



シンプルな BBD エコー
石が手に入ればコピー可

JUST ECHO



JUST ECHO

何の変哲もない BBD エコー。
これならコピー可能かも。
eBay に IC が出ているのを発見し、
製作記事ノリで紹介します。
石が手に入ったら作ってね。

■ やっぱ緑茶は旨い ■

この際 BBD モノを精一杯作ろうと、去年暮れから怒涛の進軍。一気に 4 機種を完成させた。使うアテもないのに、我ながらアホである。最初の 1 台は既にお見せした。残りの 3 台はゆるゆる書くとしても、どうも落ち着かない。何が？って、ラインナップの 4 台は、どれもマトモな音楽に使えるエフェクタではなさそうだから。こらでひとつ「楽器用エフェクタ」など作ってみたい。こってりした油料理のフルコースでも、最後は緑茶がいい。

緑茶とは、音楽にちゃんと使えて製作も簡単な MN3005 ディレイ。とにかくシンプルに、心地良い音を出したい。回路も重厚長大はやめて最少の素子数でコンパクトにまとめる。電源は 9V 単一にして電池駆動も OK にする、というのが方針。要するに楽器用小型エフェクタ。人は、生まれた場所に帰ってくる、とは、アポロンの地獄のテーマだった（パゾリーニの映画です）。

最少の構成とはいっても、音を犠牲にするのは論外だから、コンパンダは使いたい。すると図 1 のブロック構成が考えられる。ね、私にしては無駄な「お飾り」が無いでしょ？ この図を描いていて、もしかしてオペアンプはクアド 1 個で間に合うのではないかと気付いた。2 個の LPF とヘッドアンプ、最後のミキサで、ちょうど 4

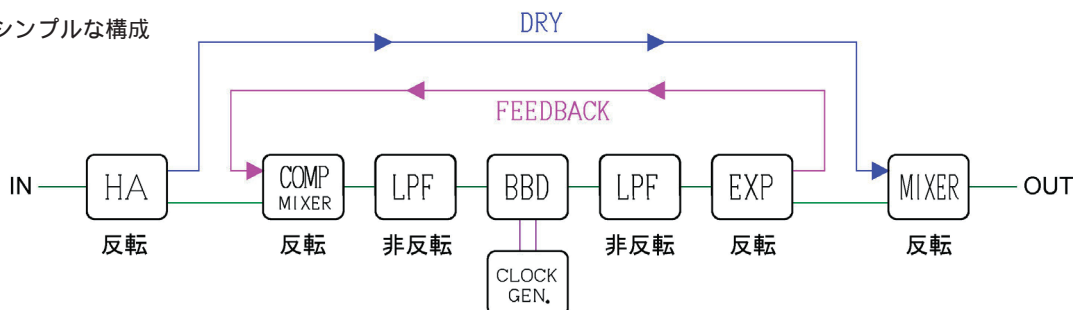
個だ。アタマから 2 番目のブロック、コンパンダをミキサとしても使っているのでオペアンプが 4 個で済む。571 だから可能なワザだ。詳しくは後述しよう。

図 1 の構成で行くなら、オペアンプが 1 個、コンパンダの 571 が 1 個、それと BBD とドライバで、IC は合計 4 個で収まる。なかなかスリムではないか。回路の規模としてはファズ 4 台分くらいで、どこかすがすがしい気分になる（いつもワケわからん機材ばかり作ってる反動だなあ）。

ところで、BBD や 571 はもう手に入らないのだろうか？ ネットで検索すると、予想通り正規の販売店にはほとんど無い。だが eBay には多数出品されていた。ドライバの 3101 もある。しかも安い！ MN3005 が 12 ドルくらいから、571 と MN3101 は 2 ドル程度だ。まあ、571 を「4096 段ディレイライン」と説明してあったりして、売り手が素人なのは怖いけれど、入手は不可能ではないと判断した。まさか 2 ドルの IC で型番を書き換えたりしないだろう。3005 は私が持っている松下製とは違う印字でマークも異なり、OEM 品とのこと。出品されている 3005 は全部そうだった。もしかして全部ニセモノ？ そりゃないでしょう（と思いたい）。

なので今回はコピー可能な製作記事として書きます。BBD エコーを作ったことない人も、気が向いたらコピーしてください。

図 1 最もシンプルな構成



■ 仕様と IC ■

奇抜なことはいないと決めたから、仕様もごくシンプルにする。松下さんのカタログ通り、遅延時間は約 20ms ~ 200 m Sec だ。そのためクロックは、これまた推奨動作の 10kHz ~ 100kHz を目指す。しかし短いディレイはあまり使わないと思うから、クロックの上の方は出たとこ勝負。しかし、下の 10kHz は死守する。

そうするとフィルタの周波数は、最低クロックの 1/3 で 3.3kHz になる。低すぎる感もないではない。だけどみなさんは、正しく動いている 3.3kHz のフィルタの音、聴いたことありますか？ ギターなら (Vo でも) 充分な音になります。ここは信じましょう。

唯一のアクセサリとして、トゥルーバイパスを使って、エフェクトオンの LED を付けることにした。占有基板面積も小さいことだし、消費電流は 3mA 程度、このくらいの余裕は許そう。

フィードバックは、もちろん発振まで持っていく。しかし、いきなりガーッと発振するのは下品だから、なるべく長くループを繰り返して、果ては発振に至る定数を選ぶ。そして、いったん発振を始めると、それを止めるにはツマミを絞るしかなくなるので、発振停止のためにスイッチを 1 個使うことにした。このスイッチは、通常の使用時には一発エコーとループエコーの切り替えに使える。

原音とエコー音の音量バランスは取る方法は、エコー音を一定レベルにしておいて、原音のミクスレベルを変えることにした。完成機では DRY MIX というツマミ。これと VOLUME の組み合わせで任意の音量割合を作れる。

以上が大体の仕様。なにしろシンプルかつミニマムが身上。あまり考えすぎると、余計なアクセサリが回路の各所から菌糸類のように生え出し、規模がどんどん大きくなりそうだから、気分のいいところでさっさと作ってしまおう。

と、走り出そうとしたらいくつか疑問が……。各 IC の動作仕様に関することだ。それらを書くついでに、使用 IC の説明などにも触れておこう。

クアドのアペアンプには、ピン配置が標準 (?) なら何でも使える。私は手持ちから NJM2060 を選んだ。これは NJM4560 のクアド版で、重い負荷をドライブする能力に優れている。音質は 4558 系列。4558 より雰囲気だけ低域が重いような気がする (個人の感想です)。上が 3.3kHz で切れるエコーにはちょうど良いかもしれない。この他、NJM2058、074、安く仕上げたいなら 324 でも OK。IC を換えても、人が言うほど音は変わらない。

