

8038 ファンクションジェネレータ China 製 300 円キット を中心として

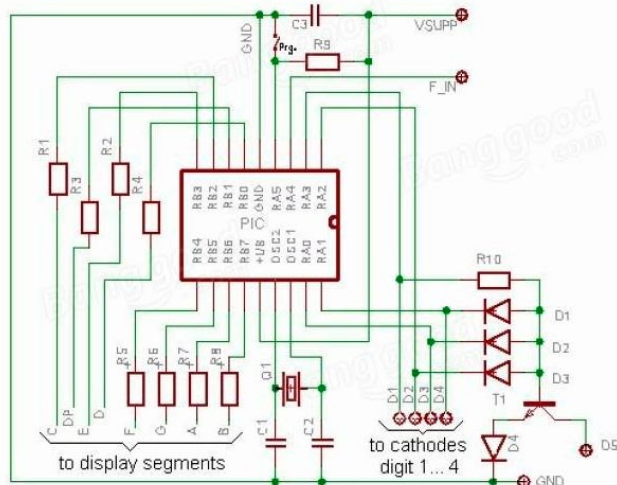
#3 野望の結実編

製作と同時進行で書いているつもりが、いつの間にやら記事がディレイ。現物は完成し実戦部隊に配備済み。完コピすれば実用機になる保証は付いても私にとってはスリルがいまいち。余裕で書く記事もまた一興かな。

■ 周波数カウンタキット ■

本来、人間はラクをしたがる生き物だと思っている。ツライのや苦しいのはイヤで、ラクして満腹する方法を追求してきた結果が今の文明だろう。決して悪いことじゃない。でも、誰かが2倍楽をするためには他の誰かが2倍苦勞しなくちゃならん、ような気もする。8038キットが300円、周波数カウンタキットが600円というのは、一体誰が損しているのだろう。察するにまず、向こう見ずに投資した海外の小金持ち。中国本土でモノを作れば儲かるはずが、見込みが外れてやむなく撤退した連中ではないか(いろんな例を知ってる)。それと察するまでもなく人民中国で農村戸籍しか持たない二級市民。どんな社会も、異様に発展するためには奴隷が必要だ。神の思し召しか、はたまた資本主義の「必然」としてか、近い将来、蓄積された富からこぼれ落ちる少々の恩恵に彼らが与るはず(アダムスミス一派の楽観論)としても。

んなことを考えながら、せっせと banggood にオーダーしたのでした。とにかく周波数カウンタが無いと野望は達せられない。

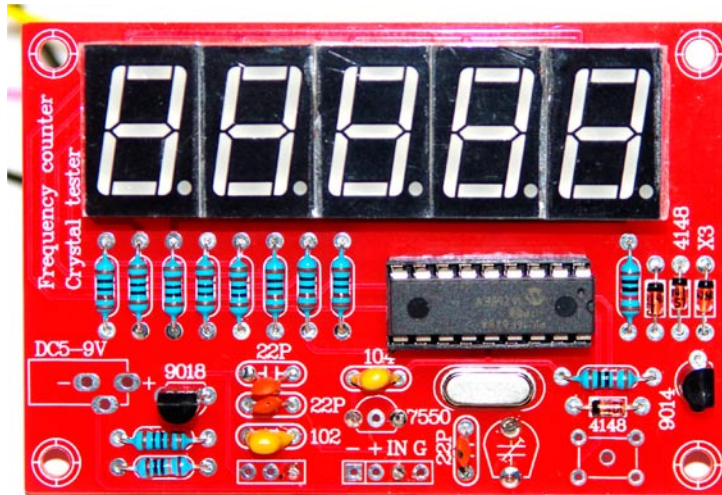
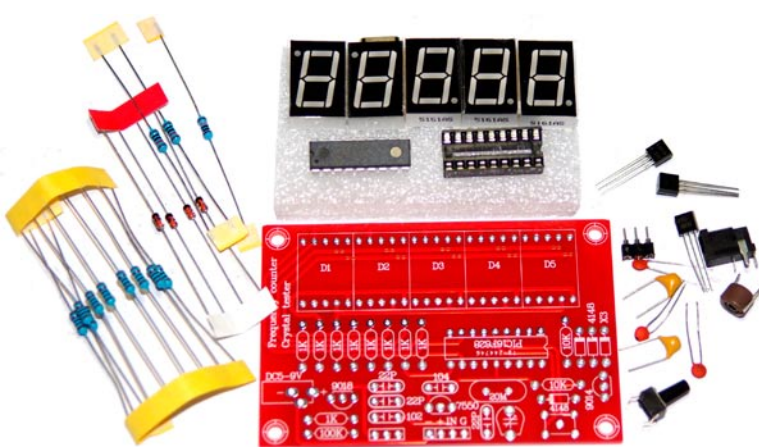


届いた中身は下の写真。これにパーツリストの紙が1枚付いてくる。ファンクションジェネレータより紙1枚分だけ親切だが、やっぱりよくわからない。China サイトで公開されている回路はが左下。木で鼻をくくった見本みたいだ。まあ、それももっともで、カウンタの機能は全部 PIC マイコンに入っている。LED に電流を流すというアナログ工作だけすれば済む。でも、やっぱりよくわからない。

