

番 外 地

HA12022 使用
高品位ステレオトレモロ

FLACTUATOR

FLACTUATOR

ゆらぎの定理と どんな関係があるのか？
音像が左右に揺れるのはたしか
ディスコンながら VCA 専用 IC による
高品位ステレオトレモロ
モノラルでも使えます



■ IC は観賞するものではない ■

ヤフオクにアラート仕掛けて幾星霜、やっと出会った我が懐かしの HA12022。ここで逢うたは盲亀の浮木、憂曇華の花咲く春の心地して、そう、本当に 10 年以上かかったのだ。eBay には出品があったが、どこか怪しげで、しかも高価で買う気にならなかった。ヤフオクでは IC 屋さんからの出品。早速手に入れ、そのあまりの嬉しさに使うのがもったいなく、ただ観賞しては微笑む毎日であった。

しかし、電子部品は眺めているだけでは意味がないと、半年目にそう気付いた。何かに使ってやろう。昔のコンプを再現する？ でもこれ、共作とはいえ一度作っちゃったもん。フィルタは？ オペアンプでも簡単に作れる。やっぱ VCA でしょ、と楽しく悩み、結局、まだやったことのない IC1 個でデュアルチャンネル仕様のトレモロ兼オートパンに決めた。HA12022 はそもそもがステレオ仕様の石。モノラルで使うと高性能になり業務機にも使えるのは過去に証明した。それなら本来のデュアルで使うとどうなるか、それを試そう。

業務機並みのスペックは期待しない。目指すはフェンダーのスーパーケースピアノに内蔵されているステレオトレモロだ。あの夢のように美しい響きは再現できるだろうか。Rhodes でも持っていれば最高ののだが、もちろん無いので、音源には適当なキーボードを使うとして……と、回路を描く前から出音を妄想していた。

ところで、ある品種の IC の手持ちが少なくなると、どうしても未使用で取って置きたくなる。使いたくないのだ。心のどこかで「今は使い時じゃない」という声がする。いずれ何かで、この石でなければならぬ状況が来るかもしれない、とも脅迫的に感じる。そういったシミツレ根性は私だけ？ もちろん 4558 でそう感じたら病気だが、ディスコン石だと強烈な症状が出る。昔は最後の 2 個くらいでそう思った。今はもっと進んで、少なくとも手元に 5 個ないと気分が穏やかではない。贅沢になったのか狭量になったのか。結果として、多種類の未使用新品ディスコン石が引き出しに残されている。これは自衛隊のミサイルみたいなもの。無いと不安だが決して使いたくない。

幸い、HA12022 は 10 個買ったから、5 個くらいは心置きなく使える。その最初の 1 個を使おう。

全体の回路構成は、VCA を使ったトレモロということになれば一種類しか思い付かない。つまり大雑把に言って図 1。ステレオだから、2 個の VCA に加える CV は逆相にする。片チャンネルの出力だけを使うと、ごく普通のトレモロ。両チャンネルでスーパーケースピアノ。ここまでは常識だけで考えればいい。

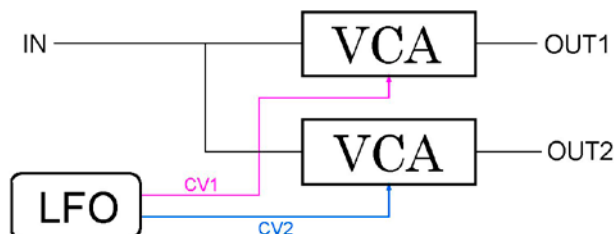
VCA に HA12022 を使うとなると、いくつかの制約というか約束事が出てくる。まず、電源は± 15V の二電源が必要で、006P 電池 1 個では間に合わない。電池 4 個を直列にして± 18V という手もあるが、これは面倒なだけでうまく行かないだろう（電池は消耗すると電圧低下するので）。

HA12022 に与える CV は 0V 以上の正電圧だけ。しかも標準アプリケーションでは CV が 1V 変化するとゲインは 10dB も変わる。とても敏感だ。ここはきっちりと、CV は 0V ビットリから立ち上げたい。上に電池動作は不向きと書いたのは、電池電圧の変化で、0V であるべき電圧がフワフワ動き出す可能性が大だからだ。

ただこの IC、偉大なメリットもあって、CV はリニアのままでいいのだ。苦労するわりには面白くないアンチログ回路は不要である。最初に 1V=10dB というスペックを見たとき「しめた！」と思ったのを憶えている。

以上は HA12022 のための仕様。なにしろディスコンなので、あまり長々と書いても始まらない。でも、次の LFO の設計あたりは、かなりパクってもらえるかもしれない。

図 1 ステレオトレモロ



■ LFO の回路 ■

発振回路は定番中の定番、山下先生の LFO をそのまま使わせてもらった。± 15V 電源ならこれ以上確かな回路はない。FET による擬似サイン波変換回路もそのままだ。オリジナルから多少の定数変更はあるけれど、これは手持ちパーツの関係と、作ってからのカットアンドトライの結果だ。

なお、もし仮に、この記事に完全コピーしようという奇特な人がいたとしたら、必ず私と同じように回路各部の電圧を確かめながら定数を確認してほしい。パーツのばらつきなどで私の定数が必ずしも最適とは限らない。その際、オシロスコープとアナログテスタは必須。デジタルテスタだけでは定数フィックスはほぼ無理だと思う。

図 2 が LFO の発振部とサイン波変換部。丁寧に作りたいなら、まずこの部分から基板に組み始めることを薦める。ここが動かなければ他が動いても用を成さないから。

SPEED の VR には 10kA を使った。1 番端子からアースに落ちている R1 は LFO の発振周波数の下限を決める。もっとゆっくりの変化がほしいなら R1 を小さくすればいい。VR には (この定数でなら) 20kA や 50kA も使える (操作性が変わるが B カーブでも OK)。ただし VR の抵抗値を変えたら、R1 も同じ比率で大きくすること。

LFO の発振周波数を決めるのが R2 と C1 のペア。どちらを大きくしても発振周波数は下がる。小さくすれば上がる。仮に、LFO の動きを全体に 2 倍のスピードにしたいのなら、C1 を 104 から 473 にすればいい。R2 を変えても同じことになるが、VR の値との絡みもあるので (VR より充分に大きいこと)、まあ微調整程度にとどめよう。

P1 からはデューティサイクル 50% の矩形波が取り出せる。本機で音を左右に (動かすのではなく) 飛ばしたいならこの出力を使うべきだろうが、どうも気が進まない。矩形波が信号系に漏れると盛大にうるさいからだ。

P2 は三角波出力。三角波だけ使う場合は、つながっている R6 などまったく不要で、ここから取り出せばいい。後で書くが R6 は CV レベルの微調整のために入れている。

これで、ごくフツウの LFO になる。C1 にはかなり広い範囲の容量が使えるため、うんと小さくすれば可聴帯域やそれ以上の発振器にもなる。そうなると LED は点きっぱなしに見える。

R3 から下の部分が三角波を加工してサイン波まがいにする変換部。FET の魔法によって三角波のピークを丸くし、サイン波に近く歪ませる回路だ。魔法をかけられると信号レベルはほぼ 1/3 に減衰する。そこで IC4b で 3 倍に増幅し、元のレベルに戻している。もしも万が一、減衰が 1/3 ではない場合には R4 か R5 を変更して IC4b のゲインを変えればいい。単純な非反転増幅だから難しくはないはず。

しかしそれ以前に、FET 周辺が無調整でうまく動く保証はない。というか、ここは必ず「要調整」になる。FET に当たり外れがあるからだ。FET 選別と定数フィックスを兼ねて以下の手順で調整する。

道具立てとして、小さな (大きくてもいいが) ブレッドボードとオシロを用意する。5k 程度の VR も必須。R3 と FET は、まだ基板にハンダ付けしてはいけない。

どの FET が当たりかわからないので、2SK30A の各ランクを手当たり次第集めておこう。中心は GR ランクと Y ランクだ。基板の FET が差さる 3 つの穴からブレッドボードにつなぎ、そこに FET を差す。オシロは P3 を観測する。

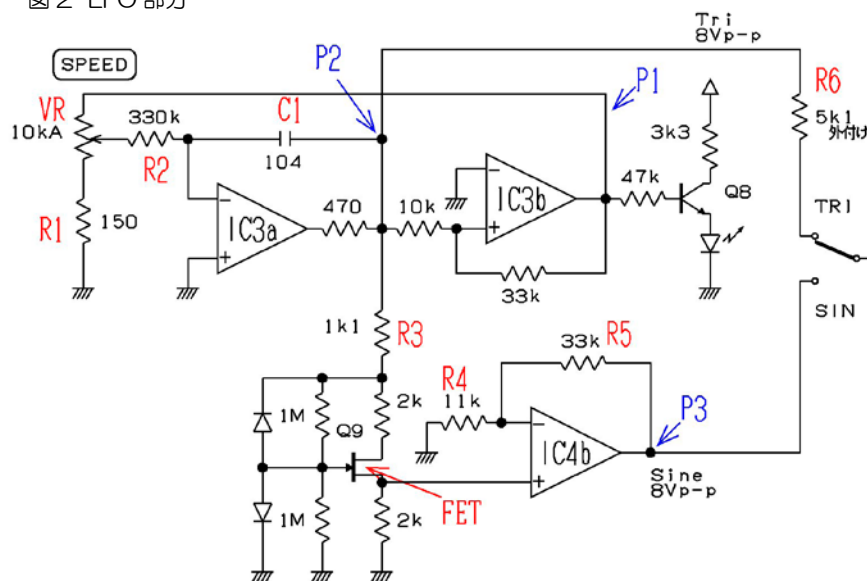
R3 の代わりに 5k 程度の VR を入れておく。LFO の発振周波数を最も高くしておけばオシロでも波形は見える。

FET によっては、仮付けした 5k の VR を回しても三角波のままだったりする。山下先生はここに 2SK30AGR を使い、R3 には固定抵抗 + 半固定を指定されていた。でも、経年変化で波形が変わるような箇所ではないから、私は固定抵抗 1 本で済ますことにした。

当たりの FET だと、VR で徐々に三角波のアタマと谷がつぶれる様子がわかる。波形の斜めの線は変化せずピークだけ丸くなる。どれだけ丸くするかは自由だが、三角波と見間違える程度では不足。この波形は、トレモロで音を左右に振ったとき、どれだけの時間、音像が片方のチャンネルに留まっているかを決める。私はサイン波というより少しだけ台形波に近いところにセットした。また今回は、当たりの FET は Y ランクだった。(このとき一時的にブレッドボードが行方不明だったため、基板に FET の足を差すため、切って使える IC ソケットを用いている。基板写真でわかるだろう)。

当たり FET を見つけて VR の位置も決まったら、VR を絶対に回さないようにして端子のハンダ付けを取り、抵抗値を計る。そして、その抵抗値に一番近い固定抵抗を R3 の位置にハンダ付け。私は 1k1 だったけれど、もちろん全員がこれと同じになることはない。なお、ここで説明していない R6 の決め方は後で書こう。

図 2 LFO 部分



■ 直流加算回路 ■

オシロで見ればわかるとおり、LFO のふたつの出力、TRI と SINE は 0V を中心にプラスとマイナスに振れている。電源が正負二電源で電圧の基準が GND だから、ごく自然の結果だ。振れ幅は三角波・サイン波とも $\pm 4V$ 程度、つまり $8V_{p-p}$ くらいのはずだ。そこそこ大きな変化幅だから扱いやすい。

一方、HA12022 に加える CV は正電圧だけだ。マイナスの電圧を加えるとどうなるか、どこにも書かれていない。IC を壊すのもいやだから実験もしていない。でも解決は簡単で、CV を全体に $4V$ 、プラス側にシフトすれば済む。CV に $+4V$ を足してやればいいのだ。

CV は、変化しているとはいえ、ここでは直流と見なす。 $+4V$ はもちろん直流。これらを足したり引いたりする回路を「直流加算回路」と呼ぶ。全然難しくはない。ミキサ等の信号加算回路からカップリングの C を取り払っただけ。C がなくなれば直流も通る。

