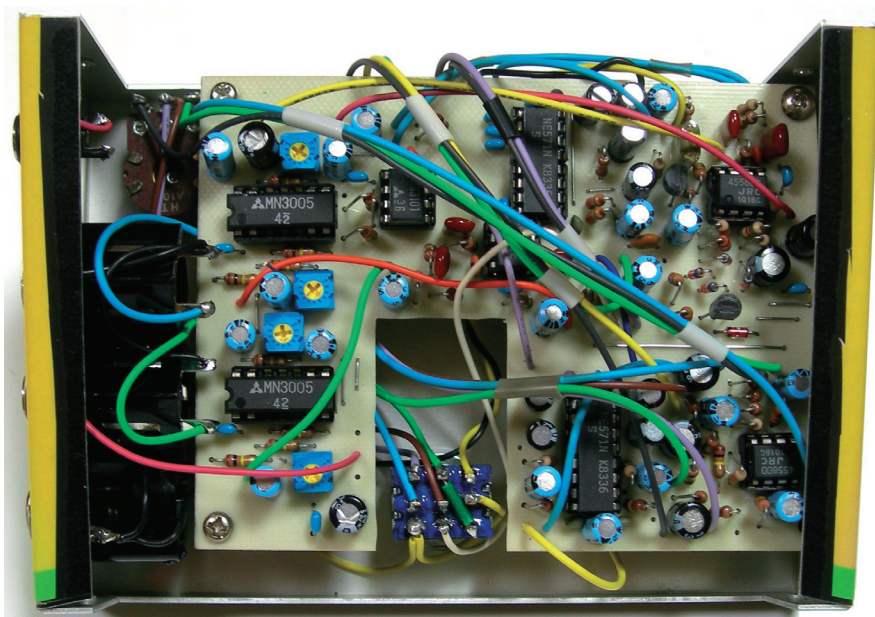
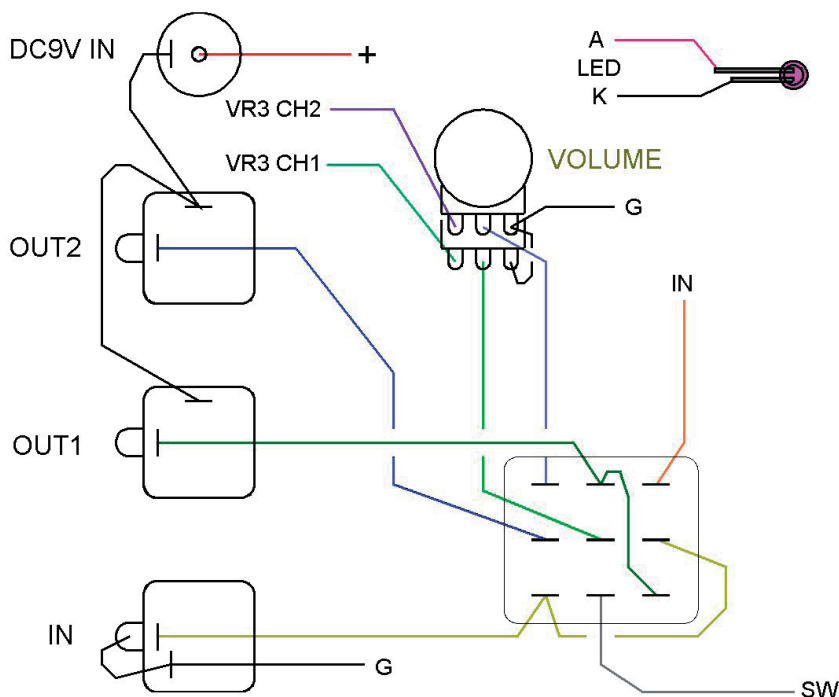
引き回してもうひとつ心がけるのは、可能なら配線を付けたまま基板をひっくり返せるようにすること。メンテのためだ。逆にならないまでも、せめて直角に立つようにはしたい。

写真でわかるだろうか。今回の引き回しだと、基板奥を蝶番にして、手前を上に取り上げられる。そーっとやれば、基板をひっくり返すのも可能だろう。まあ、そのためにはOUTジャック2個をケースから取り外す必要はあるが(ハンダ付けしたまま取り外せるように、OUTジャックへの配線を長くしてある)。メンテだけでなく、使っていて定数を変えなくなったときにも、こうしておけば将来の自分に感謝される。

さて、この機械の出音はどうかと言うと、ノイズの面では初代DUAL ECHOESよりずっと上。さすがにBBD2個なのでノイズは目立たず、まず気になることはない。反面、あちらは±15Vの30V電源、これは9Vだから、聴き比べれば、やはり音のノビノビ感では劣る。3005は15Vで使った方が本領を発揮するのではないかと、とも思う。私が使ったコンデンサの耐圧は低くても16Vだから、このまま15Vでも動くはず。もちろん半固定の調整はやり直しだし、その他の定数も、いづらか変えねばならないかもしれないが、試す価値はある。

とはいえ、9V動作の楽器用ディレイとしては、一応の水準ではある。市販機のようなローぱっかりのトロい音ではない。楽器アンプで鳴らせばよくわかるはず。使い方をシビアに考えなければ、作ってもらっても損はないだろう。実用性を考えてしあうと二の足を踏むかもしれない。だって、ステージの両袖にアンプを置いてステレオで鳴らせるシーンなんて、それほど多いとは思えないから。発想を変えて、400mSecまで遅らせられるアナログディレイと割り切ってもらえば、あるいは作る価値はあるかもしれない。いづれにせよ作って鳴らせば、左右飛び道具になって、かなり面白いことは保証する。

図9 結線図2



## DUAL ECHOES 2 パーツリスト

FET 2SK30A × 2	無極性電解 (耐圧 16V) 22u × 1
Diode 小信号用シリコン × 5	タンタル (耐圧 10V 以上) 1u × 3
LED 3φ × 1	IC ソケット
IC 4558 × 3, NE571(SA571) × 2, MN3005 × 2, MN3101 × 1	8pin 用 × 4, 14pin 用 × 2, 16pin 用 × 2
抵抗 (1/4W カーボン)	VR (16φ)
47Ω × 2, 1k × 1, 1.5k × 2, 2.2k × 1, 3.3k × 2, 5k1 × 1, 10k × 7, 15k × 1, 22k × 2, 47k × 6, 100k × 23, 330k × 2, 1.2M × 2	50kB × 2, 10k ~ 100kA 二連 × 1, 200kB × 1
半固定抵抗 10k × 4	ツマミ (20φ程度) × 4
コンデンサ	トグルスイッチ 3p × 1, 6p × 1
積層セラミック 0.1 × 13	ジャック モノラル SW 付 × 1, ステレオ × 2
セラミック	フットスイッチ フジソク 8Y3011 × 1
100p × 3, 120p × 1, 220p × 3, 470p × 1	DC ジャック × 1
マイラまたはセラミック	ケース タカチ TS-1 × 1
0.1 × 1, 0.001 × 3, 0.0047 × 3	金属スペーサ 23 ミリ (記事参照) × 4
電解 (耐圧 16V 以上)	ビスナット類など
2.2u × 8, 10u × 19, 33u × 3, 47u × 1, 100u × 1, 220u × 1	

