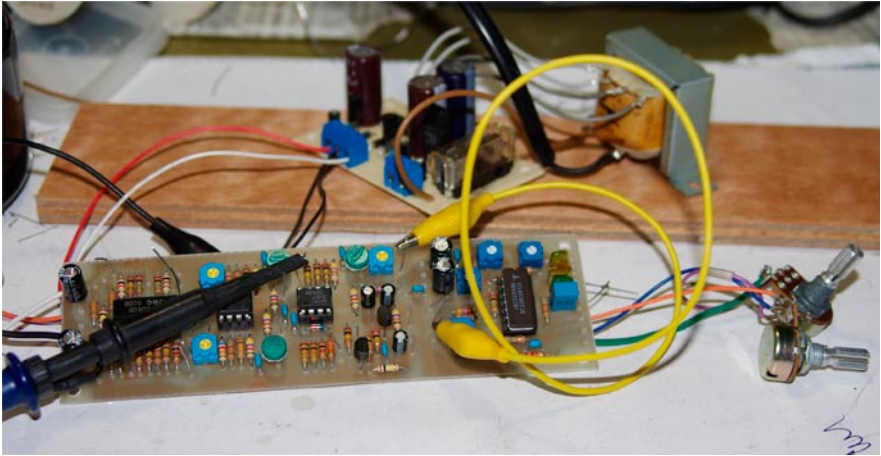


番外地 そのまた番外編 #4

8038 ファンクションジェネレータ

#4 性懲りもなく

つまり、あの China キットは ICL8038 を 300 円で入手する手段だと思えばいいんだ。付いてくる基板を後生大事に使う、そんな義理も必要もない。いっそ最初から作ってしまおう。



■ 8038 をマジに使う ■

昔やっていた月刊誌の製作連載で一番つまらなかったのはメッチャ忙しかったことではなく、もう一台作れないことだった。ある機材を作り上げて「終わった!」と思った次の瞬間、「もう一度作ればもっと良いものができるんじゃないか」と常と感じたものだ。でもそんな時間はないから、すぐ次の製作を始めるしかなかった。そう、どんなものにも満点はない。一度経験した結果に重ねて「その次」があれば、いくら未熟な人間でもいくらマシな成果が出るはず。それができないのが悔しかった。もちろん今は好き勝手に作っているので制約なんかない。だからもう一回作ってみることにした。

オシロなら何台あっても意味がある。同時にいくつもの波形を見たい時だってあるから。でも発振器はなあ。混変調歪でも測るなら 2 台は要るが、そんな面倒なことはしないし、Silver Apples するなら少なくとも 12 台は要るけど、今更シメオンの真似してもメジャーにはなれそうにない。つまり私の用途としてはジェネレータは 1 台あれば足りる……という考えは実用を前提にしたもので、「自作」の王道からはかけ離れている。必要性はともかく、作りたいから作る。

そもそも、前回までのファンクションジェネレータは Banggood のキットにとらわれすぎていた。まずキットの基板ありきで、あの基板では 8038 を使いこなしているとはいえない。いや、心底使いこなせば周波数スイープやら FM 変調、トーンバースト、VCO など、面白いことがたくさんできるし、付加回路を使えば可能性はさらに広がる。しかしここは自重して、ほぼ前回と同じ基本機能だけにする。というのは、まず何よりやってみたいのは 8038 を二電源で動かし、各波形の出力を極めて 0V 中心にしたいから。小さな目標ではあるけれど、もし成功すれば 8038 の使い勝手は夢のように良くなってコピーする人も増えるだろうから。さらに、サイン波の波形をギリギリまで美しくする。歪率 0.1% は無理だろうか？

実は 8038 の二電源動作は以前試したことがあるが詳しくは憶えていない。ただ、どうやってもオフセットが出て 0V 中心にならなかった印象。今度こそオフセットゼロにしてみたい。と、いろいろいじり回すうちに方法が見つかった。

■ 仕様というか目指すところ ■

上の写真はメイン基板を最終チェックしているところ。この段階で最後の定数変更も行なう。今回は 8038 基板と波形整形基板を合体させた。ただし後述するように基板パターンは独立していて、切り離して作ることも可能だ。それと 8038 にはセラミックパッケージを使った。ご存知のように、私、ディスコン石に愛着があり (HA12022 とか MN3005 とか)、8038 も例外ではなく、ヤフオクで見つけるたびに買い込んでいた。今回はその 1 個を使ったわけで、プラパッケージが手持ちになっただけのこと。性能は同じだ。

やたらと半固定が多い。でも無駄に多いのではなく、良い波形を出すための努力を惜しまなかったことが原因。2 台目だから作りやすさより完成度を優先。ま、手間は似たようなものです。

全体の回路構成は変わらないが少々マイナーチェンジも。まず、発振周波数レンジを前回の 2 個から 6 個にして、それぞれのレンジを狭くした。周波数が合わせやすくなる反面、VR だけで大きく変えるのは無理になり、どっちがいいとは言えない。

電源はすべて正負電源。8038 の出力を大きく電圧シフトする必要がなくなり、オフセット調整回路がシンプルになった。

周波数カウンタ部への送りを、SOURCE の SW で波形を選択した後に矩形波変換するように変更したので、矩形波変換回路が 1 個になった。少しは利口なことも考える。

前回の最大出力は 4Vp-p だった。今回は 5Vp-p。電源電圧が上がったこともあり、アッテネータで測定器標準 (?) の 5-2-1 並びが使えるからこうした。もっと大振幅にもできるけれど、5Vp-p なら充分。パワーアンプ終段を直接ドライブ? 冗談でしょー。

外部への出力はバランス出力も可能にすべく正相と逆相を用意した他、あれば便利な電圧オフセット付きの出力も用意した。VR で波形のセンターを ± 5V 程度動かせる。VR を中央にすれば、ごく普通のアンバラ出力になる。最大出力が 5Vp-p (正負の片側で 2.5V) なので、5V オフセットしても片側最大で 7.5V。つまり歪まない。

■ メイン回路 ■

タイトルに写っている基板の回路が右側。前回と全然変わらんじゃない、とのご指摘は当たっている。変えようがないからね。でも細かいところは変わっている。

周波数を決めるのは 6 個の C と 10k+1k の VR。青い数字が受け持ち周波数帯で、何となくスピーカの帯域に合わせてみた。ごく普通のオーディオなら A と F は要らないだろう。サブウーファの下とスーパーツイータの上だから。家の建具を揺らす、コウモリを脅す等の目的がなければ B ~ E の 4 レンジで充分ともいえる。

周波数を決める VR の上下に入る直列の R は前回より大きい。これで可変範囲を絞っているわけ。興味があれば皆さん適当に変えてみて。定数が不適当だと発振が止まるか異常発振するだけで石は壊れない。安心して実験を。

デューティを 50% にする 2 本の 4k7 に挟まれた 1kSF 周辺に注目。HIGH DUTY の半固定だ。前回、Vcc との間にダイオードが入っていた。8038 のデータシートでも入っている場合が多い。ところがいろいろ実験していると、このダイオードこそが出力波形のセンターを 0V から外していることを発見。ダイオードが Vcc を 0.6V 下げているのと同じになるようだ。いっそ取っちまえ。データシートにはダイオード無しの回路もあることだし。結局これで三角波とサイン波の振幅中心は極めて 0V に近くなった。とすると、波形のセンターを 0V にするには電源のトラッキングさえ精密に取ればよいことになるのだが、..

