

番外地

小人閑居館

小人閑居為不善、つまり「小者がヒマしてると馬鹿しかしない」まさに！

天下の小人として人後に落ちないつもりの私としては、世のため人のための仕事やら世界平和に貢献する行為など微塵も考えていない。ひたすら面白そうなことにのみ血道を上げる。

どう長生きしても二百歳までは生きられない。還暦をはるかに越えた今、本来なら終活と真剣に向き合い遺言書でも認めねばならんのだろうが、やなこった。死ぬまで生きてやる。

オレの時計は回り続けるぜ！

なお、「閑居」を「一人で住む」と解する向きもある。意味的に間違いではないだろうが、「閑」はやはり「ヒマ」だろう。

手動トラッキング 実験用正負電源

きっかけは例によって China サイト。
3桁の電圧計が300円！
30Vまで測れるという。買わなきゃ。
秋月のと同じようだがこちらは三線式、
駆動電源を別にできる。
この電圧計、問題無いように思えたが、
思った私が甘かった。以下、奮闘記。



■ 現象の奥にある本質 ■

目の前に現れる「現象」によってモノゴトの本質は覆い隠される。通常はそれでいい。現象にだけ対応していれば可もなく不可もなく平穏な日常を過ごせる。日本は平和だ(今のところ)。しかし時として、現象の奥底にある薄暗い本質まで掘り返さねば先に進めない。そーゆーの、学者先生なら得意だろうが私には不向き。でも、今回はその対象が三端子レギュレータ。越えねばならん山かもしれない。

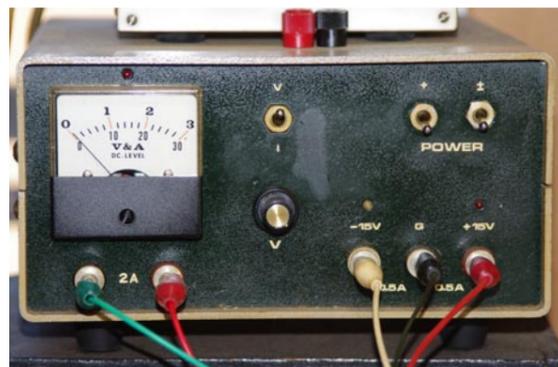
さて、下段左の写真は製作後少なくとも30年は経っている私の実験用電源。HMP2あたりからの製作物は、ほとんどこれで動作テストをした。パネルからもわかるように左側が単一電源部で0V~+25Vくらいまで出る。容量は2A。パネル右側は正負電源部。7815/7915をシンプルに使った0.5A。この電源は今も元気で、+15VのLEDが点かなくなった以外は快調に動いている。

正負電源が±15V固定というのは、ある意味あきらめがついて使いやすい。±12~18Vの回路ならこ

れで試せる。とにかく回路が動くかどうかはわかる。電流が0.5Aあるから50Wくらいまでのパワーアンプも鳴らせる(ひたすら小音量でのみ)。私にとって機能充分だから、あと十年使い続けるてもいい。

そんな平穏な日常に割って入ったのが China 製1個300円のデジタル電圧計。使わなきゃ損(この発想がヘンだな)。単一電源部の電圧表示をデジタルに置き換え、正負電源は連続可変のトラッキングにして数字の色を変えて表示させたら、う〜ん美しい！

早速作ったのが下の高級ケース入り。見た目は良いし使いやすいでもある。単一電源側は最大電流1.5Aで問題なく動いた。ところが正負トラッキング側がいまいち気に入らない。いや、盛大に気に入らない。出力にノイズが乗るのだ。特にマイナス側には40mVも乗る。いろいろ試したけれど薬石効無し。この気難しい電源を作り直すために、練習の意味でシンプルな正負電源を作ることにしたのだが、まずはコラムから。



今回からフォントを少し大きくした。12Qは時代遅れみたいだから、14Q。多量の文字数にどう対応するか？

China 電圧計の実際

製作に入る前に「買わねばならぬ」で買った China 電圧計についてまとめよう。右が概観。3つの部分に分かれる。ケーブルはコネクタで着脱可能。見えている外側の「殻」はプラスチックモールド。本体はその中に嵌め込まれている(かなり出しにくいけど、ケース工作时には出しておくこと)。

殻の話のついでにゲンナリする情報をひとつ。これをパネルに取り付けるには、もちろん角穴をあけなくちゃならない。しかも精度は0.5ミリくらい。現物に合わせてヤスリで削る。奮闘の果て、左甚五郎なみに仕上げても、なんとこのブラケット、カタカタ動いて止まらない。1.0~2.0の各板厚のアルミで試したが、どれも同じだった。最後は瞬間接着剤で悲しく固定。

表示色は赤・青・黄(緑と言って売っている)の3種類あってどれも公表スペックは同じだが、実際には違う(後述)。公表スペックは以下のとおり。

駆動電圧は5V(色による)~30V、駆動電流は30mA、測定電圧は0V~30V。……これだけで詳しいデータは無い。秋月で売っている同じような製品の最大電圧は20Vだから、本当は20Vまでしか安全じゃないのかもしれないが、試したところ、測定電圧25Vで30分放置しても異常はなかった。もしかすると駆動電圧が20Vmaxなのかもしれない。なお、駆動電圧とか測定電圧とか、次に説明するので安心を。

ケーブルが3本出ているので、これは三線式。測定するラインに黄色線をつなぎ、黒はアースに。赤には電圧計を動かす電源電圧を加える(下のa)。これが駆動電圧だ。スペック通り5V以上ならLEDは十分に明るく光る。それ以下だと薄暗く、0VならLEDは消える。だから日本で多く売っている二線式だと低電圧では使えない(b)。二線を三線に改造する方法がネットにあるので、必要なら自己責任で。

電圧計には2種類の電流が流れ込む(c)。駆動電流(I_d)と測定ラインからのセンシング電流(I_s)だ。スペックのI_dは30mA。もちろん信じない。cの回路でI_dを測ると、なんと32mA程度。当たってるじゃない。まぐれ？赤と黄色は32mAだった。青は15mAくら