パーツ代概算  
3005, 3101, 571 を除いて  
5000 円

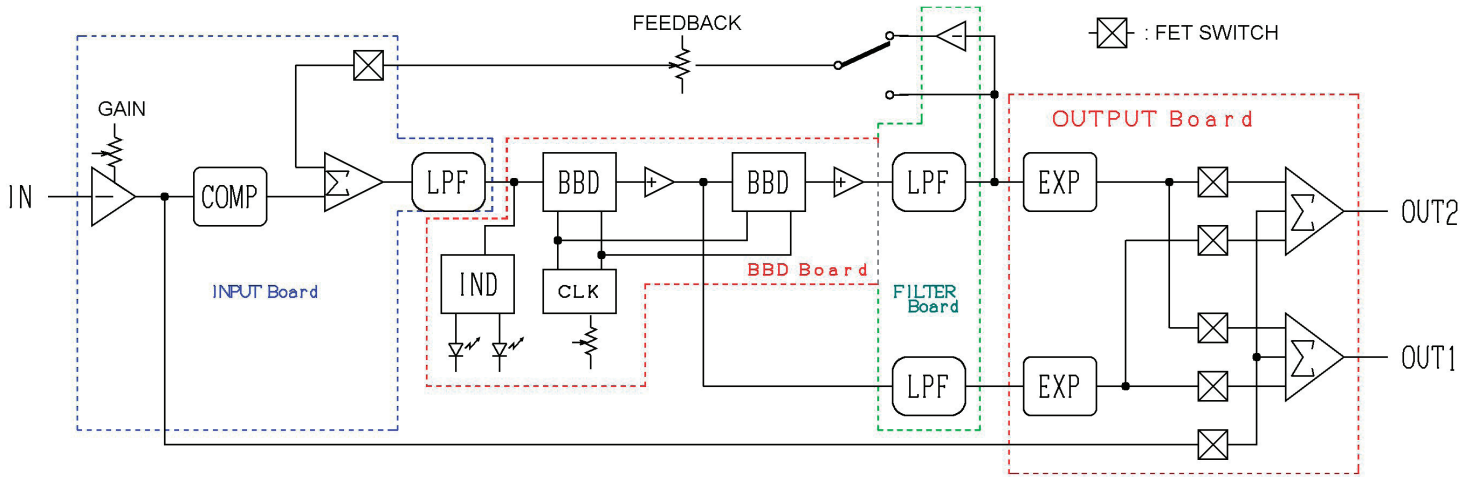
番外地 2 丁目 3 番の乙

# DUAL ECHOES (初代)

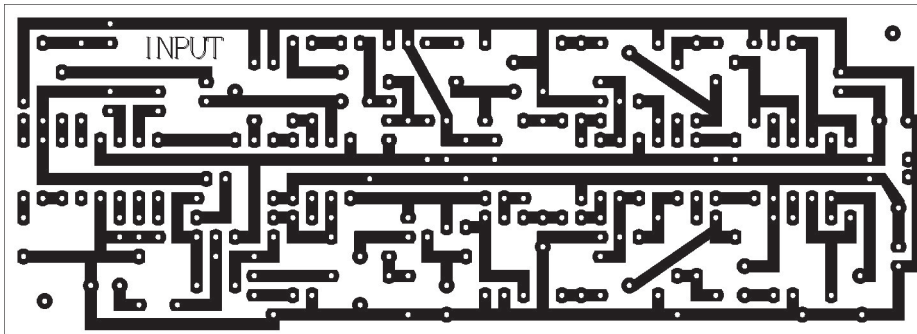
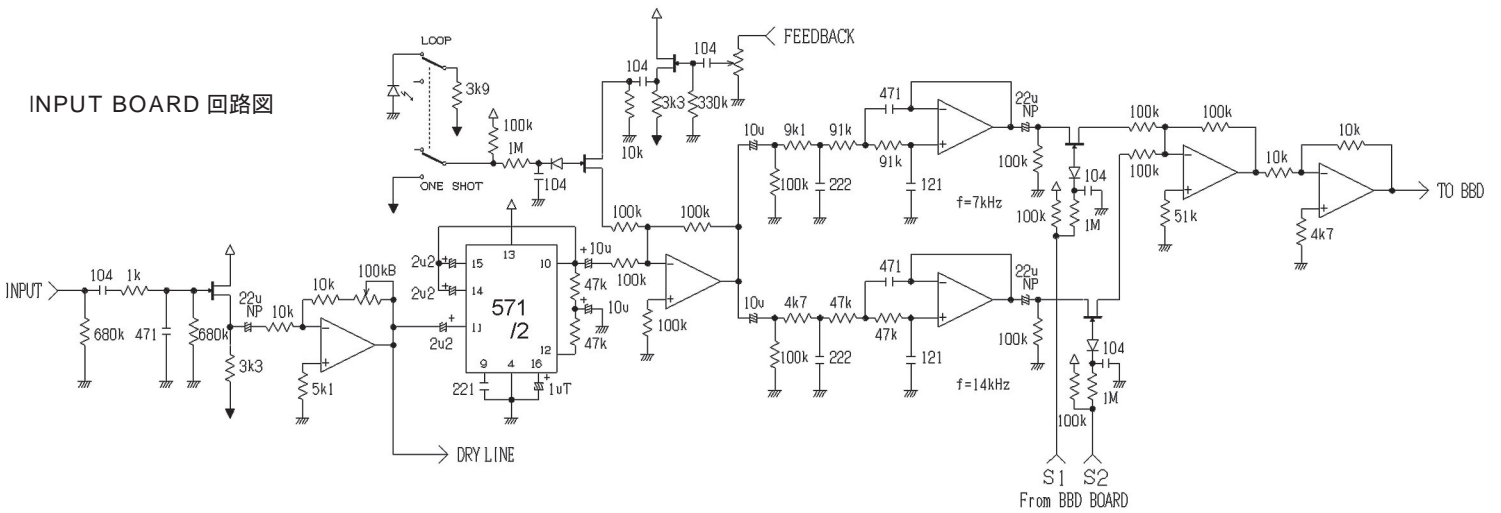


誰にも遠慮せず、自制心も無く、  
やりたい放題に設計。  
製作の目的はパーツの消費？ と言われても否定できない重厚長大回路。  
結果的に、最初の思惑とは違った性能。だからオマケ扱い。  
フルコピーはお薦めしないが、ブロックごとのパクリなら...  
なので、データだけ発表します。

図 A ブロック構成



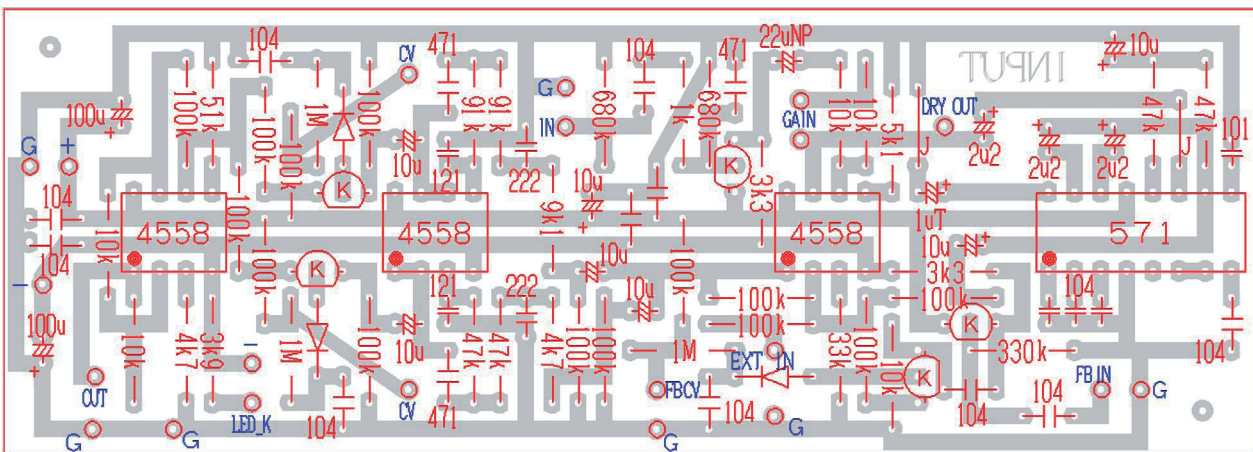
INPUT BOARD 回路図



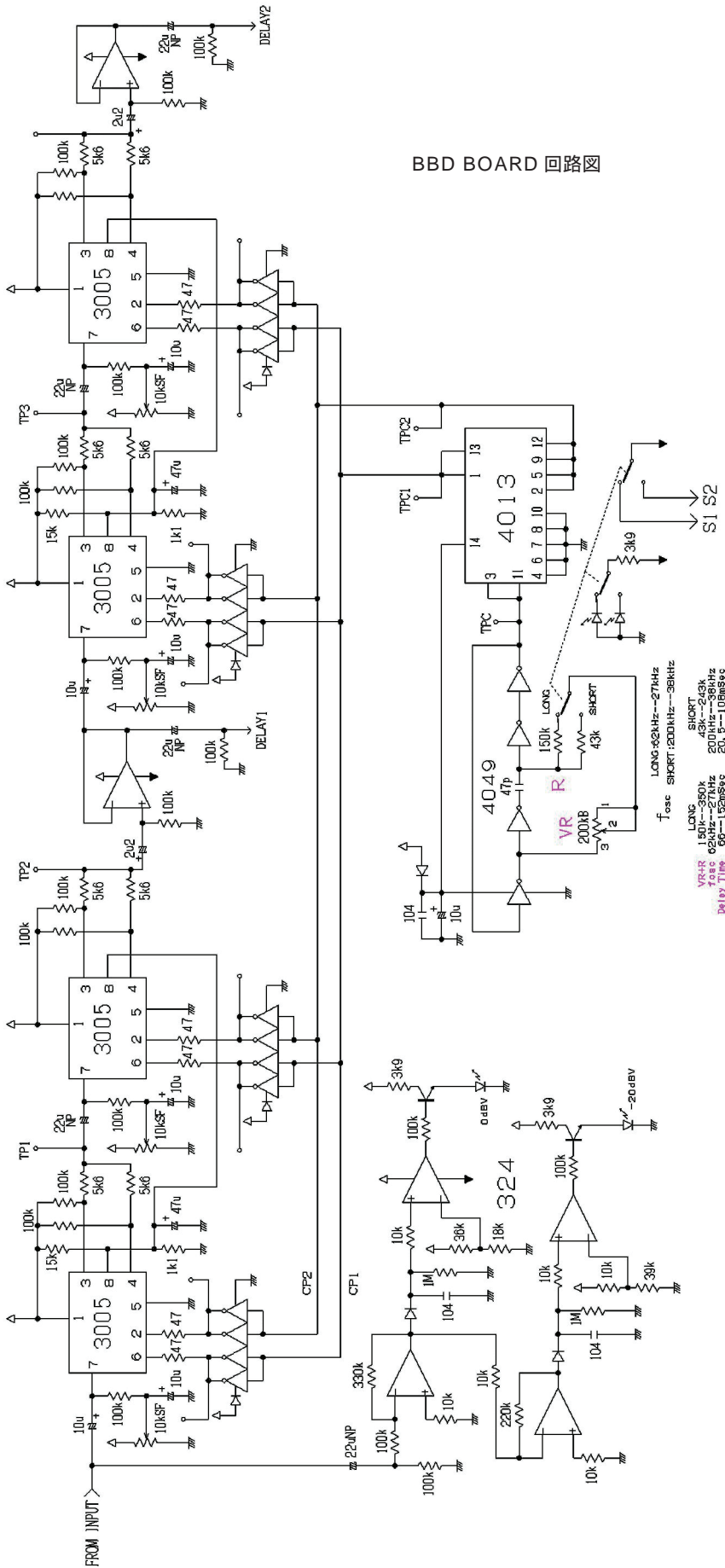
4.8 × 1.7 インチ (122 × 43 ミリ)

### ★ INPUT BOARD

ヘッドアンプ、コンプレッサ、BBD の前の LPF。ブロック構成からもわかるように、フィードバックループはコンパンドの内側に置いている。LPF は 7kHz と 14Hz の 2 系統。どちらを使うか (どっちを殺すか) はクロック周波数のレンジ切り替えスイッチからの CV による。571 の片側は不使用。



