

番外地

ヘンな回路だ、と思い続けて十数年。
作ってみたら意外と使えるコンプファズ。
謎解きにも挑戦しつつ実用機材に仕上げてみました。

Elektro Compressor

番外地4丁目無番地

Elektro Compressor

ネット空間に息を潜める謎の回路図。

卵を割ってみると……

鬼が出るか蛇が出るかと思ったら、

意外と見えそうなエフェクタでした。

人も回路も外見で判断しちゃだめですね。

ま、ときには当たりますけど。

■ ワケわからん回路は作る ■

十年以上前から気になっていた回路。ネット空間の回路図集などにチラホラ入っている Electro Compuressor だ。コピー製作した話は聞こえてこない。それに Elektro というメーカー、いくら探してもみつからない。エレクトロのクが K なのだ。ドイツ語？

名称の謎が半分解けたのは去年。どうやら Elektro Magazine という自作雑誌（英語）があって、そこに掲載された楽器用コンプレッサらしい。元記事を探したが、どの号に載っていたのかついにわからず。それでも出身地だけはわかった。いよいよ作らんといかんなあ。ここに論理の飛躍があるのは自覚している。

回路図だけ眺めていて、試作を十年も放り出していたのにはわけがある。第一印象が「音悪そう」だったからだ。オペアンプに 064 を使うと、あくまでも私の主観では「音は二の次」、あるいは「安物」のイメージがある。324 なら「高域はあきらめてます」の覚悟が見えるが、064 や 074 を使われると、どうも「音なんか気にしてません」みたいな無邪気さを感じてしまうのだ。これは過去の経験で、納得できない音質の機材のほとんどに TL の FET 石が使われていたことによる刷り込まれ。私が使う TL 石は 022 だけだ。

さらに、回路設計者の意図がわからないからでもあった。信号系のオペアンプは普通の 9V 機材のように 1/2Vcc のバイアスを基点に動いているのに、何故か電源は± 9V。負電圧が要る理由がわからない。さらにさらに、オペアンプ回路と思いきや、実はサイドチェーンはトリッキーなディスクリ。う〜ん、回路のパートごとには理解できるけれど、全体を通すとワケわからん。今まで、ワケわからん回路を作って真面目に動いた例は少ない。そんなこんなで放置していたのだ。

ところが昨今、パワーアンプばかり作って少し飽きた。目先を変えるのと小休止を兼ねて、長年の謎に挑んでみよう。半分洒落のつもりでこのコンプに手を出してみた。そしたらどうよ、小型コンプにしては目を見張る性能。特に「A」のモードでは、音はほとんど（全然？）変わらず、ピークだけきれいに抑える。こりゃベースのチョッパーには最適なコンプだ。これがあればスピーカは飛ばず、録音でもピークを気にしなくて済む。



B と C のモードではかなり盛大に歪む。回路図から見る限り B モードが一番歪みそうだがそういうわけでもなく、リリースタイムの違いが効いてきて、C ではサステナーようになる。この 2 モードはギター向きだろう。