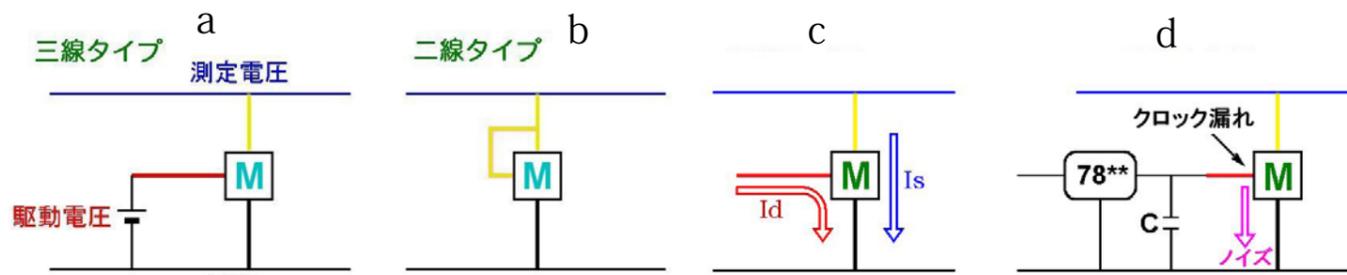


い。多分、青だけ超高輝度LEDなのだろう。光り方も違うし。

そして面白いことに駆動電圧にかかわらずI_dは変化しないのだ。駆動電圧5Vでも15VでもI_dに変化なし。ということは5V程度で使うのが一番効率が良い。というか、駆動電圧を上げると上げた分は全部熱になるのだから逆に危険要素が増す。簡単に計算すると、5V時には5×0.032=0.16(W)の消費で済むが、15Vなら15×0.032=0.48(W)も食うわけだ。これでLEDの輝度は同じ。どっちが得かネコでもわかる。

電圧計が働くためには、どうしても測定ラインからアースに流す電流が要る。cでI_sとした電流。何故か非常に優秀で0.05mA以下だった。針式のアナログメータより小さい。回路設計上、この電流は無視していいだろう。

China には大体よろしい、と思いつつ、ふと気になってオシロで赤い線を観測すると、ありゃ〜大変だ。電圧計のデジタル部分から発するのだろう、クロック漏れと思われる波形が50mV近く出ている。しかもその周波数成分は可聴帯域にもありそうだ(d図)。図中の三端子は7809、Cは104のセラミック。このままだと音声回路の試験ではピーとかチーとか鳴きそう。Cとパラに電解を入れ、容量を大きくしていくと100uでクロック波形はだいぶ小さくなった。このノイズはアースに流れる。大丈夫かなあ。。



三端子レギュレータ

●基本回路で動かす

三端子レギュレータほど「作れば動く」パーツはそう多くない。なのに「電圧が出ない」「発振する」等々トラブルを多く見かける。どうして？理由は簡単、鉄則を守っていないから。リクツはともかく、きちんと動かす方法をまとめたのが右の a 図。

入力側と出力側にいくつかの C を入れるだけだ。キモになるのは C3 の 104。積層セラミックを出力ピンの近く、できれば 5 ミリ以内に実装する。78 の正電圧タイプなら、これで 95% うまく行く。

負電圧の 79 タイプでは C3 に加えて C4 の電解が必要。ふつうは 4u7 で OK だが、負荷電流やら負荷の種類やら出力電流の暴れ方によっては 100u くらいまで大きくする。C4 を入れないと 79 タイプは必ず発振する(見事な三角波だ)。C4 も IC のすぐそばが望ましい。できれば 2 センチ以内といったところ。電解の極性に注意。図は 78 なので上が+だが 79 では下が+になる。

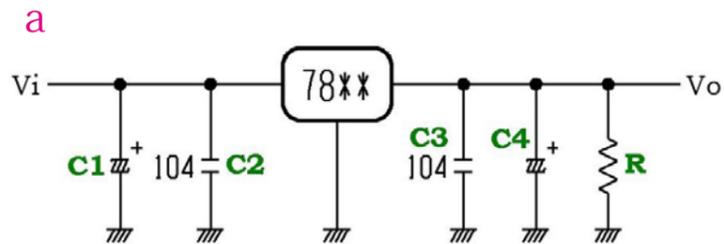
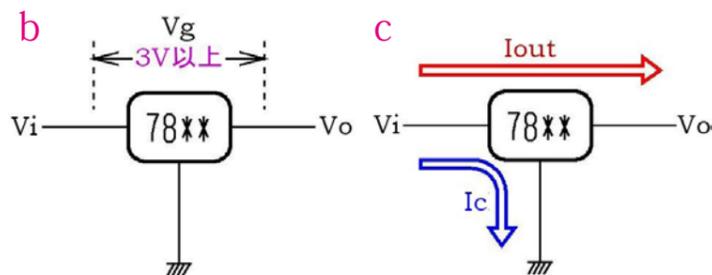
この回路が機材組み込みで、常に出力電流が流れるのであれば R は不要。でも実験電源など負荷がつかない可能性がある場合は R を入れて小さな電流を流した方がいい。そう、ブリーダだ。3mA も流せばいいだろう。抵抗値はオームの法則で計算を。抵抗の代わりに LED 点灯回路をここに設ければ一石二鳥。

入力側の C1・C2 は、ふつうは要らない。特に C2 の 104 は大した意味がなく、なんとなく「ヤバい気分」のときにオマジナイで入れる。C1 の電解は、整流回路の平滑コンデンサとこの回路が遠く離れたときに入れる。遠く離れたといっても大阪・東京間ではなく、まあ 10 センチ以上離れたときだ。C1 には 10u 以上、33u 程度を使う(これも極性注意)。

以上が一番簡単で一番問題なく動く三端子の鉄板回路。保護回路など難しいことは、この基本回路が動いた後のこと。動かなければ保護もクソもない。

●電圧設定とアッチッチ対策

ごく当然のことだが三端子レギュレータは発電機ではない。たとえば 15V の出力を得るのに 10V の入力では絶対に無理(なんて書かねばならぬ悲しい現実)。入力には、出力より 3V 以上高い電圧が要る(b 図)。



それならうんと高い電圧を入れちまえ、というのもだめ。78/79 タイプでは出力 15V までの三端子なら最大入力電圧は 35V、出力 18 ~ 24V が 40V まで。それ以上入れると壊れる。

このコラムは実用目的だから、ここで正解を書きしまうと、最適な入力電圧は出力電圧 +3 ~ +5V だと思っておこう。たとえば 7812 の 12V 出力なら入力は 15V ~ 17V がよらしい、ということになる。この範囲ならレギュレータは文句を言わずに働く(はず)。もちろん過大電流出力などは論外だが。

メーカーが最大入力電圧を決めてくれているのに、どうしてそれより低い電圧しか入れられないのか？あまり高電圧だと三端子が怒ってカッカと熱くなるから……幼稚園児にはそう説明しよう。まるっきり外れてもないし。