BBD BOARD 回路図



## ★ BBD BOARD

3005の4連発！ただしクロックを10kHzまで下げないため、最長ディレイタイムはBBDあたり150mSec程度。

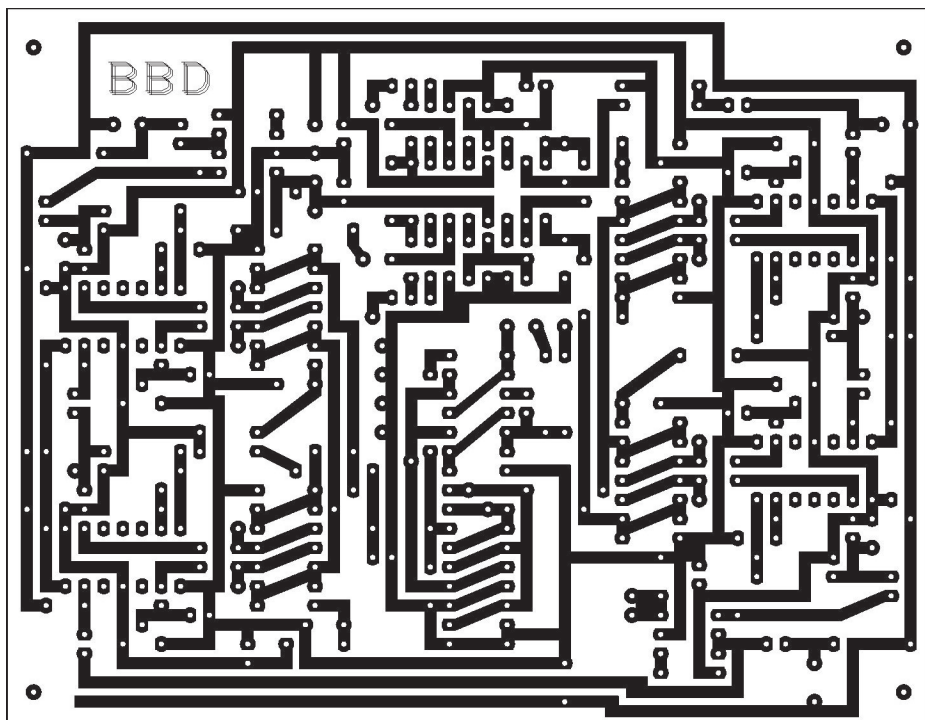
3101は使っていない。4096段×4をドライブできないからだ。クロック発生はNOT接続したCMOSゲート。それを4013で分周して二相化している。

ゲート回路での原発信周波数をLONG (27kHz～62kHz) とSHORT (38kHz～200kHz) の2段に分け、その切り替えに連動してLPF切り替えのCV(-15V)を出している。

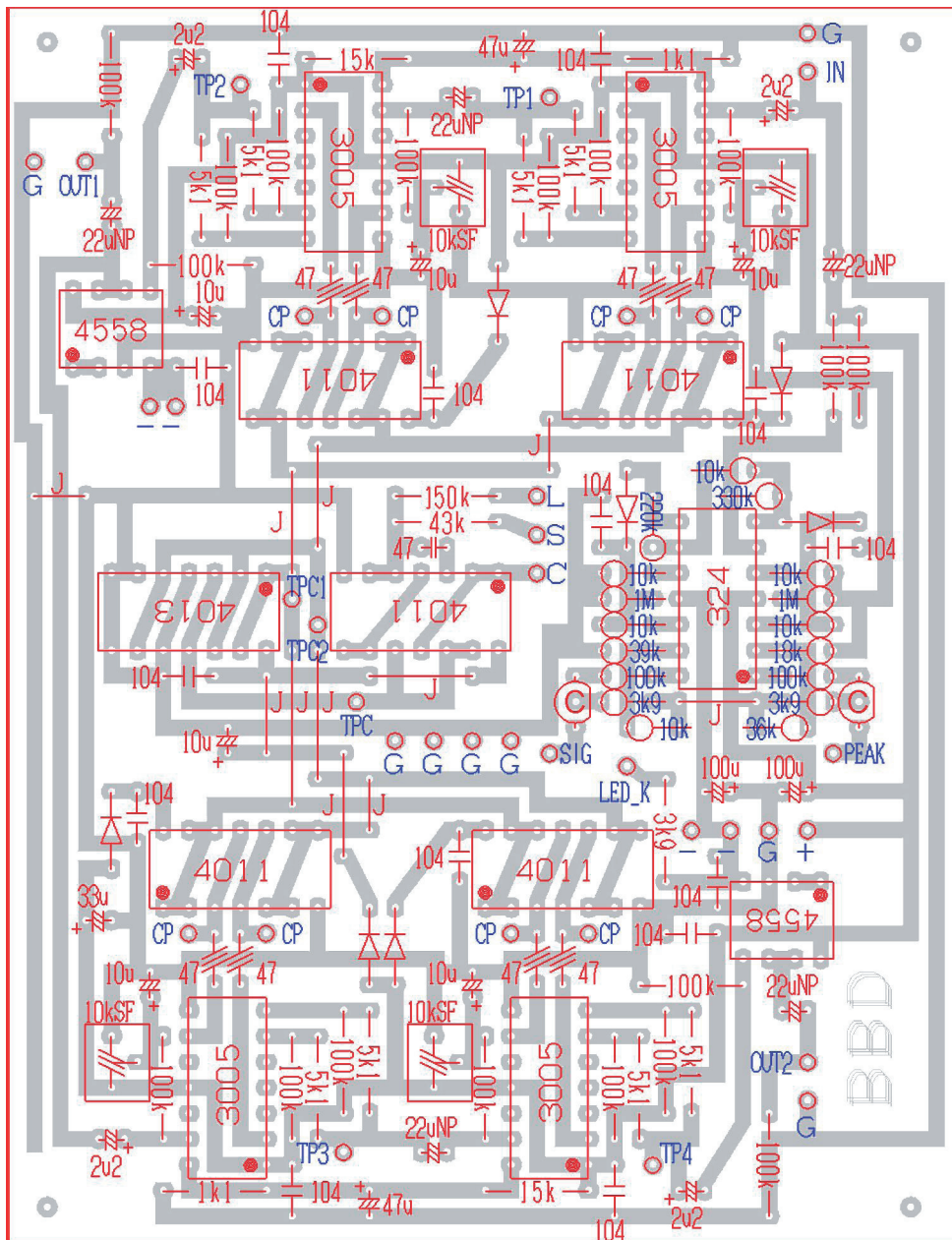
BBDに加えるクロックはフルにバッファしてみた。ご利益はまったく無いと思われる。

324のレベルインディケータは、かなり正確。±15V電源なら、この回路と定数で0dBと-20dBで光る。

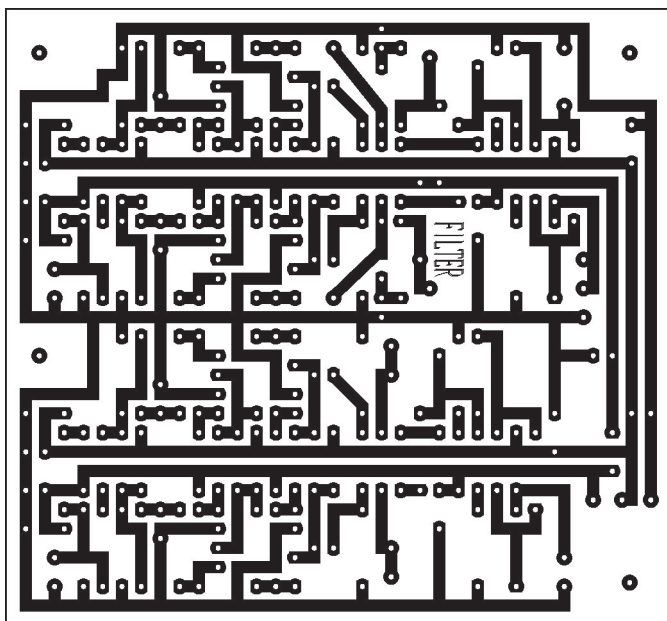
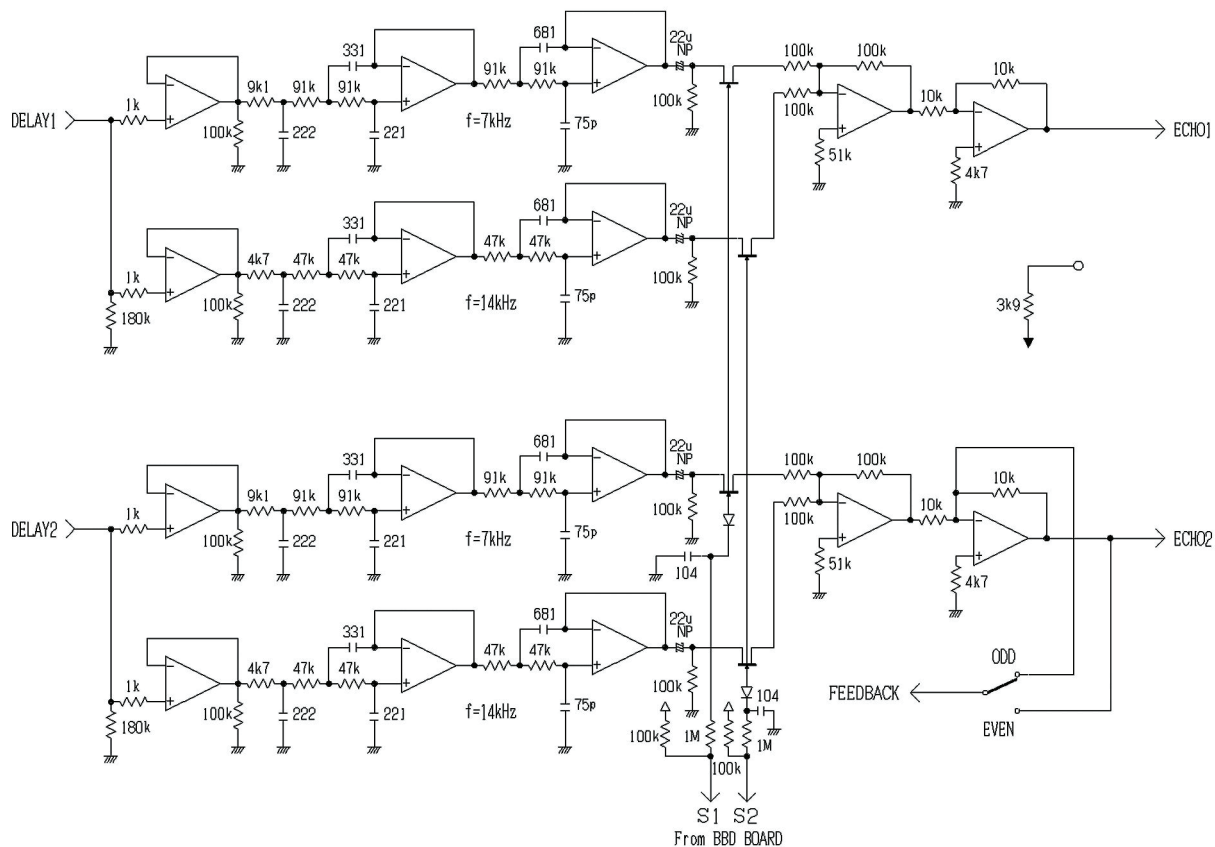
LONG 27kHz～62kHz  
SHORT 38kHz～200kHz  
VR-R 150k～350k  
VR-C 62kHz～78kHz  
VR-B 7.11k  
VR-A 150k～350k  
VR-D 150k～350k  
VR-E 150k～350k  
VR-F 150k～350k  
VR-G 150k～350k  
VR-H 150k～350k  
VR-I 150k～350k  
VR-J 150k～350k  
VR-K 150k～350k  
VR-L 150k～350k  
VR-M 150k～350k  
VR-N 150k～350k  
VR-O 150k～350k  
VR-P 150k～350k  
VR-Q 150k～350k  
VR-R 150k～350k  
VR-S 150k～350k  
VR-T 150k～350k  
VR-U 150k～350k  
VR-V 150k～350k  
VR-W 150k～350k  
VR-X 150k～350k  
VR-Y 150k～350k  
VR-Z 150k～350k