どのモードにも共通して素晴らしいのは、アタックの不自然さがまるっきり無いこと。こんなコンプは初めてだ。やはりオリジナルの製作記事を読んでみたくなった。

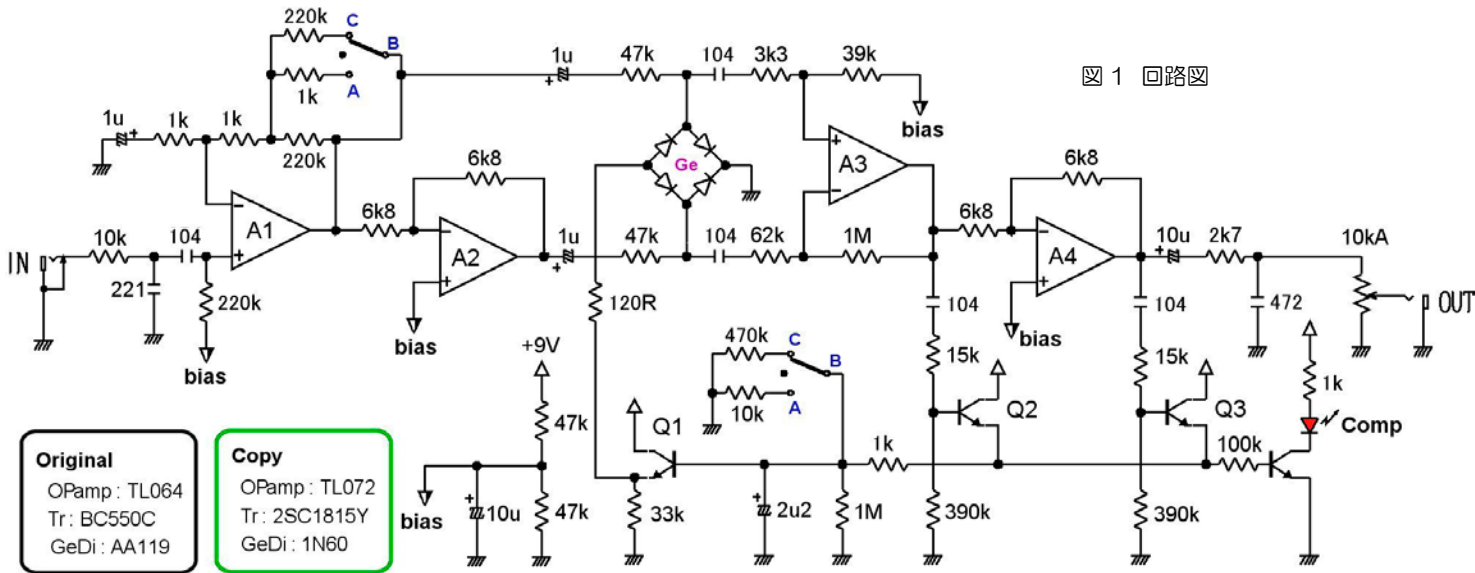
A と B&C という性格がまったく違うコンプが共存しているため、この機材、逆にアピールしなかったのかもしれない。それなら不幸なことだ。どういう使い方をしても即戦力になりえるのに。

そんな優秀なコンプが番外地送りになったのは、ひとつに私の設計ではなく、改良した知恵も入っていないから。でもこれはたいした理由ではない。これまでも、その程度のオリジナリティしかない機材を私の名前で図々しく発表してきたではないか。実のところ、私がこの回路の働きを最後の最後で理解していないから気が引けるのだ。どうも完全にはわからない。作って、各所の電圧変化や波形を眺めても、推論にまでしか至らない。もしかして、回路考えたのはグレッグ師かなあ。それなら当然だけど。

とはいえ、親はなくても子は育つ。理解していなくても機材は動く。面白い回路で効果も独特。実用に良し、回路詮索にも良しだから、お暇な方はぜひともコピーを。そして、最後のほうに書く各種グレードアップもできそう。自作の土台には最適な機材かもしれない。



無愛想なリアパネル。
パワー SW と AC ケーブルだけ。



■ パーツと回路 ■

図 1 が回路。下側の電源部は私が追加したものでオリジナルには無い。オリジナルは電池（006P × 2）仕様だったと思われる。だからコピーするなら電源部は作らずに電池で動かしてもいい。それほど電流を食わないから電池でも充分動く。

まずパーツの説明から。オリジナル回路のオペアンプは TL064。FET 入力で高入力インピーダンス、低消費電流のクアッドだ。しかし回路を見る限り、そんなに高い入力インピーダンスを要する箇所はなさそう。消費電流も特に問題にすべきではない。それに大体ウチには 06 シリーズなど無いので、まず 082 で試した。後に 072 に置き換えても何も変わらなかったの、今は 072 を差している。つまりどんなオペアンプでも見えそう。4558 でもいいだろう。

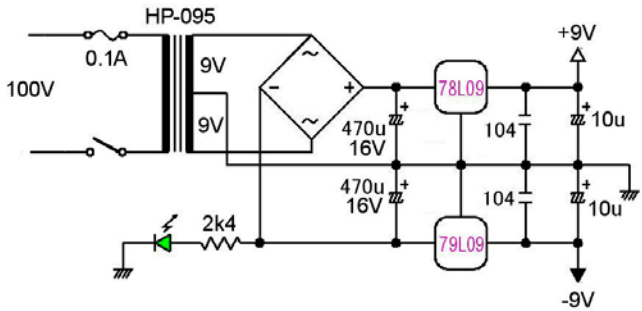
オリジナルのトランジスタは BC550C という hfe が 500 もある NPN。これまた、どう見てもオーバースペック。普通の 2SC1815 で間に合う（BC550C は非常に安く手に入るが、ピン配置が違うので注意）。hfe が気になる人は、1815 の BL か GR ランクでいいだろう。私は Y ランクを使い、問題なく動いている。