相応しい良識と公正な判断力を持った大人に説明するなら、まず c 図を見てほしい。三端子を通過する電流は二種類ある。まず三端子自身の回路を動かすための I_c 。これは三端子の種類(電圧や正負)を問わずほぼ同じで 3~5mA だ。私は 3mA として計算する。 I_c は回路を働かせると同時に熱になる。何 W の熱かは入力電圧 V_i によって変わる。オームの法則だ。もし定格メいっぱい $V_i=35V$ だと、 $35 \times 0.003 \approx 0.1$ 、つまり 100mW の熱だ。大したことない電力のようだが、無視すると痛い目に遭う。特に 100mA 出力の 78L/79L では最大損失が 500mW しかない。最大損失というのは、その素子が引き受けられる熱の最大値のこと。しかも最大損失が許されるのは、素子に巨大な放熱板を付けた場合だから、現実には半分以下、安全をみれば 1/4 以下と思っておこう。

しかし I_c などまだ丁稚クラスで、本命は出力電流の I_{out} 。仮に $I_{out}=0$ なら理論上、三端子の発熱はゼロだ(上記 I_c 以外)。 I_{out} が増えるにしたがって三端子は熱くなる。b 図の V_g という電圧は三端子の中で強制的にドロップさせたものだ。これが熱になる。たとえば $V_i=15V$ 、 $V_o=5V$ だと V_g は 10V。仮に I_{out} が 0.5A なら、 $10 \times 0.5 = 5$ 、つまり 5W が熱になる。触ると火傷しそう。このとき、三端子を放熱板に付けていなければ、ほぼ 100% 熱保護が働いて一時的に出力がオフになる。つまり三端子には電流を流してはいけない？いや、そうじゃなくて、入出力電圧差 V_g を大きくしてはいけないのだ。だから V_g は 3 ~ 5V が望

ましい。といって、いつも手元にちょうどいい電圧のトランスなどない。少々高め電圧でも使うしかない現実。できれば三端子の回路を組み立てたら、実際の V_i を測り、出力電流を確認して、三端子がどのくらいの損失で働いているか確かめておこう。ちょっとでも危なそうなら、迷わず放熱を。

放熱には必ずしも「放熱器」を使うことはない。シャーシやケースに貼り付けるだけで間に合うことが多い。接触面にシリコングリスを塗ると放熱効果は上がる。ただ、三端子の放熱面と直接ケース等に固定できるのは 78 タイプをノーマルに使った場合だけで、その他は絶縁シートが必須(放熱面までモールドしてある製品は直接貼ってもいい)。その理由は、三端子の背面の板は、3本ある足の真ん中の足とつながっているから。足については後述する。

78L、79L はそもそも放熱できる形ではない。ハチマキみたいに取り付ける放熱金具もあったけれど、最近ほとんど見ない。78L/79L は無理して使うな、ということだろう。

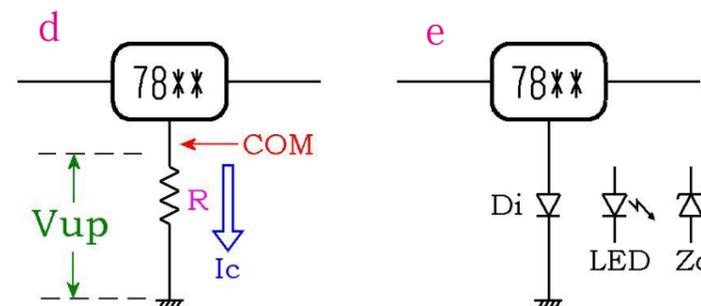
もうおわかりと思うが、メーカーが言う「78L/79L は 100mA (メーカーによっては 150mA)、78M/79M は 500mA、78/79 は 1A (これも 1.5A ともいう)」といった最大出力電流は、理想的というより夢想的な状態で三端子を使った際の数字。サプリメントの広告みたいなものだ。大体「無限大放熱板」なんて、どこにあるっていうのか？

またメーカーは最大許容損失も発表している。前述した 78L/79L は 500mW、78M/79M は 7.5W、78/79 は 16W。メーカーによって多少違うが、この数字にそれほど意味はない。こんな限界まで使えないからだ。

三端子を実装したら 30 分くらい連続して働かせ、指で触って温度を見る。ホンワカ温かい程度なら OK。ギラギラ熱ければ別の対策を講じる。それしかない。

●出力電圧を変える

三端子の 3 本の足は、それぞれ IN、COM、OUT と呼ばれる(並び順は後述)。IN と OUT はわかるけど COM って？虫プロが出していた雑誌です。いや、コマンドの拡張子でしょう。どっちも違ってコモンのこと。「共通」の意味だ。つまり IN と OUT に共通する



電圧の基準点。三端子はこのピンの電圧を基準にして動く。通常このピンはアースにつながるため GND とも呼ばれる。

COM の電圧を基準の 0V として動いている三端子は簡単に騙される。左下 d 図が基本。COM とアースの間に抵抗 R を入れる。するとここに流れる I_c によって COM の電圧が上がる。 I_c は 3 ~ 5mA なので、仮に $R=10 \Omega$ だと 30mV の上昇。三端子の出力は 30mV 上がる。そんなケチなこと言わずに $R=1k$ なら 3V 上がるだろう？ま、たしかにリクツでは、でも I_c が完全に定電流である保証はない。あまり欲張らず、この方法では $R=47 \Omega$ くらいまでしておこう。

安定して電圧上昇を図るなら e 図。ダイオードの順方向電圧を使う。シリコンダイオードなら 0.6V、ゲルマは 0.3V、LED なら 1.5V 程度きちんと上がる。またこれらを直列にしてもいい。シリコンと LED を直列にすれば約 2V 上昇を期待できる。このとき入力電圧も上げておくこと。

さらにもっと電圧を上げたいければ(別の三端子にするのが本当だけど)ツェナダイオードを入れる手もある。ツェナ電圧だけピッタリ上昇する。このときツェナダイオードの向きに注意。他のダイオードとは逆だ。理由はツェナダイオードを少し調べればわかる。もし間違えて逆につなぐと、ふつうのシリコンダイオードと同じ 0.6V しか上がらない。

なんだ、それなら 7805 を沢山買って置いて、COM にダイオードを入れまくればどんな電圧にもなるじゃん、と思った人(昔の私)、世の中そんなに甘くない。出力電圧を違法に？上げるほど三端子の性能は劣化する。ロードレギュレーションが悪くなるのだ。これは出力電流が大きく変わったときに、出力電圧が「いかに変わるか」の指標。たとえば、通常は 10mA しか出していない三端子が、いきなり(パルス的にでもいい) 100mA を出したとき、定電圧とはいえ少しは電圧が下がってしまう。その変化を完全にゼロにはできない。最近ではこの要素に注目して、超高速で電圧をリカバーするレギュレータもあるけれど、普通の三端子ではやはり電圧変動が生じる。そして、ダイオードなどのゲタで出力をいじった回路では電圧変動がますます大きくなる。私なりの感覚では、電圧上昇はダイオードか LED を 1 個にすべきだと思っている。

