

China KIT を ちゃんと使える 周波数カウンタ に

つねに一步、余計に進みすぎる。
ひとこと多かったためにメチャ怒られたり
準備運動しすぎて疲れ果てたり
生牡蠣 38 個一気に食って救急車、とか
ただ「程を知らない」だけかもしれない。
反省は一切してません。
程を知ったら世の中つまらなくなる、
でしょ？

■ 測定器の絶対条件 ■

たとえば茶碗に入った 60℃ くらいのお茶の温度を知りたい、とする。100℃ まで測れる棒温度計を入れたら 58℃ とわかった。さて、この測定は正しいか？

これって結構大問題なのです。煮詰めて行けばシュレディンガーのネコにまで至り、物理の根幹に関わる話になる。たかがお茶の温度が、どうしてまた。つまり、現象やら状態やらは、そこに「あるがまま」に在るのであって、測ろうとして人間などが介入すれば測定結果が左右され、信頼できないものになる、というのだ。

ん〜、禅問答に近い。私は物理学とは一種の哲学だと信じている。あるいは宗教かも。いずれにしても「どーでもいー」ことをゴチャゴチャとひねり回し、結論は永遠に出ない。そこがまた面白いところでもあるし、考えることによって論理構成力や洞察力が養われ、娑婆の諸問題にも応用が利く。

それはともかく、どうして棒温度計での測定じゃダメなのか？
ひとつには、お茶に突っ込む前の温度計自体の温度が定義されておらず、多分室温であつたらう。お茶に差し込めばお茶の温度は下がる。ここでもう正しい結果ではない。

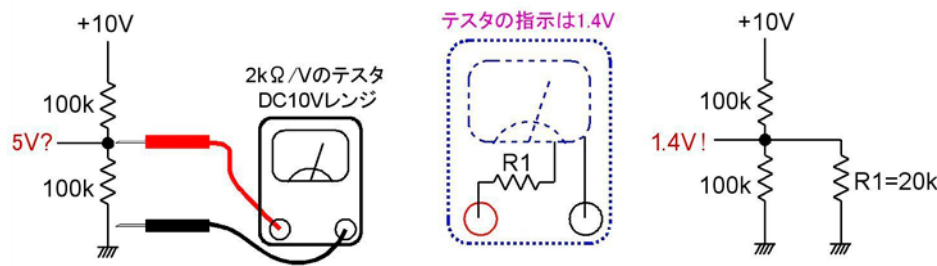
もうひとつ、測定場所がサウナでもない限り、環境温度はお茶の温度よりはるかに低い。お茶は時々刻々冷めているわけで、温度計から 58℃ と読み取っても温度は徐々に下がっている。58℃ というのは一体どの時点の温度なのか？ ダイナミックに時間変化するものをスタティックに捉えようとすれば、ある一瞬を「特別な時」と定めて、その時点での結果を表すしかないのだが、もちろんそれは実態からかけ離れている。

ね、物理って面白いでしょ。みんなもシュレのネコについて考えてください。なお、私がこのネコの話聞いたのは中学一年のときに物理の教師から。一学期の最初の授業で $E = h \nu$ を説明する、素晴らしい人だった。以来、理論物理は好きだ。



モノをきちんと測れるか、は置いといて、私たちが使う測定器全般について、その絶対条件は何か、の考察。何だと思う？ 正確さ、信頼性、頑丈さ、どれも必要だが違う。私が思うに、被測定回路に影響を与えないことではないか。アンプをテスターで測っていたらアンプが壊れた、なんて洒落にもならない。もちろん測定技術が未熟ならそれもあろうけれど、測定器が原因で事故ったのなら最悪だ。しかし電圧、電流、何を測るにしても被測定回路から電流をもらってこなければならぬ（非接触型の電流計などを除いて）。これが測定結果を狂わせる最大要因。お茶に突っ込んだ温度計だ。

下は私が 60 年近く前に悩んだ難問。当時小学生だったので一番安いテスタしか持っていなかった。直流電圧レンジの内部抵抗は $2k \Omega / V$ だけれど、その意味もわかっていなかった。たしかラジオの AGC 回路で、出ているはずの電圧が測れない。すごく低くしか出ないのだ。下の例では +10V を 2 本の 100k で分圧して、中点で +5V になるはず。実際、妙なテスタなど当てなければ +5V で間違いない（もし違ったら自作はやめる）。ところでテスタの $2k \Omega / V$ というのは、もし 1V レンジがあれば、そのときの内部抵抗は 2k ですよ、10V レンジなら 20k ですよ、という意味。どういう理由かという、アナログテスタのメータはすべて電流計だからだ。電圧を測るときには R1 のような抵抗をかませて電流を測る仕組み。だからこのテスタの 10V レンジでは R1 が 20k になる。被測定回路からは



R1 を通して電流漏れ放題。図の右側みたいなことになるから、測定点の電圧は当然落ちる。安いテスタの宿命だ。

これを回避するには内部抵抗（図では R1）が極めて大きければいい。もしも無限大なら R1 に電流は流れず測定点での電圧降下はまったくなくなる、……のだが、 $R1 = \infty$ 、つまりちょん切れている状態ではメータは振れず、測定などできない。どうする？

ここは妥協だ。電圧降下を極力小さく、無視できる程度にするしかない。R1 には 1M Ω とか 10M Ω とかのそこそこ精密な抵抗を使い、もし電圧降下があっても逆算して真の電圧がわかるようにする。そんな要求から出来たのがバルボル。パキュウムチューブヴォルトメータ、真空管電圧計という。小学生だった私も父のバルボルを借りて測定に成功した。以後、バルボル大好きに。

電圧を測るには測定器の内部抵抗（入力抵抗）が高いほど有利なのはわかってもらえただろう。ついでは電流測定のお話。

右上の図を例にとろう。10V の電池に 100 Ω の負荷だと電流は 100mA。当然そうなる。んじゃ、これを測ってみようと電流計を入れてみた。電流計には必ず内部抵抗がある。普通の抵抗が入っていることもあるし、電流計自体のコイルが抵抗になっていることもある。コイルは長い電線を巻いたものだから抵抗があつて当たり前。決して 0 Ω にはならない。