BBD には MN3005 を使う。ディレイタイムが半分になってもいいなら (それでもエフェクタとして充分に実用になる。保証しよう)、MN3008 でもいい。そのまま差し替え可能だ。差し換え後、半固定を最調整する必要はあるが。

BBD ドライバには、松下さんご推奨の MN3101。LFO で揺らさず、単にクロック発生としてなら、何も考えずにこの石でいい。

さて、ここで不安が芽を出した。カタログやアプリケーションノートに書いてある MN3005 の電源電圧は 15V ばかり (実際は -15V になっていて、時代を感じさせる)。普通の IC なら「動作電圧範囲」が公表されているのに MN3000 シリーズには無い。9V でも動くの？ メーカー製のエフェクタは平気で 9V 動作させているから、動くことは動くのだろうが、どんなデメリットがあるのだろう。

いつもはハス見るカタログデータの各種グラフを眺むと、電源電圧 8V からのデータが載っていた。松下さんでは、少なくとも 8V 動作までは試したということで、それなら 9V でダメなわけがない。

ちょっと安心した。ただ、グラフから読み取れる動作特性は、15V 時に比べて多少劣っている。みなさん気にする？ 私はどーでもいい。そもそも、3005 の S/N を 75dB と書いているデータシートだ。クロック漏れが無ければそうなるのだろうが、実際はいやはや……。些細な数字を信じてしまわない。

ドライバの MN3101 は動作電圧が 8V ~ 16V と公表されていて、9V なら問題なく動く。バイアス用の 14/15Vcc という厄介な電圧 (本機のような正電圧仕様なら 1/15Vcc) を作る以外はデジタル石なので、電圧が変わっても何の支障もないのだろう。

結論として、3005 と 3101 は 9V 電源でも大丈夫、ということだ。さらに、もしも 3101 が入手できないときには、低電圧用の 3102 もほぼ同じに使える。3102 の電源範囲は 4 ~ 9V。松下さんもこの辺は考えていたようで、電源が 9V ならいろんな BBD とドライバが使用可能になる。まあ、低電圧用 4096 段 BBD の MN3205 は、データだけあって実物を見たことないので、絵に描いた餅だが。

コンパンドの NE571 (SA571) は、データシートを読んでもさっぱりわからない石。というか、その文章が、読んでいる途中で理解を放棄したくなる書き方なのだ。先代の NE570 もまったく同じ (同じ文章だから)。データシートを書いた人の熱意と、非常に実直な人柄は伝わってくる。同時にこの人、モノゴトを整理して他人に伝える能力に欠けていると断言できる。しかも英文だ。多分、日本語に訳しても、どこがキモなのかわからない文章になるだろう。

私の解釈では、要するにデータシートの最初の方に出てくるブロックダイアグラムがすべて。入って来た信号のレベルを検出するレクティファイア、その結果で抵抗値を変えるゲインセル、それにオペアンプが内蔵されている。たったこれだけのこと。オペアンプを単一電源で働かせるための Vref というバイアス用 1.8V 定電圧源もオマケで付いている。これだけ知っていれば、あとはアテ勘で何とかなる、ということを使い始めてずいぶんたってから理解した。

内蔵オペアンプは 741 クラスだからオーディオ用途には力不足と思ったのだろう、次世代の NE572 では内蔵されておらず、外付けのオペアンプを使う仕様になっている。でもエフェクタには不便だ。

下の図 2 は 571 のオペアンプ周辺を抜き出したもの。反転増幅回路だ。反転入力から直に INVERT という端子が出ている。ここに出力からフィードバックをかけるのが普通の使い方。また、ご丁寧にも 20k の抵抗を内蔵していて、その端子が R3。つまり 20k は、いわゆる Rs に当たり、実装時に外付け抵抗が 1 本省略できる。

INVERT には帰還抵抗をつなぐだけでなく、R3 と同等の抵抗を介せば別の信号も入力できるはず、と気付いた。やってみたら見事に成功で、図 2 は等価回路ではなく内部構造そのものだとなった。571 をミキサにも使えるとディスコン間際で知ったのだ。こういう肝心なことを、どうしてアプリケーションノートに書いてくれなかったのだろうか。シグネティクス、恨むぜ。