また、ここではトレモロをステレオ化するための逆相 CV も作り出す。

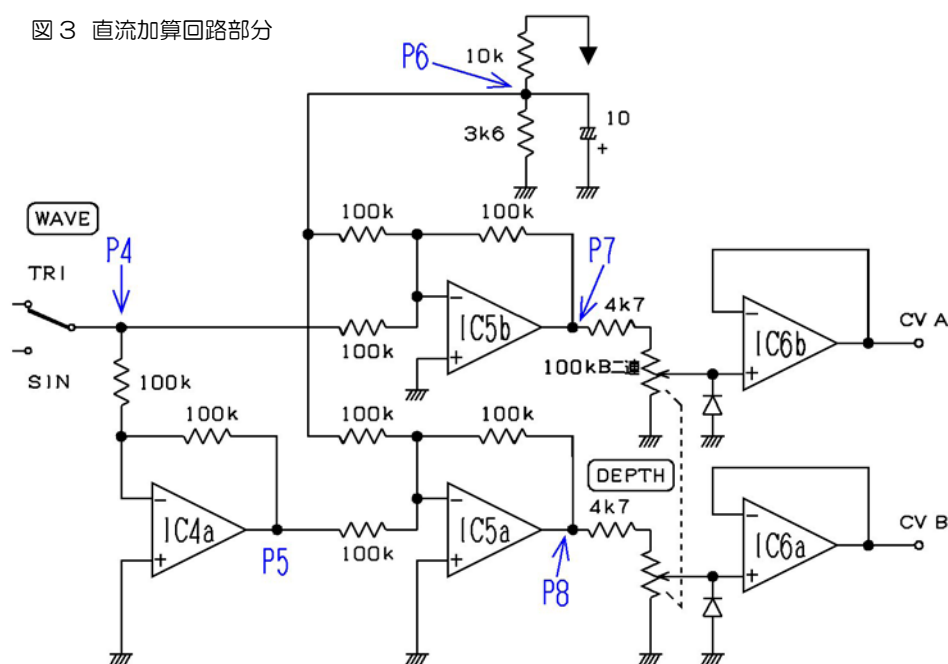
下の図 3 がその部分。P4 には WAVE の SW で選ばれた三角波かサイン波が来ている。図を描きやすいので三角波で説明しよう。図 4 の一番上、「P4」は LFO 出力そのまま。波形の上と下で色を変えたのは、ただわかりやすくするために他意はない。

P4 から CV は 2 方向に分かれる。下の IC4a はゲイン 1 の単純な反転回路。その出力 P5 は、P4 の上下が入れ替わっただけの波形になる。

次の IC5a と b は、どの教科書にも載っている「反転型加算回路」。ミキサなどの加算（サミング）部は 99% これだ。P4 と P5 に $-4V$ を加えている。ん？ $+4V$ シフトさせるんでしょ？ IC5a、b とも反転型だから、 $-4V$ を入れてやると $+4V$ になる。もちろん CV の上下も入れ替わってしまうが、トレモロであれば、最初に右から音が出ようと左からだろうと、誰が気にする？ フランジャだったら問題になるかもしれないけれど（最初に「立ち上がる」か「立ち下がるか」）。

そして出来上がった CV が P7 と P8 の 2 種類だ。振幅の下端が 0V で、プラス側にだけ振れ、それぞれ逆相になっている。

図 3 直流加算回路部分



と、一発で簡単に成功した場合は幸運。P6 の説明がまだだった。私の場合、LFO 出力のサイン波が奇跡的にちょうど $8V_{p-p}$ だったので、加算する電圧は $+4V$ ピッタリになった。三角波については少し後で書く。

オシロで LFO 出力の三角波とサイン波を観察することから始める。どっちが大きい？ 私の場合は三角波が $8.8V_{p-p}$ 、サイン波が $8V_{p-p}$ だった。観測時、オシロは DC モードにして 2 個の波形の中心（GND レベル）を合わせて同時に表示する。回路が正常なら両者にそれほどの差はないはず。しかしここはしつこく、オシロの感度を上げて波形の下端を拡大して、どっちがどの程度大きいかを調べておこう。

加算回路に加えるマイナス電圧、つまり P6 を決めるには、2 個の波形の小さいほうを使う。大きいほうは、とりえず放っておく。小さいほうの振幅の半分の電圧が P6。かなりシビアに決めたい。とはいえ、パーツの精度やら温度変化やら、不安定要素はゴマンとあるから、まあ 2% くらいの誤差範囲なら完全にセーフとする。

P6 の電圧を作る 2 本の抵抗の合計は、おおむね $10k$ 以上、 $20k$ 以下になるように決めたい。組み合わせは自由だ。たとえば $4V$ を作るのに、私は $10k$ と $3k6$ を使ったが、 $13k$ と $4k7$ でもいい。電卓で計算して決める。なお、どうして抵抗値に最適な範囲があるのかというと、合計の抵抗値があまりに小さすぎると、ここに流れる電流が大きくなって抵抗が熱くなり、しかもマイナス側の電流を損する。逆にあまりにも大きいと、 $-4V$ の電圧を加算する抵抗、今回は IC5a、b どちらも $100k$ だが、これが見かけ上増大してしまい、正しい加算が出来なくなる。言い換えれば信号源（電源）インピーダンスが高くなりすぎて計算が狂う（こっちの方がわかりにくい）。

そして目度く、小さいほうの波形が 0V から上にだけ振れるものになった。P7、P8 を見れば安心するだろう。

放っておいた「大きいほうの波形」は、P7、P8 では下端が 0V 以下まで振れているはず。振幅が大きすぎるのだから、これを小さくすればいい。そこで前節の図 2 にある、まだ説明していない R6 の $5k1$ が出て来る。これは調整用なので外付けにしている。

図 4 各部の波形（電圧シフト）

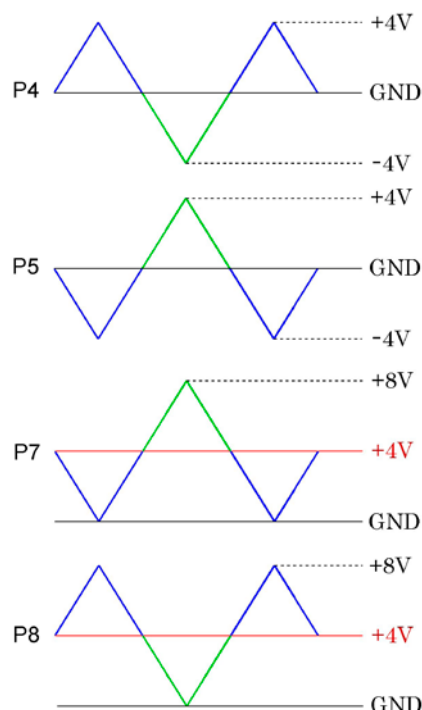
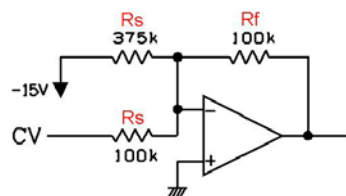


図5 電圧シフト 別の方法



その前にもうひとつ書いておこう。図3では、あらかじめ加算すべき電圧、この場合は -4V を作っておいて、それを CV と混ぜた。しかしこの方法しかないわけではない。たとえば図5でも +4V が加算される。375k の抵抗 (360k+15k など) を介して、 $R_f=100k$ の反転回路に -15V を加えれば、-15V は $-(100/357)$ に「増幅」される。つまり +4V になる。これでもいいのだ。

私がこの方法を使わなかったのは、電源ラインの乱れがそのまま加算されてしまうから。どこにもパスコンを入れる場所がないのでそうなる。もしも電源が巨大な電池などで電圧の揺れが皆無に近ければ、あるいは加算する電圧が多少フラついていてもいいのなら、図5の方法は検討に値するだろう。うまくやれば抵抗1本で済むのだ。

で、R6 (5k1) の話。LFO の三角波の振幅はサイン波より 0.8V 大きかった。そのため、図3の回路だと振幅の下端が 0V より下になってしまう。どうすればいいか？ 難かしく考えることはない。単純に振幅を小さくすればいい。様々な方法があると思うが、私はスイッチで三角波を選んだときに IC4a と IC5b の CV についての増幅率が下がるようにした。なんか難しい文章だな。三角波のときだけ両方の IC の R_s である 100k が 110k 程度になれば、増幅率は 10% 程度下がって、波形の振幅は小さくなる、ということ。まだ難しい？

WAVE の SW で三角波を選ぶと、CV は R6 (5k1) を通って IC4a と IC5b に加わる。ということは、両方の R_s の 100k に 5k1 が足されたことになる。単純に考えれば R_s は 5% 増しになって 105k になる。これでオペアンプのゲインは 5% ほど下がり、出力波形は小さくなる。めでたしめでたし、かな？

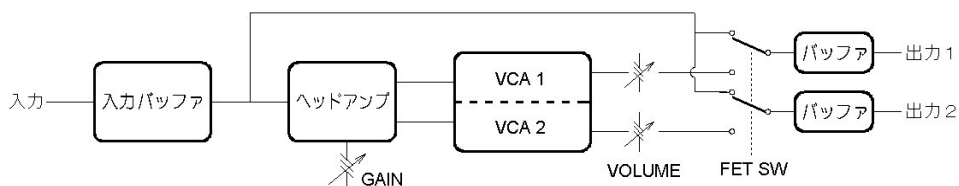
いや、目指したのは 10% でなかったか。それなら R_s は 110k のはずだろう？ と考えたあなたは正しい。もし加算器が1台なら R_s を 110k にしなければならない。でもこの回路では三角波 CV が流れ込む IC が2個ある。2本の 100k に CV が流れ込む。ということは流れ込む電流は2倍だ。同じ電圧降下を生むとき、電流が2倍なら抵抗は半分値で済む。したがって 10k でなく 5k1 を入れれば、それぞれの IC にとって 110k を入れたのと同じになる。

これは、反転回路が電流性の回路だからだ。電圧性の非反転回路だと事情は違う。いろいろ試しているうちに、こういったことは自然にわかるようになるはず。文字での勉強より経験です。

さて、あなたの場合、三角波とサイン波、どっちがどれだけ大きくなるだろう。でも、どうなったところで解決は簡単だ。前にも書いたとおり、プラス側にシフトする電圧は小さいほうの波形で決め、大きいほうの波形を減衰させればいい。そのために使う抵抗 (私の場合の 5k1) を決めるには、計算で決めてもいいけど、もし面倒なら 1k 程度から始めて、いろんな抵抗をスイッチの前に入れてみればいい。どれかで当たりになる。計算したくなければ、ひたすら試せばいいのだ。

図3の IC6a と b は単なるヴォルテージフォロワ。何かの間違いで CV が 0V 以下になるのを防ぐため、入力側にダイオードを入れている。このヴォルテージフォロワの意味は HA12022 の CV を説明するあたりで書こう。

図6 信号系ブロック図



■ 信号系 その1 ■

この回路を考え始めたとき、まず信号に強烈コンプをかけ、それから VCA で、なんて邪な考えもあった。スเปนサーデヴィスグループのギミサムラヴィンのイントロ、あのオルガンにトレモロがかかっていたら、なんて想像したのだ。しかし、長雨に煙る遠くのエフェクタを作るのも悪くない。透明感のある音を目指そう……住環境は大切だ。

それで、非常におとなしく作ったのが図6のブロック。とりたてて特徴はない。ひとつだけ、VCA にかける前に信号レベルを GAIN で持ち上げられるようにしているところが、使い方によってはヘンにできる要素かもしれない。ヘッドアンプの本来の目的は SN 稼ぎだが、どう使おうと自由。なにしろ HA12022 の耐入力 $10V_r.m.s.$ なのだから (電源が $\pm 22.5V$ 時)、かなり大信号を入れても歪まないと考えて「いた」。と過去形にしたのは、実はこれにはカラクリがあって、入力こそ大信号を受け入れても、石の最大出力は 2Vp-p 程度しかない (と後でわかった)。参ったが、まあいいや。

VCA 出力は VOLUME を経た後に電子スイッチで原音と選択される。Rhodes で使いたいから (楽器は持っていないが) ここは機械式スイッチではなく電子スイッチにして、外付けのフットスイッチなどでも切り替えられるようにしてある。