そんなとき百人力の味方をみつけた。某〇月のサイトに、このキットの説明があった。無料で参照するのは申し訳ないけれど、今までかなり貰ってきたから、今回は許してもらおう。といって、たいした事実が判明したわけでもない。

このキットは本来、水晶発振子の周波数を測るのが主な目的のようだ。周波数カウンタはその機能のオプションというか副産物というかで、かなり使い勝手が悪い。本格的なカウンタに仕立てるには、ちょっとしたアナログ回路を自作しなければならない。でも今回はジェネレータ専用にするのだから小手先の対応で済みそうと踏み、小手先対応したらそれで OK だった。

写真と回路図を見れば大体わかるだろうが、このキットには入力信号の増幅部が無い。信号を直接マイコンに入れる荒業が用いられ、



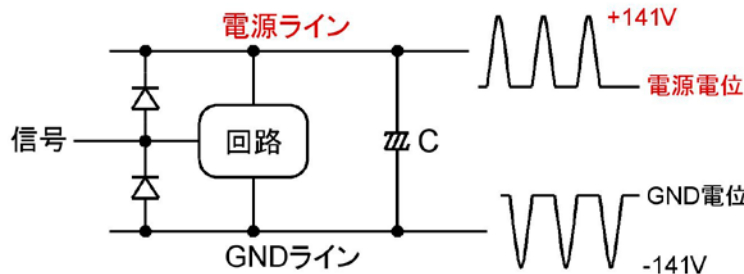
入力保護に類する回路も無い。これって結構怖いのだ。

どんな回路(機器)も、扱える信号は自分の電源電圧の範囲だけ。9V の電池で動いているエフェクタに 30V の大信号を入れたら、多分エフェクタは壊れるだろう、ということは皆さん感じているはず。もちろん正解。とすると、このカウンタは +5V の単一電源だから、扱えるのは 0V ~ +5V の間の信号に限られる。マイナス側の信号は扱えない。するとどうなる? 普通の信号はプラスとマイナスの両側に振れていて、これを入力できないことになる。

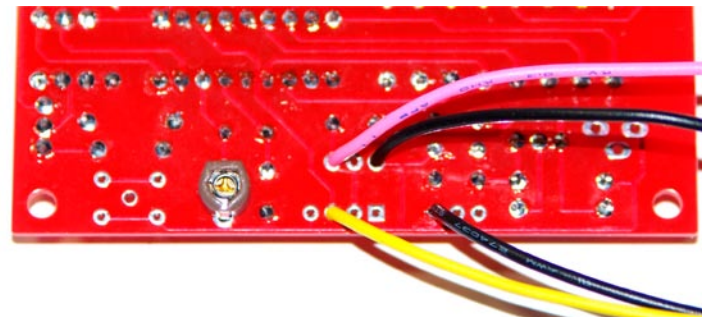
ただ、いわゆるライン信号程度のレベルなら、直ちに健康に影響を及ぼすことはないはず。いやはや、私としたことが、生まれて初めて PIC マイコンのスペックを調べたのだ。アナログ IC とはまったく違う略号が並んでいて、何が書いてあるのかさっぱり理解できなかったが、少なくともアナログ信号が入ってくるピンには保護回路が付いていることだけはわかった。下のようにダイオードを2個使った一番簡単な過大入力保護回路だ。電源電圧範囲以外の信号成分はダイオードでアースとプラス電源に捨てられる。ま、これならある程度は大丈夫でしょう、と思ったとたん、次の疑問が湧いた。以下、カウンタともジェネレータとも関係のない話。

捨てられた過大入力のエネルギーはどこへ行くのだろうか? 電源ラインもアースもゴミ捨て場ではない。そりゃ回路自体は保護されるだろうが、流れた先の電源ラインやアースはどうなる? 極端な話、誰かが「ここは大井川の西か東か」を知りたくて AC100V を突っ込んだとしよう(そんな馬鹿、いるか?)。このとき、一瞬のことだが電源ラインにはピーク電圧の +141V がかかり、そのまた一瞬後、アース側に -141V が来る。電源ラインとアースの間のデカップリング C が動き続けたとしても、回路全体の電位は上下に揺さられる。また、C がエネルギー全部を吸収できるわけではないから、電源ラインの変動は電源にも及び、さらに C が(電解だとして)ブレーク側に壊れると電源が電位の変動のすべてを引き受けることになる。

電源部もメいっぱいになれば、トランスを逆流して電力会社の送電網に伝わり、変電所から火花が上がる……んなことないか。



①測定信号入力 ②測定信号入力のGND ③+5V入力 ④GND
これらの配線は裏に出す



以上は半分冗談半分本気。だって、保護ダイオードから逃げ出した電圧が、どのように「無害」な最期を遂げるのか私にはわからないから。どのみち最後は熱になるのだろうが、どこで?