■ちょっと休憩

以上、三端子の基礎の半分程度、かなりあるなあ。このコラムで書いていることは普通の三端子について、低飽和レギュレータ(LDO)に応用してはだめ。出力電圧などいじると即座に発振する。LDO はメーカーの推奨回路でしか使えないと思う。

●三端子の出力電圧を連続可変にする

定電圧出力の三端子でも、やりようによっては出力電圧を変えられる。こういった小細工は今に始まったことではなく三端子が製品化された初期にこそ幅を利かせていた。何故なら初期の製品には電圧のバリエーションが乏しく、5V・12V・15Vの3種類しかなかったからだ。当時のメーカーのデータシートには、やたらと詳しいアプリケーションが載っていた。それが今では「三端子なんてわかるでしょ」のノリで数字しか書いてない。興味のある人は古いデータシートをネットで探して見よう。勉強になるよ。

お薦めしたいのは NEC が作った三端子の技術資料。今でも PDF がネットに残っているが、グラフィックの PDF なので検索は不可能。で、著作権が NEC (現ルネサス?) にあるのを承知の上で全ページ再掲載しよう。http://www.diskdig.com/annex4/NECreg3.pdf もし法的に問題があれば、いつでも削除しますから。

さて本論。本来は固定電圧出力の三端子を出力電圧可変にできないか? 前ページ d 図の R を VR にしたらよさそうにも思える。R が変われば COM の電位が変わって出力電圧も変わる。ただここで注意すべきは Ic にはバラツキがあることと常に定電流である保証も無いこと。

解決策としては下の f 図。安定化された三端子出力から電流をもらって Ic の助っ人にするのだ。7805 を使うとすれば三端子の出力は当然 5V。そしてこの 5V とは、出力端子 OUT と COM の間の電圧であることを忘れてはいけない。ここに R を入れると Ib という電流が流れる。っていうか、Ib が流れるように R を入れる。Ib の大きさは Ic の 3 倍以上が一般的だ。Ic はほぼ 3mA なので Ib は 10mA でいいだろう。

あとはオームの法則で R=500Ω、つまり 470Ω でいい。もしこれと同じ抵抗 R を COM とアースの間にも入れると、ここにも 5V が発生する。COM がアースから 5V 持ち上がるわけだ。そしてこの回路の出力電圧はめでたく 10V になる。それが f 図。えっ、Ic でも電圧は持ち上がるだろうって? 少しだけね。だから正確に 10V を出そうとするなら、下側の R をカットアンドトライしなければならない。

と、上の 2 行を書きたいばかりに延々と説明したフシもある。まさに下の R の「調整」で出力電圧は連

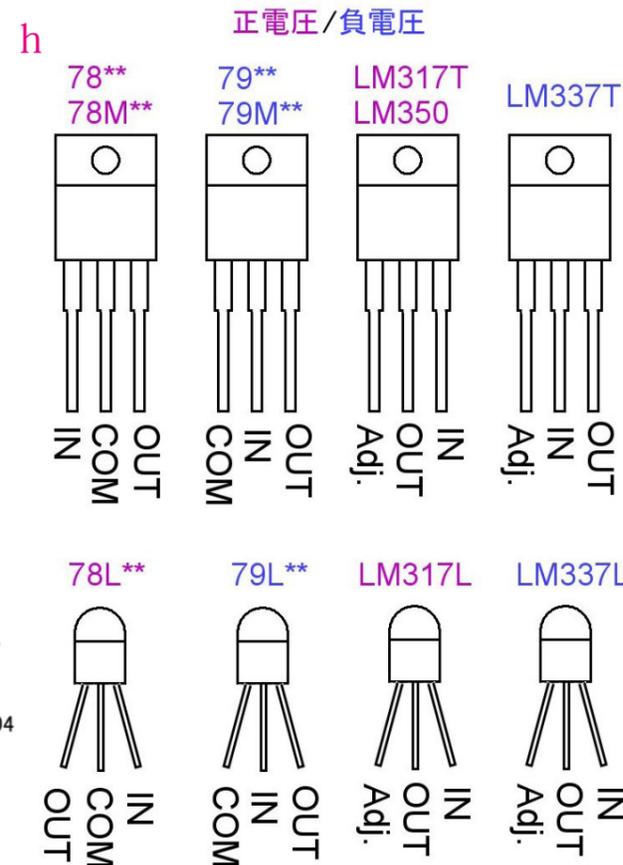
続可変になる。それが g 図。固定電圧の三端子で出力を連続変化させる一例。この定数だと出力は 5~18V 程度になるはずだ。電解とダイオードは必須ではないけれど、付けておいた方がいい。電解は COM 端子の電位が揺れるのを防ぐ。ダイオードは出力がアースとショートしたときの保護用。g 図は機材組み込みならそのまま使える実用回路だ。実験用電源となると、あと 2 個ほど保護用ダイオードが必要になる。

この回路の問題点は、最小電圧が三端子の電圧以下にならないこと。図では 5V だ。0V とは言わないけれど、もっと低い電圧から可変にできないか? それには可変出力三端子を使えばいい。

●もういい加減にしろ、三端子のピン配置

規格競争というアホらしい戦いがある。わざと互換性をなくして自社の儲けを増やす企み。消費者に迷惑なだけ。ところが、誰が儲かるわけでもないのに設計者のズボラの所為か規格がごちゃごちゃで大混乱なのが三端子のピン配置だ。固定電圧の 78/79 系でも 3 種類あり、可変電圧の LM3** でも 3 種類。正電圧と負電圧で配置が違うだけなら理解できるけど、78 と 78L、337 と 337L で違うっていうのは、もう設計者が言い訳できるレベルではない。

下の図を全部憶えるのは苦痛だ。読者の中に将来エンジニアを目指す人がいたら、こんな親切心のない設計をする人間には絶対にならないでくださいね。



可変電圧三端子

固定電圧の三端子なら違和感はないけど可変三端子はちょっと、という人、いませんか? 私もそうだった。ピンの名前がヘンだったりアプリケーションを見ると R と C がゴチャゴチャ。敬遠しますね。