原音はアタマの入力バッファで幾分か減衰してしまうが、そのレベルのままで出力される。まさかピエゾのギターを突っ込む人はいないだろうから、これでもいいとしよう。ピエゾのような弱小信号を入れるときは、本機の前にブースタなどを噛ませるべし。

今回の記事では、まず回路をブロックごとに説明しようとしてみる。しかし、やはり全体像がつかめないとワケがわからないかもしれない。まさか図1だけでは納得できないだろう。で、ちょうど中間でもあることだし (理由になってない)、全回路図を次ページに出すことにした。下の図7とともに、じっくり睨んでおいてほしい。

図7 HA12022 アプリケーション CQ 出版の規格表から転載

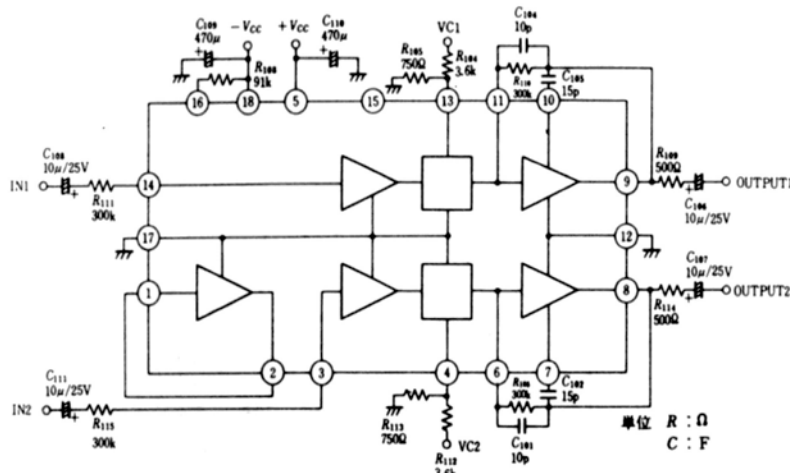
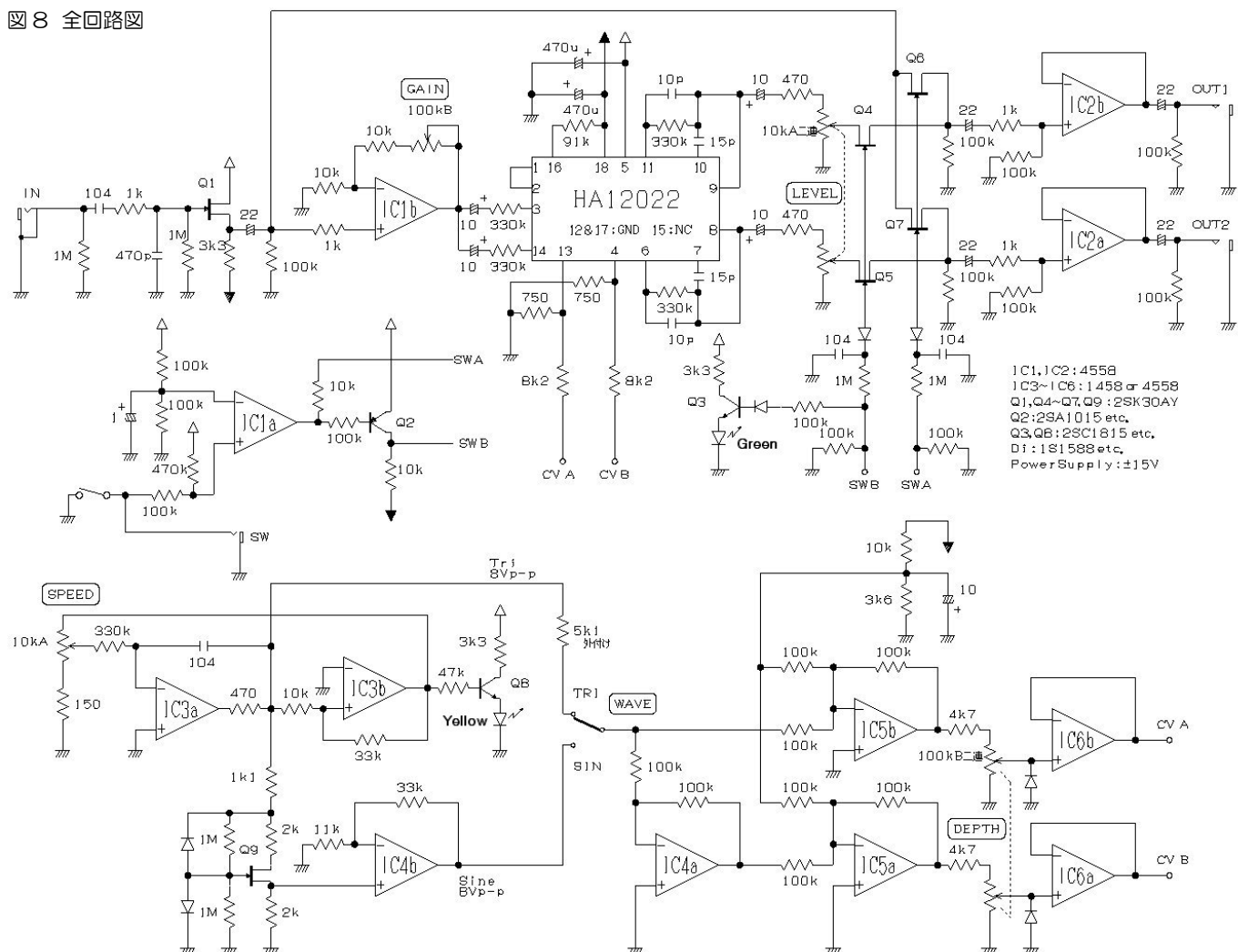


図 8 全回路図



上が全回路。たかがトレモロに大袈裟な。自分でもそう思う。ただ、15Vの二電源が設計の大前提だから、電池は非現実的でAC仕様にするしかなく、そうなれば、どうやっても小さなケースには収まらない。結局「毒食らわば皿まで」の回路になった。スイッチング電源なら小さくなる？ わざわざ音を悪くしたくないでしょう。

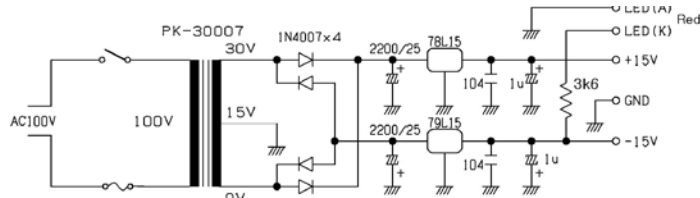
図 8 の下半分はほぼ説明済み。上半分の信号系に話を進めよう。

次ページ上の図 9 は、信号の入力から VCA まで。信号はまず FET バッファで受ける。この定数だと入力インピーダンスは 500k。キーボードには充分高く、ギターやベースを直接入れても大丈夫。

バッファ出力は 2 本に分かれ、ひとつは原音の信号として後段のスイッチに行く。もうひとつは IC1b のヘッドアンプで 2 倍～12 倍に増幅されて VCA に行く。ここでの増幅率は経験から決めた。ファズではないから歪むまでのブーストは不要だが、無歪みの範囲で、できるだけ大きな信号を VCA に送りたい（と言っても、VCA 出力が常に無歪みなのは出力 2Vp-p まで）。だから、使用する楽器によって最適な増幅率の範囲は変わってくるだろう。まずは図 9 の定数で試してもらいたい。

HA12022 を 2 チャンネルで使う際の入力ピンは 3 番と 14 番。この 2 箇所にはまったく同じ信号を入れる。ただ、IC の内部等価回路がまったくわからないため、安易に 3 と 14 をショートするわけにもいかない。そこで、別々の C と R を通して信号を入力する。

ここでちょっと HA12022 周辺の定数を眺めてみよう。意味のわ



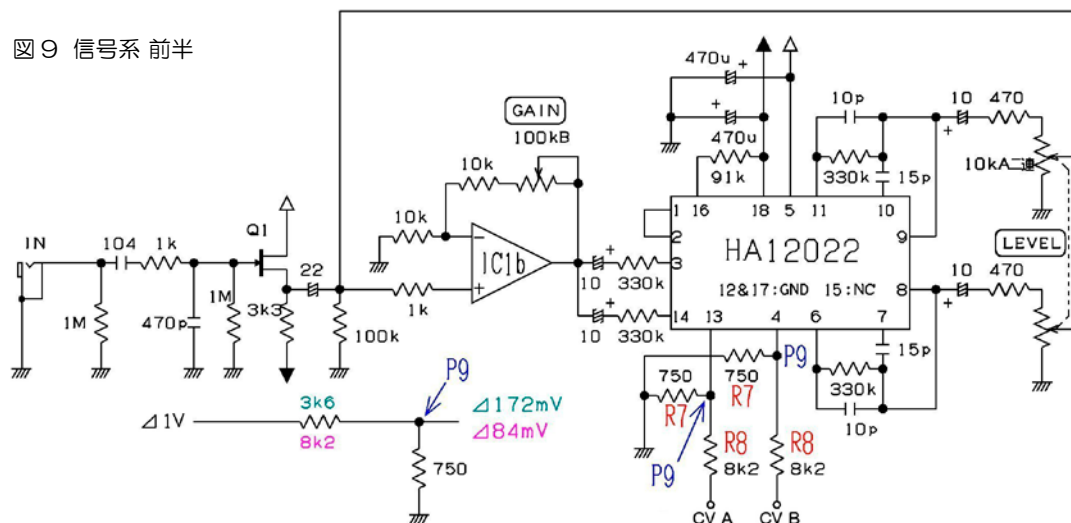
からないピンがいくつかある。まず 16 番は、91k を介してマイナス電源につながる。何かのバイアスを作っているのか？ わからないので前ページ図 7 のままとする。

ピン 6 と 7、10 と 11 あたりの CR は、多分、出力アンプのフィードバックループなどだろう。よくわからないので、これも図 7 のまま。ただし、300k が手持ちになく 330k を使った。それでもまったく問題なく動いている。

10p と 15p のコンデンサだが、こういう場所にある小容量の C は、ほとんど全部、不要高域落としや発振止め（どちらも動作は同じ）なので、容量についてあまり厳密に考えることはない。指定より小さいとマズいけれど、多少大きい分にはセーフ。私は 15p が無かったので 20p を入れている。（これで高域が落ちすぎて音が変わるとしたら、それを聴き分ける耳を持つ人はミュタントだ）

ピン 8 と 9 が出力。多分オペアンプの出力部分と同じだろう。図 7 では、直流カットの C と、ショート時の保護用の R が入っている。たいした手間ではないので、これもそのまま。

図9 信号系 前半



VCAのゲインを決めるCVは4番と13番に加えるのだが、実は少しややこしい。手元にある資料は図7だけ。これによれば3k6を通してCVを加え、それが750Ωと分圧されてICに加わる。手掛かりはこれしかない。そして、上の図9でCV A、CV Bの場所に1V加えるごとに全体のゲインは-10dBになる。う〜ん。

4番ピン13番ピンの入力インピーダンスを仮に無限大として計算すると、図9の中に描いたように、1Vの変化はICのピンでは172mVの変化になるはず。もちろんこれは理想論で、入力インピーダンスが無限大のはずはなく、逆にかなり低いのではないかと推測される。というのは、分圧抵抗の片方、R7に750Ωという比較的小さい値を使っているからだ。あくまでも勘だけれど、入力抵抗は10kくらいじゃないか、と見当を付けた（個人のアテカンです）。

それはちょっと置いて、CVの変化1Vで10dBもゲインが動くのは、今回の構成には向かない。LFOのCV出力変化が8Vもあるからだ（元は±4Vだから）。そのまま使うと、CVが+8Vのピーク時には、信号はなんと-80dBの減衰になる。本機はトレモロであって消音器ではない。-80dBというのは、楽器アンプの世界ではノイズレベル以下だ。

CV対ゲインを、もう少し鈍くしなければ使いにくい。CVのピークで音が「ほぼ消える」程度がいいのではないか。で、いろいろ考え合わせて選んだのが最大-40dBの変化。図7標準アプリケーションの、dBという半分の数値でいいと踏んだ。そのためには上図でR7、R8の抵抗のどちらかを変えねばならない。リクツではどちらを変えてもいいのだが、さてどちらを変える？