図 2 571 のオペアンプ

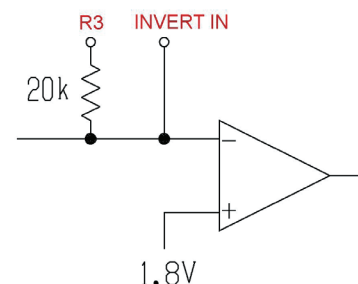
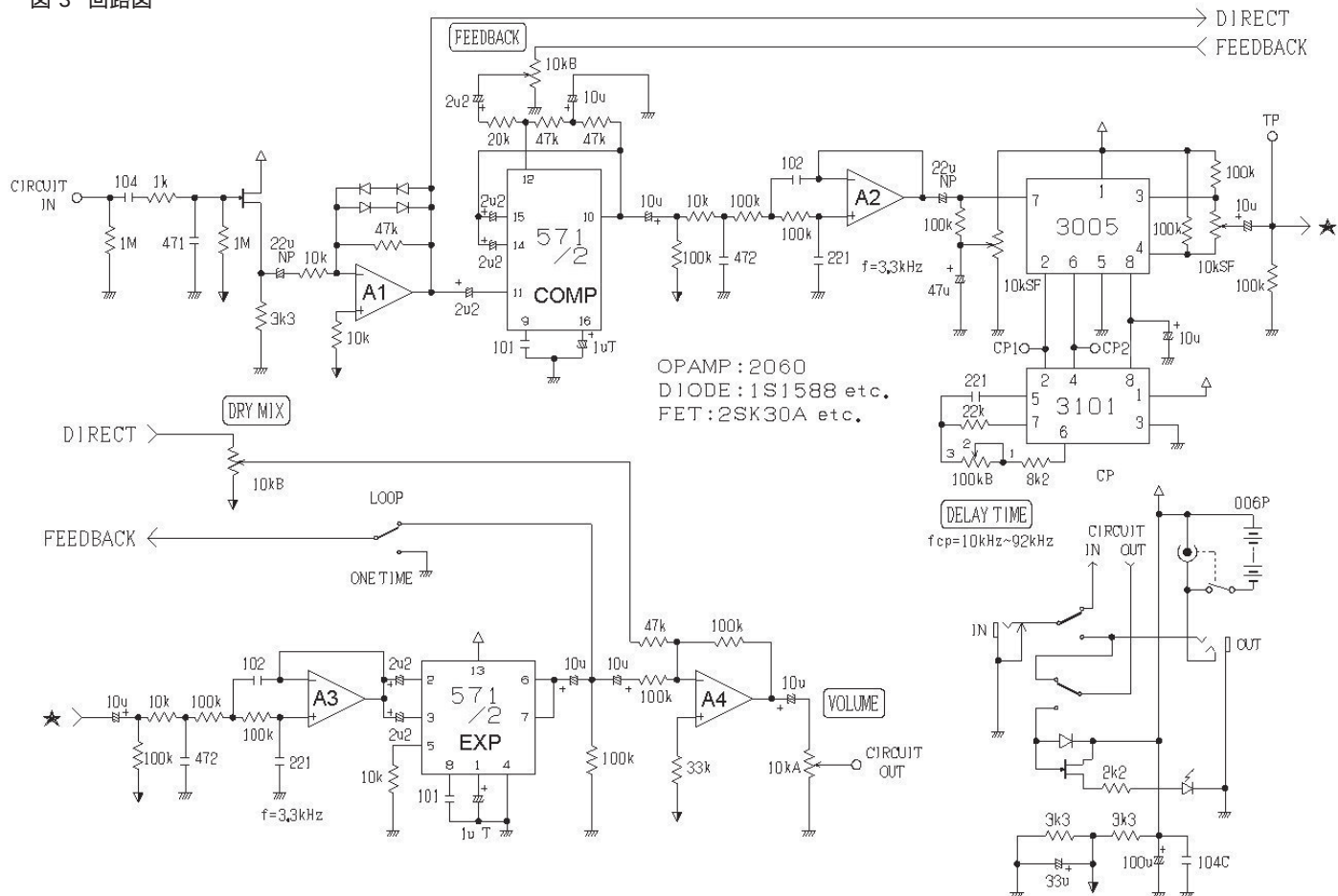


图 3 回路图



回路

図3が全回路。ブロック図と同じ流れだ。簡単にアタマから説明しよう。

入力段 (A1) を反転増幅にしたのは、DRY 音がこの段と最後のミキサ (A4) しか通らないため。入出力を同じ位相にするなら、A4 が反転なので A1 も反転にするしかない。でもそれでは A1 の入力インピーダンスを高くできないから、まずは FET のバッファで受ける。FET には 2SK30 など、ほとんどの品種が使える。

A1の帰還には逆向きにダイオードを入れて、リミッタ動作もさせている。両方向ともシリコンダイオードの2本直列。これで波形の上下、両方とも、波高値1.4V程度に抑えられる。帰還にダイオードを入れるのはオーバードライブでよく見る回路だが、ここでは歪みを発生させることは考えていない。結果として過大入力では歪んでしまうとしても、ここは単純にリミッタと考えている。

また 571 の話になるけれど、データシートには書いていない特徴がある。571 のコンプレッサに石が扱えないほどの大入力に加わるとどうなるか？・・・発狂するのだ。コンプレッサ動作を放棄してスルー状態というか、何でも通る大通りになってしまう。そんな信号が BBD に入ったら困るから、事前にリミッタをかけることにした。波高値 1.4V は 1Vrms。571 は常に正常に働くはずだ。コンプレッサの前にレベル調整用の VR が無い本機のような回路では、やはりリミッタは付けておいた方がいい。

A1 のゲインは約 5 倍。200mV までの入力なら歪まない計算に

なる。これはギターの出力を考えて決めた。もしもベースなど、もっと出力の大きな楽器をメインに使うなら、増幅率は下げた方が無難。帰還に入っている47kを22k～10kに小さくするだけだ。

次のCOMP段は前項で触れたミキサ回路にもなっていて、エコー音をここに戻し、フィードバックをかけている。フィードバック用の入力抵抗は20k。鳴らしてみても決めた値だ。偶然にも571内部の抵抗と同じになった。もっとハデに発振させたいなら15k～18kにすればいい。発振させたくなければ47kがお薦め。とても上品なフィードバックになる。

A2はLPF。後段のA3もまったく同じ定数だ。フィルタ周波数は3.3kHz、特性はバターワースで設計した。3段のフィルタだから18dB/octの遮断特性。コンパンダと併用する前提なら、このくらいの切れ方でいいだろうと、気分で決めた（ビンゴでした）。

このフィルタを設計したとき、とんでもない間違いをやらかした。私は「1000p・160k」と憶えている。1kHzの時定数のことだ。これを基にいろんな周波数のフィルタ定数を決める。今回は3.3kHzだから1kHzの3.3倍にすればいいのだ、とボーッと思い込んでしまい、「3300p・160k」を基準にしてしまった。ver.3のフィルタの設計を読んでくれた人には、もう間違いがわかるだろう。掛け算ではダメ。 $f=1/(2 \pi R C)$ で、CもRも分母に入る。だから割らなければならなかった。正しくは「300p・160k」であるべきだった。

間違いに気付かず基板を組み上げ、1kHz サイン波を入れてフィ

ルタ出力をオシロで見ても、あれっ、何も出てこない。どうもヘンだぞ。オシロの感度をむっちゃ上げて行くと、すごく小さくなった1kHzサイン波らしきものが、ほぼノイズレベルで見える。発振の兆候も無く、とても安定している。ICも熱くならない。どーして？

こういうトラブルが一番厄介。自分では正しい設計をしたと信じているのに違った結果が出ている。そして、結果は紛れもない現実だ。試しにICを差し換えてみる。結果は変わらない。もしかして俺のせい？と思ったのは30分後で、念のためと思って定数の再検討をしてみた。RとCそれぞれの幾何平均をとり、周波数を計算すると、ありゃ、1桁違うじゃん。fc = 300Hzなら1kHzは通らなくて当然。フィルタは絵に描いたように美しく働いていたのだ。オペアンプ君、キミを疑った私が悪かった。