4.8 × 3.7 インチ (122 × 94 ミリ)



FILTER BOARD 回路図



3.45 × 3.2 インチ (88 × 81 ミリ)

★ FILTER BOARD

7kHz と 14kHz の LPF が 2 組ずつ。特性はすべて -30dB/oct の 5 段フィルタ。

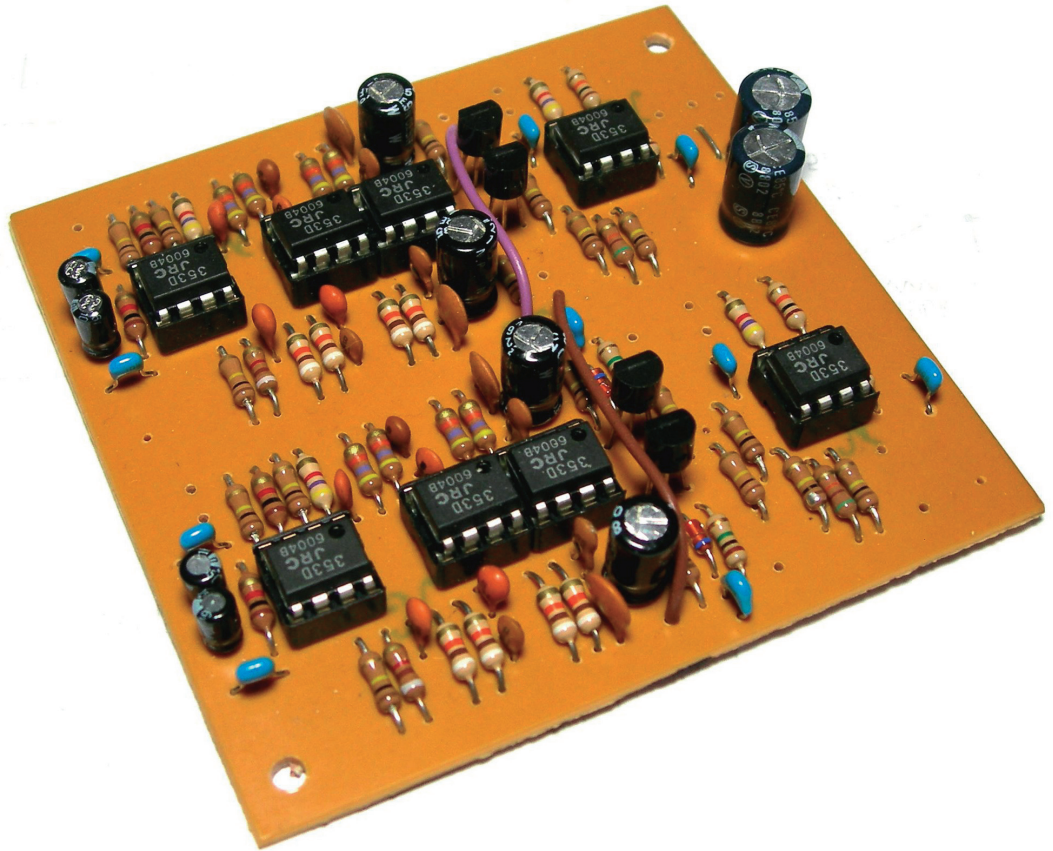
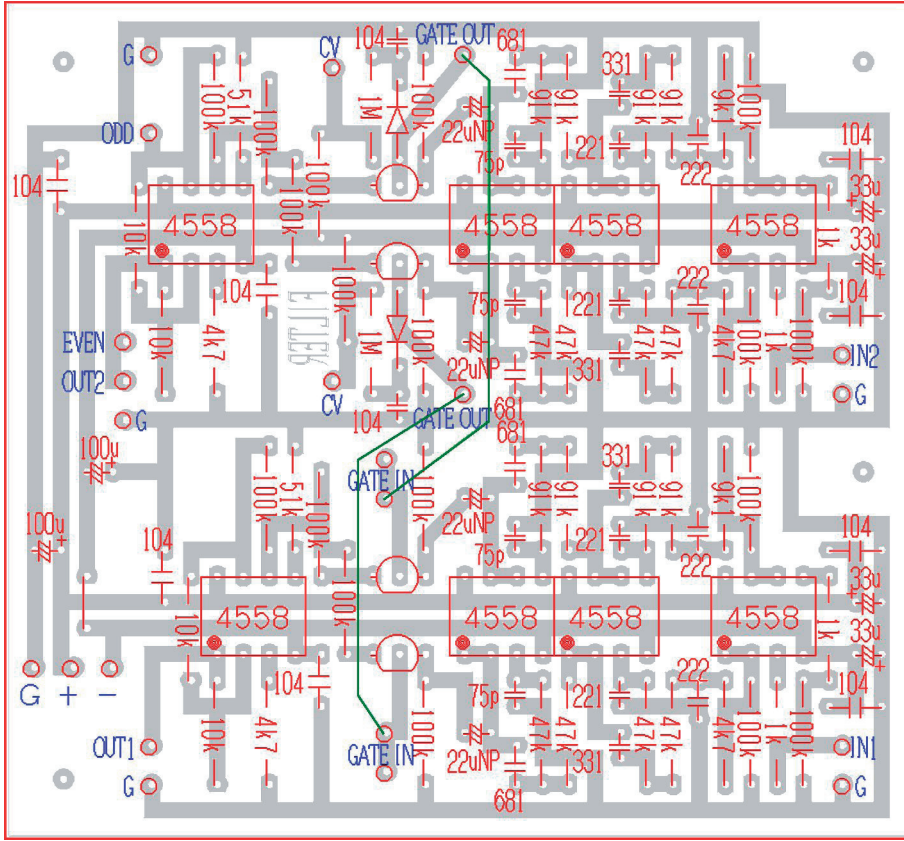
定数が違うだけ (それも抵抗値が違うだけ) の同じ回路が 4 つともなると、さすがに飽きる。面積はしっかり食うので独立した 1 枚の基板にした。

INPUT BOARD の LPF と同じで、2 個のフィルタの切り替えは BBD BOARD から来る CV による。

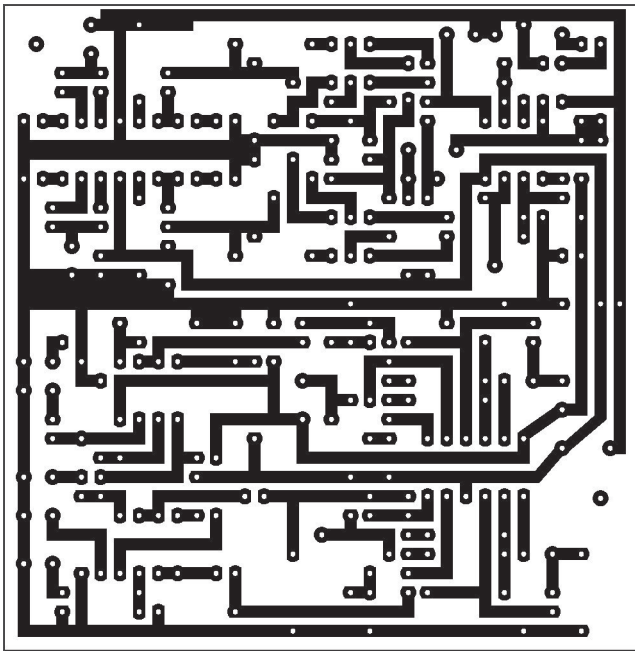
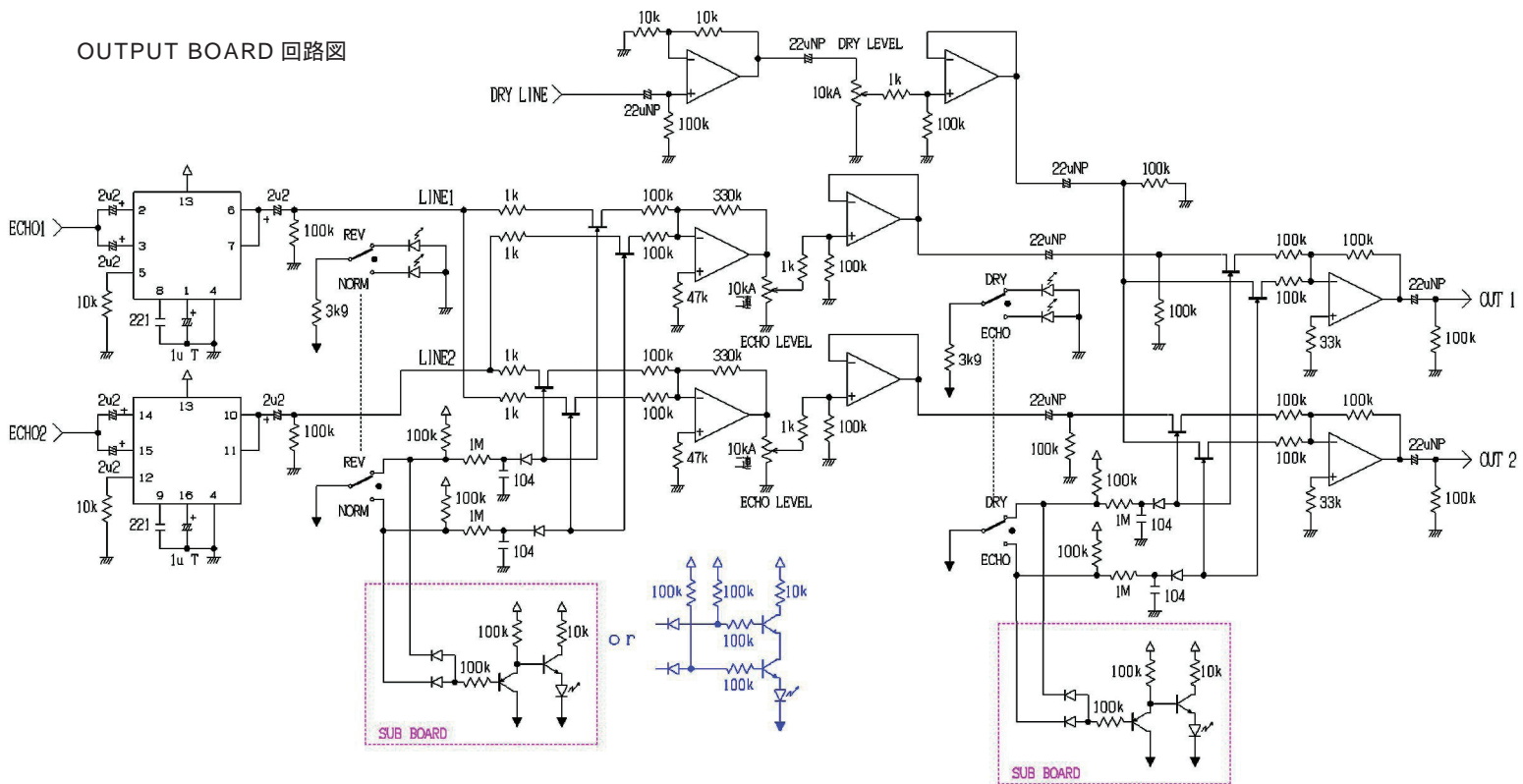
基板には長いジャンパが 2 本ある。これには、CV から加工した FET スイッチ切り替え用の電圧がかかる。ジャンパを使わず、各フィルタを個別にオン/オフすれば別の使い途もあるかなあ。あんまり無いだろうな、きっと。