回路の安全のためにも精神安定上も、このカウンタの入力には 0V ~ +5V の信号しか入れないことにする。前回、波形整形基板で緑色で描いた 104 と 100k は、信号をプラス/マイナス両側に振らせるためのもの。104 をジャンパにすると 0 ~ +5V の振幅になる仕組み。

■ キットの組み立て ■

左上の写真が取り付けるべきパーツを取り付けたところ。そう、いくつか付けないパーツがある。列挙すると、DC ジャック、水晶用ソケット、小さなプッシュ SW、それと 7550 表記の三端子レギュレータ。これらは絶対に付けてはいけない。理由は以下のとおり。

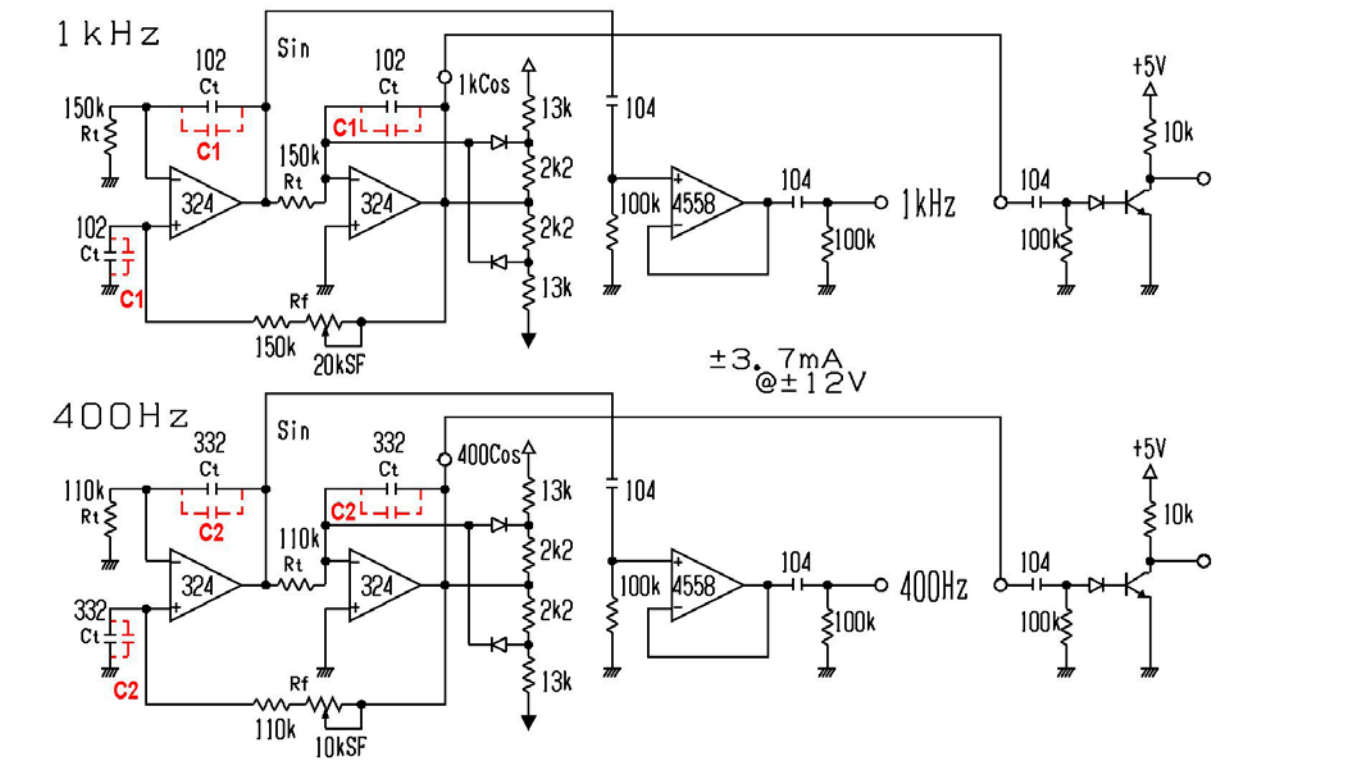
某秋〇のデータによれば3端子の 7550 は極めて許容損失不足らしい。カウンタの基板全体で最大 100mA も食うのに 7550 の最大定格は 250mW と脆弱。電流が 100mA のときには +7.5V までしか受け入れられない。それもアッチッチ状態でのことで、触ってられるのは入力が 6V くらいまでだろう。China 設計ですね。しかも 7550 のピン配置は 78 シリーズとは違うため置き換えも無理。私は安定化した +5V を直接基板に入れることにした。上の写真で③の 7550 の文字の「7」の近く穴。その左の④は GND になる。となると、DC ジャックなど無用の長物。だから付けない。

水晶用ソケットは、水晶の測定はしないので付けない。ソケットの右の穴、②は入力信号の GND になる。入力信号は①に入れる。

小さな SW は、この基板を水晶の周波数測定に使う際にいろんな機能に切り替えるためのもので、いったん付けて押ししまうと初期状態に戻すのがものすごく面倒になりそう。だから最初から付けないければ問題はない。冗談でも絶対に取り付けてはいけない。