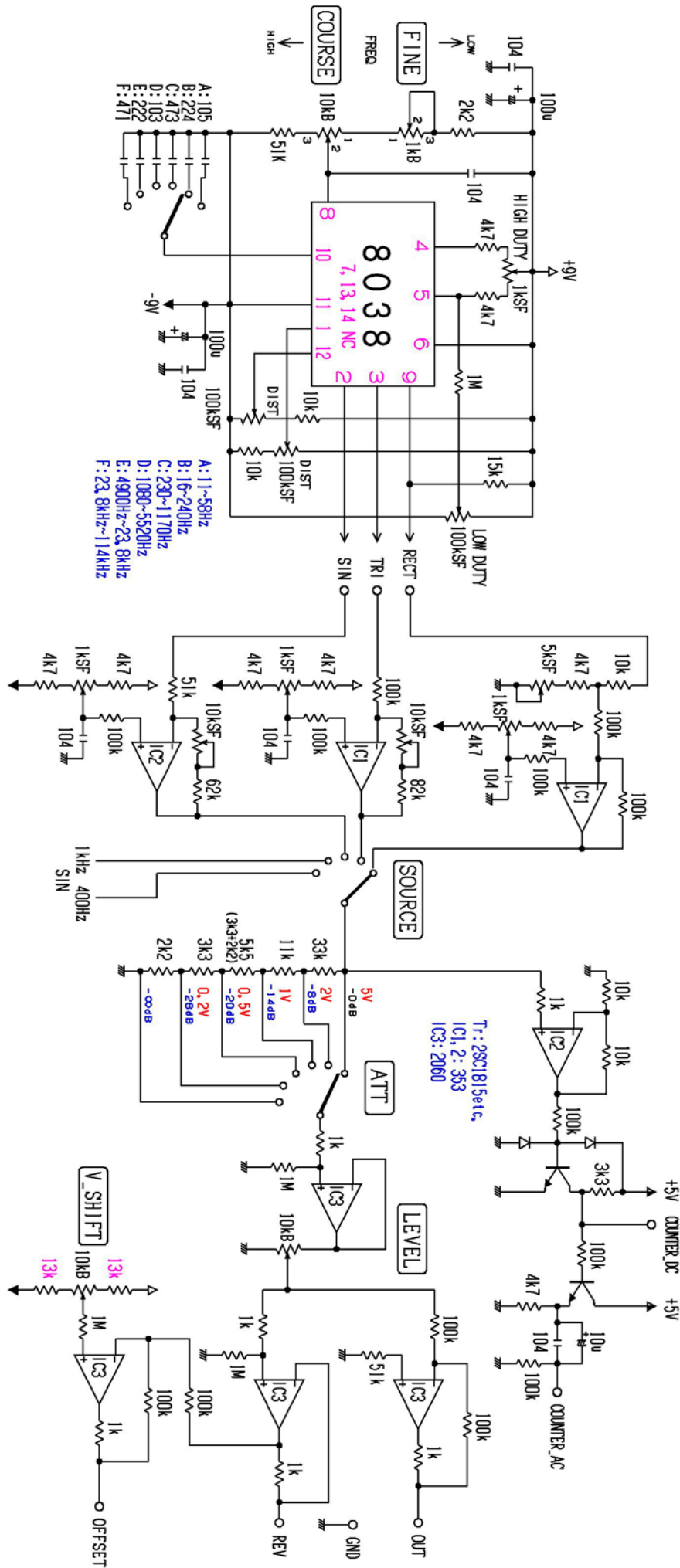
HIGH DUTY の半固定でデューティ比がすべて決まるわけではない。特に周波数が低いときデューティ比は乱れる。それを補正するのが LOW DUTY の半固定。でもこいつを動かすと中高域のデューティまで変わる。そして、恐ろしいことに最良のポイントは無い。どこかで妥協するしかない。要らないと思う人は 1M を取ってしまえばいい。

サイン波の歪率を決める DIST の半固定は 2 個あって波形の上下半分ずつの調整ができる。追い詰めれば歪率 0.1% も夢ではない。あっ、今回の製作にオシロが必須です。耳だけでは手も足も出ません。サイン波の形をよく知らない人は、まずスポットのサイン波発振器出力をよく見て憶えよう。

次のステージ、各波形のオフセット & レベル調整は、前回かなり難解な回路だったので少し反省してシンプルにした。すべて反転アンプで、非反転側にバイアスを加えてオフセットを殺す。信号レベルは帰還抵抗を変えて調整する。矩形波だけは入力側にアッテネータを設けて調整している。3 波形とも 5Vp-p に合わせる。この部分の帰還抵抗を変えれば最大で 15Vp-p くらいまでなら安定して出せるけれど、今回は ± 5V オフセットする出力も設けるので、歪まないように 5Vp-p に決めた。

3 種類の波形 (と 440Hz か 1kHz サイン波) のひとつを SOURCE のロータリ SW で選び ATT の SW に送る。同時に周波数カウンタ用の矩形波変換回路にも送る。変換回路は前回と同じ。また、外部のカウンタ用に 0V を中心に振れる 5Vp-p 出力もここで作ることにした。これはリアパネルからでも出そう。

アッテネータのロータリー SW は 5-2-1 の減衰。5Vp-p、2Vp-p、1Vp-p……と下がる、測定器に多い設定だ。後段の LEVEL の VR で、さらに無段階でゼロまで減衰もできる。



オフセット出力とは、V_SHIFTのVRで波形の中心を0Vから上下可能な出力。この定数で波形の中心を±5V程度動かせる。13kの色を変えたのは、各自ご自由にどうぞ、の意味。2本の13kを大きくすれば中心電圧の変化幅は狭まり、逆もまた真。ただし波形の上下端は電源電圧までだから、あまり大きな変化はさせられない。それにオペアンプは電源電圧ギリギリまで出力できるわけではないので±7.5Vあたりが安全範囲といえる。

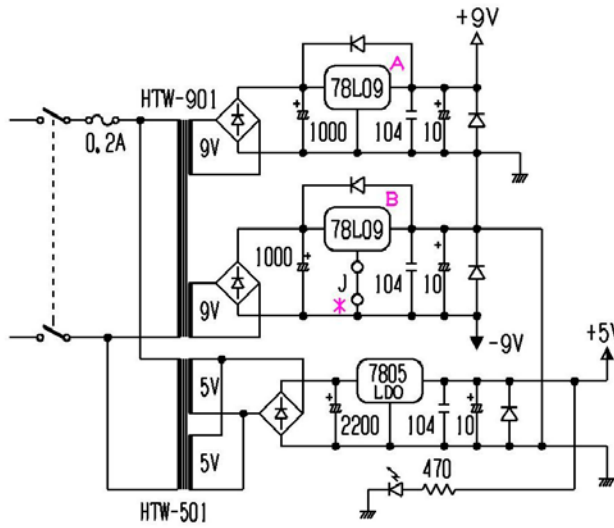
私はV_SHIFTのVRに「10kBセンタークリック付」という妙なものを使った。クリック位置でちょうどオフセット無しになれば美しいと期待したのだが、やはりVRのセンターがズレていて微妙にプラス側にシフトしてしまう。で、マイナス側の13kに330Ωを直列に足して調整した。ま、参考までの話です。

8038発振部と波形整形部を切り離すには、下のパターン図の赤矢印あたりで。国境にかかる104は8038部の所属。切り離れた場合に備えて電源用の穴がそれぞれにある。というか、ふたつの部分のプラス/マイナスラインはつながっていない（GNDはつながって