スペースが余ったので写真を載せておこう。他の基板写真などは最後にまとめる。

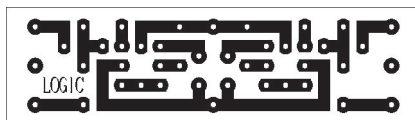




# OUTPUT BOARD 回路図



3.3 × 3.35 インチ (84 × 85 ミリ)



2.15 × 0.6 インチ (55 × 16 ミリ)  
\*長手方向は適度の延長

## ★ OUTPUT BOARD

2 系統のディレイ信号をエクスパンドし、2 系統の出力にアサインするのが回路の前半。アサインには、直行 (Norm)、入れ替え (Rev)、両チャンネルミクス (MIX) の3通りの状態があり、状態はパネルのLEDで確認可能…のだが、基板を作り終えてから、MIX 状態表示のLEDにドライバが無いことが発覚。急遽トランジスタでロジック回路を組み、サブ基板を作った。回路図ではピンクで囲った部分がそれ。ブルーで描いた回路を使ってもいい。+15V と -15V の間で動く高耐圧ロジックだ。

同様のことは回路後半でも起きて、原音のみ (DRY)、ディレイ音のみ (ECHO)、両者のミクス (MIX) の選択でも、MIX のLED が点けられない。ここも同じロジック回路で対応した。だからサブ基板にはまったく同じ回路が2組載っている。

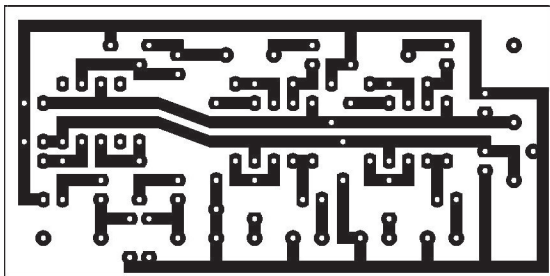
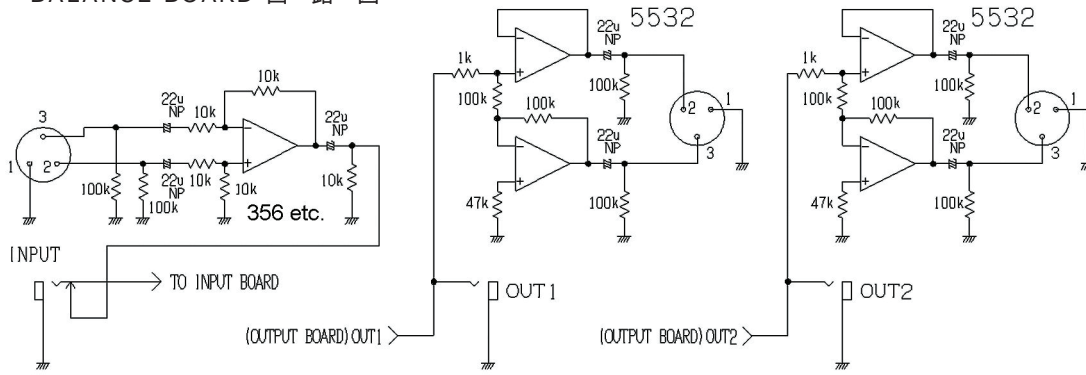
緊張感無く、漫然と作り始めるからこういうことになる。叩き大工だね。



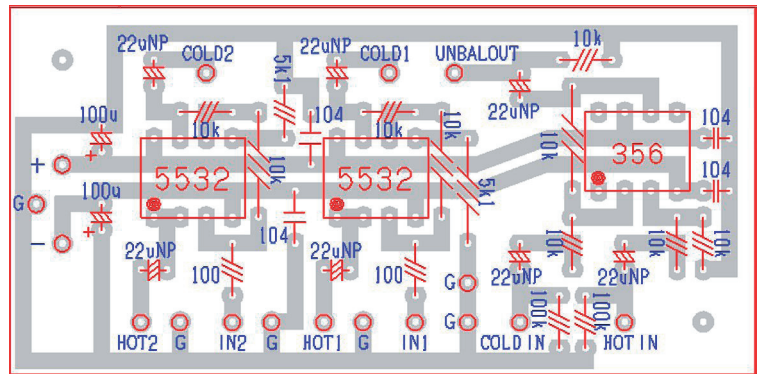
左右を延ばしてビスを付けやすくしている



## BALANCE BOARD 回路図



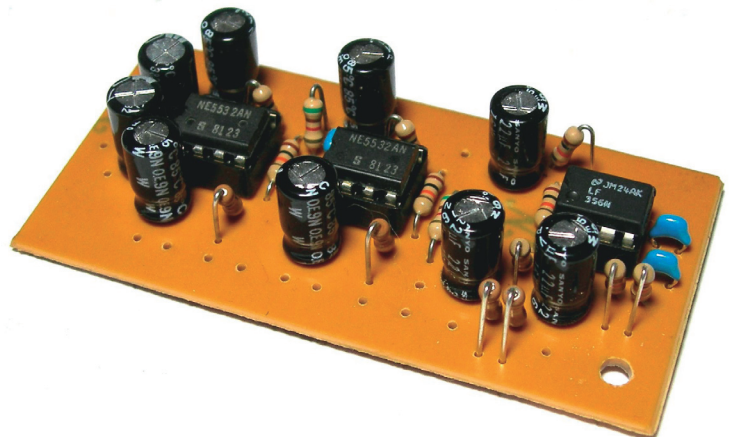
2.85 × 1.4 インチ (73 × 36 ミリ)

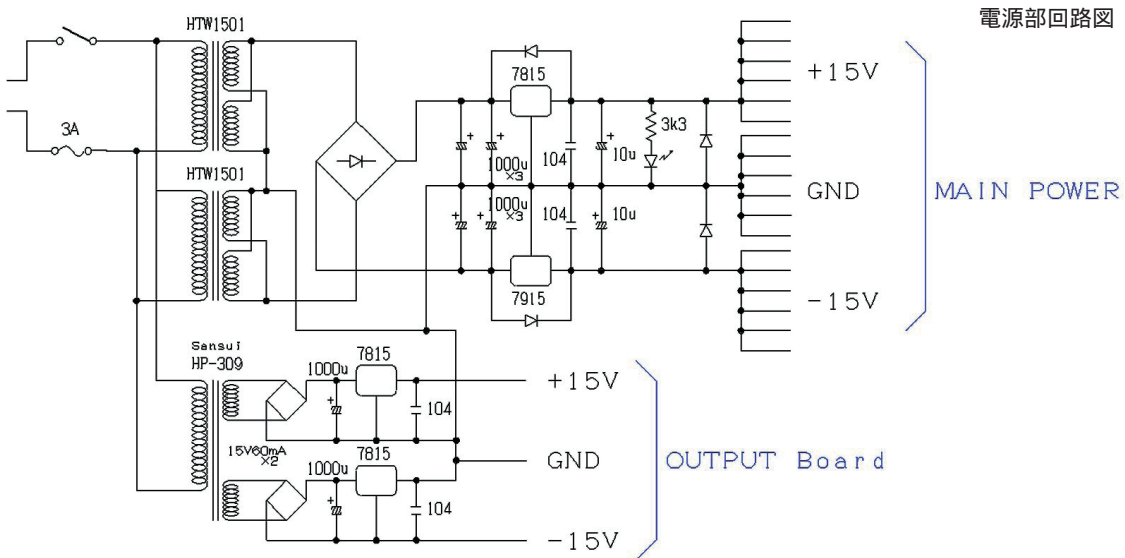


## ★ BALANCE BOARD

これ以降は図Aのブロック構成には描いていないブロック。入力用のバランス→アンバラ変換が1回路、出力用のアンバラ→バランス変換が2回路載る。前者は簡易型でゲイン固定、後者は要するにDI。もしかすると、これが一番パクリやすい基板かもしれない。どんなアンバランス入出力の機材でもキャノンのバランス仕様に改造できる（質問はダメです。仕組みがわかる人のみ作ること）。

入力用回路に使うICは、そこそこマトモなシングルオペアンプが望ましい。できれば5534にしたいところだが、ゲインを3倍以上に設定しないと発振する。仕方ないので356でヨシとした。この機材で問われるのはノイズ特性だけだからだ。周波数特性は、LPFがゴチャっと付くので、気にしても始まらない。