ゲルマニウムダイオードは AA119 というもの。スペックを調べると絵に描いたような汎用品。1N34、1N60、OA90 などで十分に代役は務まる。もしかすると代用品の方が優秀かもしれない。

あとのパーツはエフェクタでよく使うものばかりだ。フロントパネルに付いているスイッチはセンターでも止まるタイプ。これだけが少し珍しいかもしれない。カタログなどでは ON-OFF-ON と表示されている。

電源部は基板直付けトランスの HP-095 から安定化した± 9V を取り出している。安定化は三端子。今回の基板ではスペースの制約から 100mA 出力の L タイプしか使えない……のだが、負電圧側の 79L09 がレッドリスト級の存亡危機に陥っていると知った。国内メーカーはとっくにディスコンだし、あったとしてもチップ型。まともな 79L09 は、現在のところ通販では共立しか扱っていない。

電解コンデンサの耐圧は電源基板も含めてすべて 16V で OK。信号系に入る 104（0.1u）にはマイラを、電源関係には積層セラミックを使う。これは写真を見てもらえばわかるはず。全体として、入手難のパーツは 79L09 だけだ。その他は簡単に手に入る。



回路は、ごく大雑把に言って、図の上側のオペアンプのラインが信号系、下側のトランジスタ周りが制御系になる。するとゲインセルはダイオードブリッジなの？ このブリッジで何してるの？ というシンプルな疑問から私の混乱は始まった。ま、それは置いて、簡単にわかる部分の説明から。

A1 のヘッドアンプはエフェクタでお約束の GAIN 可変。ゲインは SW で三段階に切り替えられ、A の位置で約 3 倍、B だと 222 倍、C では 112 倍になる。

A2 はゲイン 1 の反転増幅。出力には A1 出力と同じものが、波形の上下が反対になって（位相が反転して）出てくる。そして、この回路のオペアンプ出力はすべて 1/2Vcc、つまり +4.5V を中心に振れている。これが要点その 1 だ。

A1 と A2 の出力は謎のダイオードブリッジで何かの細工をされた後、A3 の差動増幅アンプに入る。差動アンプとは、加わったふたつの信号の差を出力するもの。一般的には単に引き算する回路だが、ここでは違う。A1 出力と A2 出力に対するゲインが違うのだ。A1 からの信号は約 4 倍になって出力に現れ、A2 からの信号は約 9 倍になって（同時に位相が反転して）A3 の出力に出てくる。ほら、もう頭痛くならない？ つまり A1 出力の位相反転した 5 倍のレベルの信号が出てくることになる……のだが、それはダイオードブリッジを無視しての話。実際はさらにややこしいのだが、ちょっとパス。先に進もう。

A3 の出力は謎のトランジスタ Q2 をドライブすると同時に A4 に入る。A4 は A2 と同じ定数でゲイン 1 の反転アンプだ。そして A4 もまた Q3 のベースに信号を供給すると同時に、この機材の出力になる。ほら、充分面倒でしょ？