いる）。切り離さないで使うなら基板裏でプラスラインとマイナスラインをジャンパでつなぐ（この程度のパターン追跡はやってね）。線が交差するので注意。

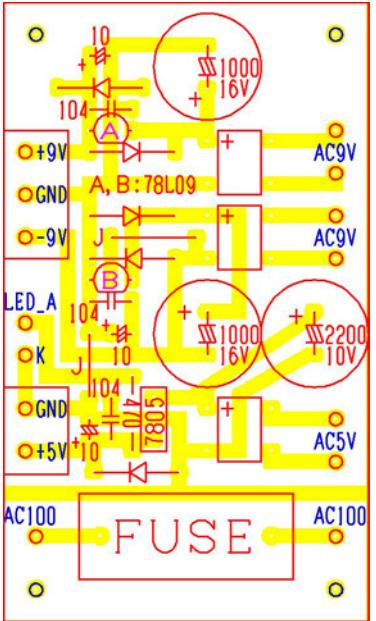
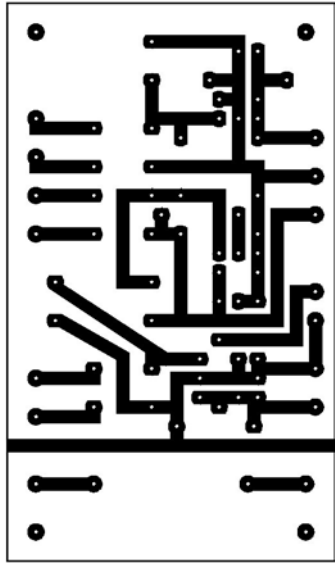
さて、順調に進んだ製作も、最後の最後でトラブった。IC2の片割で矩形波整形のTrをドライブする部分が、数十kHz以上になると動かないことを発見。全ユニットをケースに組み込んだ後だったからショックは大きい。しょうがないので新たに回路を考え、メイン基板だけ裏返してパターンとパーツレイアウトを変更した。だから、ケース組み込み前に撮った下の写真は旧バージョン。これから4個のパーツが変更になっている。基板パターンとレイアウトは新バージョンで、こっちで作ってもらえばOK。

ここでクイズ。オフセット出力用の抵抗は13kが2本と10kVRで、抵抗値の合計は36k。電源が（±9Vの）18Vだと10kのVRで動かせる電圧範囲は5Vになり、つまりオフセットの範囲は±2.5Vにしかない。でも実際は±5V、きちんと動いている。どーしてか？このあたりがわかるとオペアンプが楽しくなるだけだね。



A/B 電圧が高い方をAに（本文参照）
* 電圧微調整抵抗（本文参照）

1.7*2.9inch (44*74mm)



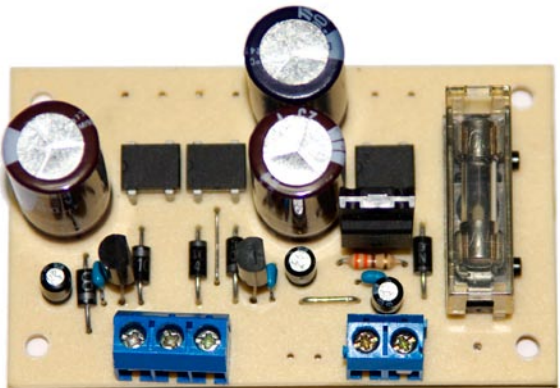
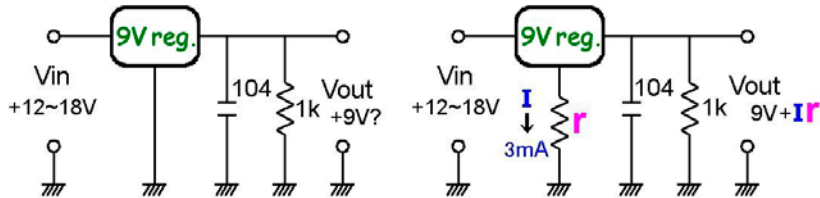
■電 源■

この製作、本当なら電源基板から作るべきなのだ。幸運にも±9Vと+5Vが出る実験電源でもあれば別だが、そんな人は少ないだろう。実験だけならメイン基板は006P電池2個でもなんとかなるし、カウンタも新品の単三3本で動くかもしれない。でも、実際の電源で動かしたほうが、どことなく安心じゃない？

上が電源の回路。+5Vのカウンタ用電源とメインの電源はトランスから分けている。デジタルノイズがどーのこーのということではなく、分けたほうがシンプルだから。トランス代もほとんど変わらない。+5V用のトランスには手持ちのHTW-501を使ったけれど、これだと普通の+5V三端子では電圧不足。しょうがないからロードロップタイプの三端子（150mA出力）にした。HTW-601にすればごく普通の三端子が使える。みなさんはHTW-601か同等品で。

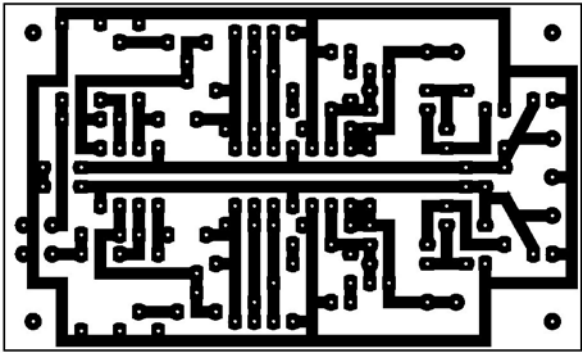
±9Vには正電圧用の78L09を2個、二段重ねにする。こうすると正負電圧のトラッキングが少し楽になる。この場合のトラッキングとは正負電圧の絶対値を合わせ込むこと。たとえばプラス側が+9.023Vならマイナス側も-9.023Vに限りなく近づけたい。というのは、直流回路では正電圧と負電圧のちょうど真ん中が動作の中心、つまり簡単に言えばグラウンド電位になる。もし正負の絶対値が違っていると動作の中心がズッコケて、波形の中心もずれてしまう。特に8038は単一電源を前提に作られたICで、自分自身で動作の中心を決められず、すべて電源に依存する。8038が0V中心の波形を出すか否かは正負電源電圧のトラッキングにかかっている。

三端子レギュレータICは、そうでなくても手に入りにくくなった。近い将来全滅かもしれない。この際、78L09を10個くらい買っておいてはどうだろう。そして近い電圧同士でペアを作っておく。下の要領だ。INに+12~18Vを加えて1kくらいの負荷をかけ、出力電圧を見る。元の12~18Vは安定化していない電源でもいいし



黄色で囲んだ4個は変更あり。上のレイアウト図が正しい。

3.0*1.8inch (76*46mm)



■ サイン波発振回路 ■

回路自体は前回と同じ。今回、発振周波数を 1kHz と 440Hz にした。A4 の音があってもいいでしょ？ 400Hz のほうがいい人は前回の定数で。

ところでA4（イ音、ピアノの真ん中へんのラ）が440Hzというのは、いわば慣習というか標準というかで、絶対的なものではない。昔々のヨーロッパ中世ではもっと低く430Hzくらいだったらしい。今もバロックの室内楽では、わざと438Hzくらいにチューニングすることもあるという。逆にポップなオケ（ボストンポップとか）では442Hzくらいに上げるらしい。サウンドが明るく華やかになるのだそうだ。私にはわからないけど。

この発振器を楽器のチューニングに使うのは、一応「不适当」としておこう。CR 時定数での発振だから温度変化で周波数が動く可能性もある。でもまあ上記の事実からして、A は 440Hz あたりなら何でもいいわけて、本機の出音でうを決めても法律には触れない。