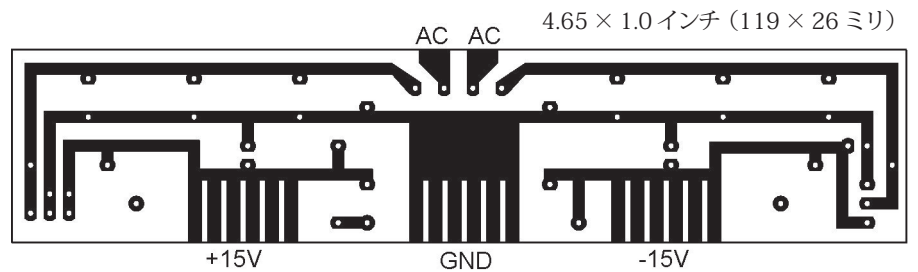


## ★ 電源基板

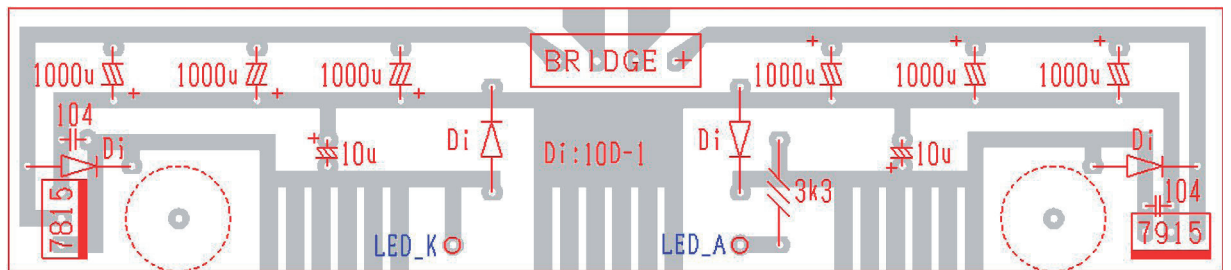
このページのデータは、上の電源回路図の上半分だけ。下側には昔作ったアリものを使ったので、出せるデータがない。ごめん。

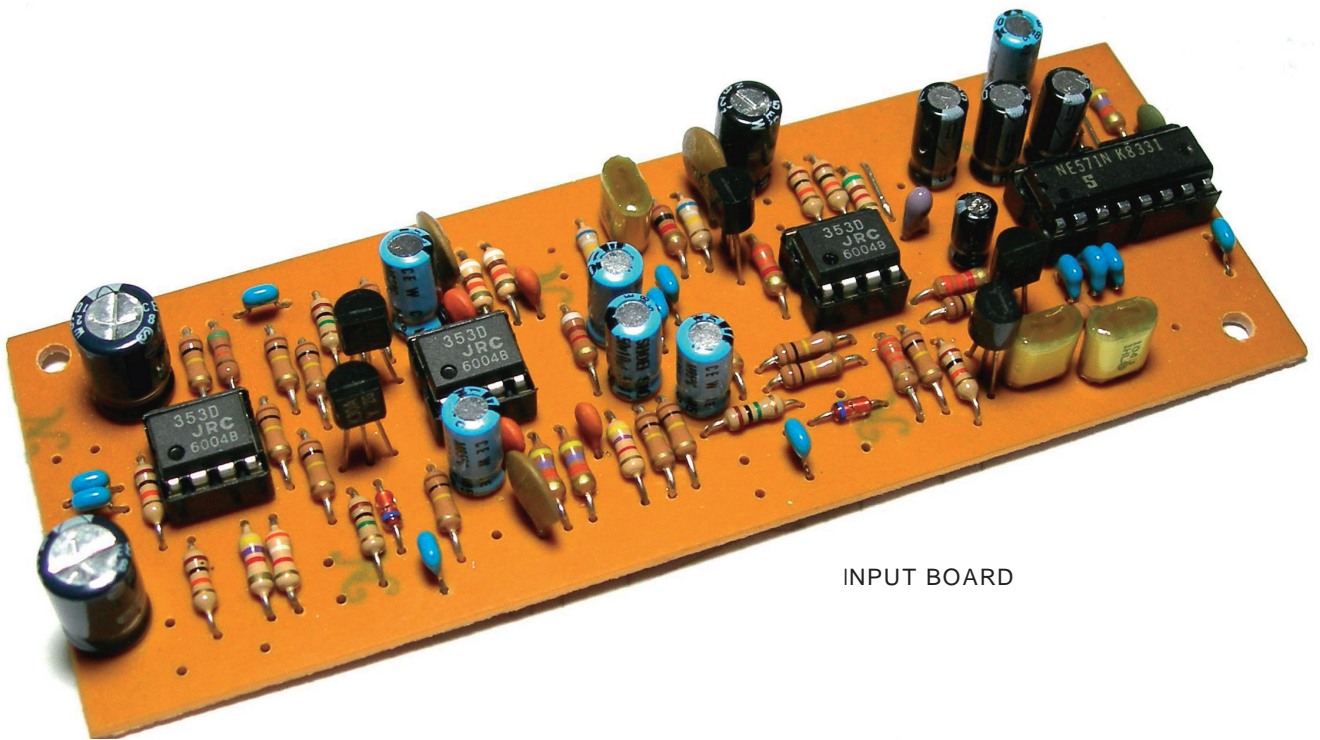
本来はこの基板だけで間に合うはずだった。トランスに HTW1501 を 2 個使い、プラス/マイナスとも 130mA 程度の電源基板。ところが実際にはプラス側が 140mA 以上必要とわかって、追加の電源を入れて OUTPUT BOARD だけ別電源にした、というお粗末。