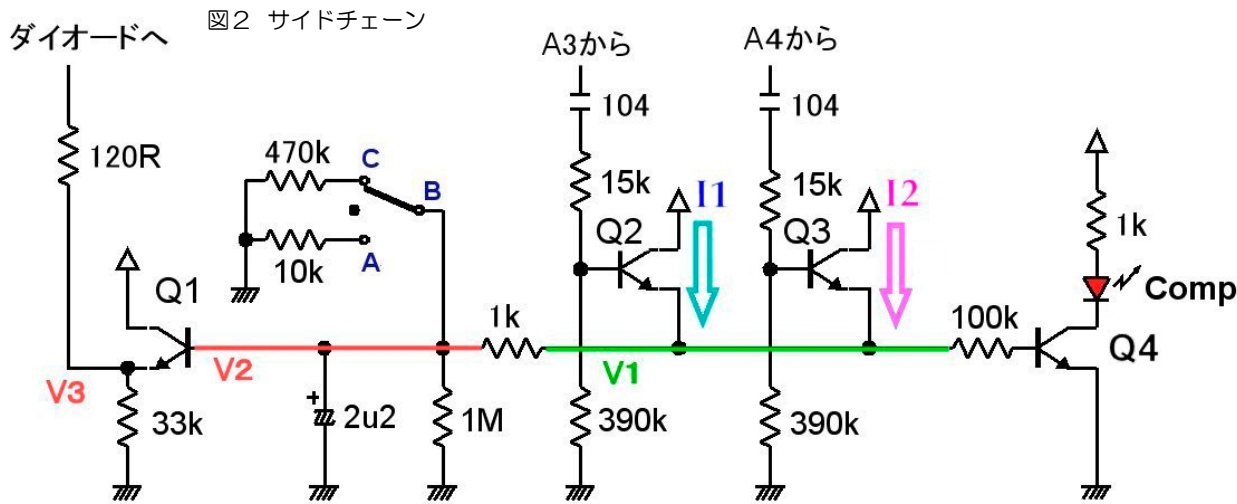


図2 サイドチェーン

■ 謎の (半分を) 説明 ■

コンプ、エキスパンダといったDレンジを操作するエフェクタの構成はほぼ決まっている。機材の入力（または出力）信号レベルを検知し、それを電圧（電流）に変換して、なんらかの可変抵抗または可変ゲインアンプに加えて出力が一定に近く（コンプレス）したり極端な変化に（エキスパンド）したり、といったあたりだ。

信号レベルを検知して電圧または電流に換えるブロックはサイドチェーンと呼ばれる。そして可変抵抗か可変ゲインアンプをゲインセルという。NE(SE)570などはサイドチェーンの主要部分とゲインセルがコンパクトに収まったICだ。

この回路のサイドチェーンは上の図2。ちょっと独特の形式だから最初は戸惑った。お決まりの整流用ダイオードが無いのがアタマが混乱した第一要因。でも、ググッと睨めば大体わかる。

まず信号レベルの検出は、A3の出力とA4の出力をそれぞれQ2とQ3のベースに加え、トランジスタをオンしてI1とI2の電流を流す。簡単に言えば信号の大きさに従って（必ずしも比例ではない）緑のラインに電流が流れ込みラインの電圧を上げる。A3とA4は同じ波形で逆相の信号を出すのでI1とI2は交互に流れる。結局緑のラインの電圧V1は、無信号時には0V、最大信号時には+0.85Vになる（実測値）。V1が一定程度（約+0.6V）まで上がるとQ4がオンしてLEDが点灯しコンプ動作を示す。ここまではいいかな？

V1は1kの抵抗を通してオレンジのラインに伝わる。ここにはコンデンサがあり、やってきた電圧で充電される。ただし、いきなりドバッと充電ではなく、1kの抵抗が電流を制限しているから、フル充電には少し時間がかかる。この時間が結局このコンプのアタックタイムだ。

オレンジのラインの電圧V2は、即ちコンデンサにチャージされた電圧だ。V1と同じ0～+0.85Vに変化する。この電圧はQ1のベースに直球で飛び込む。Q1はエミッタフォロワなのでベースと同じ電圧がエミッタにも出てくることになってはいるけれど、実際はベース・コレクタ間には0.6V程度の電圧が必要で、それを差し引いた電圧がエミッタに現れる。結局エミッタの電圧V3は無信号時には0V、最大信号時は0.3Vになる。これが120Ωの抵抗を介して謎のダイオードブリッジに加わるのだが、それはちょっと置いておく。

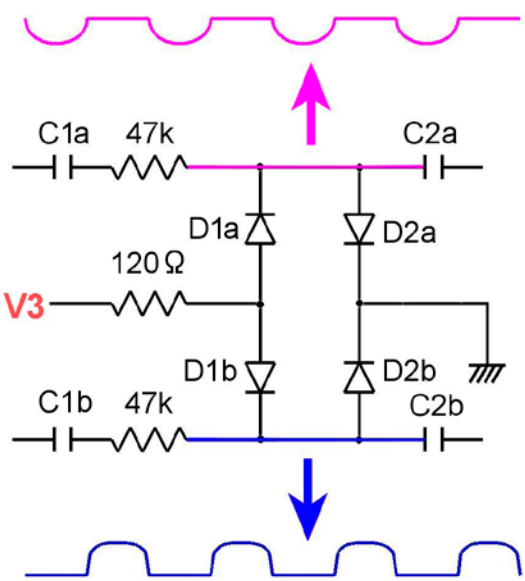
もう一度図2を見てほしい。V1・V2のラインのどこにもダイオードが無い。普通は1kの箇所にダイオードが直列に入って（V1側が