バディング C というのは馴染みのないパーツ。高周波回路なら珍しくない。いわば半固定コンデンサだ。作ってから周波数の表示がわずかにズれる場合、こいつを回すとアジャストできる(ことになっている)。通常は付けっぱなしで何もしなくてもいい。ただ、付けないとコンデンサがなくなるから、こいつは裏側に取り付ける。スルーホールのありがたさ。同じく配線も基板裏から出す。

作ったら、試しに電源の +5V を加え、入力を手で触れば 50 か 60 の表示になる。この程度の逆電圧は OK だろう。で、完成。



■ サイン波スポット発振器 ■

周波数固定でいいなら、実に美しいサイン波が得られる回路がある。電球などは使わない。オペアンプだけでできるクワッドラチャというもので、何故か岡村先生の本にしか出てこない。ネットに載っていたら、それは岡村本からの引用だ。今回、これを2回路作ることにした。というか、以前何かの目的で（忘れてる）作った基板を流用しただけ。実験基板そのままで、無駄な穴があったり見苦しいけど勘弁を。ただ、基板パターンとパーツレイアウトは発表用に作り変えている（しっかり動きます）。基板写真も出すけれど、「パターンが違う！」なんてクレームは無しね。

発振器の心臓部は324の2ユニット。4558（写真では、付いているのは358。つまり何でもOK）の出力バッファは必須ではないにしてもあれば安心。別に324でなくても、ましてクワッドでなくても動く（パターンはクワッド用）。発振周波数を決めるのは3個ずつあるCtとRt。えっ、Rtが2個しかない？ はい、Rfがそのひとつです。Rfと言うくらいだから帰還回路の抵抗で、ここでは正帰還。帰還量をちょっとばかり増やさないと発振しないから、他のRtより少し大きくする。今回、わかりやすいように半固定を直列にした。

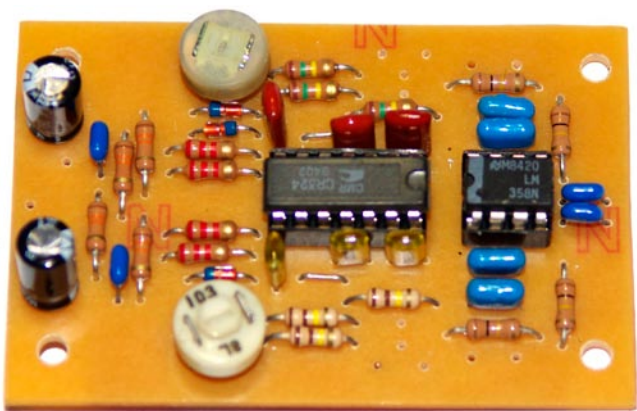
発振周波数は3個のCt、Rtが共に同じなら $f=1/(2\pi C_t \cdot R_t)$ になる。ケタ数さえ間違えなければ電卓で計算できるはず。電卓も苦手な人は「1000p・159k」と憶えればいい。コンデンサが102で

抵抗が159kのとき発振周波数は1kHzになる。計算では確実にそうなる。……のだが、実際はそうならない。ここでも理論と現実の乖離がある。

コンデンサの実容量がかなり大きいためだ。新品なら5～10%くらいは平気で大きいから計算通りに作ると周波数は必ず低く出る。その分のサバを読んでパーツ定数を小さめにしておくのがコツ。RかCのどちらかを（両方いっぺんは頭がこんがらがる）小さくしておいて、実際の発振周波数を見ながら追加して行く。追加するならCのほうが簡単。バラればいいんだから。そのためのコンデンサがC1とC2。この作業には周波数カウンタが不可欠。もし持っていないればC1もC2も付けずに使おう。それでも周波数の誤差は10%以内に収まる。テストトーンとしては充分だろう。

カウンタがあれば発振周波数を見て、どんな値のCをバラればいいのか見当を付ける。もし周波数を5%下げたいなら、1kHz側でいえば102に、その5%の47pをバラる（仮付け）。このとき3個を同時にバラってはいけない。1個ずつ付けて周波数を観測し、もし2個でちょうど良くなったならやめる。3個付けても下がり切らなければ47pではなく68pとかに変える。

ムチャクチャな方法に感じるかもしれない。でも正しいのだ。そもそも左段下から3行目の式でCtとしたのは、実は3個のCtの幾



何平均。だから必ずしも同じ値の必要はない。3個のCの値を掛け合わせて三乗根を取った値のことでRtについても同じ。なんて書くとアタマ痛いよね。計算もしたくないし。だから同じ値にするんだけど、微調整で少し変えても全然OKということでもある。あまり深く考えないほうが人生はラクだ。

400Hz側も同じ方法で調整する。あっ、この調整は基板が全部出来上がって、半固定を回して発振が安定して起きる状態になってからするので、後でもう一度読み直してね。どうも書く順番が難しい。