仮に、回路に入れた電流計の内部抵抗が 100 Ω だったとすると、これも電池の負荷になって電流は減る。この例では 50mA になってしまった。何も知らずにこの現象に出会うと、おっかしーなー、電池はホントに 10V なの？ 抵抗の 100 Ω が狂ってない？ とキツネにつままれる。

電流を測るときには電圧測定とは逆に、メータの内部抵抗は小さいほど良い。ただし、意図的に内部抵抗を変えて（直列に R を入れる）電流を制限する手もあるし、並列に R をつないで分流すれば、たとえばフルスケール 100 μA のメータを 10mA などに化けさせるのも可能。メータは安くない。利口に使う。

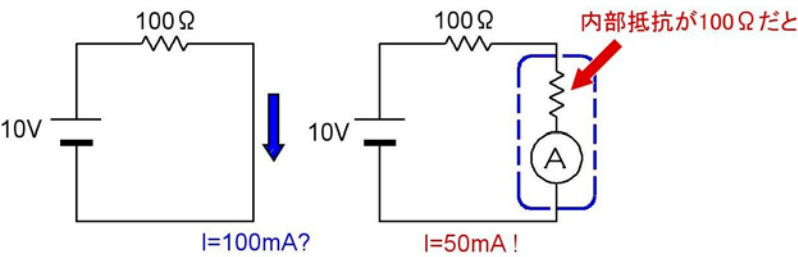
■ Zin とアッテネータ ■

前 4 行、また話が外れてる。ま、いいか。とにかく被測定回路に大きな影響を与える測定器はダメなのだ。じゃ、周波数カウンタはどうすればいいか。オシロもそうだが電圧測定と同じと考えればいい。被測定回路からエネルギーをもらって来るのだから。

もらうエネルギーは小さいほどいい。ということは測定器の入力インピーダンス = Zin（テスタでいう内部抵抗）は高いほどよろしい。高い Zin を実現するのは真空管では苦勞する。アタマが三極管だとグリッド電流が流れやすいから五極管（お世話になりました 6AU6）にしたり、私なりに試行錯誤した。今では FET 入力のおペアンプがあつて、その気になれば Zin=100M Ω なんていうのも夢ではない。しかし現実味は薄い。

ハイインピーダンスになるほどノイズを喰らうからだ。楽器アンプの Zin=1M Ω でさえ皆さんご存知のザマだ。ジャックにケーブルをつないただけでシャーシャーいう。だからもっとハイインピーダンスのピエゾ用入力回路は、ノイズを避けるために楽器に内蔵するしかない（のだけれど、現実はいい加減）。楽器アンプの 1M Ω は、地上の平均的なノイズレベルで我慢できる限界なのかもしれない。

ここでいったんインピーダンスは置いといて、測定器にはもうひとつ大切な要素がある。どのくらい大きな（大振幅の）信号まで測れるか、という問題。一般的なテスタなどパッシブな機材では、既定以上の信号が来るとフューズが切れたり、そうでなければメータ



が振り切れて壊れる。オシロや周波数カウンタのように増幅回路を持つ機材では、増幅回路の耐入力がそのまま最大測定レベルになる。そして、どんなアンプでも電源電圧以上の信号は扱えないから、 $\pm 15V$ 電源の回路では、信号はこの範囲に限られる。交流なら波形のピークが $\pm 15V$ に収まっていなければならず、サイン波だと約 10.5Vrms が最大になる。もしここに +50V なんていう入力加わると青天の霹靂、回路素子は一瞬で昇天する。

私たちが測定器を引っ張り出すのは、何かを測定したいときだ。そのとき、頭の中は測定する信号のことでいっぱいのはずで、測定器の耐入力にまで考えが及ばないかもしれない。言い方を換えれば、測定器はどんなアホ（もちろん自分です）に使われるかわからない。

今回のカウンタの増幅部電源は $\pm 16.5V$ 程度。アホが使うにはちょっと頼りない。そこで、測定器ではごく普通に使われるテクニック、入力アッテネータが登場する。これは入力インピーダンスの問題も一挙に解決してくれる。

仕組みは簡単。下の図が原理。まず左側 ATT の SW が開いているとき、IN からの信号は 9M と 1M で 1/10 に分圧されて入力アンプに加わる。このとき、IN から見た入力インピーダンスは 10M になり、被測定回路への影響はまず無視できる。ただ、信号レベルも 1/10 になるため、アンプのゲインを上げる必要があるかもしれない。一方、信号レベルが 1/10 に減衰すればアンプにとっては好都合。最大入力が 30Vp-p のアンプ（電源が $\pm 15V$ ）でも、事前に信号を 1/10 のアッテネータに通せば 300Vp-p まで受けられる。これは 105Vrms なので、ギリギリにしても AC100V を直接測定するのも可能になる。

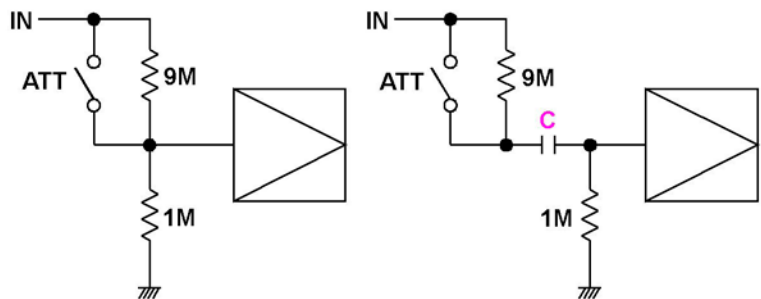
ATT の SW を閉じればアッテネータ・オフで、Zin=1M、最大入力レベルは電源電圧と同じ普通のアンプになる。アッテネータ・オン時に比べて感度が 10 倍だから、より小レベルの信号を観測できる。