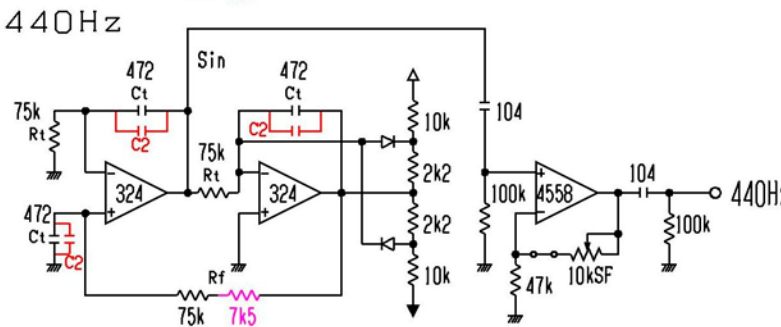
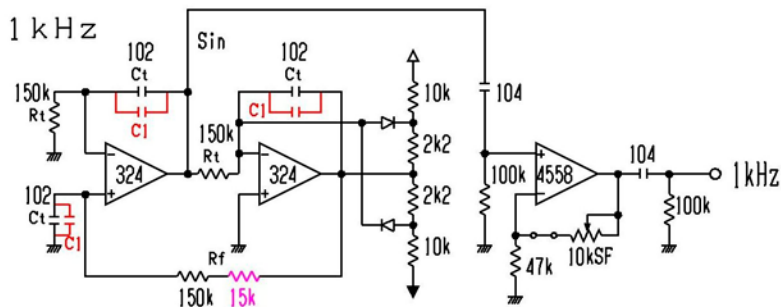
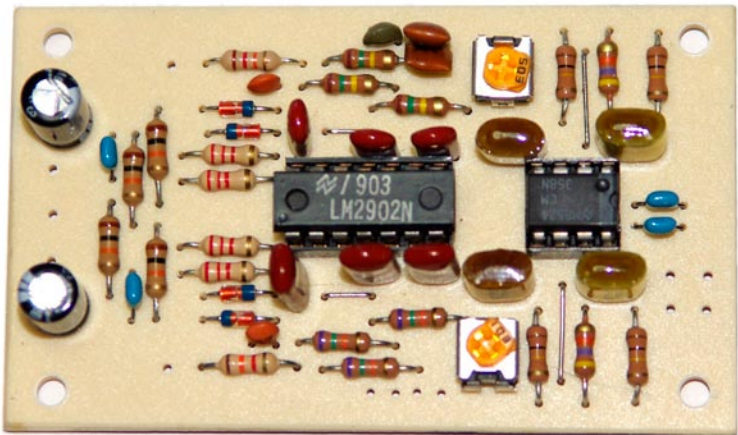
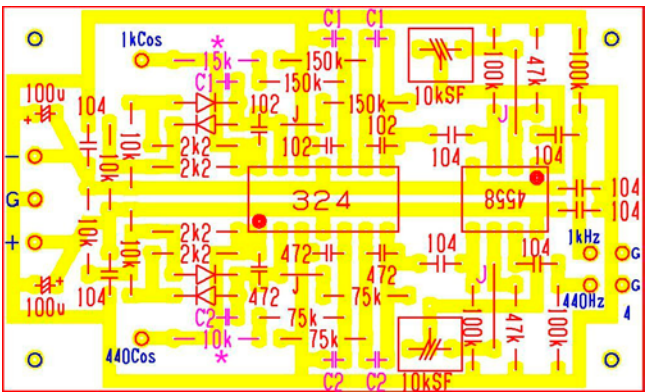
心臓部のクワドラチャは前回とまったく同じ。定数が違うだけだ。400Hz→440Hzの変更に伴うものと出力レベル（リミッタ電圧）を変更した回路部分が異なる。前回、発振開始を決めるRを半固定にしていたところを、カットアンドトライの*印の固定抵抗にしたのも違うといえば違う。

IC は、回路図等では 324 と 4558 にしておいたが、これは何でも構わない。私は 2902 と 358 にした。電流を食わなくてよろしい。2902 は 324 の車載機用品種。最大定格電圧が低いだけでスペックは同じだ。324 が最大 32V で $\pm 16V$ まで使えるのに対して 2902 は 26V。性能は 741 程度と思えば間違いない。なお、数字ひとつ違いの 2901 はコンパレータでオペアンプではない。ネットのどこかで誰かが 2902 とすべきところを 2901 と書いてしまい、悩んでいる人が沢山いるみたいだ。罪作りだねえ。

358は多用途の一般的なデュアル。そこそこの性能で小電流動作する。オーディオに使いたいかといえば疑問だけど、10kHz以下の単一周波数で、しかもサイン波だからこれで充分。

クアドといえばメインの基板でも 2060 を使った。NJM2060 は 4560 のクアド版。4558 より大電流出力ができる。負荷に何がつなげられるかわからない測定器なので使ってみた。負荷なんか気にしないのなら 2060 ではなく 324 だっていい（高い周波数で、ちょっとトロくなるかも）。2060 は現行品種だから入手は可能。でも手に入らなければ 2059 あたりでも、まず問題はないだろう。

調整は2個の半固定だけではない。その前に安定した発振をさせなければならない。まず*印(回路図ではピンク)の抵抗を決める。 R_f の5~10%の値で収まるはず。このとき半固定抵抗はどの位置でも構わない。出力の振幅(レベル)を決めるものだから、あとで



FIX する。発振が安定にしたら周波数の微調整。この方法は前回書いたので省略。と思ったら、そもそも発振周波数を知るにはカウンタが必要ではないか。周波数カウンタは、文明開化からさほど時間が経っていない我が国では一家に一台というほど普及していない。しょうがないから、この記事を書き終わったら1台作って発表しよう。もちろん China キットを使う。(ジェネレータとカウンタを両方作る人は2セット買っておくことを薦める。1セット 600 円くらいだ) カウンタがあることにして、きれいなサイン波と安定した周波数

が得られたら、オシロを見ながら半固定を回して振幅を決める。他の波形と同じ5Vp-pにすればいい。もっと大きな振幅がほしいければ、基板上でジャンパになっているところを抵抗に置き換えると、いくらでも大振幅になる（電源電圧の範囲内だが）。この基板を独立させてサイン波発振器を作る人もいるだろうから、そのための配慮。た

だし、独立した機材にするなら358は不向き。せめて4558、できれば4580を使いたい。324/2902はそのままでもいい。

324/2902 + 358だと消費電流はプラス・マイナスとも 5mA 以下。006P2 本でも充分にいける。4580 に換えても 10mA も食わないだろう。

■ メイン基板の調整と結線 ■

【 8038 周辺の調整 】

基板完成！→いきなりケースに実装、なんて勇敢な人はフグを丸ごと食べても死なないはず。私は多分死ぬだろうから、まず基板単位で（ときにはブロック単位で）動作チェックすることになっている。このときの結線はケース実装時と同じなので、以下の各図は結線図も兼ねることにします。

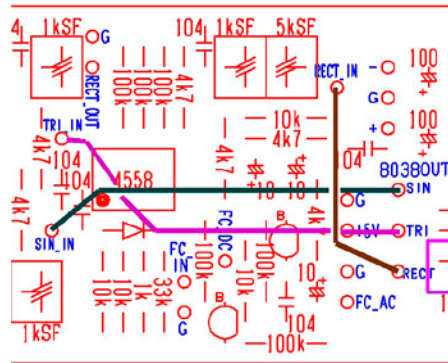
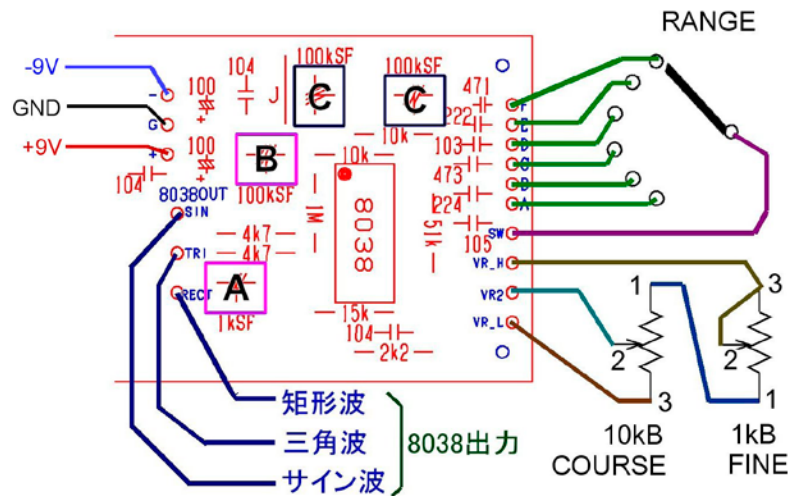
まず 8038 周辺の動作チェック。今回は 6 バンドだから RANGE の SW は 6 接点。前述したように一番下と一番上のバンドは無くても充分。そうすれば 4 接点で済む（配線も少ない）。