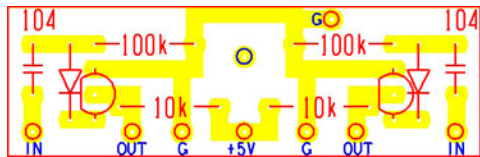
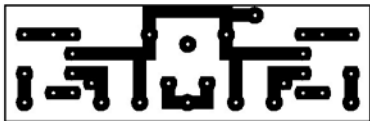
回路に戻ろう。回路図で324の右側に4本縦につながる抵抗がある。出力の振幅を制限するリミッタだ。サイン波の波高値をこれで決められる。今回の電源は±12V。プラス側なら、電源の+12Vを13kと2k2で分圧した電圧が波形のピークになる（はず）。私は最初、波形の大きさを±2Vにしたかったので、分圧抵抗を10kと2kにしてみた。これでうまく行くはずなんだが……どういうわけか少し大きくなった。で、カットアンドトライしているうちに図の定数になった。これだと約1.74Vのはずだが、くたびれたのでOKにした。どっちみちアッテネートして使うことだし。ここで大切なのはダイオードの方向。間違えるとリミッタは動作しない。

この発振回路の出力は2個あって、回路図では左側の324から出ているSinという信号が主な出力になる。相当なドジを踏まない限り、ここから出るサイン波の歪率は0.1%以下になるし、追い込めばあと2ケタくらいは良くなる（という話）。もうひとつ、右側の324から出ているCosもサイン波で振幅にリミッタもかかっている。正しくはSinとは位相が違うのでコサイン波なのだが、単体で見ればサイン波とまったく同じだ。ただし、こっちの歪率はSinに比べて1ケタ程度悪い。普通は使わないけれど、今回は周波数カウンタ用の信号源にした。

πやら幾何平均やら三角関数やら、できれば一生付き合いたくない気持ちは我が身に照らしてもよくわかる。だから、これらはただの符丁と思おう。「わからなければ作れない」わけでは絶対でない。なにしろ私だって作ってるんだから。

これでサイン波発振器は完成！ れれっ、右側にあるトランジス

1.9×0.6inch (48×16ミリ)



タはなんだ？ はい、ここでまたタタキ大工の登場。このファンクションジェネレータの最初の構想では、カウンタに周波数を表示するのは8038発振器の出力だけで、サイン波を選ぶと当然1kHzか400Hzだからカウンタには表示させなくてもいいと思った。けど、寝ぼけて測定しているとき、出しているのは1kHzサイン波なのにカウンタに3528Hzなんて出たら混乱するかもしれない。いや、確実に間違えるだろう。やっぱりサイン波のときも周波数を表示させようと、いきなり考えが変わった。

で、サイン波を（三角波でも何でもいい）を矩形波に変えて、しかもChina周波数カウンタにも入れられる0V～+5Vの振幅にする回路を急遽作った。上が基板だ。写真も撮ったはずなのにファイルが行方不明。後で出す全体の写真でわかると思う（ごめん）。

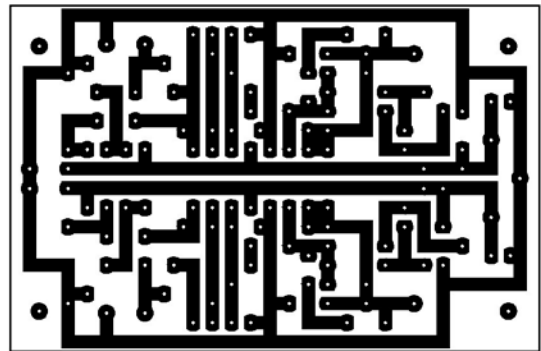
この部分だけ、電源はカウンタと同じ+5Vにしている。だから+5V以上はどうやっても出ない。カウンタは死なない。回路としてはただのスイッチングだからNPNなら石は何でも使える。2個が違った型番でも大丈夫。買うなら2SC1815あたりが安くてよろしいかも。この回路は振幅が一定以上のほぼどんな波形でも矩形波に変えてしまう。ただしデューティーサイクルは50%と限らない。50%でなくてもカウンタは数えてくれるからいいのだ（1%とか、すごく極端なのはダメかもしれない）。ただし制限もあって、この部分の電源電圧、0V～+5Vの上限を超える振幅（±10Vとか）の信号は入れないほうがいい。トランジスタ各電極の電圧関係が逆になると、もちろん働かないし壊れるかも。マイナス側はダイオードで阻止するからいいけれどプラス側は要注意。今回の発振器出力のプラス側は+2V程度だから問題は起きない。なお、ダイオードには普通の小信号用（スイッチング用）なら、これまた何でも可。ガラス管の小さいやつなら大体いける（ツェナや定電流ダイオードはダメです）。

もしもサイン波の発振器だけ作ればいい人は、このチビ基板は要らない。鳴り物が好きなら発振器だけでも充分に面白いことは保証する。Silver Applesしたくなるよ。