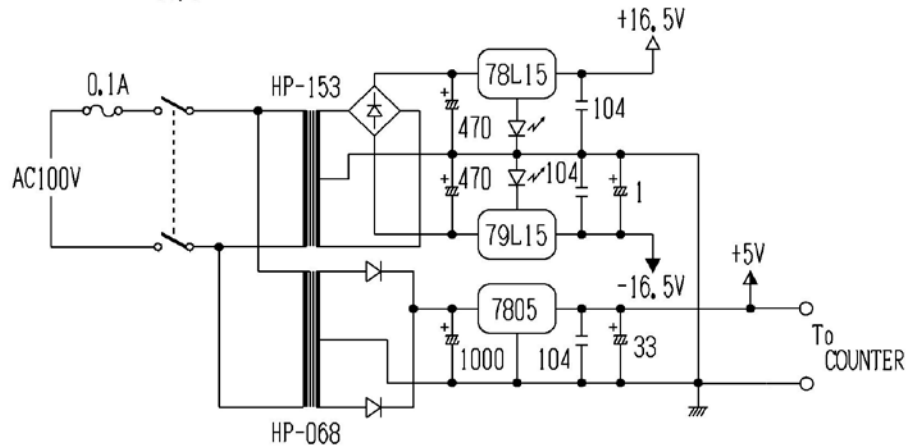
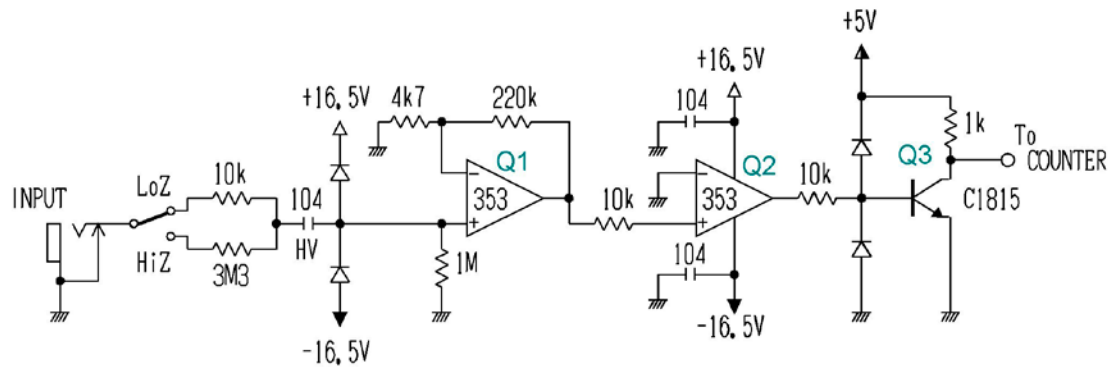
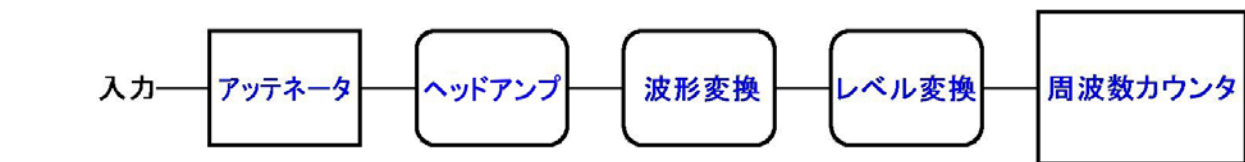
と、当たり前「分圧」だが、とても有用なのがアッテネータ。オシロのプロープには必ず付いている（はず）。

下図左はオシロで言うところの DC 結合。入力信号が何らかの直流に乗っている場合、直流まで「信号」とみなしてしまう。たとえば真空管パワーアンプの終段管プレートでは、数百 V の直流に信号が乗っている。こんなのを DC 結合で測るなら、入力アンプの耐入力は（アッテネート・オンでも）数十 V も必要になる。これは大変だ。

見たいのが音の信号だけなら右のように C で切ってしまうばよろしい。信号の交流成分だけアンプに加わる AC 結合。周波数カウンタで測定するのは信号の周波数だけ。迷わず AC 結合にする。

C の容量は、どこまで低い周波数を測れるようにするかで決まる。オーディオ用なら 0.022 以上でいいだろう。一方、C の耐圧で何 V の直流にまで耐えるかが決まる。50V のマイラじゃダメかもなあ。





■仕様と回路■

まず、どんな用途の周波数カウンタにするかを決める。衛星放送の電波を測るのと地鳴りの周期を測るのとではまるっきり違うから。China KIT のカウンタでも、プリスケラを付ければ衛星放送の電波だっていける。精度は大したことないかもしれないけど測れる。地鳴りなら 100Hz 以下の感度を上げ、フィルタでノイズを切れるアンプを作ればいい。でも、私たちのオーディオ工作に、そんなのは要らない。可聴帯域より少し広い周波数帯域だけ測れればいい。

China KIT の仕様は 1Hz ～ 50MHz。入力は 0V ⇄ +5V で振れなければならない。周波数帯域は問題ない。1Hz 以下は要らないし、上限を使い切る必要はない。50MHz まで測となると、これはもう無線の技術で、オペアンプでは間に合わず（特殊 IC があるのかもしれないが）、ディスクリで組むことになる。面倒だからパス。

私は上限を 100kHz と決めた。ハイレゾ対応ではない。BBD のクロックが 100kHz まであるから。下限は 10Hz くらい。そうすれば 20Hz を余裕で測れる。

今回はカウンタユニットがキットで完成している。作るのは、いわばプリアンプ部分だけ。どんな素子を使えばいいんだろう？ 最初、カウンタと同じ +5V の単一電源で動き、入出力振幅を電源電圧いっぱいまで取れるレール to レールの IC、もちろん FET 入力のを考えた。調べるといっぱいあるなあ。そのどれかを採用するのが本道だろうが、電源が 5V だと、1/10 のアッテネータを使っても最大入力は 50Vp-p にしかない。実効値に直せば 18Vrms くらい。ちょっと足りない気がする。昔のオタリ MTR 出力でダウンしてしまう。これじゃダメだ。