アノード）、V1で得た電圧を一方通行でV2に伝え、それを2u2に溜め込む。サイドチェーンとは「そういうものだ」と思い込んでいたことが失敗その一。よく見るとこの回路にダイオードは要らないことがわかる。I1とI2で持ち上げられたV1の電圧は、そもそもどこにも逃げ場が無いのだ。流れ出すのはQ1・Q4のベース電流とコンデンサにパラに入っている1Mのみ。ベース電流はごく些細なもので石によってバラつくから計算には入らない。とするとV1の電圧を低下させる要素は1Mだけだ。もちろんQ2・Q3での電流の逆流はあり得ない。だからここにダイオードは要らない。と、わかった途端、少し気が楽になった。解析できるかもしれない。

これがわかればサイドチェーンは簡単で、コンデンサの放電電流をSWで抵抗を変えて切り替え、リリースタイムにしている。Bの位置が一番長い。次いでC、Aの順になる。Aは10kだから、ほぼ瞬時に放電すると思っていいだろう。リリースに対してアタックタイムは、先にも書いたが1kに固定されている。これが使いやすさの原因かもしれない。

ちょっと置いていたダイオードブリッジに戻ろう。前ページ回路図のA2とA3の間にあるゲルマのブリッジだ。これ、何してるかわかる？ ごく常識的なアタマでは、A1・A2からの正相・逆相の信

図3 ゲインセル？周辺



号を全波整流して直流電圧に換えているようにしか見えない。私もそう思い込んだ。それが失敗その二になる。それにしても整流後の正電圧はアースに落としてるし、負電圧側はなんとトランジスタのエミッタにつながって、エミッタ電位を揺すっている？ なんだこれッ！

と勝手に解釈していたからいけない。正解は多分図3だろう。図1でブリッジのように描いてあるから人心を惑わせるのだ。コトの本質はD2a・bによるダイオードクリッパ（ファズですね）とD1a・bからの電圧供給。そう考えれば納得が行く。さらに図3でピンクと青で描いたラインは目茶ハイインピーダンス。どちらも両端をC1とC2に挟まれ、アース・電源とは電位の相互関係が無い。ちょっと触れれば触ったものと同じ電位に動く状態だ。サイドチェーンの緑・オレンジのラインも1Mという高抵抗でしかアースとつながっていなかった。発想は同じ。設計者はよほどこの手が好きなんだろう。

さてここからがファイナルステージ。図3のピンクと青のラインでは、信号はQ1から供給される電圧V3に載っている。通常のバイアス1/2Vccは関係ない。V3を中心に上下に揺れるのだ。そしてアースから+0.3V以上の部分はD2a・bでファズのようにカットされる。なるほど、と感心してはいけない。ここにもまたトラップがある。

ゲルマニウムダイオードの正方向電圧は約0.3V。V3の変化は0V～0.3V。ん？ 最大の0.3Vでも正方向電圧に達しないから伝わらないじゃん。いえいえ、ピンク・青のラインは直流電位が「未定」というか「わからない」というか、とにかく決まっていない。決まっていない電圧に対して「0.3V高い」もないのだ。だからV3は伝わる。これはミレニアムバイパスに使うFETのゲートと同じ状態と思えばいい。結果としてピンク・青のラインの直流電位はV3に依存して0～+0.3Vで動く。通過する信号レベルが小さければV3は0V界限だから信号はほぼ0Vを中心に揺れる。信号が大きいとV3は+0.3Vの最大になり、信号の中心電圧も+0.3Vまで上がる。