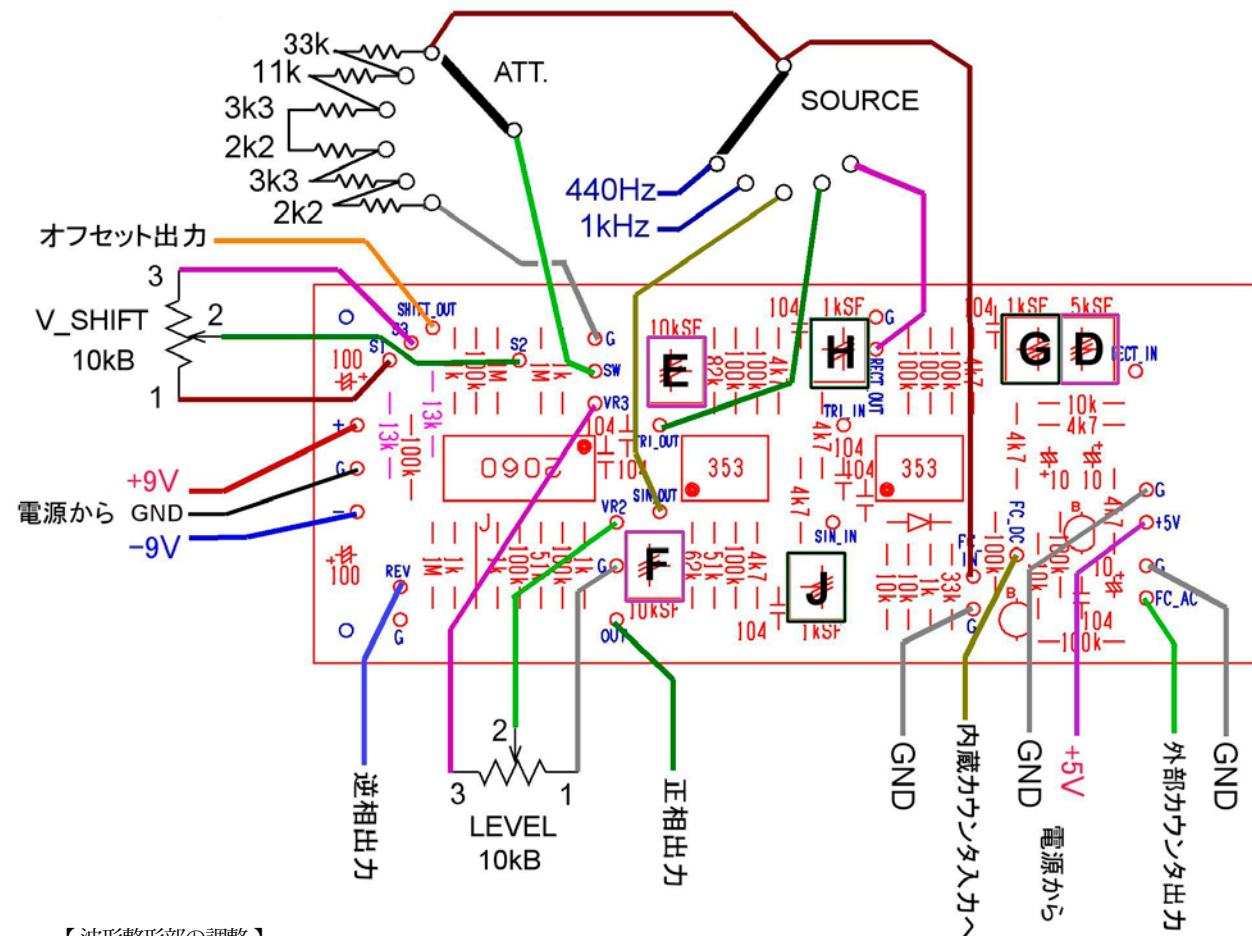
4 個の半固定を真ん中あたりにして電源から $\pm 9V$ を加える。どの波形でもいいからオシロで見て発振しているのを確認したら、2 個の VR で周波数が変わるかどうか見る。SW を切り替えて、すべてのバンドで波形が出るのを確かめ、SW 位置を C バンド (473 につながる) あたりにしておく。

三角波を見ながら半固定の調整。Aの1kSFを回すと三角波がノコギリ波のようにに変化するはず。これを左右対称の三角波になるようにセットする。デューティ比50%ということだ。オシロの横軸を変えながら、できるだけ正確に追い込もう。ここで決めたデューティ比はサイン波にも矩形波にも効いてくる。

と、せっかく追い詰めた50%も、発振周波数を低いレンジにすると狂っている。SWをAかBバンドに切り替えてみよう。うわあ、全然ダメじゃん。ダメさ加減は矩形波を見れば歴然。そこでBの100kSFでを動かして低域で50%になるよう調整する。すると今度は上の帯域で50%ではなくなる。そう、半固定のAとBは相互に影響するのだ。こういう調整は大嫌いだ。正解が無いから一晩中でも続けることになる。まあ、どこかで妥協が必要だろう。私は下の帯域で少々狂っても上で50%になるようにした。

もし、こんな面倒な調整がイヤになったら 100SF につながる 1M を取ってしまえば済む。デューティは A の 1kSF だけの調整になる。





【波形整形部の調整】

最初にアッテネータ SW を作る。6 接点のロータリー SW に 6 本の抵抗をハンダ付け。図では上から減衰 0、-8dB、-14dB……で一番下が -∞になる。SW の回転方向と合わせないととても悲惨。

結線にシールド線は使わない（もちろん使ってもいいけれど）。インピーダンスがメチャ高い箇所は無いから、できるだけケースやパネルに沿わせるように引き回せば大丈夫。ただし一点アースは守ろう。私は電源基板のアースパターンから、近くのケース（アルミ箔張り）に落とした。その他の場所では基板のアースとケースをつないでいいけない。

電源は、8038 周辺の説明通り、電源ラインのパターン間でジャンパしないのなら、この部分の電源穴に ± 9V だけをつなぎ GND には無接続。ジャンパをするなら、こっちの電源は全部無接続。+5V

はトランジスタ近くの 1 箇所に加える。

さて、半固定の調整だ。半固定 D (5kSF) は矩形波のレベル。これは H の横の RECT OUT を見ながら 5Vp-p になるようにセット。半固定 G (1kSF) は矩形波のバイアス調整。矩形波の中心が 0V になり、波形が +2.5V と -2.5V の間で動くようにする。

半固定 E (10kSF) は三角波の、F (10kSF) はサイン波のレベル調整。H、J (どちらも 1kSF) は三角波、サイン波の中心をセットする。これらの調整は思ったほど難しくない。全部出来上がってから最終的な微調整もできる。

ATT の SW を -0dB (33k 側) に、LEVEL の VR を最大にして、正相出力と逆相出力を見る。どちらからも 0V 中心の 5Vp-p の信号が出ているはずだ。オフセット出力からは V_SHIFT で上下に動かせる信号が出る。

サイン波発振器からの信号も SOURCE の SW につなげば各出力に出てくる。1kHz/440Hz それぞれの振幅は発振器の基板上の半固定で決めた 5Vp-p。