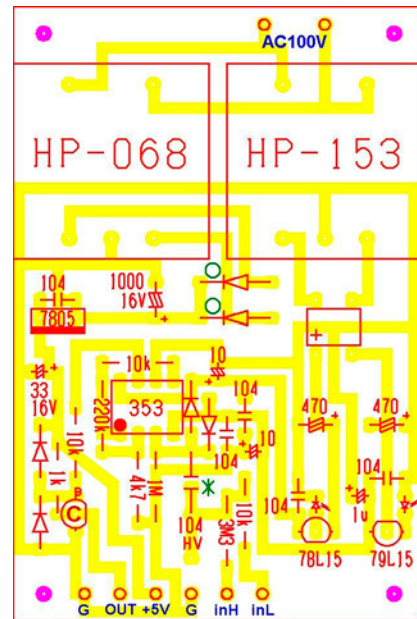
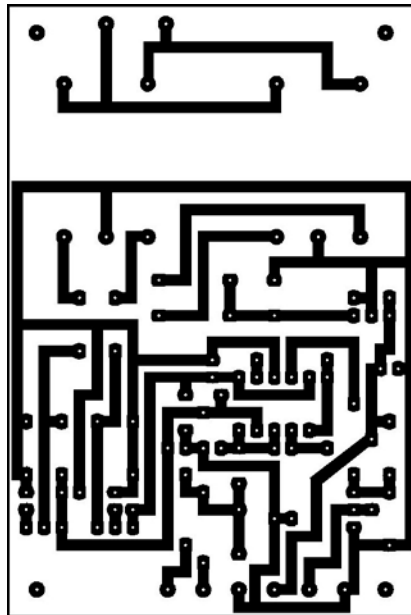
電源の共有はあきらめよう。となれば、FET 入力汎用オペアンプが使い放題だ。できるだけ高域までフラットで立ち上がりの早い、つまり SR が大きい品種なら何でもいい。手持ちの LF412、LF353 で済むわけだ。実際に使ったのは 353 だが 412 でも同じだろう。なお、TL0*2 ではどうなるか知らない。多分動くだろうが。

全体の構成は一番上のブロック図。まず入力をアッテネートし、ヘッドアンプで増幅。次に、増幅と矩形波変換を兼ねた波形変換、最後に 0 ⇄ +5V の振幅にする。いろいろやってみた結果、これが最もシンプルで動作も確かだった。

アッテネータ部分は、オシロではないので正確に「何分の一」でなくてもいいから、アッテネート・オンで 1/4.3 に、アッテネート・オフで 100/101 ≒ 1 にした。（3M3 を換えればどんな減衰率にもなる。ご自由にどうぞ）この定数で、アッテネート・オン時の Zin は 4.3M Ω、最大入力は 140Vp-p くらい、サイン波なら 50Vrms 程度になる。まあ充分でしょう。

アッテネート・オフだと Zin=1M Ω、最大入力は 33Vp-p、サイン波なら 11.5Vrms くらいだ。普通の測定ならアッテネート・オフで大丈夫だろう。

アッテネータ部にある 104 (HV) は直流阻止のコンデンサ。前述したように容量はもっと小さくても OK。ただし、この耐圧がそのまま機材の直流耐圧になる。パワー管のプレートで周波数を測りたい人は耐圧 1kV にしよう（そんなコンデンサ、大きくて基板に付かない）。私は AC250V 耐圧のフィルムにした。一方、電池で動く機材しか測らないのなら、ここには普通の 50V 耐圧のマイラでも積層セラミックでも構わない。音質を問題にはしないので、どんな種類でも使える。



■基板と実装■

自作機だからといって不細工に大きいのはイヤだ。いまや簡易型の周波数カウンタならデジタルテスタにも入っている時代。なるべく小さくスマートにまとめよう、と、ケースを探した。実は両面ガラエポ基板とラワン合板の木工仕事には飽き飽きしたのだ。季節柄、ガラス碎片のチクチクを思い出すたびに鳥肌が立つ。といってアルミケースに角穴をあけるのも気が進まないがチクチクよりマシ。で、ちょうどいいサイズがタカチの MB-3。なにより安いのがいい。

もちろん MB-3 以外のケースに組んでもいいし、大きいケースなら基板からの配線引き出しに基板ターミナルも使えるようにした。そのパターンが上。基板サイズは 55 × 82 ミリ。トランスから全部乗せてしまう。

トランスは 5V 用が 1 個とオペアンプ用が 1 個。どちらもトヨデンの HP シリーズにした。一般的なケース付け型と値段はほぼ同じ。欠点は、この機材を壊して別の機材に流用するときハンダを外すのに手間がかかることだけ。

5V 用は HP-068 で 6V80mA の表示だ。これじゃ電流足りないだろうって？ いいえ、足りるんです。表示をよく見ると 6V-0.6V で 0.08A になっている。つまりセンタータップを使わなければ 12V で 80mA 取れる。ワッテージにすれば 0.96W（カタログでもそうになっている）。だから全部の巻線を使って 6V を取るとすれば、電流は 2 倍の 160mA になる。これを整流すると、電圧が 1.4 倍、電流が 0.7 倍で 112mA。カウンタの電源に間に合う。なお、カウンタの消費電流が 100mA 以上になるのは MHz オーダーの周波数を測定したときだけのようだ。100kHz くらいなら 20mA も流れない。

オペアンプ用の HP-153 は 30mA。これから ±15V + α を取るのだから、電流は真正正銘 30mA しかなく、使えるのは 0.7 倍の 20mA 程度。でも大丈夫。オペアンプ回路は数 mA も食わないのだ。