一方D2a・bのカソードはしっかりアース(0V)。だから0Vに対して0.3V以上高い信号はどんどんアースに流してしまう。信号レベルが小さいときは、振幅の中心はほぼ0Vだし、D2a・bでスライスされるレベルにも達しないので、波形は壊れずに通過する。信号レベルが大きくなると、……、はて、いかに想像力を駆使しても頭の中のオシロに絵が浮かばない。信号レベルが大きくなるにつれて、一体どんな現象が起きるのだろう。実際に入力レベルを大きくしながら波形を観測すれば「結果」だけはわかる。でもそれじゃ「わかった」ことにはならない。だから敢えて入力レベルを変化させての観測は行なっていない。頭の中に絵が浮かんでひとつの仮説が成立したら、そのときに実証実験するつもりでいる。これはクイズだ。

と、私の趣味の実験に付き合わせるのも申し訳ないから、最終結果の一例だけ描いておこう。図3の上下は信号レベルがかなり大きな1kHzサイン波で、V3が+0.3Vになったときのピンク・青ラインでの波形。波形の平坦部分は必ずしも0Vではない。どうしてこうなるのッ？ ね、謎でしょ？ このふたつの波形がA3で差動増幅される。A3出力がどんな波形になるのか、たとえば、入力信号レベルが大きいと矩形波になるけれど、入力レベルによってかなり変化する。ギターを入れてみると、わりとタチの良いファズ（SWがBかCのとき）だ。

もうおわかりと思うが、この機材はコンプといっても簡略型だ。マジなコンプは小信号時にはアンプのゲインを上げて出力をある

程度大きくし、逆に既定以上の信号レベルが来るとゲインを下げて出力レベルを抑制する。そうやって出力信号のDレンジを圧縮している。このエレクトロコンプはアンプのゲインは変えない。小信号時にも特別な動作はしない。信号が大きくなったときだけダイオードクリッパでピークをカットするだけ。それじゃファズじゃん。ま、そうとも言える。しかしある種のコンプでもある。それがどういう音か、製品化されていないので作って聴いてもらうしかない。