最初に計算したメモを出してみると3.3を掛けている。馬鹿だね俺は。改めて計算し直し、間違えたRとC、合計12個(A3の分も含む)を取り替えたら、1kHzサイン波はきれいに通った。やはり自分を信じちゃいけないんだ。最初に疑うべきは自分だった。で、以上の他には表立ったトラブルはなく、現在も順調に動いている。

BBDの3005周辺は、ほぼ松下さんのアプリケーション通り。出力側にも半固定を入れているところがデータシートとは違う。前作VIB CHORUSでも、ここに半固定を入れた。できれば調整が必要な回路にはしたくないのだが、BBDにはどうしても半固定が要る。コトのついでに説明しよう。

まず入力側の半固定、基板上ではSFVR1。これはBBDを通るアナログ信号の中心電圧、つまりバイアスを決める。信号が小さなきには多少ズレていてもいいが、1Vなんていう制限いっぱい信号だと、波形の上下が非対称に歪んでしまう。波形の上下が同時に歪み始めるようにセットする。ただ、回路図を見ればわかるように、47uのコンデンサが入っているため、こいつが電気を溜め込んでいて、半固定を回してもバイアス電圧はウニョ〜としか変化しない。少しずつ回すのがセッティングのコツだ。なお、最適なバイアス電圧はBBDの石によってバラツキがあるようで、複数のBBDを使うときには1個ずつ半固定で決めてやる必要がある。

後ろの半固定、基板上のSFVR2は、プリケーションでは固定抵抗2本になっている。リクツではそれでもOKなのかもしれない。そもそもBBDの出力は(MN3011以外は)最終段とその次の段から取り出されている。3005なら4096段目と6097段目から取り出し、二つの波形がピッタリ重ね合わせるようにバランスを取る。それがこの半固定だ。二つの波形は時間的な微差があるだけで、本来はつながっているものだから、単純にミクスしても構わないはずなのだが、実際は微妙に違う。単に固定抵抗でバランスさせると、出力波形は二重になってしまう。これは後段のフィルタで解消され、きれいなひとつの波形になる。でもねえ、できることならここで片付けたい。気のせいかもしれないが、ここでバランスを取った方が、音もクリアな気がするのだ(あくまでも個人の気分的な感覚です)。

これら2個の半固定の調整は、オシロでTPのポイントを見ながら行なう。だから基板の「TP」には、抵抗リードのあまりを立てておくことを薦める。オシロがない人は……後段の半固定は中央でいい。前段の半固定は、音が聴こえるようにして、ギターでコードを切ったときに歪まないようなポイントを探せば、実用上はまずOK。

MN3101に移ろう。私の記憶では、最初のBBD、MN3001が発表されたときには、まだこのドライブは無かった。少しして長時間ディレイの3005などが出来たのと同時に、ドライブの3101が登場した、と憶えている。主な機能は、まずBBDに与える二相クロックパルスを作り出すこと。それと電源電圧の1/15のクロック

系のバイアスを作ること。まあ便利な石ではある。これ無しでクロックを作るにはCMOSか何かでマルチバイブレータを組んで、それをフリップフロップかNOTゲートで二相にしなければならない。あまり面倒ではないけれど基板は大きくなる。BBD回路で3101系ドライブは必須ではないが、小さく組みたいなら使うべきだろう。

3101には制限があって、ドライブ可能なBBDの段数は8192段、3005なら2個が限界になる。BBDの入力容量(コンデンサ的要素)が大きいため、あまり多段になるとパルスが鈍ってしまうのだ。今回は3005が1個の4096段だからだけなので安心して使える。

このドライブが一番イヤなのは、パルスの発振周波数を決める式が公開されていないこと。データシートには「定数例」が載っているだけで、浮世離れた周波数範囲で書かれている。さらに、発振周波数はCとRの時定数で決まるという、なんとも役に立つ有用な説明が付く。つまり、発振周波数は試して決めろ、ということだ。

関係するのは3101の5〜7番ピンにつながる抵抗とコンデンサ。図3の回路では220p、22k、8.2k + VRに相当する。定数が2個なら文句は言わないが、3個だとたんにわからない。仕方がないから7番ピンの22kは動かさず、その他の定数を変えながら、クロックが10kHz〜100kHz近くになるように実験して決めた。

220pは発振周波数全体を上げるか下げるかを決める。大きくすれば周波数が低くなるのはフィルタと同じ。それで、220pのときにクロックを10kHz(最長のディレイタイムが得られる)にするには、6番ピンの抵抗を8.2kと100kVRの直列でいいとわかった。ただし、使ったVRが秋月出身なので、多分100kΩではなく、95kΩ程度と推測する。アルプス製など、マトモなVRを使う人は、直列の8.2kを少し小さくする必要があるかもしれない。もちろんこのまま作っても、ディレイタイムが多少長くなるだけで、動作に支障はない。

VRを絞って、7番ピンの抵抗が8.2kだけになたとき、発振周波数は約92kHzだった。もちろんこれで構わない。というのは、このときのディレイタイムは約22mSec、一番短い状態だからだ。みなさんがほしいのは50mSec以上の長いディレイでしょ？短い方はそれほどシビアではないと思う。8.2kを7.5kや6.8kにすれば20mSecまで使えるようになるが、同時に長い方が縮まって200mSec以上のディレイではなくなってしまふ。

ん〜ん、いつもながらゴチャゴチャと書いている。こりゃ随筆だな。我、技術随筆のジャンルを確立せり！(冗談です)

次のA3のフィルタはA2とまったく同じ3段のバターワース。メーカー製の機械では、ここに5段のchebyshevを使っているものが多い。どうしてだかわからない。音が悪くなるだけだ。3段だと役不足なのだろうか？いや、絶対にそんなことはない、と言い切ってしまう。ただしコンパンドを使う前提ではある。フィルタの設計が適切で、クロックを10kHz以下に絶対に下げないなら、今回のフィルタで耳に聴こえるクロック漏れは無い。偶然間違えて、フィルタ周波数を300Hzにしたときに、1kHzの信号はノイズレベルまで小さくなった。ということは、3.3kHzのフィルタなら10kHzの信号をノイズレベルまで小さくできるということだ。失敗もデータの一部。転んでもただでは起きない。

エキスパンダ(図ではEXP)はごく普通の回路。この出力からフィードバック用の信号をコンプレッサに戻している。戻すループの途中には、お約束のVRが入り、ついでにフィードバックを完全にカットするスイッチも設けた。このスイッチは要らないといえは要らない。VRを絞れば済むからだ。しかし、演奏中にフィードバックの発振を一瞬で止めたいこともあるだろうし、いつもは一