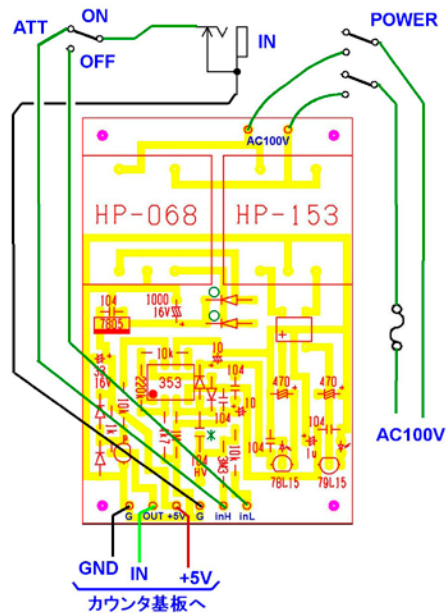
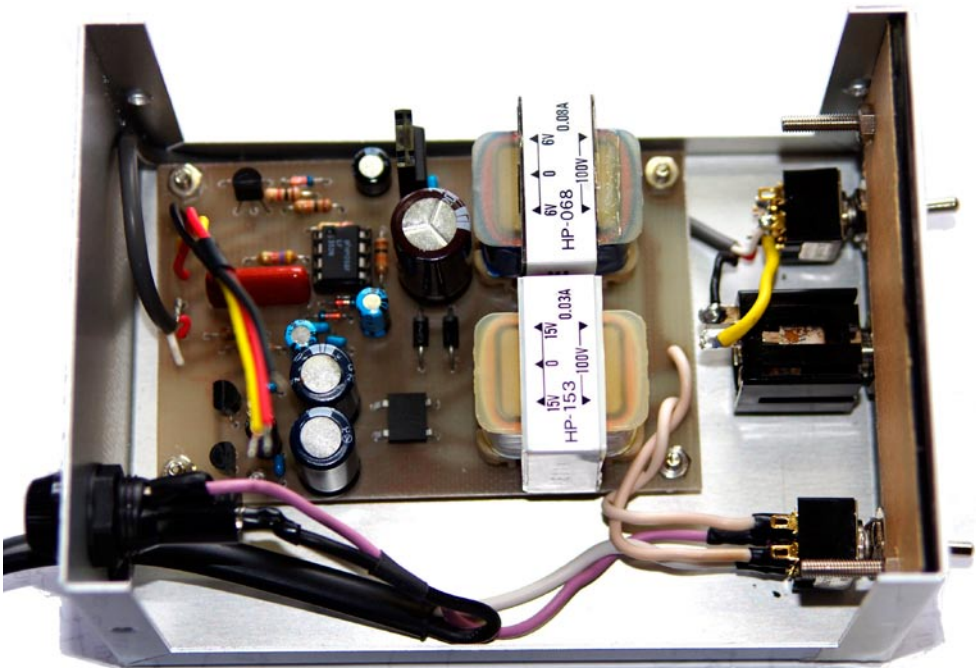
パーツで注意すべきなのは緑の○のダイオード 2 本。これらは整流用だから 1N4007 などを。緑の＊の 104 は前ページで書いた入力信号の直流を阻止するコンデンサ。223 以上の容量で、各自が使うシーンに合わせた耐圧を選ぶ。いろんなサイズに対応する穴を用意した。常識的には（常識？）250V ～ 350V くらいかなあ。

ヘッドアンプは 353 の片方。回路図の Q1 だ。なるべく大きな増幅率で使いたい、大きくするほど高域がダレる。音の信号以上の 100kHz という周波数まで扱うとすれば、そう無茶もできない。回路図の定数、約 48 倍程度が上品で良い。この増幅率で測定できる最小信号レベルが決まる。希望としては 10mVp-p が測れればいいな、と思っていた。結果はどうか OK。超低域から 30kHz くらいまでは 10Vp-p、おおむね 30kHz を超えると少しずつ感度が落ち、上限の 100kHz では 100mVp-p くらいは必要になる。BBD のクロックはもっと大きいから心配無し。

Q1 の出力はオペアンプが飽和して上下に振り切った矩形波になっても構わない。むしろその方が好都合。どっちみち次の Q2 で矩形波にするのだから。Q2 はコンパレータ。スレッシュホールドは 0V。つまり 0V より上の電圧が入ると出力はプラス電源電圧の +16.5V になり、0V より下だと -16.5V になる（のがリクツ。実際は +15.5V/-15.5V くらい）。Q1 で矩形波になりきらなかった小さな入力信号も、ここで強引に矩形波にしてしまう。

最後の Q3 はトランジスタ 1 個。オープンコレクタのような回路だ。ここで肝心なのはトランジスタに入る前の 10k とダイオード 2 個。NPN トランジスタのベースに、エミッタより低い電圧をかけてはいけない。つまりベースにマイナス電圧はかけられない。で、2 個直列の下側のダイオードで信号のマイナス電圧をアースに捨てている。しかし、ただダイオードをつないだのでは Q2 の出力がアースにショートすることになるから 10k を入れて Q2 に負荷にする。

Q3 のコレクタはカウンタユニットと同じ +5V だ。だから出力の振幅も +5V までになるのだが、このときベースにはコレクタ電圧以上をかけられない。で、上側のダイオードで +5V 以上の信号成分を +5V ラインに捨てている。つまりトランジスタだけでなく、抵抗とダイオードが束になって信号レベル変換をしているわけ。アナログ → デジタル・コンバータでよく見る方法。なお、トランジスタはスイッチ動作しかしていない、ことになっているが、そこはアナログ素子、それほどキッチリ動いてくれるはずはなく、素早く回る VR に近い。だから高速動作になるほど出力は怪しくなって、計算通りには行かない。100kHz 程度なら 2SC1815 などの汎用品でもどうにかなる。コレクタ抵抗の 1k は少し小さすぎるが、これじゃないと……。



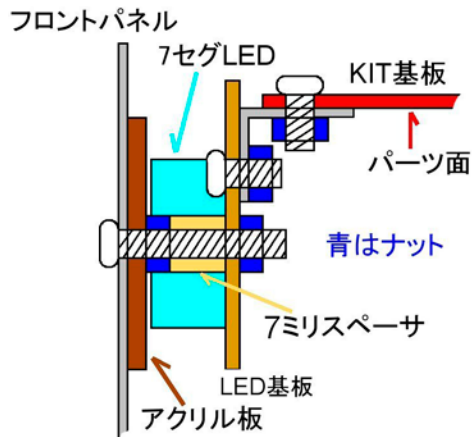
■ できたところまで実装 ■

ケース加工は写真を見れば大体わかるはず。角穴はやはり面倒。2ミリ厚程度のアルミまで切れるレーザーカッターで安全なのはないだろうか。安ければ即刻買う。今回は手持ちの糸ノコとヤスリで奮闘した。ニプラは切りすぎが怖くてパス。