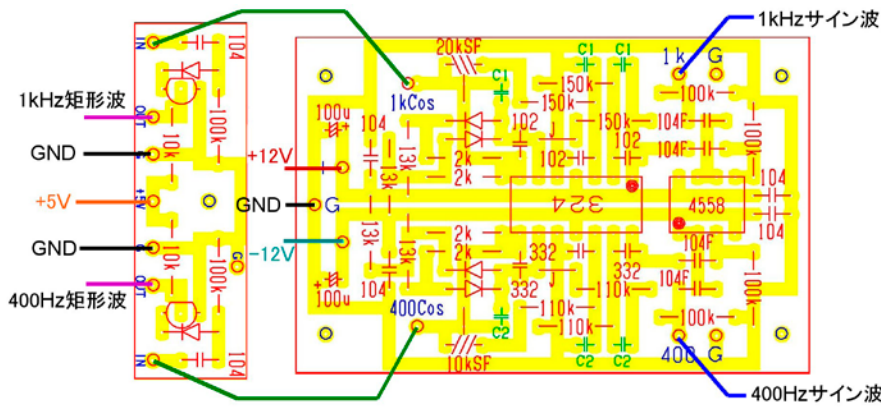
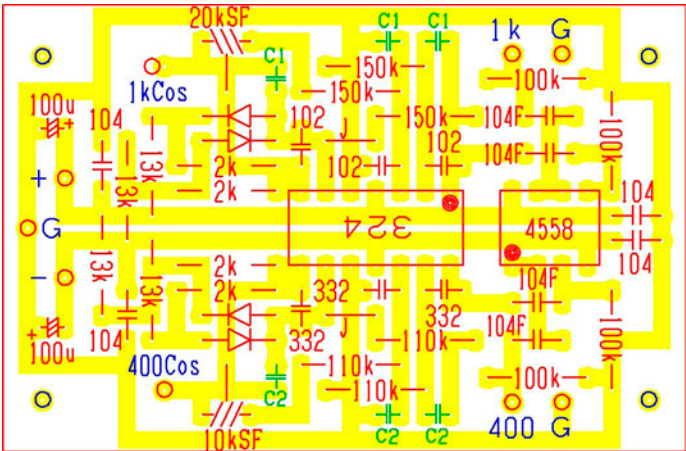
カウンタ用のチビ基板とのつなぎ方は下の図。GND同士をつなぐ必要はない。電源基板でつながっているからだ。