写真では三端子レギュレータが基板にハンダ付けされているが、実際は放熱のためにケースに直付け

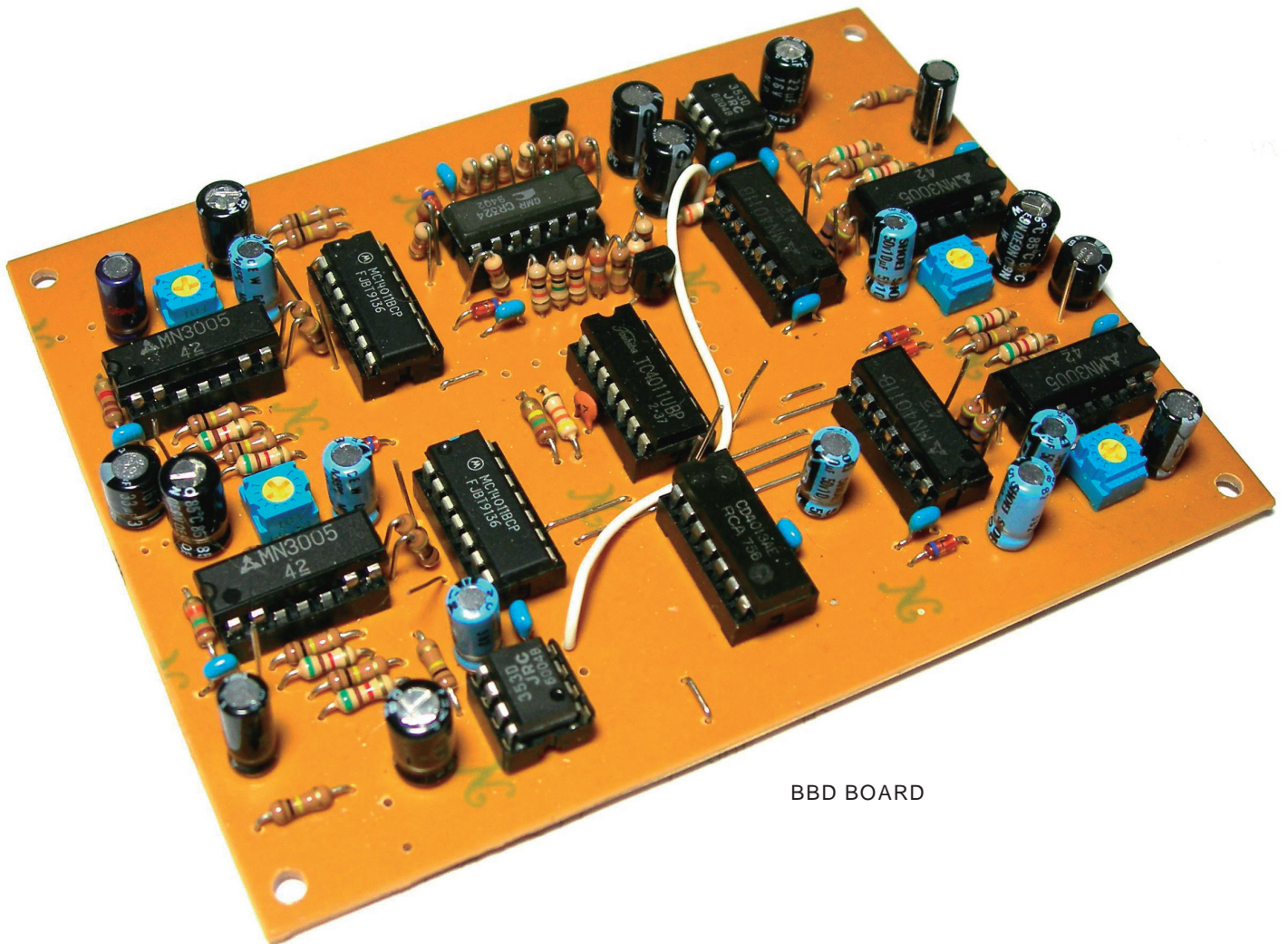


した。また、基板自体も写真の方向でケースに取り付けるのではなく、パターン面を上にして固定する。だから妙なプリントパターンになっている。詳しくは後の写真でどうぞ。



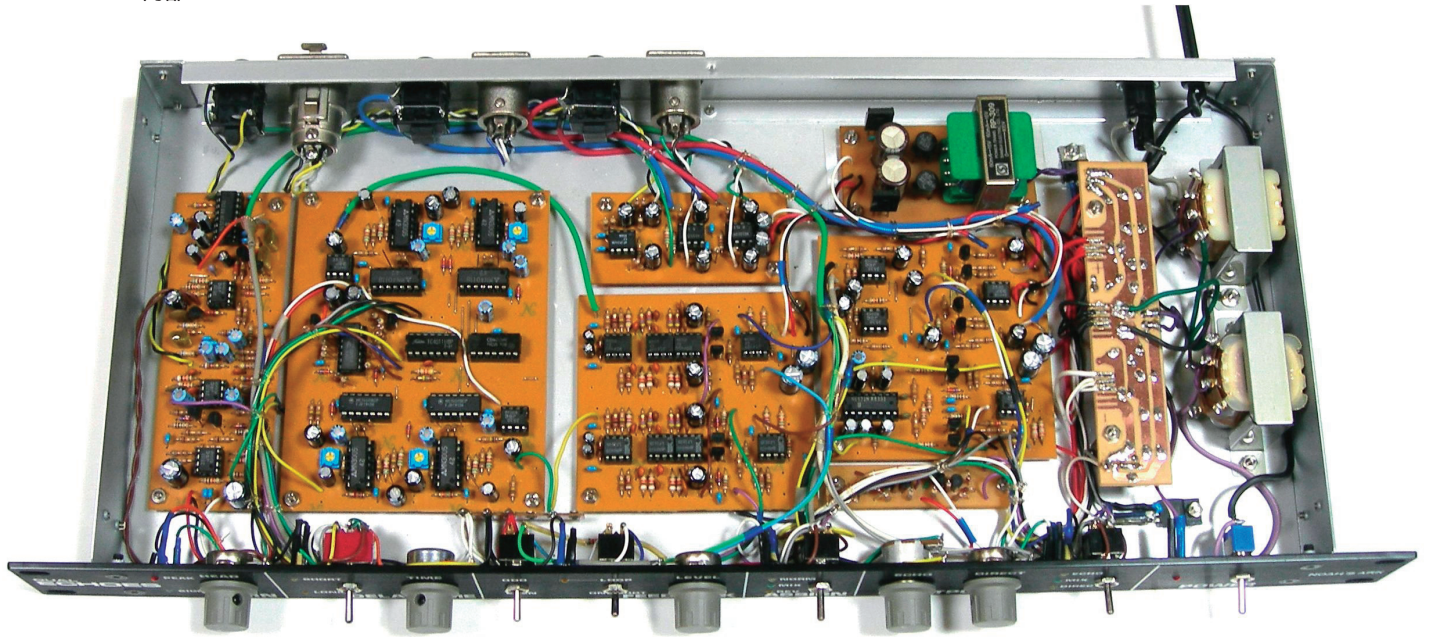


INPUT BOARD

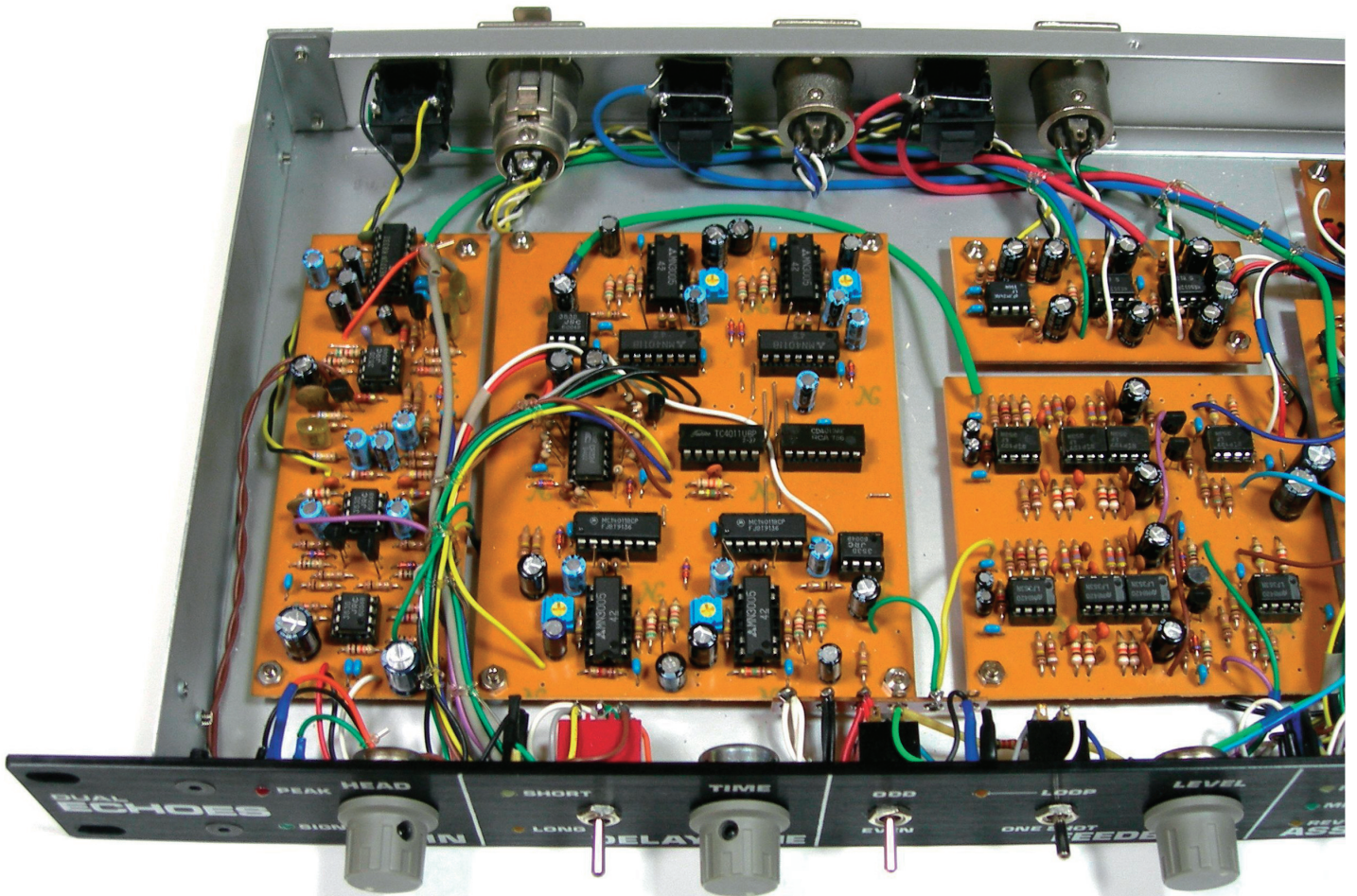


BBD BOARD

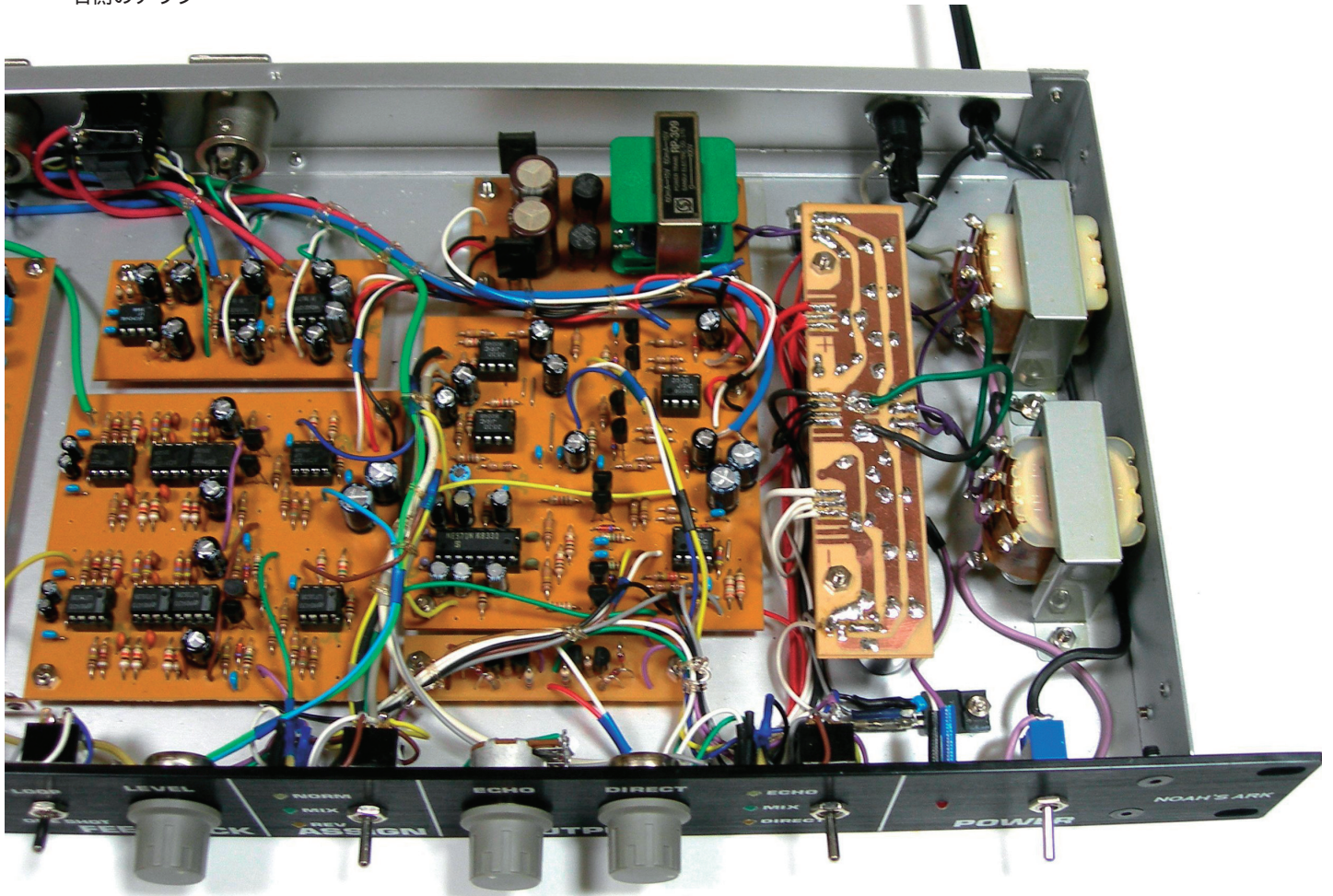
内部



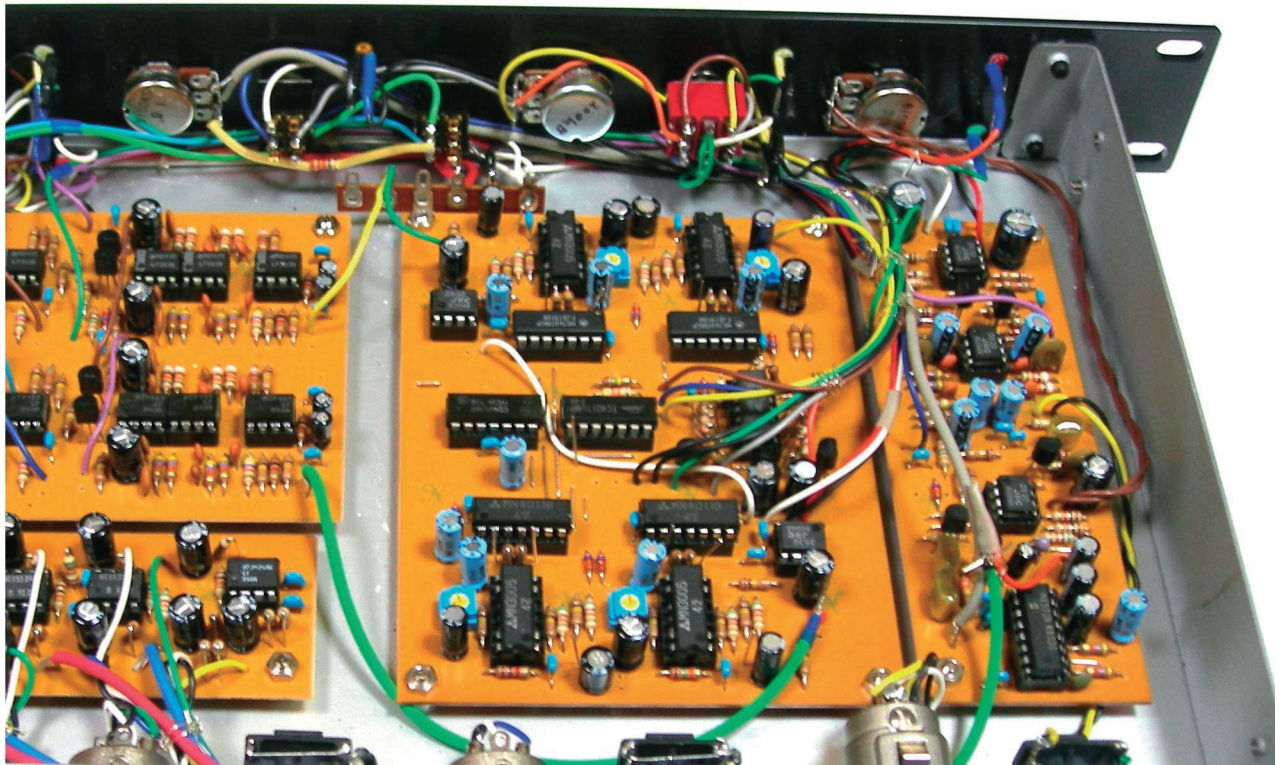
左側のアップ



右側のアップ

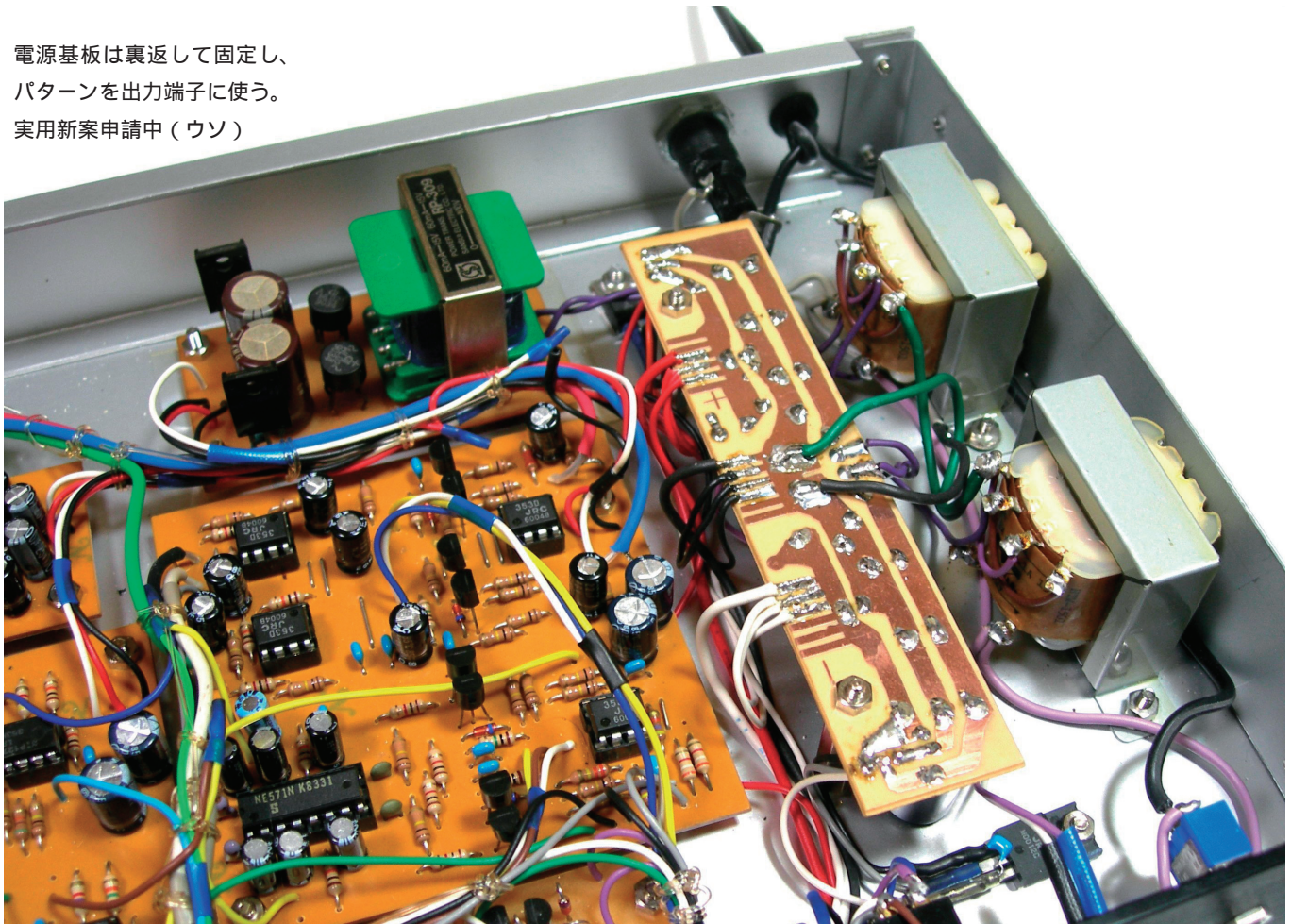


パネル裏はこんな感じ 立てラグは電源ラインの中継に使用 デレイタイム切り替えのスイッチは 9p





電源基板は裏返して固定し、  
パターンを出力端子に使う。  
実用新案申請中（ウソ）



まさに無鉄砲な労作。作ることを主眼にするとうなる、の見本。コピーしてほしいとは絶対に言えない。

ブロックごとに基板を分けたのは、ブロック単位で動作確認しないと手に負えないからだ。市販機の開発なら、最初にこの状態でバグを徹底的に洗い出し、最後に一枚基板にまとめるのだろうが、自作機はこれで完成。もう1台作る気などさらさら無い。

組み上げてから、実際に音を聴いて、定数変更やら微調整やらいろいろやった。そのときの最大の変更は電源の増設。緑色のトランスが載っている基板を追加したことだ。事前の計算では+15V側の消費電流は130mA程度で、メインの電源だけで賄えるはずだった。ところが実際には140mA以上。これは危ない。その辺に転がっていた±15V電源のユニット（いつ作ったか忘れた）を、ケース内の空き地に取り付け、OUTPUT BOARDの電源を分離して(GNDはしっかり共通)増設電源につなぎ換えた。おかげで、将来増設しようと考えていたロジック制御基板の場所がなくなってしまった。本機内の各CVをケース外に出せるようにし、卓に座ったままエフェクトオン/オフなどの操作ができるようにするための基板だった。でも、本機はそれほどの性能でもないから、まあいいか。