しかし実際のところ、前ページの g までわかると可変だろうが事変だろうが大変だろうが怖くない。可変三端子は f と g そのものだから。

●可変三端子の隠された正体を暴く

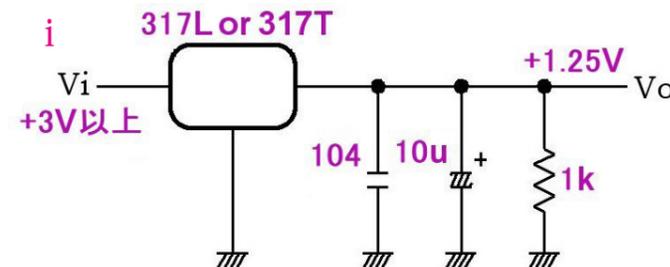
別にナショセミは隠すつもりなどなかったのだろう。ピン配置からも明らかのように、三端子はサービス精神全開のパーツではない。もう少しわかりやすくすりゃいいのにね。

まず結論。可変三端子の正体は「出力電圧 1.25V の三端子」そのものである。少なくとも前ページでピン配置を紹介した LM 石についてはそう言える。317/350 は +1.25V、337 は -1.25V が出力電圧。他メーカーの石だと、まれに違う電圧のこともあるけれど、基本が「かなり低電圧の三端子」なのは同じ。

試しに 317 か 350 を 3 ページ前の a 図で使ってみれば、見事に +1.25V が出てくる。このとき、Adj ピンは COM と同じ扱いでアースに直接つなぐ。電圧はかなり正確だから基準電圧源としても十分に使える (i 図)。最大出力電流は 317T と 337T が 1.5A、350 は 3A、317L と 337L が 100mA、ということになっている。図には無いが正電圧用の LM338T というのもあって、これは 5A だそう。もちろんすべて「無限大放熱板」などを付けた理想状態でのこと。現実には 5 割引だろう。

最近では電子回路の電源電圧がどんどん低くなり、低飽和 (LDO) ではない三端子にも出力 3V なんていうのが出てきた。これだと 317 とあまり変わらない。g 図の回路を使えば 3V から可変できる。私は試していないが、多分実用になるだろう。

可変三端子が固定電圧の三端子と決定的に違うのは、三端子の COM からアースに流れる Ic が一桁以上小さいことだ。固定三端子では 3~5mA だったものが可変三端子では 0.1mA 以下。事実上無視して構わない。可変三端子では Ic とは呼ばず Iadj と表記される。そりゃまあ Adj ピンから流れるのだから間違いない。



Iadj が極めて小さいと、それによって生じる電圧上昇も極めて小さく、ほとんどの場合無視してもいい。つまり、素子によってバラツキがある Ic (Iadj) が出力電圧の計算から外れるわけで、こんなに好都合なことではない。

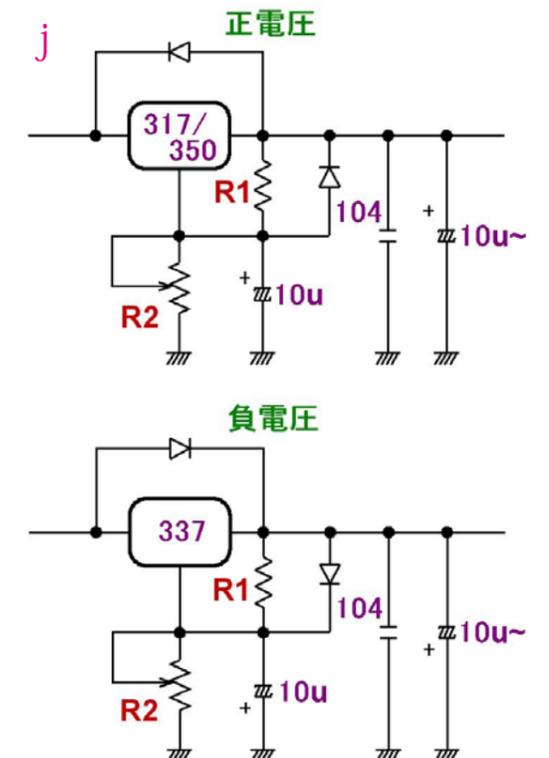
j 図がそのまま使える実用回路のモト。念のため正と負の両方を出したが、極性が変わるだけで計算は同じ。OUT と Adj の間は 1.25V だから、R1 で流す電流が決まる。3mA~8mA あたりが安全圏だろう。たとえば R1=330R だと電流は 3.8mA。R2 に 1k の VR を使うなら、最大出力電圧は 1kVR での 3.8V と元の 1.25V の合計で 3.95V になる。VR が 2k なら 7.6 + 1.25 で 7.85V、VR が 5k だと 19+1.25 = 20.25 (V) になる。

流す電流に最大値の規定は無い。でも、あまり多く流すと VR のワットテージ (1/4W だったかなあ) を超えてしまうので注意。VR の放熱なんて知らないし。

最大出力電圧を欲張ってはいけぬ。これもれっきとした三端子回路。出力より入力を 3V 以上高くしないとだめだ。もしも入力電圧が足りなくなると (例: 入力が 15V しかないのに回路の設計最大出力が 20V など)、レギュレータ機能がまったく働かなくなってスルー状態になる。ヘタをすると発振もする。

盲点なのは VR の実抵抗値。秋月の廉価 VR は、ほぼ全部抵抗値が足りない。公称 5k でも 4.5k~4.8k がほとんど。そんなのを使えば、もちろん最大電圧は出ない。解決策は R1 の再調整だ。

その他、どんなパーツでもそうだが、使う前にメーカーのデータをしっかり読み込む。これが肝心。



China 電圧計再び

なんかコラムばかりになってしまった。最初の目論見では、まとまったトピックを簡単なコラム化してサクッと整理。製作記事部分を複雑にならないようにする、という算段だった。書いてみると「まとまったトピック」が案外でかく、かくの如き次第に相成った。まあいいや、継続進行！

● マイナス電圧を表示させる方法

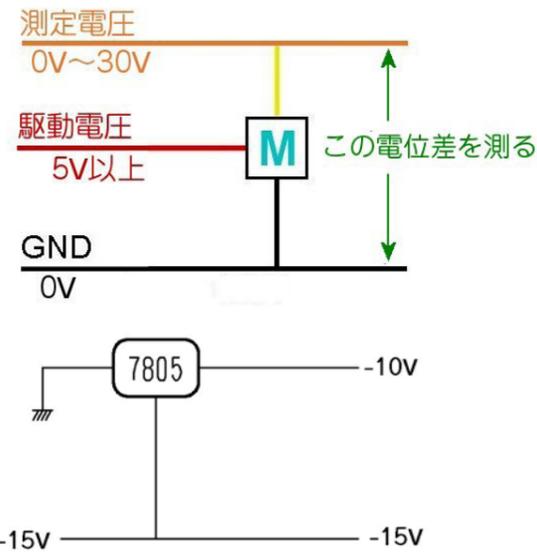
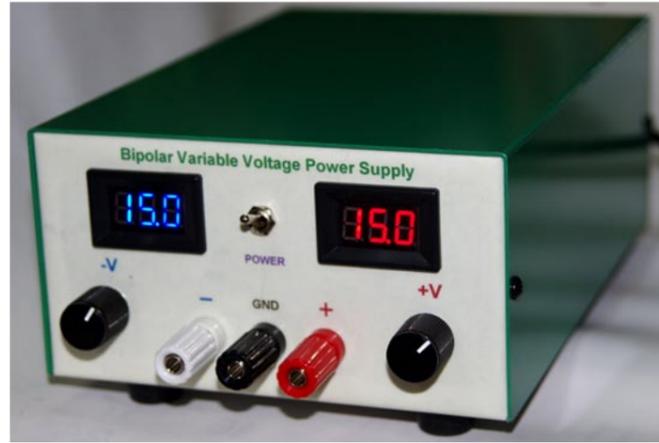
右の写真、マイナス側の 15V は、まぎれもなくマイナスの出力電圧を測って表示している。すごいでしょ？ えっ、わからない？