R7の750Ωという値は、ICの入力抵抗から決められたものだと思う。入力抵抗より充分に小さく（ロー出しハイ受け）という考えだ。これをもっと小さくする方向に変更するのは問題ないはずだが、大きくするのはダメ（壊れることはないだろうが計算は狂う）。

R8は単純に「分圧」から計算された値だろう。CVの1Vの変化でVCAが-10dBになるような分圧比を得られる抵抗値が3k6だったと推測する（図7）。だからR8は、そこそこの範囲内でなら動かしても大勢に影響はないはず。

再び図9で、P9の電圧変化が172mVでゲインが10dB変わるのなら、入力されるCVの2Vの変化で10dB変わるようにするには、R8を8k2にすれば、まあ近いところに落ち着く。←ワケわかんない文章だなあ。図を見てもらったほうが早いだろう。つまり、R8を8k2に換えると、入力されるCV1Vの変化は、ICピンでは84mVの変化になるため、CVが2V変化したときICピンでは168mVの

変化になり、VCAのゲインが約10dB変わる、ということになる。うん、どうも対数がからむと日本語もおかしくなる。

なにはともあれ、標準アプリケーションの3k6を8k2に置き換えることで、CVΔ2Vで、ほぼゲインΔ10dBになる。なお、 $172 \div 2$ は84ではないが、細かいことは追求しても始まらない。というのは、先にも書いたようにICピンの入力抵抗がわからないし、この回路にCVを注ぎ込む回路の出力インピーダンスもわからない。これら全部がゲインに関係してくるから、10%やそこら数値が違ってても無視していい。追求しても無駄だ。（測定器や医療器具なら徹底的に追求する。だけど誰だってHA12022で心臓の制御などされたくないだろう）

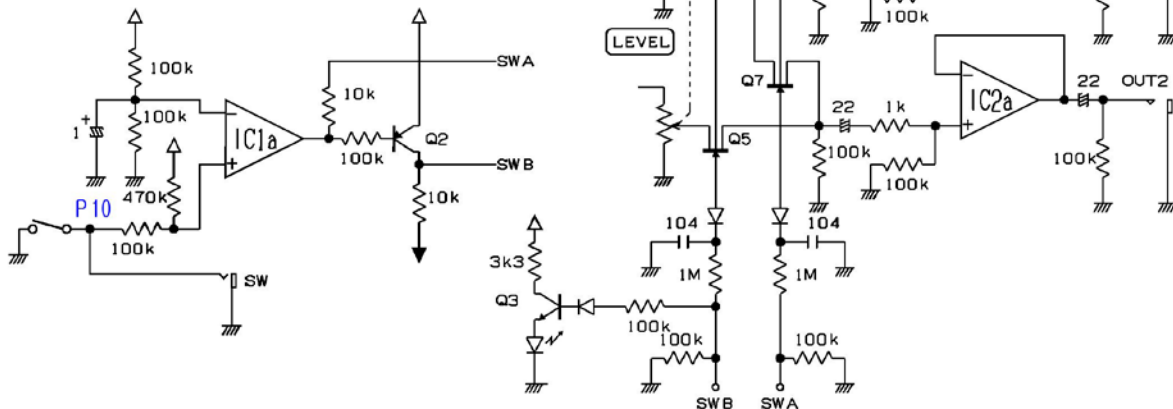
そうはいっても、出来ることはしておきたい。直流加算回路の最後に、一見無駄と思えるヴォルテージフォロワ（IC6a,b）を設けたのは私なりのせめてもの対策。一般にオペアンプの出力インピーダンスは100Ω以下とされている。かなり低く、しかもフラフラ変化しない。そういった『電源』からR8にCVを加えれば、不確定要素による不思議な現象が起きる確率は低くなる。もし仮に、DEPTHのVRから直接R8につなぐと、そりゃHA12022はVCAだから何らかのゲイン変化はするだろうけれど、その動作はとても計算できるものではなくてしまう。興味のある人はやってみよう。そしてVRでの分圧と、VRとR8の合成抵抗を合わせてゲインの解析をし、使いやすく定数をFIXできれば、そのとき初めてIC6a,bを省略できる。チャレンジする人はかなりマゾだ。

結果として、目指した2Vで10dB、CVのピークで-40dBは、相当近いところまで実現できたはず。アカデミック風な製作記事にありがちな、これ見よがしの「CV対ゲイン」の特性図など作っていないので詳しい数字はわからない。でも、万人向けに使いやすくなったことはたしかだし、エフエクタはそれでいいのだ。

ゲイン変化をいじりたい人はR8を変えてみると面白い。音が消えるほど変化させたくないなら、R8を10kや15kにすればいい。大きくする分には制限はない。ICのCV入力ピンから750Ωでアースに落ちているので、インピーダンス的にも問題はない。逆にR8を小さくするのは、アプリケーションの3k6までにしておきたい。それ以上小さくしてICに大電流が流れ込んだ場合、どうなるかは保証の限りではない。それに、あまりにR8を小さくすると、CVを送り出すヴォルテージフォロワの負荷が重くなる。

中身がわからないICを使うには、このくらいの苦勞がある、ということを知っていただければ嬉しい。

図9 信号系 後半



■ 信号系 その2 ■

ここまでの回路は、実機に当たって定数を決め直すなどの面倒が多かった。最後のこのセクションはいたって簡単。エフェクト音と原音が選択されて表に出てくるだけだ。

VRで好みの音量に調節されたトレモロ音と、ヘッドアンプから来た原音がFETスイッチで選ばれる。二連VRには10kAを指定したが、手持ちにあれば50kAや100kAも使える。スイッチ部分は、要するに6ピンのフットスイッチと同じ機能。本機を床置き型のエフェクタにするなら、ここはDS-008などにしたほうがいい。

FETにはアナログ用ならほぼ何でも使える。2SK30Aが入手しやすいだろうから、一応指定したまで。ランクは問わない。私は、パーツケースに佃煮にするほどある2SK118を使った。新たにパーツを揃える人は、三角波→サイン波コンバータでの選別を考えて、2SK30AのYとGRをいくつか買って、選別にもれたものをここに使おう。

Q3はご覧の通り LED のドライバ。SW B の側につながつてエフェクト・オンで光る。基板にはエフェクト・オフで光らせるための穴も用意している。Q3 周辺の回路をもう一組用意すれば、二色 LED を光らせることも可能。Q3 は NPN なら何でも使える。というか、本機のトランジスタは全部汎用品でいいので、手持ちを活用してほしい。

図9左側はFETスイッチに加えるオン/オフのCVを作るロジック回路。FETスイッチはH（通常はプラス電源電圧）とL（同じくマイナス電源電圧）でオン/オフ動作する。ここではHでオンだ。

ところが外部のフットスイッチなどを使おうとすると、コントロール端子 P10 を開放するかアースにショートするかでオン/オフを決めることになる。私はアースにショートでオンにした（線が切れたとき、エフェクトがっかりっぱなしだと困る）。

IC1aは非反転のコンパレータ。P10がオープンでH、アースでLの出力になる。それをQ2で反転して、もうひとつのSW用CVにしている。8行上でHとLの電圧を正負の電源電圧と書いたが、これは理想状態。出力がレール to レールのコンパレータでもなければ電源電圧いっぱいまでは振れない。H、Lとも13V台であれば問題はない。それによってスイッチを通過できる信号の最大振幅が決まるけれど、まさか10Vは振らないだろうから。

設計時から気になっていたのは、出力がバタバタ振れるコンパレータ IC1a の片割れ、IC1b が信号系のヘッドアンプであることだ。パターンレイアウト上、致し方なくこうなったのだが、どうも気に入らない。デュアルオペアンプの電源は共通だから、楽器出力レベルの小信号に傍若無人なコンパレータのバタバタが乗り移らないとも限らない。そうになったらパソコンを増やしても効果はない。オペアンプのスペックシートには「両チャンネル間セパレーション」が書いてあって、真に受ければ安心できる数字が出ている。でもこれ、継続的な信号が隣にどれだけ漏れるか、ということだろう。コンパレータのように直流レベルが瞬間的に大きく動くとなると、スペックシートは当てにならない。

幸い、今回は漏れもなく無事に済んだ。エフェクトをオン/オフしてもクリックは聴こえない。でも、いつもこうとは限らないから、信号系と CV 系はできるだけ引き離しておくようにしたい。

■ 電源 ■

全体の消費電流がどの程度かで電源トランスが変わる。正負とも35mA以内に収まればトヨデンのHP-155を使う。45mA以内ならSELのPK-30007、それ以上になったら、あまり気は進まないがHTW1501。つまり、メインの基板が完成しないことには電源基板を作り始められず、ケースの選定もできなかった。電源の回路自体は、特に変わったことはせず3端子に決めていたけれど。

結果は、正電源が40mA、負電源が33mA。これらはLED点灯時の最大電流だ。HP-155では間に合わない。「5ミリくらいいいじゃないの」というアマチュア規格っぽい考えもあるだろうが、やめておいたほうが利口。ここはおとなしくPK-30007を使うことにした。

このトランスは基板付け型で、二次側端子は「0-15-30」。30Vのトランスに見えるけれど、表示を読みかえれば「15-0-15」と同じ。そして交流定格電流は67mAだから、整流後に45mAは取れる勘定でギリギリのセーフ。海外製など正体不明のトランスだと、こういった綱渡りの選択は、まずコケる。国産品だから信じられるのだ。

整流は 1N4007 を 4 本使ったブリッジ。手持ちによっては W02 などに置き換えてもいい。(最近、W02 の安売りがなくなった気がする。気のせいかな) 平滑の C は 2200 μ としたが、1000 μ でも問題ははず。ただし耐圧は 25V 以上、できれば 35V で。

三端子は 78L15 と 79L15。電流が 50mA 以下なら熱くなりすぎることはない。手持ちにあれば 7815/7915 でもいいけれど、7915 の向きが変わる。

三端子レギュレータは自分が働くために 3～5mA を消費する。消費電流がタイトなときは、この辺も計算に入れよう。結局、正電源側はメいっぱいになり、負電源側に多少の余裕が残った。

本機の電源オンを表示する LED は負電圧で点灯させることにした。4mA 程度食うが、まだ許容範囲内だ。

そしてケースは YM-180 に決めた。平らな弁当箱の上パネルにツマミ類を配置し、入出力はリアにまとめれば、ちょっとは美しくなるのでは、と空想した。

以下、製作に移る。でもその前に、本機の製作は初心者には向きません。かなり面倒です。丸コピーしても正しく動く保証はできません（これまでの記事内容参照）。製作にオシロは必須。テストもデジタル式だけではダメで、針が振れるアナログ式も要ります（消費電流の測定時）。ケース加工にはハンドニブラも使います。