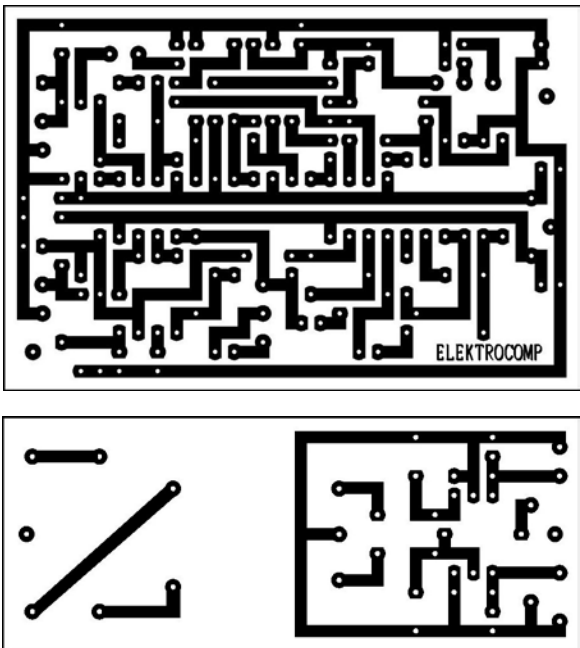
■ 製 作 ■

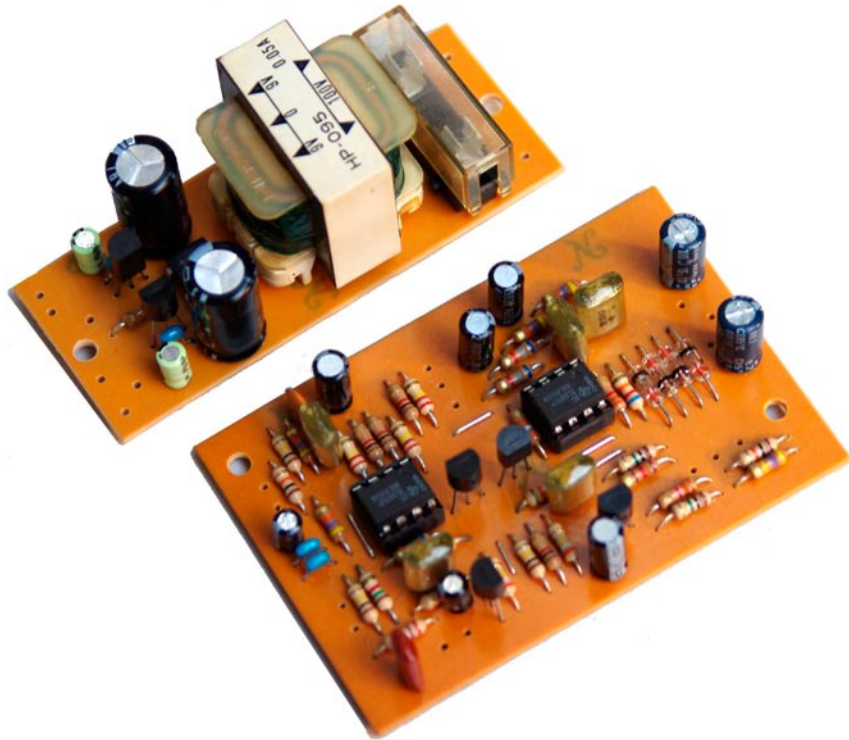
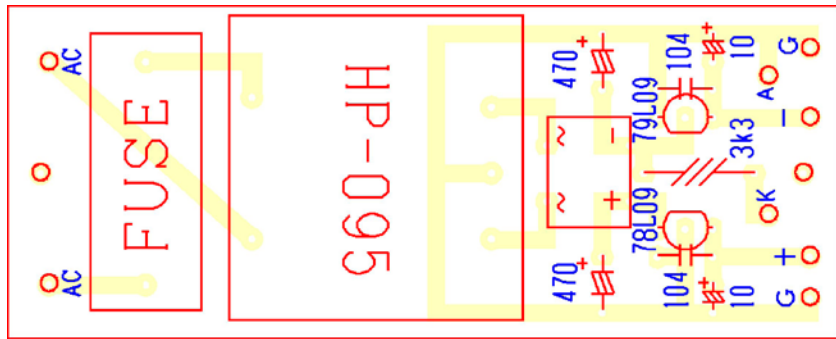
親はなくても子は育つ。リクツがわからなくても機材は作れる。全部わかってないと作れないなら、ノーベル賞級の学者でも、小さなファズ1台完成させられない（ハンダ付けができないから、でもある）。今の物理学で電気のすべてを説明しきれないから。根本まで考えたら手も足も出なくなる。その点我々は能天気な機材を作れる。基板パターンの上を電子が光速移動しているなんて、いつも考えてるわけじゃないからね。

図4が原寸パターン（300dpi）。サイズは長辺がどちらも3インチ（76ミリ）、信号基板の短辺は2インチ（51ミリ）、電源基板は1.2インチ（31ミリ）。最初のほうでも書いたように、電池駆動なら電源基板は要らない。でもこの電源基板、フューズも載っていてコンパクトにまとまっている。±9Vで消費電流が±35mA以下の機材には万能に使える。HP-095と同サイズのトランスなら電圧が違って大丈夫（あくまで基板単体の話。三端子や電解は替えること）。たとえばHP-153と78L15・79L15を使えば±15V、±21mAの電源になる（このときコンデンサの耐圧は25V）。

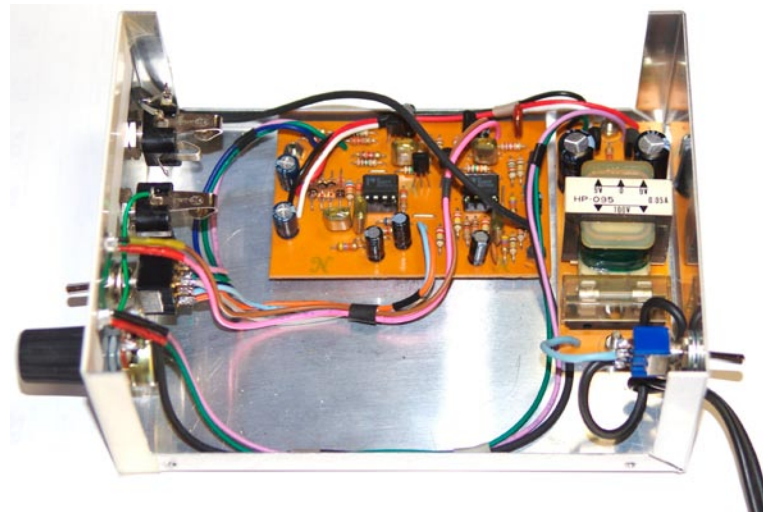
全部手描きでいける。基板周囲のパターンはアースだから、なるべく太く、基板の端まで塗ってしまっ構わない。特に電源基板はトランスの底面にあたる部分すべてをアースで塗りつぶしたい。ただ、ビス穴をアースから切り離すこと。ケースへのアースは入力端子一箇所で落としたいからだ。