写真の下は今回の電圧計の標準的な電圧構成。駆動電圧はあくまでも対アース電位で +5V 以上。測定電圧も対アースでプラス側だけ。つまり簡単に言えばプラス電圧しか測れない。どうやったらマイナス電圧を測れるか？ 黄色線と黒線を入れ替える？ 針式アナログ電圧計ならそれだけでいいけど、じゃ、駆動電圧はどうするの。赤線の電圧は黒線の電圧が基準だ。

そこで思い出したのが山下先生のシンセ回路。たしかフェイズシフタモジュールにあった右のような回路だ。三端子の入力はアースの 0V で、これは一体ナニ？ と一瞬とまどう。よく考えてみれば、-15V より常に 5V 高い電圧を作るには、これが一番簡単だとわかる。思い出したらしめたもの。また先生にお世話になろう。

下図が電圧計関係の電圧配分。諸般の事情（手持ちに 7805 がなかった）により、7809 を使うことになった。左の三端子は扱う電流が 60mA 以内で、仮に入力が +27V でも入出力差は 18V。規格内に収まる。右の三端子はギリギリで、電流こそ 16mA くらいでも最大入力電圧が 31V。放熱は必須だ。

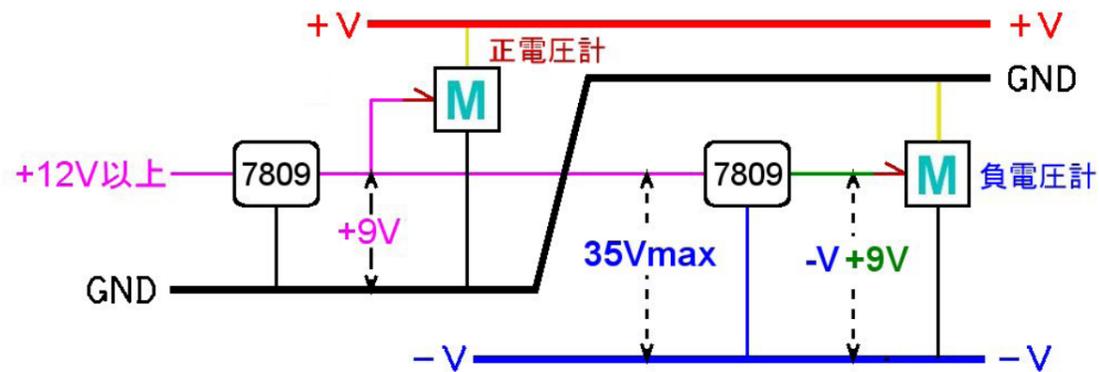
右の三端子の入力をアース (0V) にしなかったのは、-V の変化範囲が -2.5V ~ -22V だから。-22V 時はいいとして、-2.5V のときに赤線のドライブ電圧は +6.5V になる。アースの 0V では間に合わないから、正電圧



用の電源から +9V を借りてきている。

下図は概念図であって回路図ではない。うまく動かすにはコンデンサの入れ方など、少々工夫を要す。特に電圧計からクロックノイズが漏れるとあっては、よく考えないと肝心の出力がノイズまみれになる。詳しくは製作編で。

やっと終わった長いコラム。これだけでも 1 回分の記事になるなあ。小人閑居だからいいのだが。



■ どんな電源にする？ ■

そりゃ、トラッキング電源は美しい。高級感もあるし正負二電源の回路を試すには最適ではある。でもなあ、一回コケてるわけだし、可変三端子の使い方を再検証する意味でも、ここは習作として、それなりに実用性のある機材を作ろう。トラッキングは無しだ。というか、悔し紛れに手動トラッキングとしておく。正負電圧が個別に設定できれば昔のオペアンプ uA702 など使える（持ってるんですよ）。GND は共通だが正負の電源を単独でも使える。うん、利用価値はありそうだと勝手に納得。

出力電圧の最小値は 0V でなくていい。これまでの経験では、どんな回路の減電圧特性を取る場合でもゼロまで下げたことはない。だから最低電圧は ± 2.5V 程度とする。上のほうは 5532 の定格、± 22V が望ましい。いや、普通のオペアンプで最大の ± 18V にすべきか。ここはトランスと相談だ。

出力電流は最大で 300mA もあれば充分だろう。大規模なエフェクタやプリアンプ類でも 200mA で足りる。パワーアンプをフルパワーでテストする用途には使わない（既に別の電源がある）。ただ、パワーアンプの無信号時電流は確保したい。やっぱ 300mA だ。

構造はなるべくシンプルに。実用性と同時に、これは実験機だから。完成後にもいろいろといじるかもしれない。てことは、ケースはなるべく大きめで曲芸じみた配線はしない。内部構造は一目瞭然を旨とする。

最初はトランス探し。最大出力が ± 22V だから、三端子への入力は最低でも ± 25V は要る。ということはトランスは 18V 以上となる。(25 ÷ 1.414)。

最大出力電流は 300mA。ただ China 電圧計と駆動用三端子で 50mA 程度は食ってしまう。合計 350mA になる。ということは、トランスは 500mA で間に合う (350 × 1.414)。

最適なトランスはトヨデンの HR-18052 か同等品とわかる。おお、秋月でも売っていて安い。早速オーダー。これが怖いのだ。つい余計なものまで「いずれ要るかもしれない」という薄弱な根拠で加えてしまう。秋月や共立の通販で、本当に必要なものしか買わない人がいたら自己抑制の鬼。尊敬と同時に、一種の畏怖を感じる。

トランスが決まればケースの選定。直感でタカチの MB-5 がちょうどいい気がした。もっと見栄えが良くって高いケースもあるけれど、今回は習作だから頑張らない。MB-5 を前提にパネルデザインと内部配置を試行錯誤する。