なにより、AC100V がケースと 3 ミリまで接近します。保護措置は講じますが、ハンダ付けに慣れていないと感電するかも。

自作は自己責任ですが、敢えて危険なことはお勧めしません。

図 10 主基板パターン（120mm × 70 ミリ）

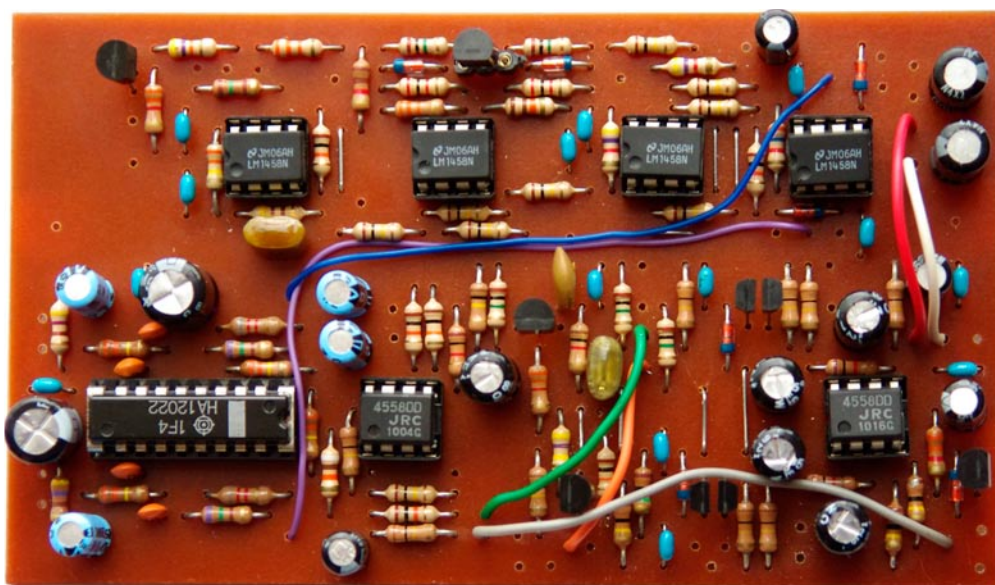
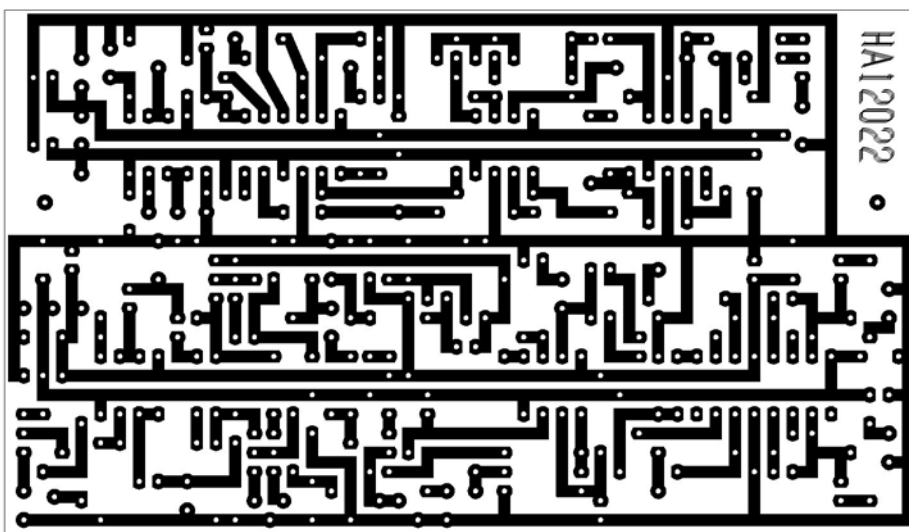
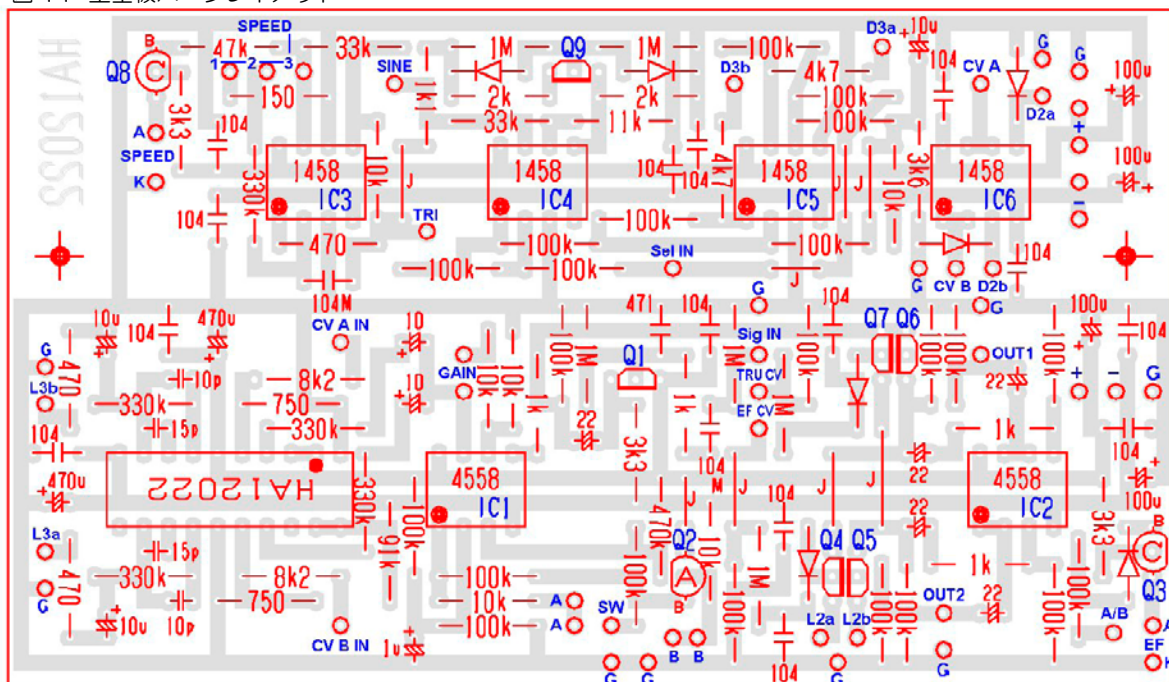


図 11 主基板パーツレイアウト



■ 基板の製作 ■

生基板の箱に手を入れて、最初に挿んだのがベークの 100 × 150 ミリの板だった。全回路をこれに収めるべく描いたパターンが前ページの図 10。120 × 70 でまとまった。余った基板で作った電源が次ページの図 13 で 120 × 29 だ。トランスがほんの少しはみ出るけれど実装に問題はない。

主基板は、図でいうと上下に二分されていて、上が LFO などの CV 系、下が信号系。もし 2 枚の基板に分けたいなら、境界を横切るアースパターンを 2 倍の太さにすれば切り取れる。電源周りのトラブルに備えて、± 15V は基板内ではつなげていない。ジャンパでつなぐ。と、用意周到にした場合に限って何のトラブルも起きない。神様がいとすれば、かなり意地悪だ。

基板を簡単に分けられるようにしたのはトラブル対策だけではなく、どちらも別のエフェクタに流用可能と思ったからでもある。この CV を二相のフェイザに使う、とか、信号系基板だけでデュアルのディレイアタックにするとか、考えればいろいろな応用が可能だ。

それに第一、作りやすくもある。私はまず CV 系だけにパーツをハンダ付けして動作確認と定数 FIX を行なった。テスト結線は図 15 だが、CV 関連の半分だけを先にテストし完成させたわけだ。具体的には、LFO の発振を確認し、周波数範囲が適正であることを確かめる。サイン波コンバータに使う FET を選定すると同時に、うまく波形の先が丸くなる抵抗値 (図 2 の R3) を決める。三角波とサイン波の振幅を見て、小さい方の波形の中心電圧を知り、その分だけ電圧シフトする分圧抵抗の定数を FIX する。大きい方の波形の下端が 0V になるように外付け抵抗の値を決める。結構やることはあるのだ。しかし、こういった雑事を済ませてしまうと精神的には非常にラクになる。その部分についてグチャグチャ考えなくて済むから。人間、TO DO リストが長いと安心立命の境地には至れない。

なお今回、パーツレイアウトに「カラーコードの読み方」は付けていない。抵抗値や C の容量が読めないと、本機を完成させるのは無理だと思うから。

HA12022 には 20 ピンのソケットを。ただし実際のピン数が 18 ピンなのは別のページで書いた。その他の IC にも、メンテの意味からソケットを使うほうがいいと思う。CV 系の 4 個には 1458 を、信号系の 2 個は 4558 と使い分けたが、この辺はご自由に。ただし、音がいいからと言って 5532、2046 などにとすると、消費電流が増えて電源が間に合わなくなるかもしれない。そもそも HA12022 のデュアルチャンネル仕様は、特に「音が良い」と日立は言っていない。オーディオ用オペアンプは本機ではまったく無駄だ。

トランジスタは、図 11 で「C」と描いたのが NPN、「A」は PNP で、汎用の石なら何でも構わない。私は手持ちから 2SC1815 と 2SA1015 にした。なお小さい B はベースの意味。FET で微妙なのは Q9 のサイン波コンバータだけ。これは試して決めるしかない。2SK30AGR か Y で当たりがあるはず。その他の FET は、選別した余りモノでも手持ちの他の型番でも、何でも動く。そしてすべての FET に取り付け方向の指定はない。どっち向きでも OK だ。

主基板上のダイオードは、いわゆる 1S1588 互換品。シリコンの普及品なら何でも使える。抵抗は 1/4W 型 5% カーボン、10p と 15p はセラミックで、いつものように特殊品や高価パーツは使っていない。ひとつ注意するのは、104 には 2 種類あって、写真で青く写っているのが積層セラミック、黄色っぽいのはマイラ (図 11 では 104M とした)。電解はすべて耐圧 25V 以上。どうしてもなければ 16V でもいいだろう (ただし中国メーカー品は危ない)。電解で極性を書いていない 22u はすべて無極性 (両極性)。これは容量は適当でよく、10u でも構わない。

信号系も、できれば動作確認をしておきたい。IN の入力から信号を入れて、HA12022 の出口、基板穴で言うと L3a と L3b に信号が出るかどうかを見る。最終段の IC2 はバッファなので確かめるまでもないだろうが、L2a、L2b から信号を入れて、EF CV の穴に +15V を加えたとき、OUT1 と OUT2 に信号が出てくれればいい。

全部大丈夫そうなら、基板上に長いジャンパを 7 本、下の図 12

図 12 主基板上のジャンパ

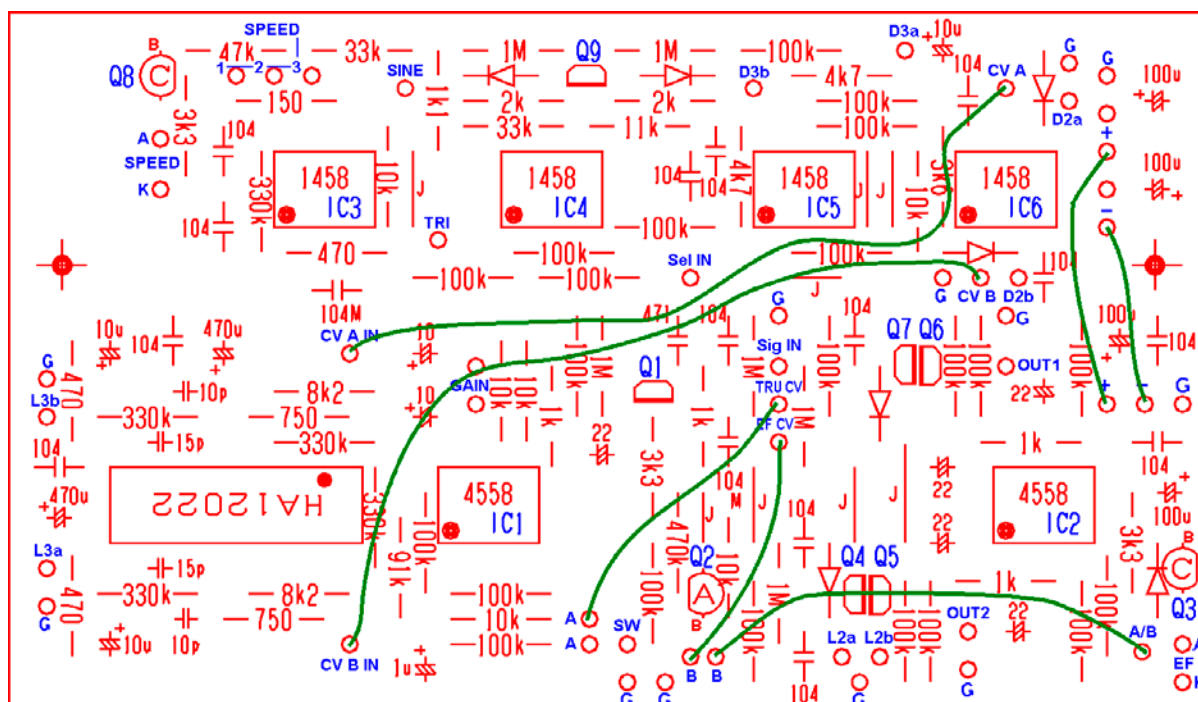


図 13 電源基板パターン (120mm × 29 ミリ)