発エコーで使っていて、いきなり発振モードにしたいこともあるかもしれない。奏法上の利便性を考えてスイッチを入れてみた。あるいはこのスイッチをフットスイッチにしたらもっと便利かもしれない。その辺は自作機材、各自で考えて仕様を決めてもらいたい。私は、とりあえずスナップスイッチにしておいた。

最後のA4は原音ミクスを兼ねた送り出しバッファ。A1からの原音(DRY)をディレイ音にミクスする。ここで考えるべきは、どうやって原音とディレイ音のバランスを取るかだ。それぞれにVRを割り当て、最後にMASTERを付けければ、一目瞭然、使いやすくなる

だろう。しかし音量関係でVRが3個というのはケース内が狭くなるだけ。そこで、ディレイ音の音量は一定にして、DRYのレベルを変えられるようにした。DRY MIXのVRフルテン時には、DRYがディレイ音より大きなレベルで混ざる。ここで自由にバランスを取り、VOLで音量を決めればいい。

VOLは、手元に10kAが袋いっぱいあるので使った。もちろんBカーブでもOK。

ミレニアムバイパスはいつもの回路。図面にすると大きいけれど、基板上の面積はとても小さい。FETは何でも使用可。

図4 プリントパターン

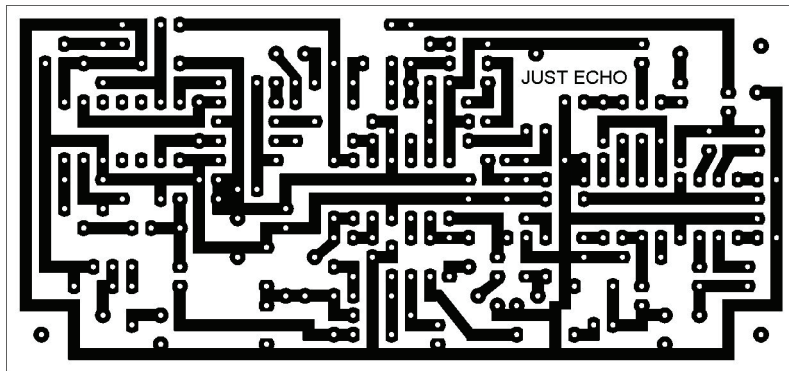
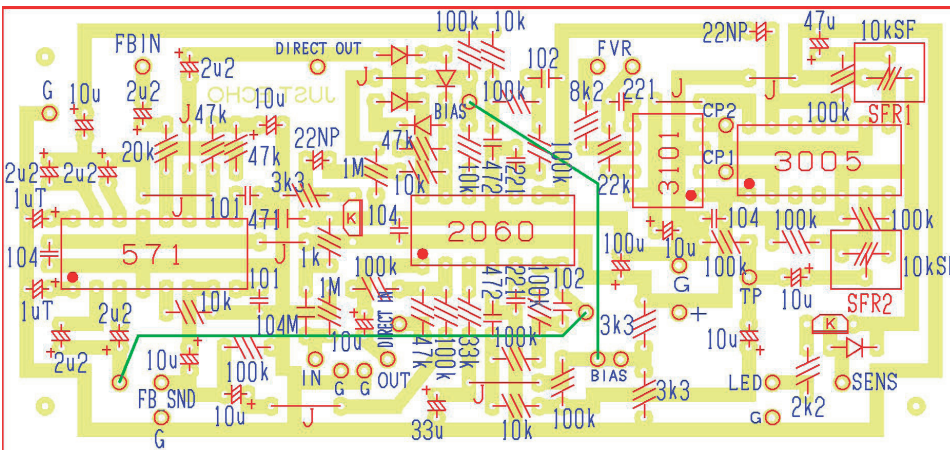
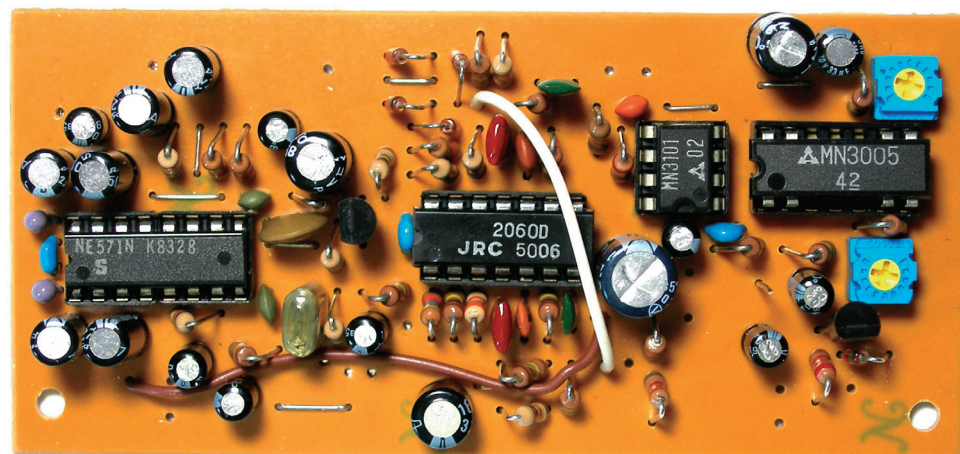


図5 パーツレイアウト



ICにはすべてソケットを使用。2060はクアドならほとんど全部差し替え可。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0.047~0.1u。Jはジャンパ。2本の緑の線は長いジャンパ。半固定のSFR1はBBDの前、SFR2はBBDの後のもの。TPとCP1,2(下の写真にはない)に、抵抗リードのあまりを立てておく。



■ 基板 ■

基板サイズは4.1×1.9インチ(105×49ミリ)。もっと小さくしたかったが、クアドの周りが大混雑で、これ以上は縮まらない。ご覧のように抵抗とダイオードは立てて取り付ける。ジャンパも遠慮なく使った。

カラーのPDFなので、裏抜けのパターンを黄色で表わしてみた。ウチで印刷するときれいに出たけれど、諸君はどうだろう。ご意見等求めます。抵抗のシンボルも変えてみた。以前のオタマジャクシ型はCAD上で多少の問題があったからだ。それに、ずーっと同じだと飽きるし。