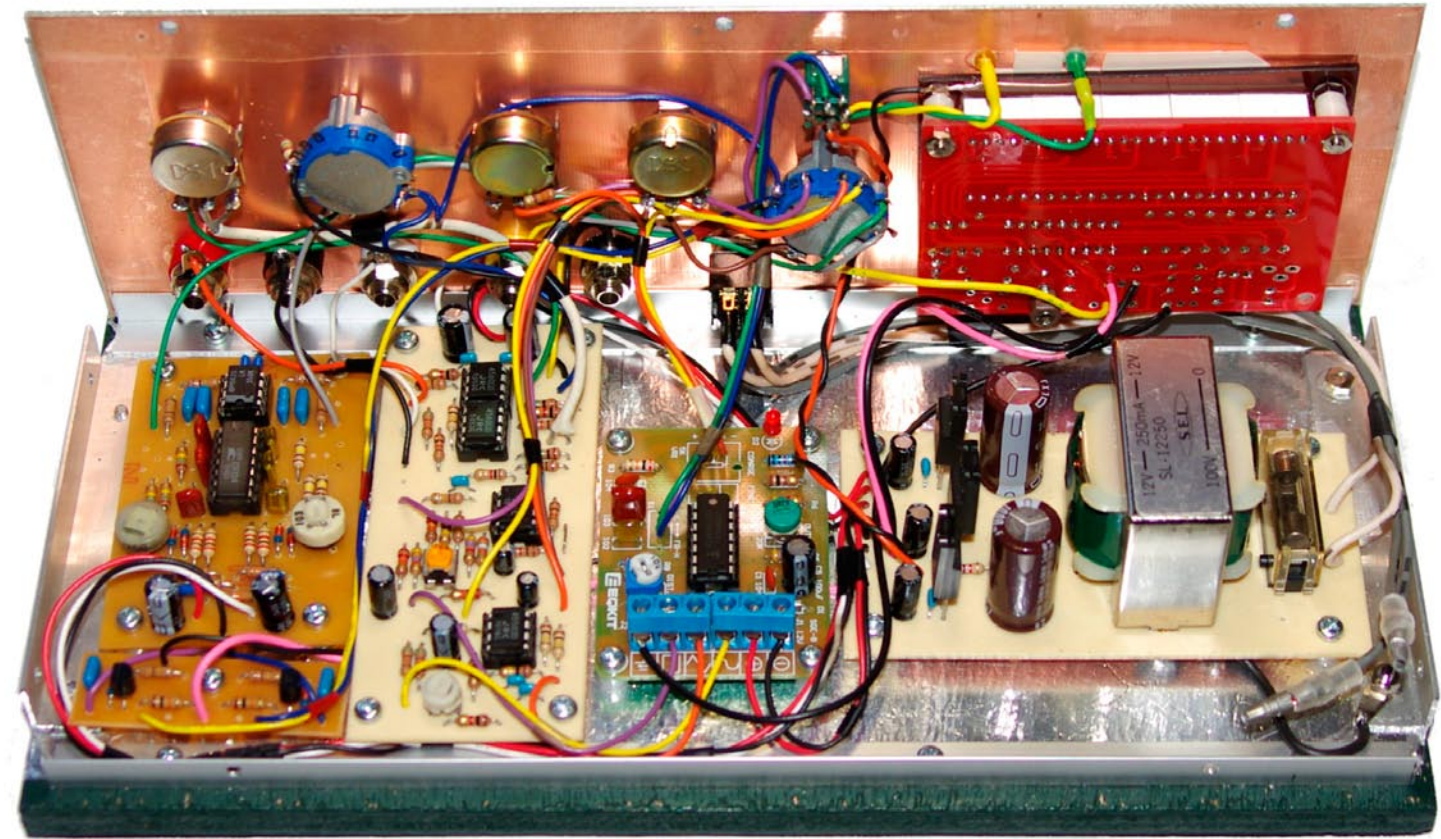
半固定抵抗の調整は簡単で、安定してサイン波が出るところにセッ

トする。回すといくらか周波数がズレる。だからこれを先にして半固定の位置を決めてから、前述したCを少しずつ増やすカットアンドトライに進むこと。それから、周波数は厳密に決めなくてもいい。1kHzぴったりでなくても±1%（10Hz誤差）で妥協しよう。それも、できれば1010Hzとか、上にしたほうが精神衛生上いいみたい。同じ10Hz誤差でも「990Hz」と出ると、どこか損した気分になるのは私だけ？



2.75×1.8inch (70×46ミリ)





■ 全体の組み立て ■

本当なら長期在庫の鈴蘭堂ケースあたりでバシッと決めれば美しいのだろうが、あいにく持っていないし買うおカネも無い。ここは一番チープに9ミリ合板で箱を作った。パネルは一見銅板でしょ。違うんです、ガラエポの両面基板。このサイズ(165ミリ×65ミリ)の切れ端があったので採用。銅箔が二重になっている分、シールド効果は高い? かもしれない。ただし両面の電位を同じにするために、どこかに隠れスルーホールを作ってつなぐこと。要は、目立たない場所に0.8ミリ程度の穴をあけて抵抗リードのあまりを両面ではん

だ付けし、ニッパで短く切ってヤスリがけ。凹凸を最小にすれば出来上がり。

箱の内部全体に家庭用のアルミホイルを貼り付ける。ゴム糊なら簡単だ。箱を固定する金具をすべてアルミホイルの上に載せて固定すれば、低周波測定器のシールドとしては充分だろう。

フロントパネルには文字をプリントした紙を貼り付ける。裏に糊がついたシール紙が適している。その上から少し厚手の透明ビニル(これも裏糊つき)を貼れば汚れなくなる。ま、一番の難物はカウンタの表示窓を切り抜くことだが、各自奮闘してくれ。上の写真でちょっと見えるように、LED表示器の前にアクリル板を入れると保



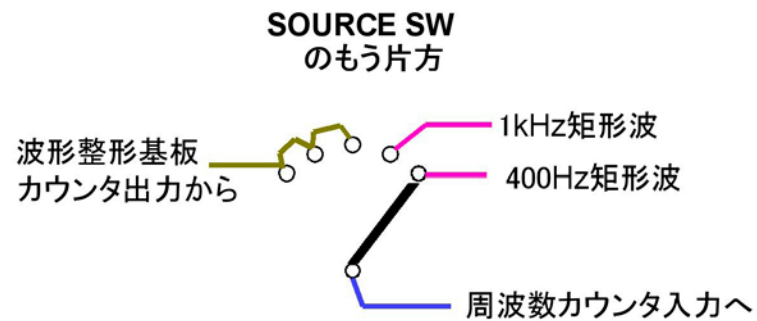
護にもなるし見やすくもなる。半透明の赤いアクリルが一番。私は手持ちにある半透明ブラウンを使った。試しに半透明の緑にしたら、見事に何も見えなくなった。光の三原色の原理は正しいらしい。

困ったのはリアパネルから来るAC100Vをどう引き込むかで、結局、トレモロのときと同じギボシ端子にした。クルマ用のコネクタだから電流容量は心配ない。熱にも強いだろう。ただ耐圧がわからない。トレモロはまだ無事故で動いているので大丈夫だと思い込もう。ギボシ端子は「受ける側」を必ずオスにする。つまり左の写真だ。トランス側がオス、ケーブル側がメス。逆にすると感電する。

回路のアースとケースのアースは一箇所ですないでいる。やはり一点アースは実行したほうがいい。電源基板のアースパターンから、ケース側板を固定するLアングルにタマゴラグと菊ワッシャで落とす。写真右下に見える黒い線がそれ。

配線にシールド線はほとんど使っていない。単線(単芯ではない)ばかりだ。必要なら熱収縮チューブで何本かまとめている。そうすれば線がバラけてモヤシ状態になるのを防げる。今回、それでもモヤシに近いが、これこそ無計画の結果でもある。いずれにせよ熱収縮チューブは大好きだ。バインド線より扱いやすい。