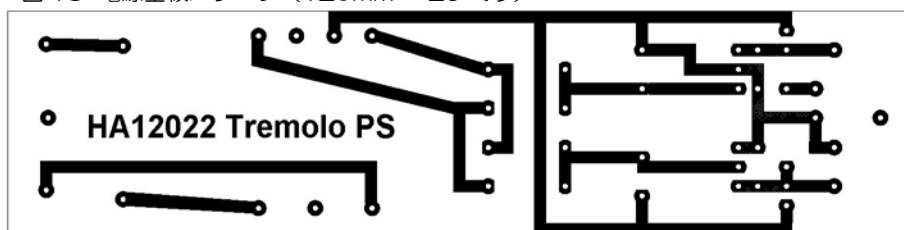
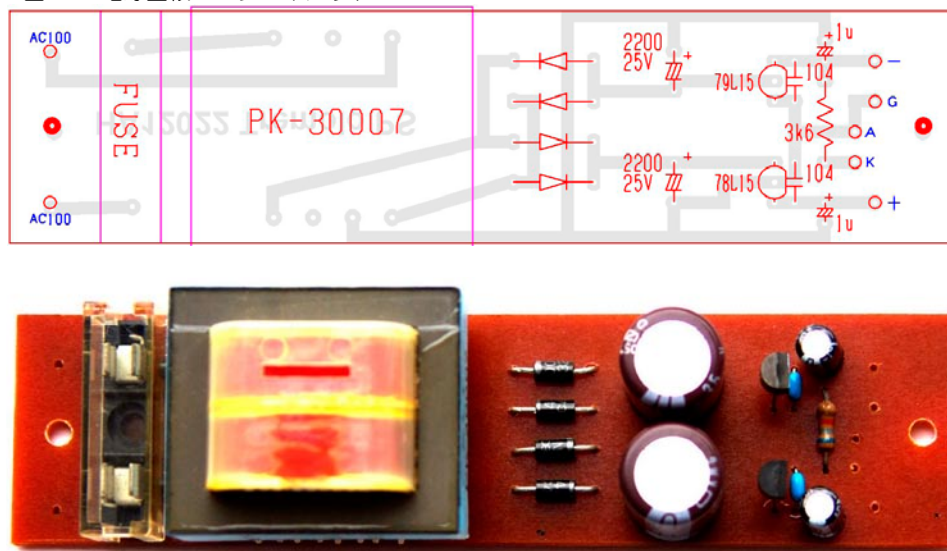


図 14 電源基板パーツレイアウト



のようにつなぐ。必ず下の図のようにする。前々ページの写真はテスト中に撮ったもので、右下の A/B 穴からの線が「A」に入っている。LED をエフェクト・オンで点けたいなら、図 12 のように「B」とつなぐのが正しい。「A」だとエフェクト・オフで点灯する。

あまり書くことはないだろうと思っていたけれど、結構あるな。製作データだけ書いて、「それじゃみなさん健闘を」にできれば簡単なのだろうが、そういうのは一生できない気がする。一種の貧乏性だろう。

電源基板こそ書くことは少ない。上の写真の左から行くと、フューズホルダには基板付け型を選んだ。というのは、電源基板を作ったころには、ケースは YM-180 にすると決まっていた、リアパネルの面積が足りないような気がしたからだ。フォーンジャック 4 個が並び、AC ケーブルの引きこみ穴がある。無理をすればフューズホルダも付くだろうが、基板上のほうが余裕がある。それに、めったなことでもフューズは切れないからでもある。フューズホルダは上の写真と同じ製品でなくてもいい。似たようなものを選ぼう。フューズホルダの取り付け穴は製品によって間隔が違ってくるかもしれない。必ず確認してから基板を作ること。

トランスは SEL の PK-30007。一時側が 3 ピン、二次側が 4 ピンなので、取り付け方向を間違えることはない。

ダイオードは 1N4007 を 4 本。これだけでなく「10D-1 互換品」なら何でもいい。パターンを変えて W02 でも構わない。

平滑の C は 2200u か 1000u の 25V 耐圧以上(可能なら 35V)を。あまり背が高いとケースに入らない。リミットはトランスの高さだ。

三端子は 78L15 と 79L15 で充分。500mA タイプ、1A タイプも手持ちにあれば使うべし。過電流保護が効きにくくなるけれど、そもそも保護回路が働くような電流が流れるということは、どこかが壊れたということだし、その前にフューズが切れる。三端子内の

保護回路をアテにはしてはいけない。

三端子の出口には、お約束の 104 とパラで 1u を入れている。正電圧用だけならこれは不要。負電圧用三端子の発振止めで入っている。片方だけだとバランスが悪いので、正負の両方に入れた。

パワーオン表示の LED の電源は -15V から取っている。LED をつなぐとき、アノードがアースになるので注意。

メイン基板、電源基板のどちらの基板でも、パーツの取り付け穴は 0.8 φ、配線引き出し穴は 1.0 φ にした。電源基板ではこの他に少し太いドリル刃が必要で、トランス取り付け穴と整流ダイオードの穴には 1.2 φ、フューズホルダには 1.5 φ を使った。AC ケーブルが入る穴は、多分 1.6 φ でいいと思うけれど、ケーブルに合わせてあけ直そう。間違っても基板裏面へのケーブル直付けはダメ。この基板の下には 3 ミリの空間しかないのだから。

うーん、やっぱり書くことあるじゃない。私はおせっかいなのか？

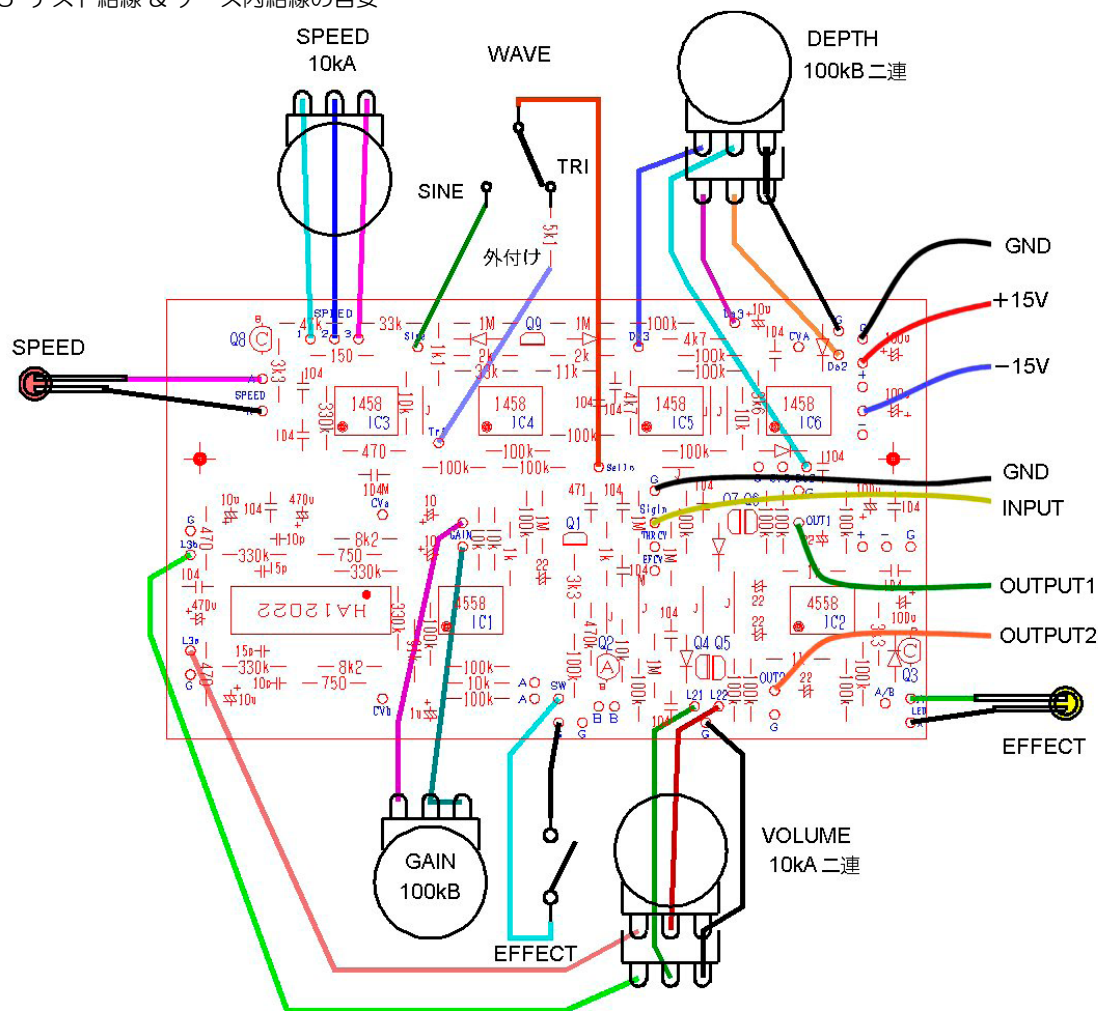
HA12022 の入手法

ディスコン石なので、どこにでもあるわけではない。私が買ったのは横浜のトーリ電子貿易という会社から。HP の URL は <http://tohri.co.jp>

ばら売りはしないようで、5 個セットで 1500 円。それにレターパックでの送料が 360 円。この石、はるか昔の記憶では、秋葉原で 500 円くらいしたから、決して高くはない。試しに ebay で検索してみればわかるはず。

まずはメールで問い合わせてみることを薦める。

図 15 テスト結線 & ケース内結線の目安



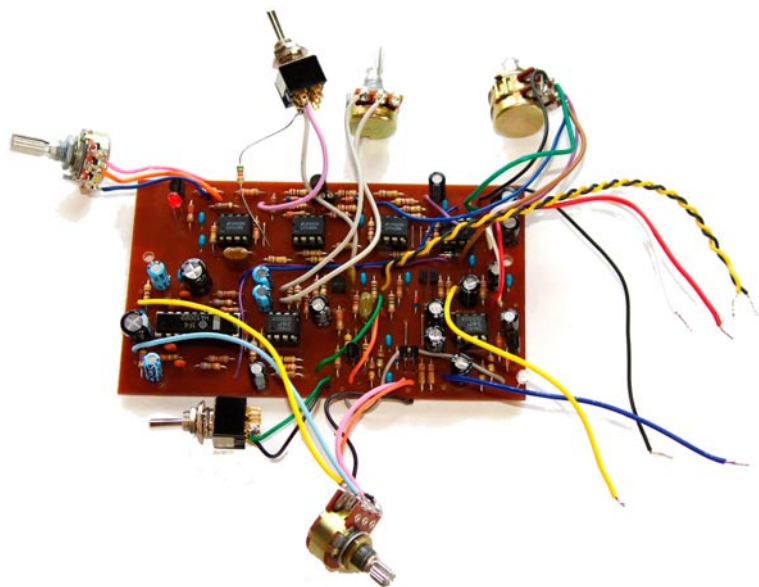
■ 基板動作テスト ■

ブロックごとの動作はすでに確認されているけど、全部をつないで動かしてみるの、やはりハラハラする。自信満々でやっていると思う？ 自信なんかない。いつになっても怖いのだ。最近は体力がなくなったせいか、気が長くなったせいか、右のようにパーツをつないで、そのまま寝てしまうことが多い。寝起きでハッキリしているときに結果を知りたいからか、結果を見るのを先送りしているのか。

図 15 が仮結線。仮とは言っても、ケースに入れていないだけで完成時と変わりはない。なお、図 15 には基板上の長ジャンパは描いていない（もう付いているはずなので）。電源には±15Vの実験用電源を使ってもいい。最良なのは実際にケースに組み込む電源基板を試してみることだが、交流部分もバラック配線されることになるので、取り扱いに極度に注意。

電源をつないでパワーを入れる。どこから煙は出ていないか？ 電解がプシューッと呟いていないか？ 異様に暖かいICはないか？ 手早くチェックする。大丈夫ならLFOのスピード、エフェクト・オン/オフの切り替えといったLED表示でわかるものだけを先にチェック。

ここでいったんパワーをオフにして、消費電流の測定をしておこう。電源と基板をつなぐ結線にテストを入れる。プラスとマイナスのどちらから先にしてもいい。テストが2台あれば同時に計れるが、ふつうは片方ずつだ。テストはもちろん直流電流モードで50mA程



度がちょうどよく見えるレンジにする。テストはアナログの針式に限る。LFOの揺れにしたがって消費電流が大きく変わるからだ。デジタル式だと数字がパラパラ動くだけで、ちっともわからない。