それよりなにより気を遣うのがLED表示機とパネル穴の位置合わせと、そのためのLED基板の取り付け穴（位置と間隔）。KITの基板は後述するようにLED部分を別基板にして使う。そうしないと小さなケースに収まらない。これは2台目の8038ジェネレータで使った方法だ（工作の細部が前回と違うので流用は難しい）。

大体の感じは下の図。図は片側しか描いてないが、向こう側も当然同じ。つまり2本のビスでアクリル板とLED基板を共締めして固定する。それからLED基板にL金具を立て、KITの基板を固定。だからビス穴位置には0.1ミリ程度の誤差しか許されない。必要と思う図面を自分で作り、片端から原寸でプリントアウトして位置決めに使う。そうしないと半分しかLEDが見えないとか、非常にまずいことになる。ここが今回のキモ。

アクリル板には透明の赤やブラウンがいい。LEDを付け替えて緑にしたらアクリルも緑に。つまりLEDの発行色と同じか近い色でないと数字は見えない（当たり前だ）。板の厚さは2ミリが最適。



上はめでたく位置あわせが済んだケースに、KIT基板以外全部を組み込んだところだ。ここまでくれば、残りのハンダ付けは3箇所。KIT基板への電源、GND、信号線だけ。

私の機材にしては配線が簡単すぎる。まずAC100Vは基板穴に直接ハンダ付けする。ここに基板コネクタを使うのには大反対だ。基板コネクタは、しっかり締めたつもりでも経年変化で緩む。押入れの奥にしまっているうちに、人知れず抜けたらどうする？特にメーカーがChinaなら確実に抜ける気がする。かっこ悪かろうが直接ハンダ付けが安心なのだ。

パワーSWではACの両側を切る。これも安全策。SWの端子を余らせるより有効に使う。

あとはエフェクタの配線と同じようなもの。KIT基板（カウンタ基板）への3本は、少し長めに引き出しておく。基板で3.3MにつながらInHはアッテネート入力。InLがアッテネート無しの入力。アースは共通だ。私は細い2芯のマイクケーブルを使った。クロストークは関係ないから。

入力端子は、いろいろ迷った末に6ミリのフォーンジャックにした。どこにでもあるし、ここでケースアースが取れる。入力部だから一点アースのポイントにちょうどいい。そのためにはジャックが絶縁型ではダメで、スペースの関係もあって非絶縁型で箱型のモノラルSW付き。そして回路図でも描いたように、プラグが差し込まれていないとき、信号がアースに落ちるようにする。こうしておくとジャック無接続時の表示は「0」になる。なにしろ入力ハイインピーダンス。アースにつながず遊ばせておけばランダムな数字がパラパラ。下一桁が偶数か奇数かで10円賭けるなら別用途で使える。

慎重を期すなら、この段階で動作チェックをしておこう。パワー・オンして基板の+5V穴から+5Vが出るのを確認。353の4番と8番を測って-16.5V/+16.5V程度なのを確認。この電圧は電源部のLEDでかさ上げされたものだから、LEDによって電圧は少し変わるかも。

基板のOUT穴をオシロで見る。もちろんGNDもつなぐ。INジャックに何か信号を入れ、OUTで0⇔+5Vの矩形波になっていれば正解。矩形波のデューティは50%ちょうどでなくてもいい。波形のエッジが汚くても気にしない。それでOKだ。

■ カウンタ部の工作 ■

前回のジェネレータと同様、China KITはそのまま使わずLED表示部を別基板に移植する。KITの基板は、どうゆっくり作っても1時間でできる。なので、まずLEDを載せる基板を作ろう。右がパターン。サイズは76×26ミリ。変更しても構わないけれどケースに入るかどうかを確かめてから。

手描きの人はパターンの太さに気をつけて。特に両サイドのパターンは、このすぐ横にL金具が付く。パターンが太いと接触する可能性大。だから太くても1.5ミリ程度にしておこう。

ユニバーサル基板なら。横に25個並んだ2.54ミリピッチの穴あけにウンザリしないで済む。でも両サイドにあるビス穴の位置は図面のとおりに正確に。ここは2.54ミリとは無関係だ。いい加減に開けると取り付けビスが真っ直ぐに入らなくなる。

どっちで作るにしても、基板の上下はバカ（自分です）でもわかるように印でも付けて明確にしておこう。なにしろLEDの逆付けが一番怖い。

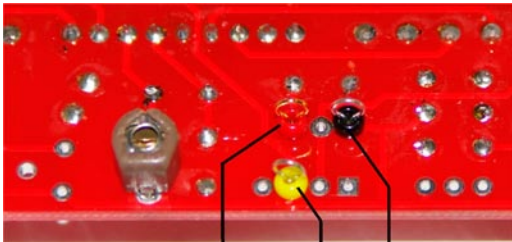
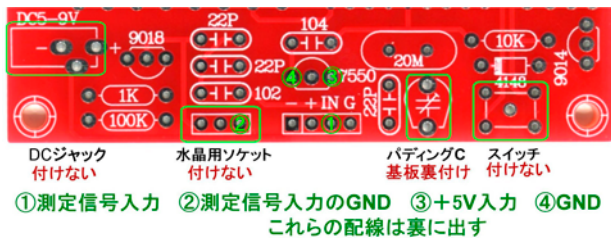
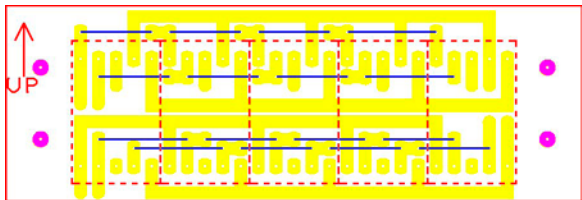
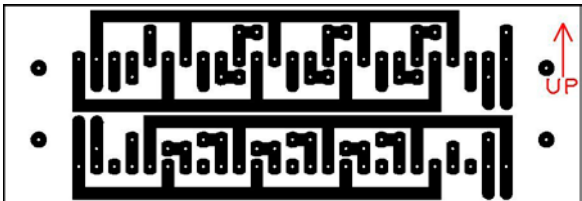
パーツレイアウトの青い線は全部ジャンパ。今回はLEDの下に潜る線が沢山ある。LEDは真ん中あたりが決まっているので、この場所ならジャンパを付けても問題ない。……のだが、LED取り付け後にメンテはできない。たかがジャンパだが一線入魂、気合で確実に付けること。手描きだとジャンパ線の間隔が1.27ミリしかない箇所があって、線がヨレると隣に触る。充分注意のこと。ジャンパ線には抵抗リードの余りが最適だ。太さがちょうどいい。