3005の変態8pinには14pinのソケットを使う。ソケットの使わない脚も基板にハンダ付けしておくことを薦めよう。ハンダ付けしないのなら切っておく。

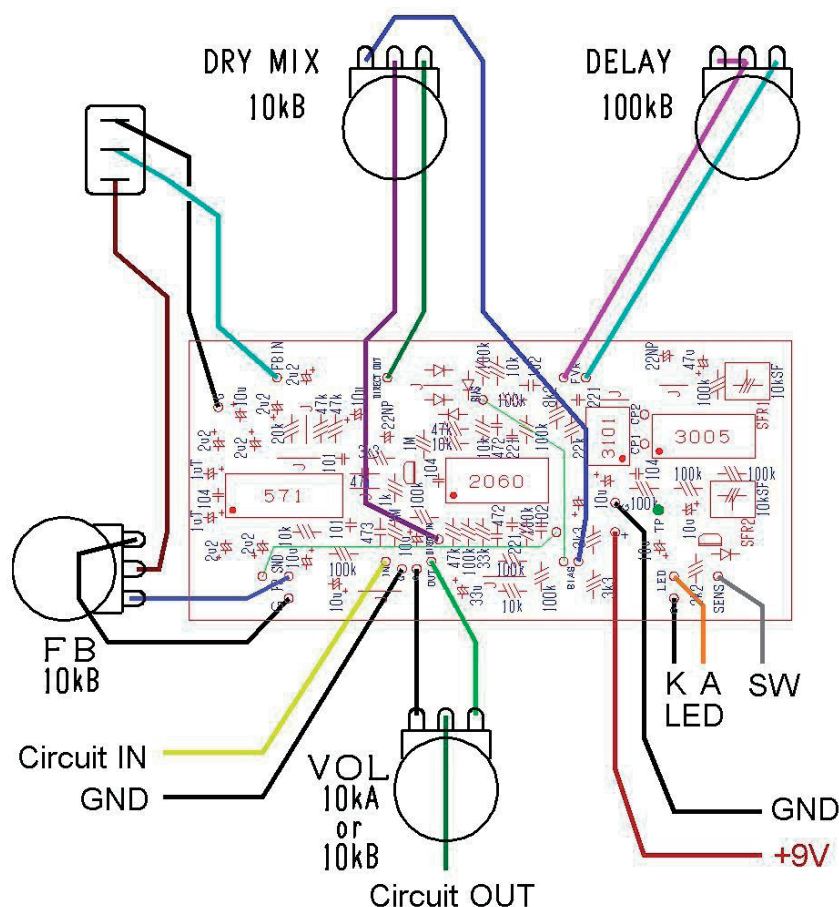
ケースへの取り付け穴は3箇所用意した。使う箇所だけ穴あけすればいい。

そうそう、大切なこと。電解コンデンサの耐圧は、すべて16V(以上)。手に入るなら直径4ミリ程度の超小型品が使いやすい。しかし基板パターンは汎用品に合わせて設計しているので、必須というわけではない。

例によって、金皮抵抗とか105度電解とか、ポリプロピレンコンデンサとか、高価なパーツはいっさい不要。全部セラミックでも構わないのだ。2060周辺のフィルタ用パーツにしても高精度は求めない。3.3kHzあたりからズルズル落ちればいいだけで、fcが10%違ってても誰も文句は言わない。そんなことより、ハンダ付けを1箇所ずつ確実に決めるのが先だろう。鳴らなきゃ意味ないし。

抵抗の縦付けが嫌いな人もいるかもしれない。基板を小さくするためなので我慢してほしい。ご利益はしっかりありますよ。

図5 結線図1



■ 基板動作チェック ■

図の描き方を ver.3 より少し簡略にさせてもらう。上の図5は基板動作チェックの図であるとともに、ケース内結線図としても使う。VRの位置がケース実装時と違うが、接続先は同じだ。

基板のチェックは図5の通りに VR とスイッチをつないで行なう。ただ、ミレニウムバイパスは、あまり間違いようがない箇所なので省略しよう。LED への2本の線と、図で「SW」としてある線はつながなくても構わない。基板から出す配線材は各10センチでいいと思う（短かったら付け直してね。ごめん）。

Circuit IN が信号入力、Circuit OUT が出力になる。出力側のアースは用意していないので、どこか適当なところから取り出す。図で黒い線はすべてアース。

まず VOL をフルテンにする。DRY MIX もフルテンにすると原音が聴こえるはずだ。聴こえたら DRY MIX は適当に絞っておく。基板上の半固定を2個とも中央にセット。運がよければ、それでディレイ音も聴こえてくるだろう。聴こえなかったら SFVR1（端の半固定）を少しずつ動かしてみる。回転後、少し経ってからバイアス電圧が変わるので、ちょっと動かしては休み、を繰り返す。どこかでディレイ音が聴こえるはず。聴こえる範囲の中央か歪が一番少ない位置にセットすればおしまい。オシロがない環境では SFVR2 は中央のままにしておけばいい。

オシロがある人は TP を観察する。1kHz 程度のサイン波か三角波を入れ、徐々にレベルを上げながら SFVR1 を動かし、波形の上下が同じようにクリップし始める点を探す。そこがベストポイント。

見える波形は二重になっていると思う。これを重ね合わせるのが SFVR2 だ。

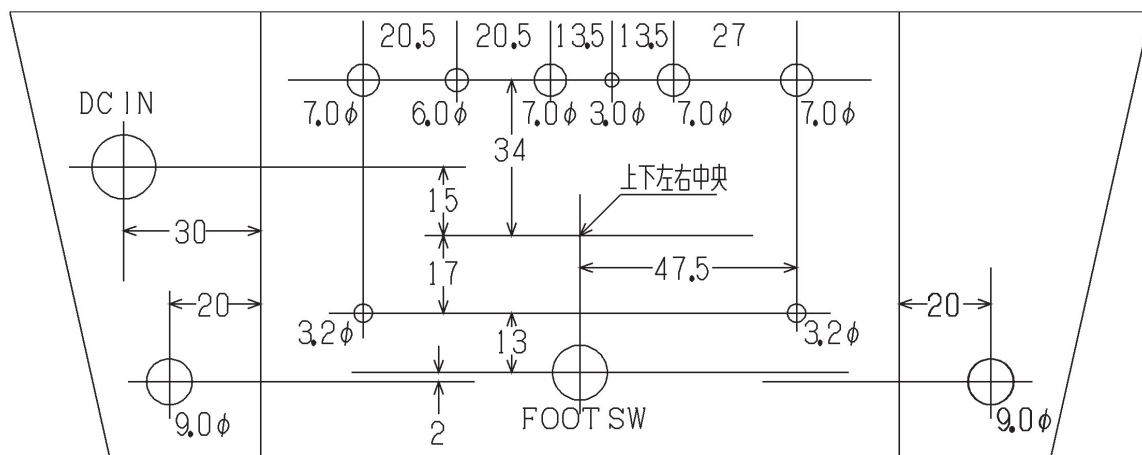
ここまで済めば勝ったようなもの。DELAY の VR で遅延時間が変わるのを確認しておく。