最後にカウンタ関係。SOURCE で適当な波形を選び、「内部カウンタ入力へ」と「外部カウンタ出力」を見る。F レンジの高い方を除いて 0V ~ +5V の矩形波が見えるはず。多少歪んでいようとデューティが狂っていても構わない。周波数カウンタは波形の上がり・下がりだけしか気にしないから。で、内部写真が左。えっ、これで周波数カウンタ取り付けられるの？ 出力端子をトグル SW がぶつかるはずなんですけど？ その答えは次ページで。

■ 周波数カウンタの改造 ■

どうせ基板を作るなら、カウンタにも基板を追加して使いやすい形にしておこう。キット基板を設計するとき、すべてのパーツを 1 枚の板に載せてしまえば安上がりで製作の手間も最少になる。昔の秋月キットでも、時計などで 7 セグ LED が付くところという構造になっていた。しかし使う側からすれば好ましいとは言えない。LED 部だけ立てられないかと、いろいろ思案したものだった。今回もまた同じ。

ペタタンコ基板には一度付き合ったので、今回は LED 表示部だけ独立した基板で作り直す。右のような感じだ。本来の基板との間には配線が 13 本つながっている。どうして 13 本？ 10 ピンの LED が 5 個だから 50 本では？ はいはい、もちろん 50 本つないでもバチは当たらない。しかしダイナミック点灯という魔法によって配線が少なく済むカラクリになのだ。今は 5 桁の LED 表示なので 13 本だが、これが 6 桁だと 14 本、10 桁でも 18 本と、桁数が増えるほど有利になる。デジタル的発想の見本ですね。

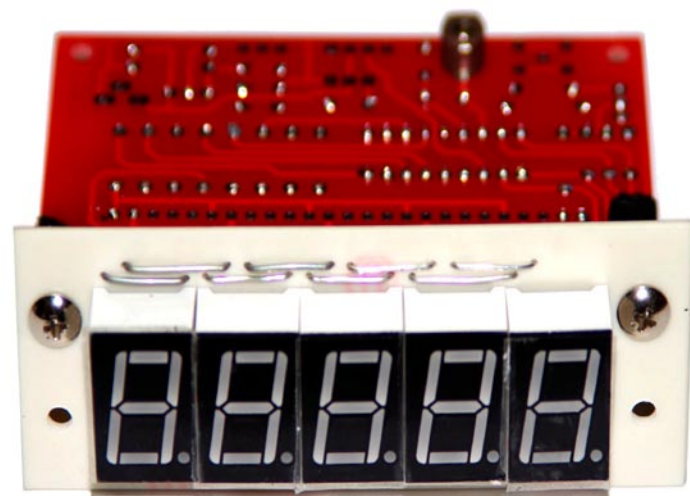
ダイナミック点灯についてはネットで学んでもらうとして（いずれ私も書きます）、作るほうを急ごう。基板パターンは右。私は信念に従ってエッチングで作ったが、こればかりはユニバーサル基板が有利かもしれない。2.54 ミリピッチで 25 個の穴を一直線に並べる、穴間隔が絶対に狂ってはいけないうなんて、人間の手より機械の方に向いている仕事だ。基板左右の丸穴はキットの基板の穴と同じ間隔。これがミリでもインチでも割り切れないヘンな左右間隔なのだ。72.4 ミリくらいが正しいのだと思う。この穴についてだけはエッチングした基板に分がある。

基板には 7 セグ LED の他にはジャンパ線しか付かない。右図の単なる赤い線がジャンパで 16 本ある。ジャンパのハンダ付けがブリッジになっていたりすると怖いので、LED の真下は使わず上下に追いやった。でも基板サイズは小さくしたいから、ジャンパの並び間隔を 2.54 ミリの半分にしている。自信のない人やユニバーサル基板の場合は 2.54 でも構わない。基板の縦のサイズが 2.54 ミリ長くなるだけのこと。

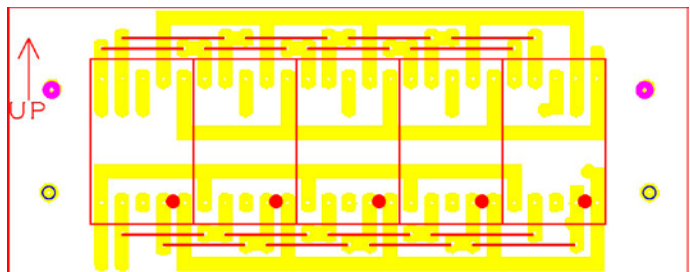
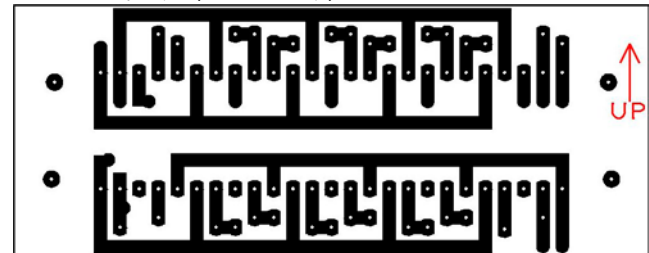
くれぐれも基板の上下を間違えないように。LED を逆さに付けると自己嫌悪の極地。パターンをよく見て百回確認してから取り付けよう。キット基板とこの基板の上下方向にも注意。右上の全体写真のように、キット基板は LED の上下方向に対して逆に取り付けられる。しかし、私と同じ構造にせず、たとえばキット基板と LED 表示基板を完全に離してしまうのなら、どちらが上といった問題にはならない。つながるべき 13 箇所がわかっていれば済む。このヘンはご自由に。

2 枚の基板は L 金具で固定してから配線する。金具がパターンに当たりそうなら、金具の下に薄いゴムシート等を入れると安心。私は自己融着テープを切って使った。

つながべき場所パート 1 は下の 4 本。キット基板側は穴にハンダ

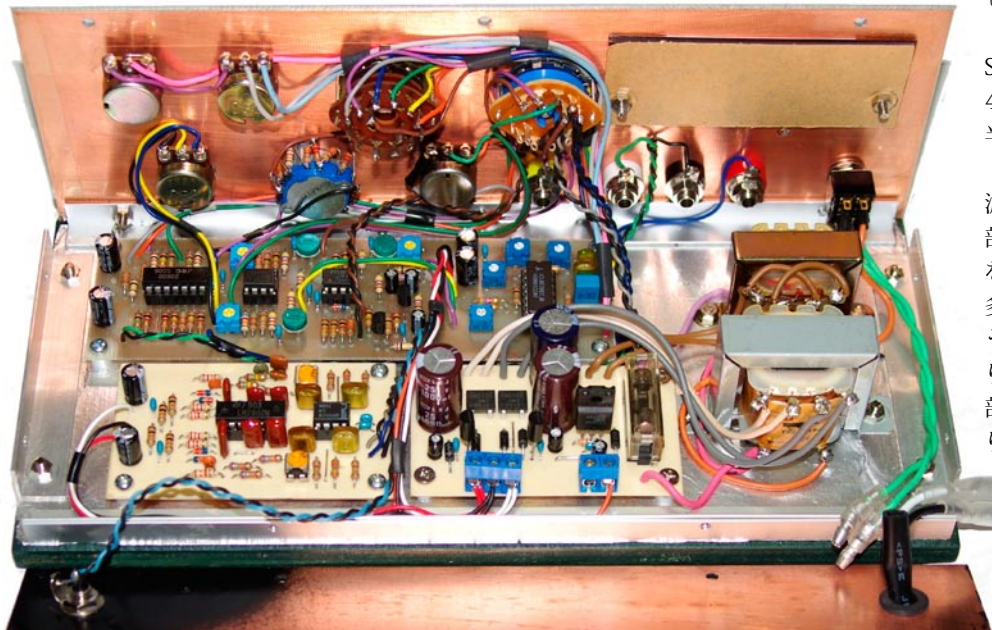
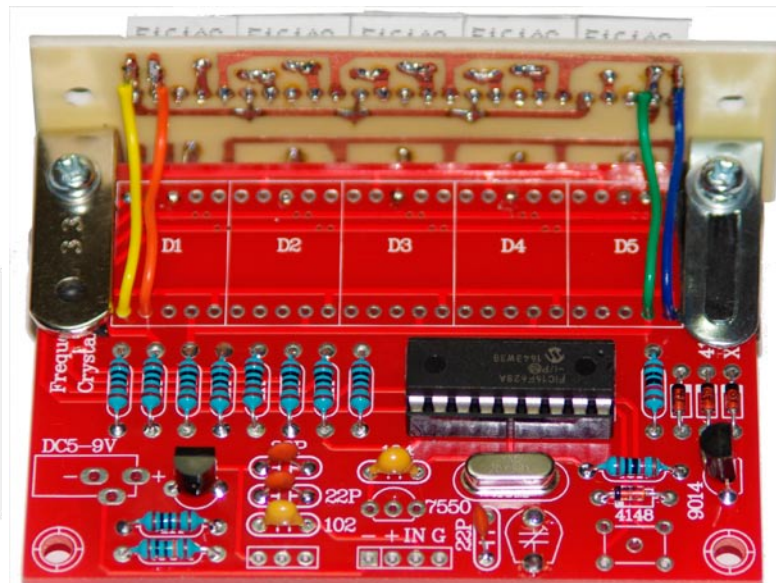