えっ、基板ができたので掃除しちゃった？あのねえ、機材が完成するまで、作業台の上は掃除しちゃいけないんだよ。いかに潔癖症でも（自作屋にいいのか？）、いつなんどき小さなゴミが必要になるかわからない。抵抗リードの余りの他にも、ビニール被覆線の外側とか、役に立つものがゴロゴロしてる。私など機材1台どころか、少なくとも一シーズンは片付けない。ゴミだらけで耐えられなくなったときにだけ掃除する。この手のゴミならゴキブリはわからないし。

完成したLED基板はこんな感じ。もしもLEDを逆付けしてしまったら、あわてずに秋月で買い直すのが利口だ。カソードコムの7セグLED。サイズが各種あるので同じものを（小さいのだとピン位置が違う）。買うのなら別に赤じゃなくても構わない。どれも点灯させるための電流は似たようなものだ。{ んん、やっぱ気になる。どうして7セグなんだ？ドットを入れれば8セグだろうに。ま逆らっても仕方ないか }

KITの基板には「付けてはいけない」パーツがいくつかある。まずDCジャック。これは使わないから不要。水晶用ソケット。これも使わないし、穴のひとつから配線を引き出すので付けない。7550という低級な三端子レギュレータも付けない。この穴は外部電源からの+5V入力とGNDに使う。それからタクトSW。絶対に付けてはいけない。試しにでも付けてはいけない。このSWを押すと全体の機能が変わり、周波数カウンタに戻すのに手間がかかる。危ないことはしないでおこう。パディングコンデンサは付けるには付けるが基板裏に。というのは、ケース実装時には基板面が裏（下）側になり、調整できなくなるから。

基板裏の写真も参考に。配線を穴に直接ハンダ付けしてもいいけれど、今回は少しおしやれにテストピンを立ててみた。そう、上が輪になっていて、もう片側が2本に割れているアレ（正式には何ていうんだろう）。そもそもはテストのリードやオシロのプロープを当てる端子らしい。でも一度や二度のハンダ付けなら平気だ。この他、もっと便利そうな端子があったら使おう。



■ LED 基板の結合 ■

いよいよ最後の工程。KIT 基板と LED 基板を合体してケースに入れる。完成時には KIT 基板の下にトランスがもぐり込む。漏洩磁束もあることだろうし、熱的にもトランスと基板とは距離をとりたい。で、KIT 基板をケースの一番上までズリ上げることにした。

まず L アンゲルで 2 枚の基板を固定する。ここでもまた LED 基板の上下に注意。下の写真では LED 基板は逆立ちした状態だ。下の図面と見比べ、つなぐべき線をつなぐ。全部で 13 本。短い 9 本は抵抗リードの余りか 0.6 ミリくらいのスズメッキ線で。隣と接触しそうならエンパーアチューブを被せる。長い 4 本には何を使ってもいい。私はスズメッキ線に細い熱収縮チューブを被せた。どうして単芯の線材を使うのか？ 答えは簡単、細いヨリ線だと先がバラけて余計なパターンに触るかもしれないから。ヒゲ 1 本は細すぎて、場合によってはまったく見えない（何度苦しんだことか）。

L 金具は最適なものが見つからない。ホームセンター 3 軒回って、やっと発見したのがベアで 250 円。牛丼とほぼ同じ。5

個買ったらカウンタキットが買える。モノの値段って、よくわからない。コメは安いのに魚は高い。果物はもっと高い。財布を考えると TPP に賛成したくなる。でも反対。オラァ日本男児だぁ。

左のユニットが完成したら、気になる人は動作チェックを。基板裏の +5V に外部電源から +5V を加える。もちろん GND もつなぐ。外部電源がなければ単三 3 本直列でもいい。LED が光れば OK。そうっと IN に触ってみると電灯線の周波数、50Hz か 60Hz になる。

右ページの写真で取り付け方はわかると思う。ただ LED 基板の取り付けはケースのフチに隠れて見えにくいので、一応説明しよう。まずケースのパネル面とアクリル板をビスナットで共締め（ビスには 18 ミリ以上を）する。このナットは以後ははずさない。ビスに 7 ミリのスペーサを入れ、LED の高さ + α の空間を作って LED 基板をビス止める。2 ページ前の図でも、どうにかわかるだろう。

と、一直線に何も考えずにこの機材が作れるわけではない。なによりシビアなのがケースに開ける LED の窓の位置。好きなところでいいわけじゃない。あまり上だと KIT 基板の裏面がケースのふたに当たる。下すぎれば SW やジャックが付かない。上下の許容範囲は ± 3 ミリくらいだろう。ケース加工を始める前に各部の寸法を測ってきちんとした図面を作っておくことを薦める。

一気に解決するには一回り大きなケースを使えばいい。かわいい出来上がりになるかどうかは別だ。

最後に下の基板からの線を 3 本、KIT 基板にハンダ付けして完成。実際に使うには入力用のケーブルも作らねばならない。6 ミリプラグにシールド線などハンダ付けし、もう一方にプローブカワニクリップを付ける。線の長さは実用の範囲でなるべく短く。60 センチもあればいいだろう。