各基板の消費電流を書いておこう。電流が変動するものは最大電流だ。

INPUT 基板と BBD 基板の合計→+15V : 70mA、-15V → 40mA  
FILTER 基板と BALANCE 基板の合計→+15V/-15V とも 53mA  
OUTPUT 基板→+15V : 22mA、-15V : 26 mA  
合計、+15V は 145mA、-15V は 121mA

メインの電源トランスを2個に分けたのは、これ以上の電流量のトランスだと1Uケースに入りきらないという単純な理由から。トヨデンなど日本メーカーのトランスなら18V0.1A二巻線まで1Uに入る。

使ったケースはメーカー不詳の超低価格品。板材だけで形を保っている「とりあえずラックケース」だ。重いパーツを底板に取り付けると、いずれ底板が垂れ下がることは必至。本機程度の軽量機材にしかならないだろう。もらい物なので文句は言わない。

これで長年の夢だった「BBD機材を心行くまで作るプロジェクト」は終了。半年もハマっていたけど、もうやめる。製作機材は6種類。そのうちVIB CHORUS、JUST ECHO、初代と2代目のDUAL ECHOESの4機種を発表した。未発表はTWIN FRANGEというフランジヤ、Howling Angelという分類不能なものの2機種。これらは気が向いたら概要とデータだけでも発表するつもりでいる。

釣り人が、いわゆるキャッチアンドリリースする気持ちが少しはわかった気がする。釣りに行くぞ！と期待し妄想し、川で魚がかかるまでが楽しいのだろう。その魚を食わなくても、食い物は他にたくさんある。だから釣った後に持ち帰らなくてもいいのだろう。機材を作るのも、頭の中で構成や回路を妄想し、完成させて望みの音が出るまでが楽しい。その後どう使われようと、極端に言えばどうだっていい。じゃ、今回の機材を簡単に手放せるかということ、そういうわけでもない。かくして、自作機材が押し入れにたまり、ついには山になってしまうのだ。どうするかねえ。