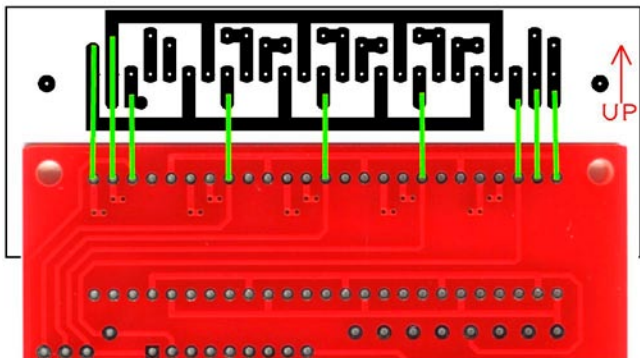
3.3 * 1.3 インチ (84 * 33 ミリ)



付けし、LED 基板側は穴が無いのでパターンにベタ付けする。絶対にブリッジしてはいけな。配線材にはごく普通のビニール被覆線を使ったが、ここは何でもよろしい。0.6 ミリ程度のスズメッキ線にエンパイアチューブを被せて使うなど、強度もあって美しい。

キット基板には取り付けないパーツと裏から付けるパーツがある。この辺は前回図入りで説明したから、そちらを参照のこと。電源関係や信号入力穴については次ページの図で。





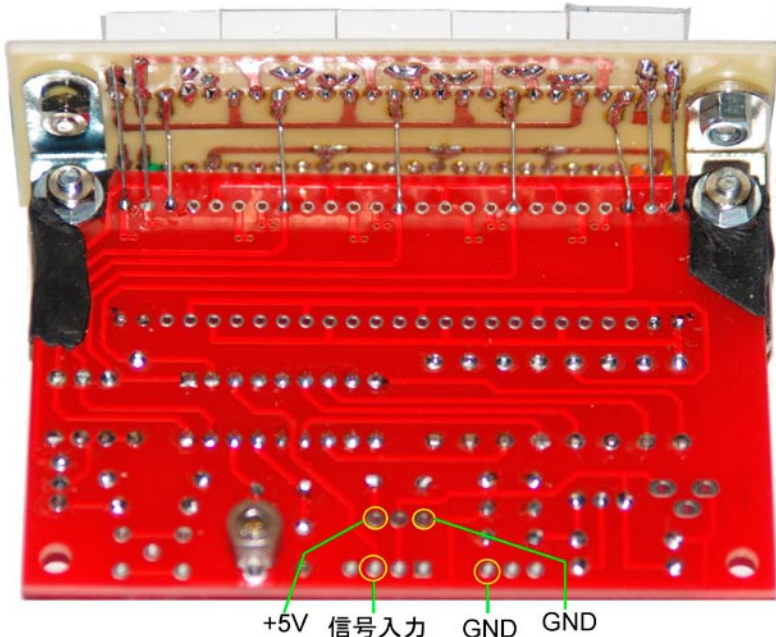
今度はカウンタ基板の裏側。9本の配線があって、どれも短いので抵抗リードの余りが使える。右の写真でもわかるように、L金具と基板パターンがとても近い。それに場所柄ゴムを挟むのも不可能。パターンを描くときから注意しないと、銅箔を彫刻刀で削ぎ落とす作業が待っている。

表側の配線と合わせた13本をスズメッキ線（抵抗リードも含む）で緩まないよう直線的に結べば、配線を終わった段階でL金具を外して大丈夫かもしれない。特に力がかかる場所ではない。試しにやってみよう。私ののは少し動いた。

つまり、13本の配線をキット基板とLED表示基板の間でこのようにつなげば、LED表示部だけをケース内のどこにでも配置できる。配線を通る信号は0Vか+5Vかのデジタルだから、そこそこの距離は離せるだろう。どのくらい離せるかはやってみないとわからない。まあ1mも離す人はいないだろうが。

ただ、0V・+5Vのデジタル信号は人畜無害ではない。ふつうの音声信号に比べて大振幅の矩形波だ。倍音がかなり出ているはずだから、他の高周波機器に乗り移ることもありえる。配線を延ばすならシールドはしっかりと。

キット基板に電源と入力をつなぐ穴は右上。GNDはどちらか一方

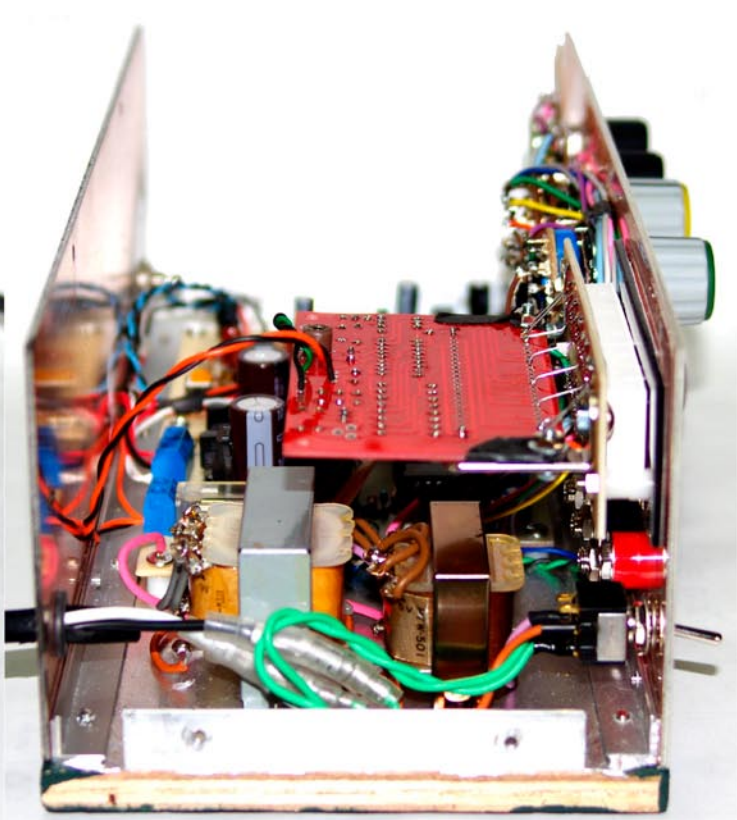
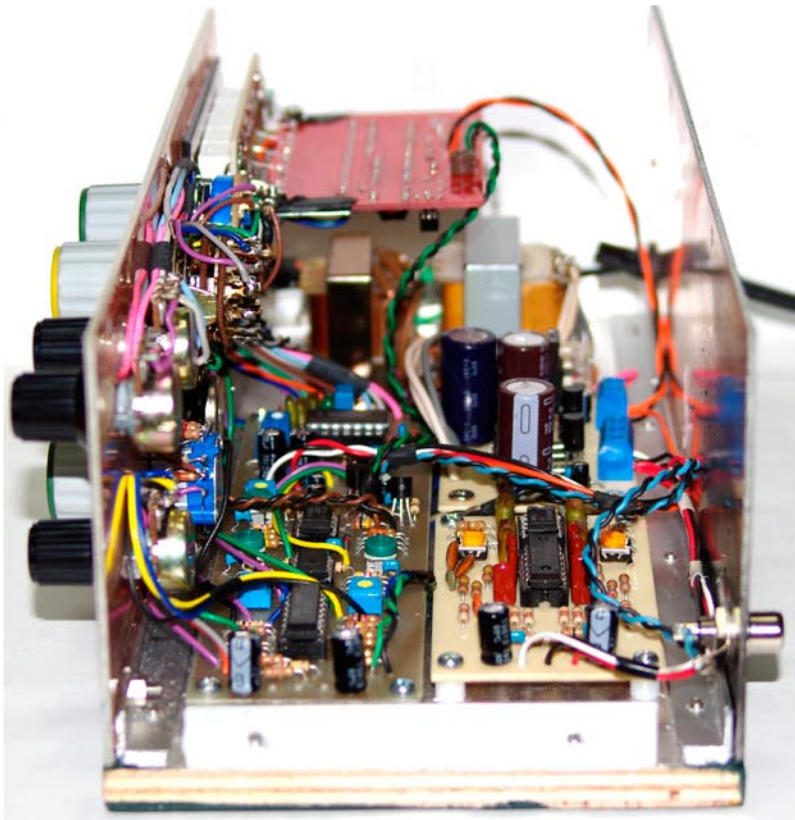