■ 使ってみて ■

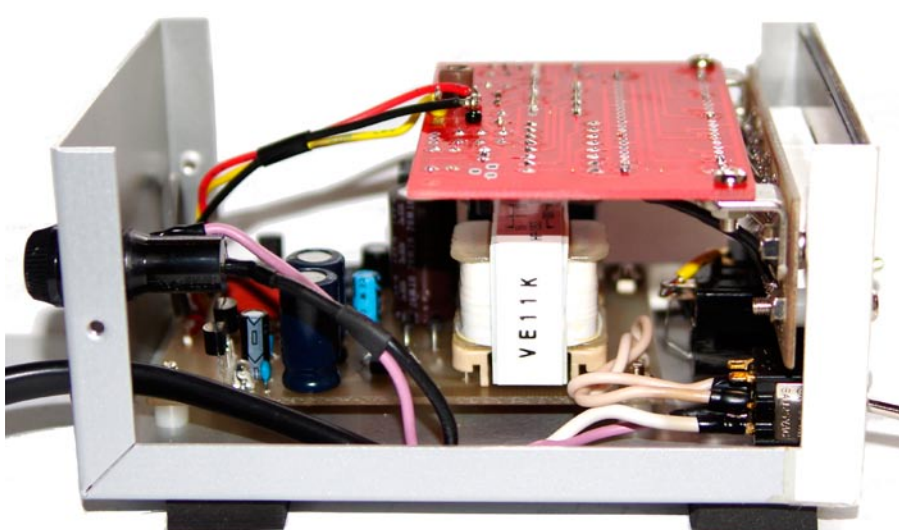
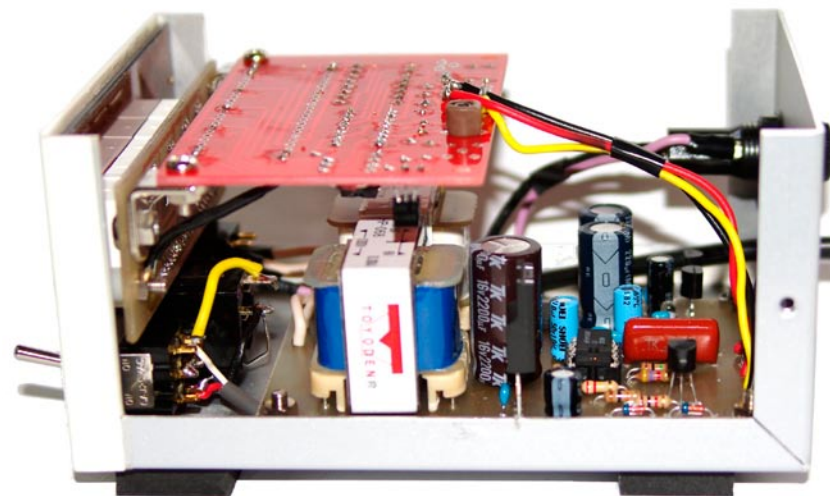
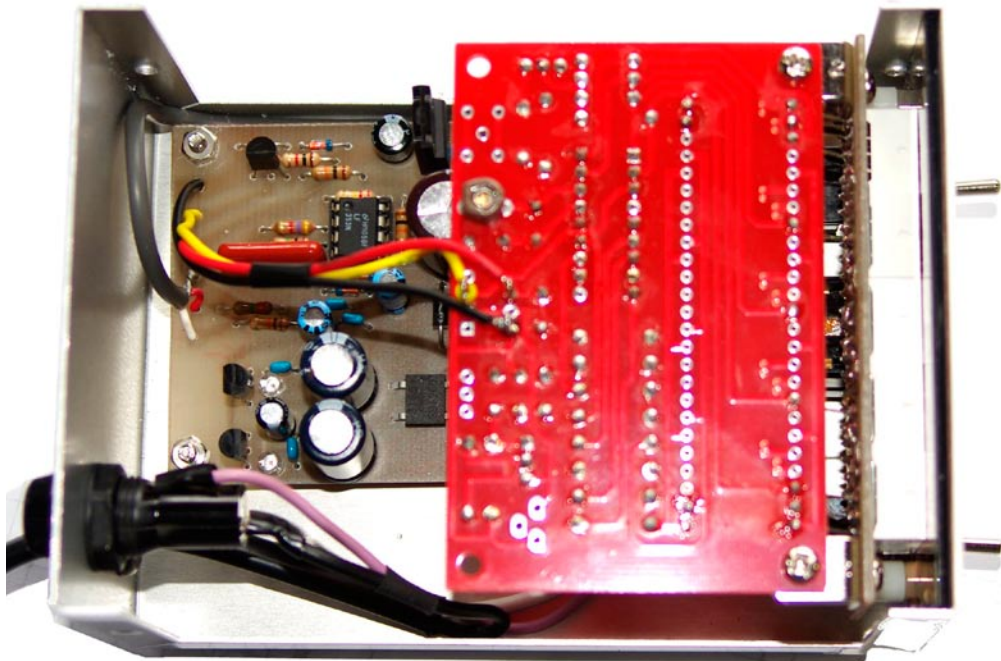
ごく普通の汎用周波数カウンタ、といった印象だ。熱を逃がす工夫をしなかったため、その面で少し心配だったが、クソ暑い夏場でも正しい表示が出る。香港から来たユニットだけに暑いには慣れているのかな？

入力のプラグを抜くと迷わず「0」になる。気持ちいいのだ。入力端子をバナナなどにしたら、この快感は味わえない。

いつもは $Z_{in}=1M$ のアッテネート無しで使っている。オペアンプ回路なら大体間に合う。感度は期待通りの 10mVp-p (@ 1kHz)。 $Z_{in}=4.3M$ の方でも 50mVp-p もあれば十分に測れる。周波数特性は、下が 10Hz 以下から（そんなに低い周波数のオシレータが無い）上は 120kHz 程度まで。100kHz 以上になるとさすがに 100mVp-p くらいまで感度が落ちる。それでも実用には充分な性能だろう。

さてはて、これで China KIT シリーズは本当におしまい。オシロのキットも面白そうだけど、多分作らない。画面が小さすぎるから。あんなチッコイ表示で何がわかるというんだ。ファンクションジェネレータのアクセサリならいいけど。（と、必死に耐えている自分です）

今考えている次の工作は、一種のコンプ。頭の中ではもう動いている。ただ実験しないとわからない要素もあるので、そう簡単ではなさそう。ありまさんは手持ちのゲルマ石を使い尽くすまで工作するんだって。真似して悪道に励もう。



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、無断複製等のご遠慮ください。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。 大塚明