2個のLEDは光らせておく。LFOのスピードを一番遅くして測れば消費電流の最大値がわかる。プラスが40mA程度、マイナスは35mA以内になれば正常。SELのKP-30007は二次側電流67mAだから、整流すると47mAしか取れない。正負の両方とも、これ以

下でなければならない。トランスにはいくらか余力はあるだろうが期待してはいけない。本当は、少なくとも 10% の余裕を持ってトランスを選ぶべきなのだ。となると選択肢は HTW1501（または同等品）しかない。YM-180 にかろうじて入る。どうして使わなかったか？ 説得力のある説明は不可能で、何となく気分じゃなかったから、としか言いようがない。まあ、そういう日もある。

信号系のチェックは、IN に適当な信号（-20dBu くらい）を入れ、OUT1 と OUT2 から歪まずに出てくれば OK。私は 1kHz サイン波を最初に使い、その後 400Hz と 5kHz で試した。出力をオシロで監視しながら音を聴くのが一番早い。入力信号のレベルを変えて、GAIN の VR の効きや最大入力レベルを知っておいても損はない。実は、そんなことをやっているうちに HA12022 の最大出力レベルが 2Vp-p だとわかったのだ。昔、コンプ等を作ったとき、締め切りに追われて、そんな遊びのようなテストはしていなかったのだと思う。人間、ヒマなほうがいい。

ついでにギターを入れてトレモロをかけてみた。結構いいです。リリース部のきれいなトレモロは、これはこれで美しい。キーボード類に比べて小さい信号レベルだが、まるで気にならなかった。ステレオで使って 2 台のアンプを鳴らすと LFO 波形の違いが如実にわかる。サイン波を付けておいて正解でした。

何より気に入ったのは、LFO からの漏れが異常に少ないことだ。特にサイン波では、まったく何も聴こえない。三角波ではごくわずかにクリック音が聴こえるが、楽器音に消されてしまうレベルで、楽器エフェクタとしてなら充分に合格だろう。やはり専用の VCA は違う。

ここまで出来たら、少し遊んでからケース加工に移ろう。

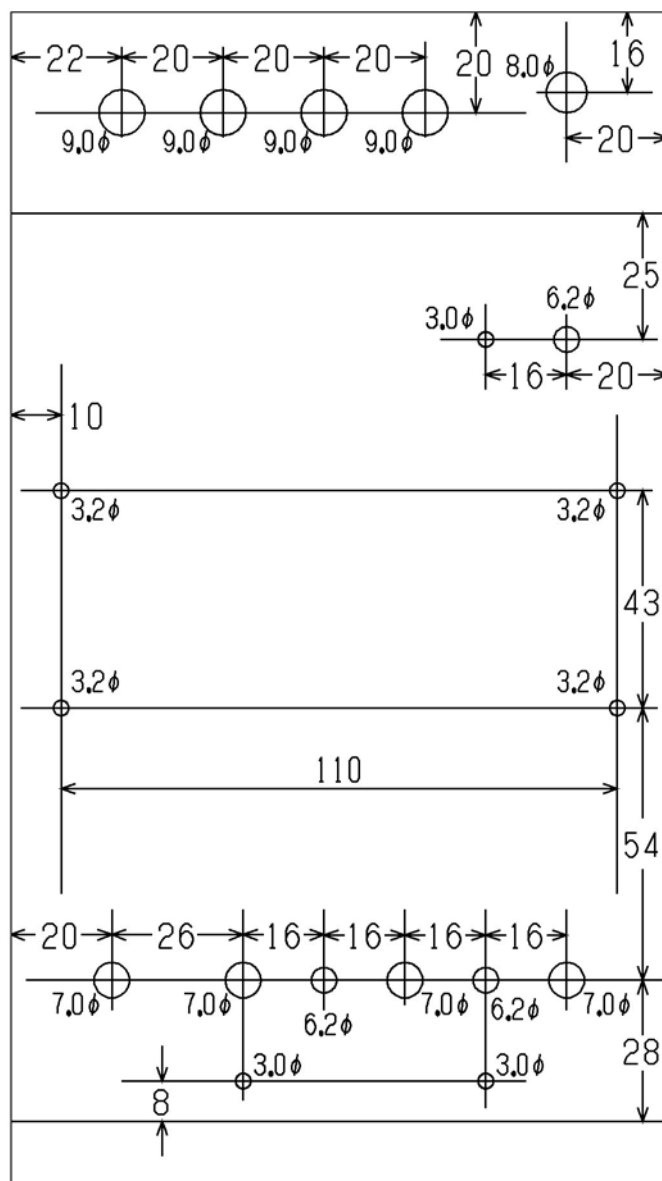
■ YM-180 の加工 ■

ケースの選択はかなり悩んだ。最後まで未練があったのは CU-2。それと、その先代に当たる LT 型（ディスコン）。しかし使い勝手を考えると、キーボードで使うならツマミ類はトップパネルにあったほうがいい。CU 型だと操作のために視線をいちいち下げることになる。

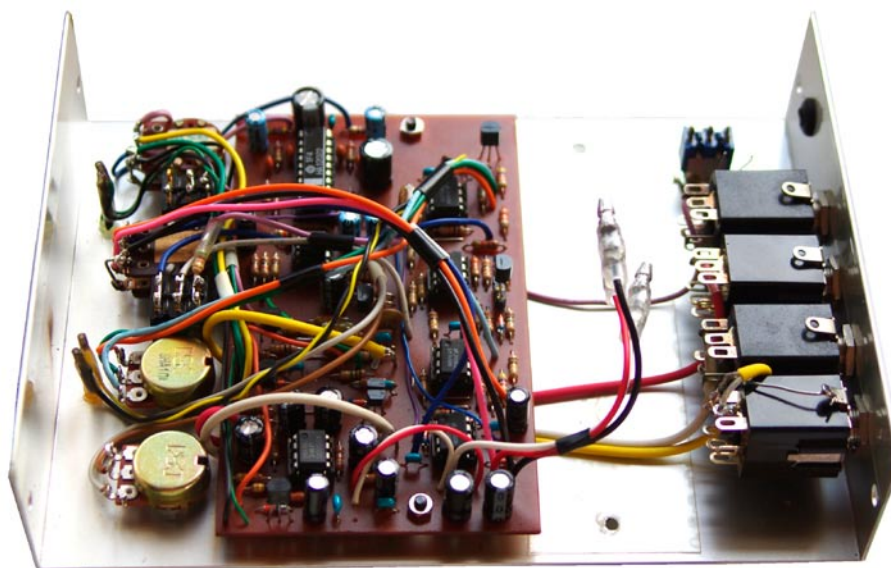
それで、安いものにもつられて YM-180 に決めた……のだが、少々捻破りの加工が必要になった。構成部材の一部をハンドニブラで切らなければ基板が入らないのだ。ひとつ大型の YM-200 ならこのような荒業は要らないけれど、いかにもでかい。この記事丸コピーする人はいないと思うが、もしいたらハンドニブラのガチャガチャを覚悟してほしい。右上がニブラで加工した底板。なにしろ横幅が 130 ミリのケースに、120 ミリの基板を入れるのだからこうなる。工作箇所には糸ノコは入らない。丸穴をたくさん開けてヤスリでつなぐ手もあるが、完成時には凸凹になってしまうだろう。つまりニブラでしか工作できない。左右とも、元々は 10 ミリあるフチを 5 ミリにするのだ。見えない場所だから仕上がりは気にしないでいい。

底板の工作はこれだけ。すべてのパーツは銀色の外板に付く。右が加工の参考図。フロント部分は加工しないので省略している。この加工に限らず、YM シリーズに穴あけする際は、買ってきたままのセロファンを被った状態ですべての穴をあけ、リーマまで終わらせるのがベター。いったん部材をばらしてしまうと強度が下がり、リーマを回した途端、ケース全体がよじれた、なんてことにもなりかねない。

全部の穴をあけ終わったらセロファンをはがして部材を取り出し、バリ取して仕上げておこう。



VOLUME VR
10kA 二連
EFFECT SW
2P トグル
DEPTH VR
100kB 二連
WAVE SW
3P トグル
SPEED VR
10kA
GAIN VR
100kB



AC ケーブル穴
SW
OUT2
OUT1
IN
モノラル SW 付

■ ケース内配線 ■

今回、結線図は省略。図 15 で間に合うと考えた。電源部もごく一般的なものだから、混乱する箇所や間違える場所はないだろう。

まずメイン基板から配線を始める。基板は 5～8 ミリのスパーサまたはネジカラーでケースから浮かせる。上の写真はメイン基板の配線が終わったところ。いつものように基板から配線材をモジャモジャと生やし、いっせいに配線先にハンダ付け。写真でもわかるように、同じパーツに行く線はまとめておくと間違いが少ない。私は熱収縮チューブを使っている（被せるだけで収縮はさせていない）。

リアのジャックへは、信号が通る 3 本はシールド線、スイッチへは普通のビニール線を使う。シールド線のうち入力 IN ジャックへの線は、基板とジャックの両方でアースを取る。つまり IN ジャックをアースポイントにしている。また、IN ジャックだけは、プラグが差さっていないときに信号をアースに落とせるよう、モノラル SW 付を使う。その他のジャックは、ホットだけつながればいいので、どんなジャックでも使える。OUT の 2 個のジャックではシールド線のアースを落としてはいけない。熱収縮チューブで固めて芯線だけを接続する。今回 3 個のジャックすべてにステレオを使ったのは、このタイプの手持ちジャックが増えすぎたため。（パーツケースの引き出しが閉まらなくなった）

SW への線は、パネル付きのトグルスイッチ端子からバラって持っていく。写真でもわかるように、リアへの配線はすべて基板前側から基板の下を通して。こうしておくとか何かトラブルの際に、基板を簡単に裏返せる。フロント側を蝶番のようにして基板が起き上がるわけだ。基板下を通る線は電源基板の下も通ることになる。そして、電源基板には 3 ミリのスパーサしか使えないため、基板下の線は、ジャックの真下までケースに這うように引き回すこと。少しでも張ってしまうと電源基板が 3 ミリより浮いてしまう。

このような小細工をしたからには、電源の 3 本の線をコネクタでつながないと意味がない。電源線を基板間で固定してしまえば基板は動かないから。で、何か都合の良いコネクタはないものだろうかとか箱を漁ったところ、PC の電源コネクタが最適と知った。ATA ドライブ用の 4 ピンのものだ。しかし今回はもっと原始的なギボシ端子を選んでみた。何故？ こっちの方が面白そうだから。ギボシ端子

にも大小があるようで、一番小さいのを選んでみたけれど、やはりかなり大きい。その代わり、さすがに電装部品で接触は非常に良い。本来は圧着用の端子だが、私は圧着した上をハンダ付けで固めた。（圧着には専用のペンチが必要。プライヤ等では力不足）

主基板側のギボシ端子にはオスを使う。信号や電力を送り出すほうがメス。ギボシ端子のルールだ。

ここまで出来たら電源基板と仮結線して、すべてが正しく動くかどうか確かめてもいい。

電源基板は 3 ミリのスパーサでケースから浮かせる。AC100V を扱う基板だから、3 ミリではちょっと怖い。本当なら、せめて 5 ミリは浮かせたい。でもトランスの高さから 3 ミリしか使えないのだ。ふたが閉まらないと困るでしょ？

そこで、基板のサイズより少し大きくプラ板を切って、ケース底面に基板の止めネジで共締めする。上の写真でもかすかにわかるだろう。この絶縁板で、まさかのときにも基板底面がケースに接触しにくくなるはず。プラ板はプラモデル屋やホームセンターで売っている厚さ 0.1～0.3 ミリの PET 素材でいい。耐熱性はないから、必ずケースに貼り付くようにすること。基板底面にくっつくのは NG。

プラ板の加工はとても簡単で、サイズに切ったら止めネジの位置にキリで穴をあけ、その穴を 4 ミリ程度まで拡大する。リーマは要らない。ピンセットをリーマ代わりに使おう。そうすると盛大にバリが出る。バリはカッターでそぐように切り落とす。

電源基板につながる配線は 7 本。まず電圧出力の 3 本（+、- と GND）にはギボシ端子を付けてしまう。パワーオン表示の LED に行く線が 2 本。そして AC 入力 2 本だ。次ページの写真でわかるだろうか。AC100V の 1 本は電源スイッチを経由して基板に入る。もう 1 本は直接基板に来る。使う AC ケーブルによって基板側の穴径は変わる。大体 1.5～1.8 ミリの間でどうにかなるはずだ。これは現物合わせで。