平行して回路の煮詰めと基板の設計。途中で少しで



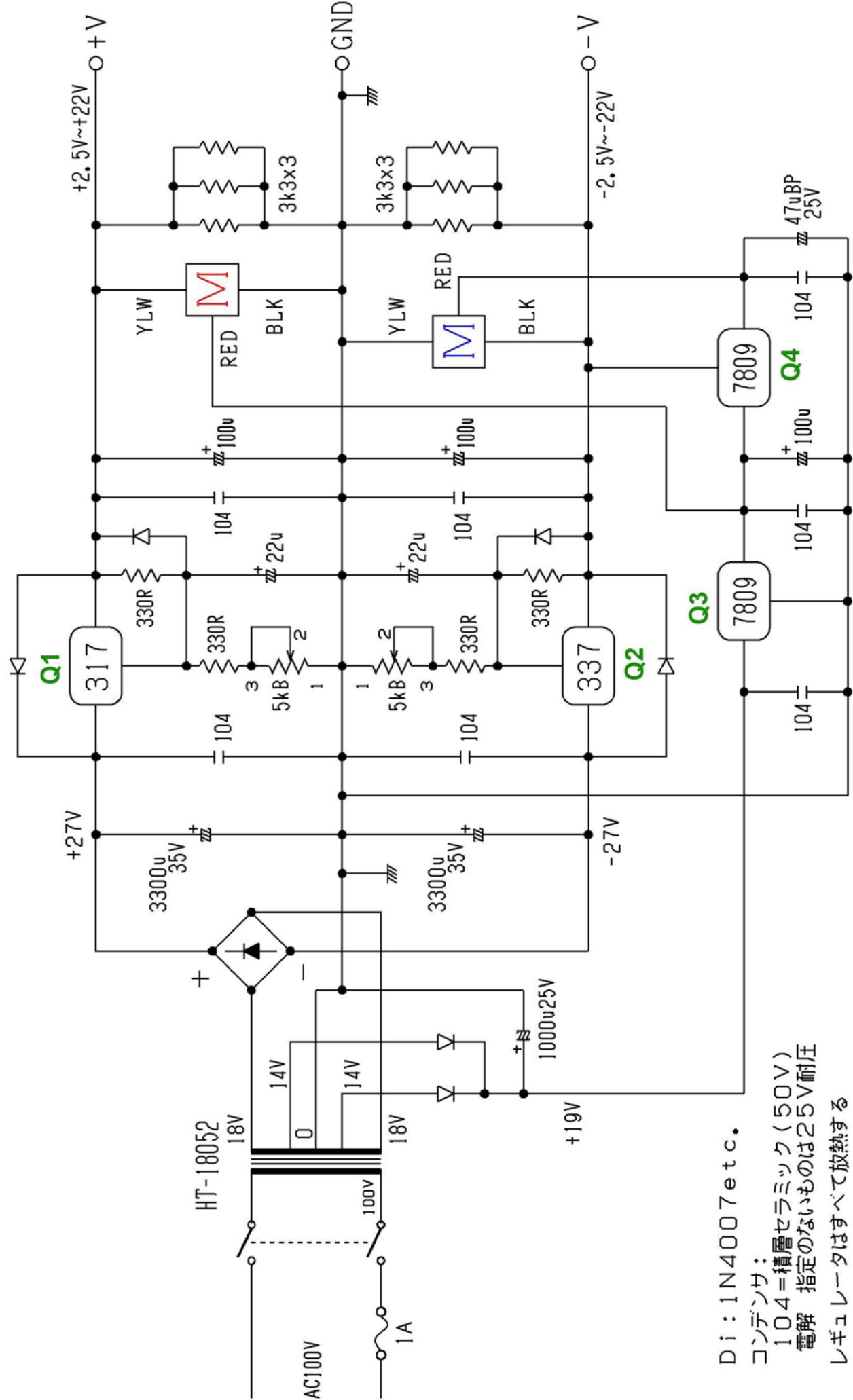
も確信が持てない部分があれば即座にブレッドボードや空中配線の仮組みで確認する。「大丈夫だろう」は 99% 「ダメ」になる。面倒でもワンステップずつ納得できるまで確認して確信を持って進める。早くできたって動かなきゃ元も子もないから。原発もこの程度の慎重さで作れば、もう少しマシな施設になるだろう。

そう、私の場合、回路設計と基板設計はほぼ平行で進む。一見不合理だ。でも、何度も回路と基板を付き合わせることで単純なミスを防ぐ効果もあると思っている。さらにボケ防止にも役立つはず。まれに途中で回路の発想が変わって基板を一から作り直すこともある。必要なら 5 回でも 10 回でもエッチングする。手間を惜しむなら、そもそもこの道楽は成立しない。

回路が固まって基板ができる頃には全体の配線も頭の中で完成している。で、振り返ってケースだ。どうも小さい気がしてきた。いつもの「詰め込み気味」で作るなら MB-5 でいいが、今回は少し余裕を持ちたい。急遽 MB-6 に変更。……なんてことを長年しているからケースが押し入れにあふれることになる。今回はあふれたひとつに MB-6 があって買わずに済んだ。

角穴あけという楽しい作業があるケース加工はまだ。その前に基板が完全に動くことをしつこく確かめる。これもステップ by ステップ。基板の回路ブロックごとに動作確認してから基板全体の動きを見るのだ。「回路図通りにハンダづけしたもんね」なんて言っても、実際に動かなきゃ意味がない。今回の基板は 2 枚。両方も一発完動。出力ラインの波形も見て、ノイズレベルも確かめる。そうしたらベニア板の上でトランスも含めて仮組みしてみる。これで動けばケースに入れても動くはず。あくまでも「はず」であって、事實は違う。ケースに実装すると何故か不調になる怪奇現象も多く発生する。どうやら神様は私の味方ではないようだ。試練ならもう飽きるほどくれただろうに。

自作の極意は誰も教えてくれない。だから自分で自分に教えるしかない。これはリクツでも精神論でもない。面白いからやっただけのこと。



Di: 1N4007 etc.
 コンデンサ:
 104 = 積層セラミック (50V)
 電解 指定のないものは 25V 耐圧
 レギュレータはすべて放熱する

■ やつと製作? ■

電圧計がなければ回路はいたって簡単。電圧計の駆動電源が絡まっているから回路図の見た目がややこしくなる。以下の回路説明を読んでもらえれば、本体の回路がいかにか簡単かわかってもらえるだろう。

この電源のキモは電圧を数字で直読できること。その電圧計はいつまで売られているかわからない China 製のため、HMP4 には収録できないと判断した。紙の本ではアナログ針式で作ろうか。