だけつなげばいい。両方つなぐとループになるが、この基板でのループは問題ないでしょう。デジタルだから。

で、基板を実装したのが下の写真。左右両側から撮ってみた。基板の下に電源トランスが入る配置。漏れ磁束直撃構造なので少々心配していたけれど、さすがデジタル、まったく何の問題も無いようだ。それよりマイコンの発熱がうまく逃げるかどうか心配といえば心配。真夏の海岸でも使わなければ大丈夫だろう。

リアパネルに見える（？）RCAジャックは外部カウンタ出力のためのもの。オシロ出力ではないので、ここからでは波形は見えない。

次回の追加版特別号外では、やはりLED基板を分離して周波数カウンタを作る。未来を予見しカウンタキットを3個も買っていた私は、果たして偉いのか馬鹿なのか。多分後者。



■ 書き漏らしたことなど ■

やっぱファンクションジェネレータが2台あっても意味は無い、と知った。2台同時に使うような測定は、私の環境ではありえない。でも、2台並べて眺めるのは気持ちいい。困ったもんだ。

今回、一番大きな基板はガラエポ。宗旨替えしたのか？ いいえ、紙エポや紙フェノール基板が底をつきそうだから代わりに使ったまで。長さが150mm近く、しかもケース底板がアルミ箔敷きの合板なのもガラエポでいいやと思った理由。基板が反り返って、アルミ箔が少しでも浮いたらどうなる？ でもやっぱりガラエポは嫌いだ。アクリルカッターの刃が瞬くうちにダメになる。こんなに硬くなくてもいいじゃん。

ガラエポには身体的実害もあった。パネル加工だ。前回書いたとおり、フロントとリアのパネルはガラエポの両面基板（をそれぞれ一箇所スルーホールして両面を導通させたもの）。丸穴をあけるならアルミの1ミリ板程度の労力で済み、ラクではあるが、LEDの角穴は鬼門だ。糸ノコでひくにせよカッターで切り込みを入れるにせよ、出てくる切り屑は微小なガラス破片。ヤスリをかければもっと出る。これが指や腕にくっ付くとチクチクと痛がゆいこと我慢できない。しつこいやつは一晩くらい取れないから、夜中に上半身を掻き毟ることになる。エンクロージャの内側に張るガラスウールと同じなのだ。多分、呼吸にまぎれて肺の中にも侵入しているだろう。やっぱね、どうもあれからセキが止まらなくて……コホッ（ウソです）。

前回、4558だった部分に今回は353を使っている。4558でダメなわけではない。発振周波数が50kHzを超えたあたりから、どうも波形のキレというか雰囲気が悪ましくなったからだ（まったく科学的ではない）。353に差し替えたら安定したような気がした。もちろん、こんな高域になるとサイン波と矩形波は三角波状になり波高値も怪しくなる。それでも波形の雰囲気はしっかりと感じられる。ベントラーベントラー。

なんて書くと、えっ、高域では正常動作しないの？ と不安になるかもしれない。それは皆さんが高域のどこまでを正しい波形で使いたいかによる。少なくとも30kHzまではきれいな波形でを保証できる。作り方と実装技術にもよるが、30kHzあたりまでなら三種の波形とも既定の通りきれいで波高値も一定になるはず。それ以上は「周波数が出ているだけありがたい」と思うべきだろうし、その領域

では三角波でも充分に用が足りるはず。

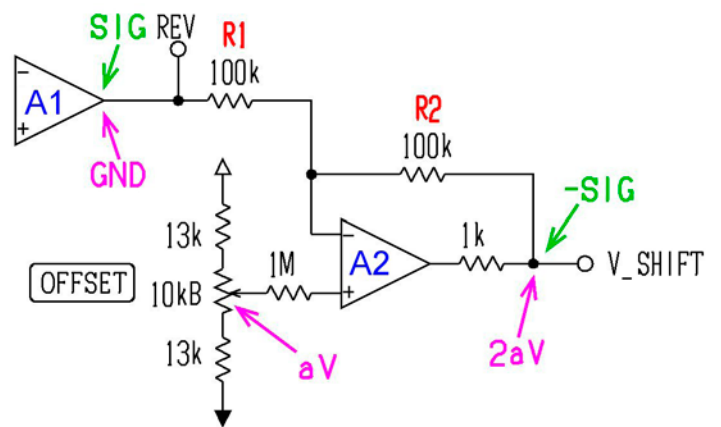
前回、ロータリSWにはショーティングとノンショーティングがあり、後者が向いていると書いた。リクツでは確かにそうだ。でも実際は、本機の回路ではどちらでも同じだった。試してみたのだ。そしてSOURCEにはショーティングを使っていて、不都合はまったくない。安いほう、手に入りやすいほうを使おう。ただし、オーディオ回路ではやはりショーティングを使いたい。

じゃ、今回は特別号外で、Chinaキットをマジな周波数カウンタに化けさせる方法を書く。それでシリーズは本当にオワリになる。

【7ページ前のクイズ】

信号SIGはA1の出力からR1を通してA2に加わる。A2の帰還抵抗はR2。R1=R2=100kなので、A2のSIGに対する増幅率は1。ただし位相反転するので-SIGと書く。

バイアス電圧aVはA2の非反転入力に加わる。aVに対するA2の増幅率は(R1+R2)/R1だから、つまり2。2倍になってA2の出力の現れる。何故こうなるかといえばA1の出力インピーダンスは無視できるほど小さく（通常のオペアンプでは100Ω以下）、しかもオフセット調整で0V（GND）電位。A2の非反転入力端子から見ればA1の出力端子はGNDと同じ。……ねっ、面白いでしょ？



著者はこの記事の著作権を放棄しません。リンクは自由ですが、どんな形式に於いても無断転載、無断複製等をご遠慮ください。著作権を主張するということは、記事内容に責任を持つということでもあります。