最後にフィードバック。図で FB の VR を上げるとフィードバックがかかるはず。もしもかからなければスイッチを切り替えてみる。VR をフルテンにすればエコーは消えずに残り、少しすると発振状態になる。発振を止めるにはスイッチを切る。

発振させるかさせないかは、基板上 FB IN の近くにある 20k の抵抗1本で決まる。小さくすれば発振しやすくなり、大きくすれば発振しなくなる。各自、好みで変えていいですよ。いくつかの抵抗を切り替えるようにして「発振モード」と「上品モード」にする手もある。その辺はご自由に。

ただし、以上のチェックを行なう際には、必ず新品の電池か9Vの外部電源を使ってほしい。電源電圧が低下した状態だとフィードバック量が少なくなり、VRフルテンでも発振しなくなる。どこかでゲインが不足して信号レベルが下がるのだ。どこでかなあ？ 多分BBDではないかと思うが確認はしていない。現象だけ知っていれば充分だから。とにかく、この機械は減電圧に弱い。実際の使用時も同じで、へたった電池だと本領発揮は無理になる。BBDの電圧範囲は8Vが最低と思えるから、これは致し方ない。逆に過電圧には強く、15Vまでなら壊れない。でも、9V以外で使うときにはSFVR1の設定が変わる。あまりヘンなことはしない方がいいだろう。

図 6 ケース加工



■ ケース加工と配線 ■

基板のサイズが決まったとき、ケースのアイデアが浮かんだ。タカチ TS-1 を上下逆に使う！ 見慣れない格好になって楽しそう、とひらめいた。前後がアルミの銀色になり、不思議な傾斜が付く。かなり良い感じ。ダイキャストケースなら TD10-15-4 が似たような大きさで、強度ならダイキャストだが、今回は見た目を優先した。

穴あけ位置の目安は図 6。次ページの内部の様子と一っしょに見ればよくわかるだろう。基板の位置は、トグルスイッチが邪魔するので、これ以上前進させられない。といって、後方には入出力ジャックとフットスイッチがあり、後退も無理。つまりこの位置に落ち着く。そしてフットスイッチはフジソク 8Y2011 限定だ。ミヤマやクリフは大きすぎて付けられない。ダイキャストの TD10-15-4 なら問題なく使える。ver.3 のフェイズシフタ（フォトカプラ版）あたりを参考に、ケースを設計してほしい。

パネル表面に紙（とフィルム）を貼ってしまえば見えなくなるけれど、今回のパネルは本来の底板だから、ゴム足用の穴が 4 個あいている。2 個はツマミで隠れるはず。もう 2 個には飾りビスでも付けておけば、それほど無様ではなくなると思う。

ケース内部で基板は 15 ミリの金属スペーサで吊り下げられている。基板の端が VR 端子部に乗るため、スペーサが短いと接触してしまう。といって、長くすれば電池を収納するスペースが怪しくなる。どうしていつもケース内がギリギリになるのだろう。不思議だ。

ケース内の配線は図 5 と次ページの図 7 を重ねてみてほしい。DC ジャック周りなどは ver.3 の製作記事と同じなのでよろしく（ver.3 が無くても、これらの図で充分わかるはずだけど）。

配線が基板の下に潜って、やはり基板の下 VR 端子にハンダ付けされる。ちょっと面倒。基板を少しずつ移動させながら、なんとか切り抜けるしかない。そんな荒業が不可能な初心者諸氏は、こんな小さなケースはあきらめ、たとえば同じ TS シリーズなら、TS-2 あたりを選べばラクに配線できる。エフェクタはコンパクトに仕上げるより、きちんと鳴らすほうが先。最初からすべての夢が叶うものではない。

図 5 と図 7 で配線すると、図 5 で電源に使っていた黒い線（アース）が行き場を失って余る。それで正常。基板のアースは入力ジャックのところでケースにつないでいるので、電源のアースが要らなくなるわけだ。余った線は基板の根元で切ってしまう。もったいない



からと、どこかにつないじゃいけません。

配線が終わったら、基板をスペーサにしっかり固定する。横から見て、基板の底面が VR の背中から充分に離れ、接触していないことを確認。じゃ、テストしてみよう。基板自体は図 5 のチェックで動いているし、半固定も調整済みだから、一発で完動するはずだ。

IN に楽器等を入れ、OUT からアンプにつなぐ。鳴った？ フットスイッチを踏むたびに LED の点滅状態が変わる。点灯でエフェクトオン。エフェクトオフだと、トゥルーバイパスだから、楽器の信号がそのままアンプに流れる。いろいろ遊んでみよう。気になる人は、半固定をもう一度調整直してもいい。

最後に電池ホルダを強力両面テープで固定する。場所は、この機械の底板、本来のパネルの裏側だ。ホルダをいきなりテープ止めしてはいけない。まずホルダに電池を入れて、ホルダ裏側に普通のセロテープなどを輪にして貼って、簡略版の両面テープにする。そして底板に仮固定し、ケースを閉めてみる。電池が基板上パーツに当たっていないければ、場所はそこで OK。もし当たるようなら場所を変えて試す。ケースの奥の方に最適な場所があるはず。決まったら両面テープで固定する。これで完成、おめでとう！

出音には高域が無理やり削られた感じはなく、アナログディレイにしては素直な印象。ディレイとしては最小構成で、信号が通過する素子が少ないからだろう。フィルタがバタワースなのも一因かもしれない。上限 3.3kHz でも、きちんとした音になるのだ。本機の消費電流は 25mA 程度。電池でも数時間はもつだろう。

■ パチもん IC ■

中国ではICの「偽造」が産業になっているという。1個1円といった安い石を集め、表面を削ってMN3005などと印刷し直す。これで10ドル以上の石に化ける。3005ならもうひと手間あって、真ん中のピンを6本削り落とすのだろうが、10ドルなら彼らは迷わずやる。現地通貨で60元、農村部ならメシが6回以上食える。