何より大事なことは、基板裏のハンダ付けのあまりをなるべく短く切っておくこと。基板下の空間が 3 ミリしかないことを忘れてはいけない。基板を浮かせている間は正しく動作するが、基板をネジで固定すると火花が出る、なんていうのは、きっと楽しくないだろう。



で、電源基板をネジで固定する。最後に LED への配線だが、マイナス電圧で点灯させるのだから、基板の GND から出ている線がアノードになる。この段階で LED を壊すのはとても悲しい。

フューズの容量は 0.1A で間に合う。これは計算してわかるものではなく（突入電流が不明なので）、ほぼアテカンで決める。要は、危険なときに切れてくれればいい。0.1 ~ 0.3A 程度の手持ちを使う。

3 本のギボン端子をつないで、端子の金属部分が完全にビニールで覆われていることを確認したら完成。

■ どんな音？ ■

想像していたより、遥かにマジな音だ。エレピを入れたいと思って作り始めたので、可聴周波数全域をリニアに通せるように心掛けた（と、書くほど大げさなことではないが）。信号系の回路のどこにもエフェクタっぽい要素、つまり「歪んでもいいや」の定数は使っていない。強いて言えば GAIN を上げすぎれば歪むだけで、これは使用上の問題だ。つまるところ、出音は HA12022 の性能だけにか

かっている。そして、これが結構良かった。シングルチャンネルで使えば業務機並なのは実証済みだが、デュアルチャンネルでも非常に素直な音だ。もしかしたら中級品の VCA モジュールより良いかもしれない。うん、これからは 2 チャンネルでも使うぞ。

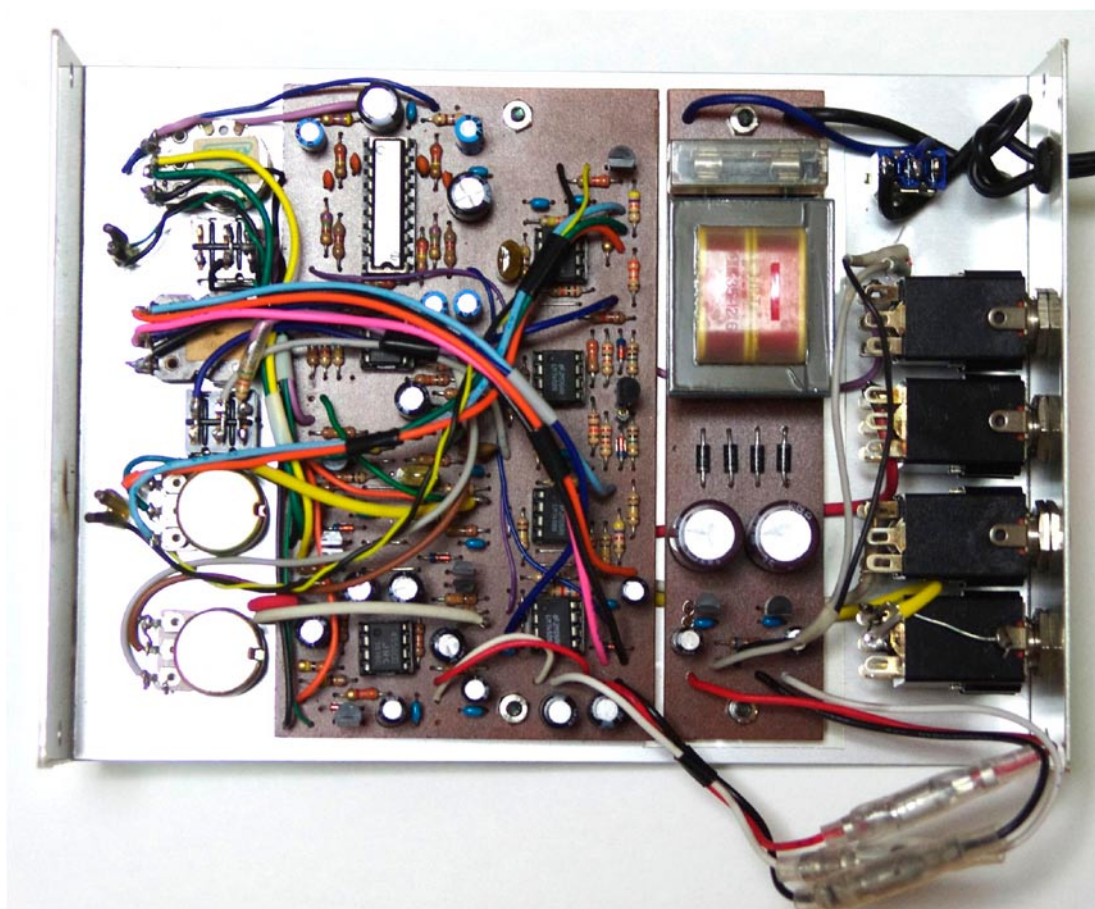
ノイズは「わからない」レベル。聴いてもオシロで見てもそうだが。信号系の構成自体が素直なので、残留ノイズは極めて小さい。楽器をつなげば楽器自体やケーブルで拾うノイズが支配的になり、これはかなりうるさいが、本機の入力をアースに落とした状態ではノイズなどまるで聴こえないに近い。

前述したように CV の信号系への漏れは、サイン波を選ぶ限り無いに等しい。三角波だとかすかにクリックが聴こえる。ということは、電源を通しての漏れは皆無であって、HA12022 内部でだけ CV の飛び付きがある、ということだろう。いかに HA12022 でも、三角波の頂上と谷の急激な DC 変化には追従できないのかもしれない。

考えてみれば、矩形波の角の部分や三角波の山谷では、そこだけ取り出せば、とんでもない高調波を大量に含んでいるわけで、それが IC 内でどこに飛んで行こうとも、まったく不思議はない。CV も人間もスクエアなのはダメだ。VCA の CV は波形の先を丸めるに限る。ちょっと丸くするだけでも効果は充分だとわかった。

今回、LFO の波形に三角波とサイン波を選んだのは、過去にステレオトレモロで良い結果が得られた経験があったから。松下の AN829 というマイナーな石を使ったトレモロで、三角波を台形波まで丸めてみたところ、CV からのフィードスルーが激減したのを憶えている。音像の左右移動も三角波のように淡泊ではなく、波がうねる感じだった。それに近い効果を今回も狙った。

LFO のスピードを速くしてしまえば三角波とサイン波の違いは小さくなる。でも、ある程度遅いと両者の違いはハッキリわかる。どちらが好きかは好みの問題だろう。



■ 使い方など ■

改めて書くほど難しくはない。INPUT に楽器を、OUT1 と 2 からアンプやラインにつなぐ。SW にはフットスイッチなどの外部スイッチ。DS-008 のようなオルタネートタイプをつなぐのが普通だけれど、踏んだときだけオンになるモメンタリーなら、踏んでいる間だけトレモロがオンになる。この辺はご自由に。なお、外部スイッチを使うときにはパネルのトグルスイッチを THRU にしておく（スイッチがバラで入っているから）。

モノラル出力のときには OUT の 1 か 2 だけを使えばいい。充分美しいトレモロになるのは保証する。

GAIN で少し大きめの信号にして（上げすぎれば歪むが、それは邪道）、SPEED でトレモロの速さを決め、DEPTH でかかり方を調整する。深くかけると音量は小さくなるので VOLUME で補正する。EFFECT のスイッチが THRU だと原音が出る。それとトレモロ音の音量が同じになるように（違って構わないが）VOLUME で調整し直せばセッティング完了。

私のエフェクタの多くがそうであるように、ツマミ全部がフルテンなんていう使い方は出来ない。ツマミは最大にするものではなく、動かして最適位置を選ぶものだ。そして、ひとつを動かすと他のツマミも動かすことになるだろう。

使ったパーツは、HA12022 を除けば、すべて簡単に手に入るものばかり。高精度パーツ、高価パーツは使っていない。そうは言っても、HA12022 の入手法が限定されるので、面倒臭いといえば面倒臭い。でも、こればかりは仕方ない。ディスコンにして後継品種も作らなかった日立を恨もう。

ケースは各自の使用状態に合わせて何を使ってもいい。そもそも基板を 2 枚に分けたのは、どんなケースにも入りやすくするためだった。今回はそれを能もなく並べて配置しているだけのこと。少し工夫すれば床置き・フットスイッチ付きにもなる。

とりあえず、図 15 のバラックまで作ってみて、音を聴きながらどうするか考えるのも一手だろう。

このエフェクタの名前は FLUCTUATOR、日本語だと「揺らがせ器」だろうか。Fluctuation という語は、意味合いとして上下変動のイメージが強い。しかし「ゆらぎ理論」では、特に上下だけでなく左右も斜めも全部含んだ言葉として扱われている（と思う）。しかも振り子のような単純な反復振動だけではなく、『計り知れない』振動もひっくるめて扱っている（と思う）。このエフェクタでは音像は左右にしか揺れないが、出来ることならもっとブツ飛ばないかな、という期待を込めて命名した。エレハモのフレクシーアナライザよりはまともだと信じる。

揺らがせ器の第二弾もなんとなく妄想している。3080 系統の石はどうにも好きになれないので（許容入力の小さは冗談とは思えない）絶対に使わない。今ボーッと想像しているのは「570 シリーズは使えないかなあ」というあたり。考えようによっては、あれだって VCA になる。572 は入手しづらいにしても 570、571 ならまだ現行品のようだ。出力部オペアンプのバイアスが 1.8V なので最大出力は 3.6Vp-p になる計算（ロスがなければ）。RECT IN に直流を入れたらどうなるか？ これは試してみる価値はある。

でもその前に、家のどこかに隠れているヤマハの FM 音源シンセを探さねば。スーツケースピアノの再現に挑むのだ。



主要パーツリスト

【メイン基板上パーツ】

トランジスタ

2SC1815 × 2、2SA1015 × 1、2SK30AY または GR × 6
ダイオード 1S1588 互換品 × 7

IC 1458 × 4、4558 × 2、HA12022 × 1

IC ソケット 8ピン × 6、20ピン × 1

抵抗 (1/4W 型 5% カーボン)

150 Ω × 1、470 Ω × 3、750 Ω × 2、1k × 4、1k1 × 1、
2k × 2、3k3 × 3、3k6 × 1、4k7 × 2、8k2 × 2、
10k × 6、11k × 1、33k × 2、47k × 1、91k × 1、
100k × 22、330k × 5、470k × 1、1M × 6

コンデンサ

セラミック 10p × 2、15p × 2、470p (471) × 1

積層セラミック 0.1 (104) × 14

マイラ 0.1 (104) × 2

電解 (耐圧は 25V 以上)

1u × 1、10u × 5、100u × 4、470u × 2

無極性電解 (耐圧 25V) 22u または 10u × 5

【電源基板上パーツ】

三端子レギュレータ 78L15 × 1、79L15 × 1

ダイオード 10D-1 相当 (1N4007 等) × 4

トランス SEL PK-30007 × 1

抵抗 (1/4W 型 5%カーボン) 3k6 × 1、

積層セラミック 0.1 (104) × 2

電解 (耐圧 25V 以上、35V がベター)

1u × 2、2200u または 1000u × 2、

フューズホルダ 基板付け型 × 1

フューズ 0.1A ~ 0.3A × 1

【ケース付パーツ】

ケース タカチ YM-180 × 1

LED (3 φ) 赤 × 1、黄 × 1、緑 × 1、

VR (16 φ)

10kA × 1、100kB × 1、10kA 二連 × 1、100kB 二連 × 1

VR 用ツマミ × 4

小型トグル SW (耐圧 125V) 3p × 1、2p × 2

ジャック (箱型がベター)

モノラル SW 付 × 1、形式不問 × 3

AC ケーブル (プラグ付) × 1

ゴムブッシュ × 1

0.1t ~ 0.3t のプラ板 30 × 120 以上

3M ビス (12 ミリ長) × 4、3M ナット × 4

ネジカラー (3M ビス用) 3 ミリ × 2、5 ミリ × 2