配線については前回までに出した図がほぼすべて。足りないのはSOURCE SWの片割れ、周波数カウンタに送る信号の選択部分。右上の図がそれだ。えっと、今気付いたこと。ロータリSWは、私が使ったのよりもっと安いのでいい。たまたま手元に高いのしかなかったから使ったままで、たとえば秋月の「つまみ付き150円」などで構わない(2017年4月現在)。これはノンショーティングタイプだ



から最適だ。ロータリSWにはノンショーティングとショーティングがある。オーディオのソース切り替えなどはショーティングが向いている(クリックが出ないor少ない)。今回はバシッと切れたほうがいいのでノンショーティングがよらしい。

300円につられて始まった製作、周波数カウンタを買ったり合板を切ってもらったりなどで、追加出費が二千円近くかかった。いろんなパーツが手持ちにあった私でもこれだから、全部新規に買ったら1万円? 道楽もラクでない。

測定器にハマると、これまた別世界で、身上食いつぶす極道に入り込む。みなさんもこの程度でやめといったほうが家庭の平和。良い測定器を作るには、それ以上の性能の測定器が手元に無いとだめなのだ。恒温槽など当たり前、最後にはルビシウム原子発振器まで欲しくなる。いっそ自作自動車に走ったほうがまだ健康的だろう。

XR2206 キットについて

測定器などやめとけ、と言いながら、すぐにコレだ。もちろん買いました、今度は700円キット。知らない石なので2セットも買った。早速マニュアル通りに作ってテスト(周波数を決めるCとRは外付け)。う〜む、どうしたもんだろ。どーもよろしくない気配が。

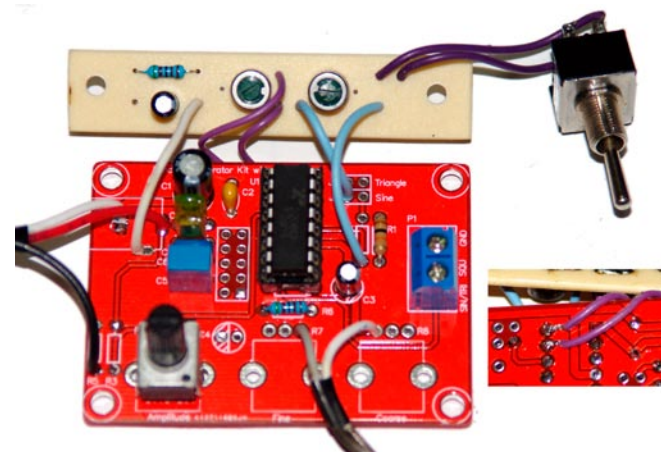
最大の問題は発振周波数が不安定なこと。ごくわずかだが、ノイズか何かがそのまま変調波になってFMのように揺れる。あるいはどこかで勝手に発振してるのかも。電源を電池に換えたり、実験電源を換えたり、出来ることはしてみた。結果は変わらず。

私としては二番目の問題としてサイン波の形が気になる。ただ三角波のアタマを潰しただけじゃん。山下シンセのサイン波コンバータをへたく所にコピーした感じ。8038のほうがよほどきれいだ。で、波形調整に関係しそうな半固定を2個増設してみた。右がそれ。いやあ、どうにもならん。三角波と台形波の間で変化するだけ。

すべてのテストは2個の2206を差し替えながらやっている。だから石固有の問題ではなく、すべて仕様の問題だ。

2206のメーカーデータによれば、電源電圧は+26Vまで大丈夫で、二電源動作も簡単(データの10ページ目、右段下のほう)ということだ。しかしこのキットの回路では、電源電圧が+12Vを超えたとたんに異常発振が始まり、まったく止まらない。出力の振幅を大きくすべく±9Vで動作させる予定が、あえなく壊滅。

じゃ、二電源動作とはいうと、右上は±6Vで動作させているところ。単電源の+12Vとまったく同じで同じ現象が起きる。なお、二電源にしたところで、出力の振幅の中心が0Vになるとは限らない。この回路のどこにもGND電位の箇所がないからだ。振幅の中心はプラス電圧とマイナス電圧の真ん中になる。調整するには電源をいじらなきゃならない。これは8038の二電源動作でも同じだか



ら、まあ仕方ない(当たり前のことなら公式データに書くな!)。

それでもなんとかすべく、これまで丸三日の奮闘済み。少し役に立つデータとして、ファンクションジェネレータ向きのCとRの情報を書こう。Rは基板上的の5k1はそのまま、VRには50kの主調整と5kの微調整が良いみたい。Cは4個(つまり4レンジ)にして、低い方から105、104、103、102でいい。これで約18Hz〜180kHzまでクロスレンジでカバーする。

得体の知れないFMは、このVRを小さくしたときに顕著だ。試しに5k1を100k以上まで大きくしてみたけれど結果は同じ。どこかで寄生発振してるんじゃないかな? 現在、発振源を捜索中。これさえわかってFIXできれば、サイン波の形を除いて、とても良いジェネレータになるだろう。そんな晩にはまた発表します。でもさあ、余計な苦勞をするくらいなら8038でもう一台作るほうが……。