罪悪感？ そんなものまったく無い。豊かになれるものからなれという鄧小平の言葉を忠実に守っているだけだ。私は中国の個々の人たちは大好き。とても暖かい人が多く、友達もいる。けど、社会の仕組みから来る金儲けのモラルには「しょーがねーなあ」とつくづく思う。まあ、日本でもソ▲ト●ンクなど、同じ程度だけだね（あつ、社長は中国系だっけ）。

eBay など、売り手が見えない市場では、上記のパチもんを掴まされる可能性も、正直言ってかなりある。それを忘れないでほしい。

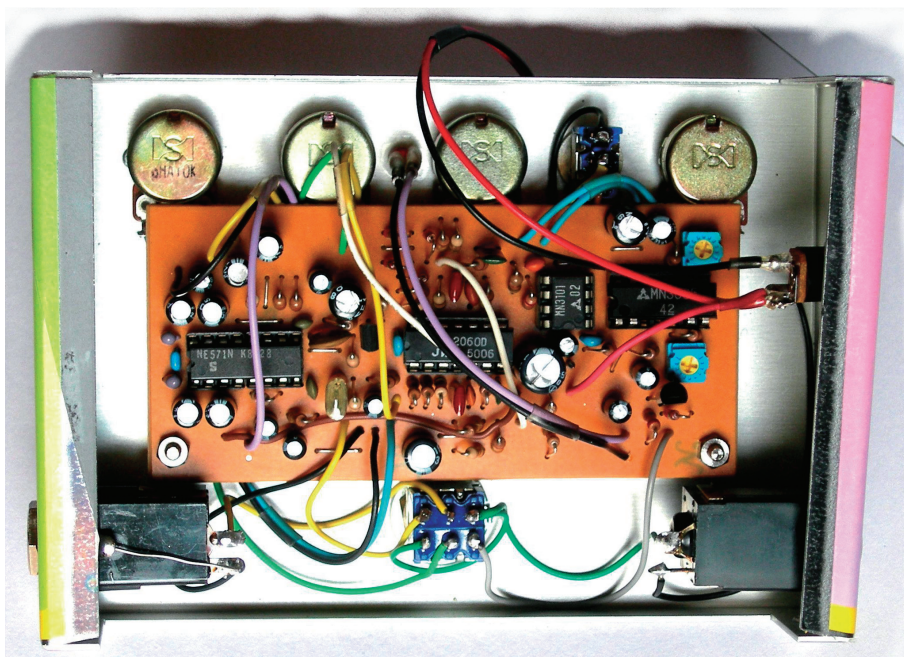
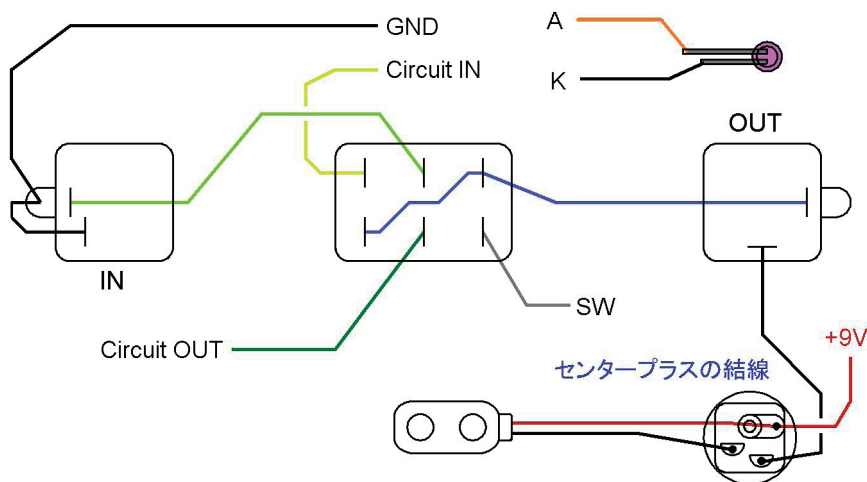
各自、できるだけの自衛はしよう。といって、どう自衛するのか私にはわからない。どなたか「この出品者なら買って安全」とい

うリストを発表してくれないだろうか。

中国に限らず、世の中全部へんである。「絆」とか何とか騒いでいるが、大儲けしている docomo や au やアップルは、絆の輪の中にいない。もし、3005 の正規品を手に入れたら、あるいはパチもんを掴まされたら、出品者を公表してほしい。それが私たち自作者の絆であり、集団自衛行動につながると思う。

以下、参考までに 3005、3101、571 を除いたパーツリストを揚げておこう。今ならまだ作れます。

図 7 結線図 2



パーツリスト

- FET 2SK30A × 2
- Diode 小信号用シリコン × 5
- LED 3 φ × 1
- IC NJM2060 等 × 1, NE571(SA571) × 1, MN3005 × 1, MN3101 × 1
- 抵抗 (1/4W カーボン)
 - 1k × 1, 2.2k × 1, 3.3k × 3, 8.2k × 1, 10k × 5, 20k × 1, 22k × 1, 33k × 1, 47k × 4, 100k × 13, 1M × 2
- 半固定抵抗 10k × 2
- コンデンサ
 - 積層セラミック 0.1 × 3
 - セラミック
 - 100p × 2, 220p × 3, 470p × 1
 - マイラ
 - 0.1 × 1, 0.001 × 2, 0.0047 × 2
 - 電解 (耐圧 16V 以上)
 - 2.2u × 6, 10u × 8, 33u × 1, 47u × 1, 100u × 1
 - 無極性電解 (耐圧 16V) 22u × 2
 - タンタル (耐圧 10V 以上) 1u × 2
- IC ソケット
 - 8pin 用 × 1, 14pin 用 × 2, 16pin 用 × 1
- VR (16 φ)
 - 10kB × 2, 10kAorB × 1, 100kB × 1
- ツマミ (20 φ) × 4
- トグルスイッチ (3p) × 1
- ジャック
 - モノラル SW 付 × 1, ステレオ × 1
- フットスイッチ フジソク 8Y2011 × 1
- DC ジャック (SW 付き) × 1
- 006P 電池スナップ × 1
- 006P 電池ケース × 1
- ケース タカチ TS-1 × 1
- 金属スペーサ 15 ミリ × 1
- ビスナット類、強力両面テープ、など

パーツ代概算
3005, 3101, 571 を除いて
4000 円