図4 基板パターン（原寸）





ケース内結線の詳細は右ページの図5。スナップSWへの結線は、2つのユニットでAとCの方向を合わせる。逆だとどんなエフェクトになるのか想像するのも怖い。描き忘れたが、電源に入る100Vには、当然パワースイッチが入る。



グレードアップではないけれど、TLのFET石を4558などのトランジスタ入力の石に差し替えてもいい。回路図から見る限り差し替えは可能だ。それでどんな音になるか、それを気に入るかはどうか個人の趣味による。

IN

10k

10u

220k

221

222

楽器用—1M

ライン用—10k

+9V

VRから

104

1k

28k30A

100k

10

3k3

100k

OUT

bias

図5 ケース内結線図

AC100V

POWER ON表示
緑か黄

電源イン

COMP表示
赤

10kA

2個のSWは連動

IN

OUT

The circuit diagram shows a 4-stage instrumentation amplifier. The input stage (A1) is a differential amplifier with a gain of 10, featuring a 10k resistor, a 104 capacitor, and a 220k resistor. The second stage (A2) is a differential amplifier with a gain of 10, featuring a 6k8 resistor and a 1uF capacitor. The third stage (A3) is a differential amplifier with a gain of 10, featuring a 6k8 resistor and a 1M resistor. The fourth stage (A4) is a differential amplifier with a gain of 10, featuring a 6k8 resistor and a 10uF capacitor. The output stage (A5) is a differential amplifier with a gain of 10, featuring a 10k resistor and a 10uF capacitor. The circuit is powered by a +9V supply and a bias voltage. Various components are highlighted with colored circles: a red circle around the 220k resistor and 1k resistor in the input stage; an orange circle around the 1k resistor and 1k resistor in the input stage; a green circle around the 120R resistor in the second stage; a blue circle around the 2uF capacitor in the third stage; and a red circle around the 470k resistor and 10k resistor in the third stage.

自作機材の良いところは、どうカスタマイズしても文句を言われないこと。最初からメーカー保証など無いのだから当たり前だ。「勝手に変えたら壊れるだろう」と心配するのはわかる。でも壊れたらもう1台作ればいい。違いますか？

▼リリースタイムを変える

リリースタイムは赤で囲んだ下のほうのSWにつながる 10k と 470k で決まる。何もつながっていない B の位置では、2u2 とパラに入った 1M（これは常に SW につながった抵抗とパラになる）だけがコンデンサを放電させてリリースタイムを決めている。

▼ゲインを変える

ペースで使う人は、用途によってはゲインを下げたいかもしれない。そんなときはオレンジ色で囲んだ2個の1kを両方とも10kにする。Aの位置で約2倍、Bでは24倍、Cで13倍になる。そのと

A1 は非反転増幅オペアンプ回路だ。ネットのどこかで設計法が説明されているだろう。詳しくはそちらで調べましょう。私の電気実用講座にも書いてある（これは CM）。

私が試したのは Q1 のエミッタ抵抗を 33k から 3k3 に変えてみたこと。V3 の変化範囲が 0 ~ +3.0V から 0 ~ +0.26V になった。ギターを入れた B・C モードでは変化は感じられなかったけれど、A モードでベースの場合は、チョッパーの音がより自然になったような気がした。もっとも、ただの気のせいかもしれないが。

と、いくつか改作を書いたけれど、これらはあくまでもヒントだ。どうなるかは一切保証しない。自分の力量の範囲で、自作の原則「自己責任」で楽しんでほしい。質問にはお答えしません。答えちゃったら自作じゃないもん。

長年、電脳空間を人知れずさまよっていたエレクトロコンパ回路。みんなが作ってやれば立派に成仏間違いなし。それにしても設計者は誰なんだろう。回路図の描き方といい全体の構成といい、すごく頭が良くてひねくれた人に違いない。あまりお友達になりたくないタイプかもしれないが、とにかく一度会ってみたい。ハンバーガーくらいはおごります。