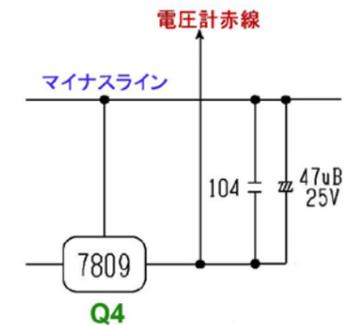
とにかく回路は左図だ。本線の電圧可変安定化回路は Q1 と Q2 とその周辺だけ。まずトランスの 18V を 2A のブリッジで両波整流して平滑し、非安定の ±27V を作る。計算では 25V くらいしか出ないはずだが、実測で 27V になった。電流を取ればいくら下がるだろうが、Q1・Q2 に必要なのは 25V だから、最大電流の 300mA でも大丈夫そうだ。

Q1・Q2 の出力がそのままこの電源の出力になる。回路の最後に付いている 3 パラの 3k3、つまり 1k1 は、ほぼ無用のブリーダ。というのも、317/337 の最小負荷電流は数 mA であり、すでに素子出力から Adj ピンへの 330R に 3.8mA 流している。まあ、転ばぬ先のブリーダ。しかし、ブリーダに流れる電流は可変三端子の出力電圧で変わる。本当なら一定電流がいい。定電流ダイオードとか、FET と抵抗で定電流回路を作るとか。苦勞しても効果がなさそうなのでやめた。

電圧計の駆動電源はトランスの 14V 端子から取っている。ダイオード 2 本で整流して平滑。2 ページ前で説明した 7809 に加えて電圧計の電源にする。Q3 はただの 9V 出力だ。Q4 がマイナス電圧出力の上に乗っかる 9V を作る。この出力端子には積層セラミックの 104 と無極性電解 47u が入っている。何故無極性なのか? これら 2 個のコンデンサはアースに落ちている。つまり対アースで極性が変わる。Q4 の出力電圧は、マイナスラインが -22V のときには -13V で対アースはマイナスだが、マイナスラインが -2.5V 時には +6.5V と対アースでプラスになる。だからここには無極性しか使えない。

7809 の代わりに 7805 も使えるし、手持ちにあれば 7806、7808 でもいい。

ここでばかばかしい失敗の話。最初 Q4 出力に付く 2 個のコンデンサを、何気なくマイナスラインに落としてしまった (右上図)。三端子の COM と同じところに落とすのが普通だから。結果は最悪。電圧計の赤線 (電源) 部分で発生した、というか漏れ出したクロックやらワケわからんノイズがマイナスラインにあふれ出し、出力インピーダンスが極めて低いはずの 337

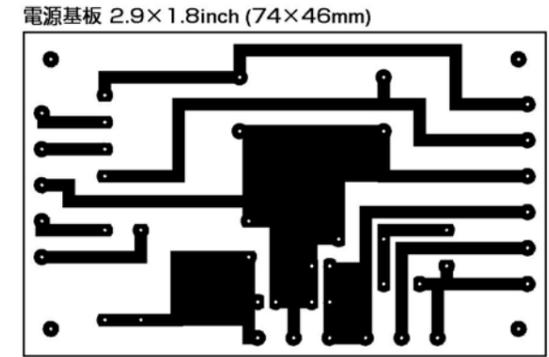
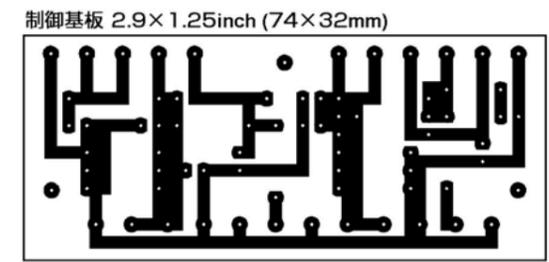


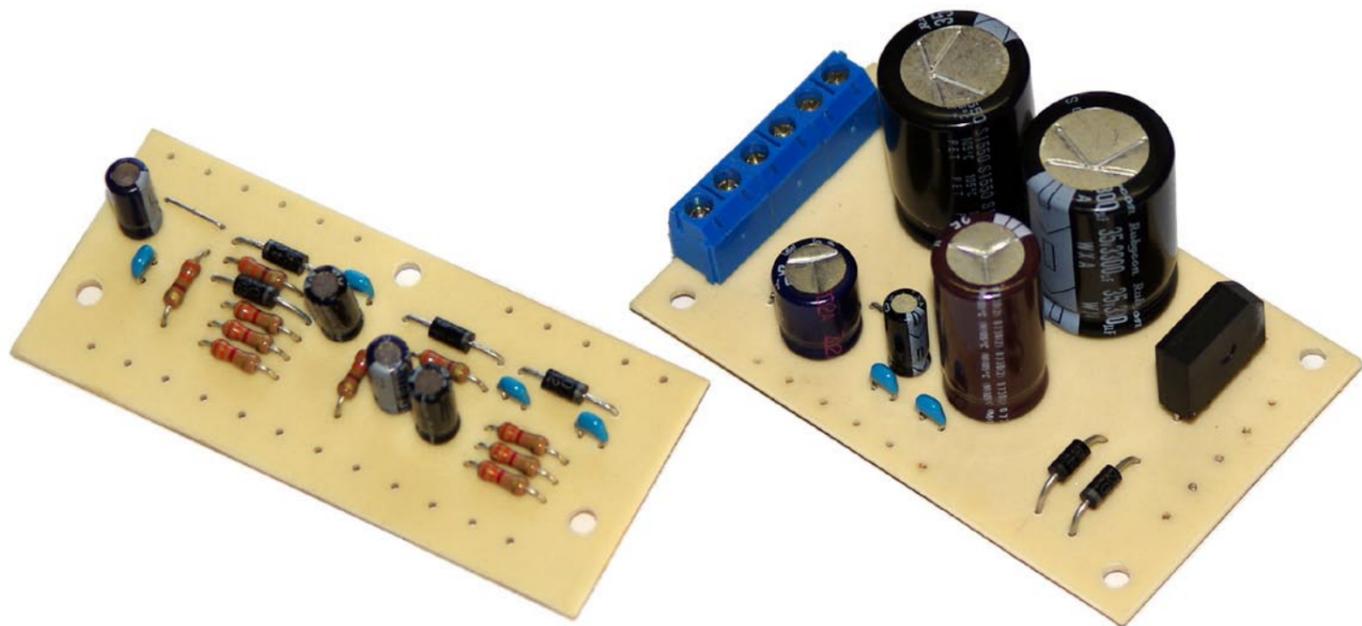
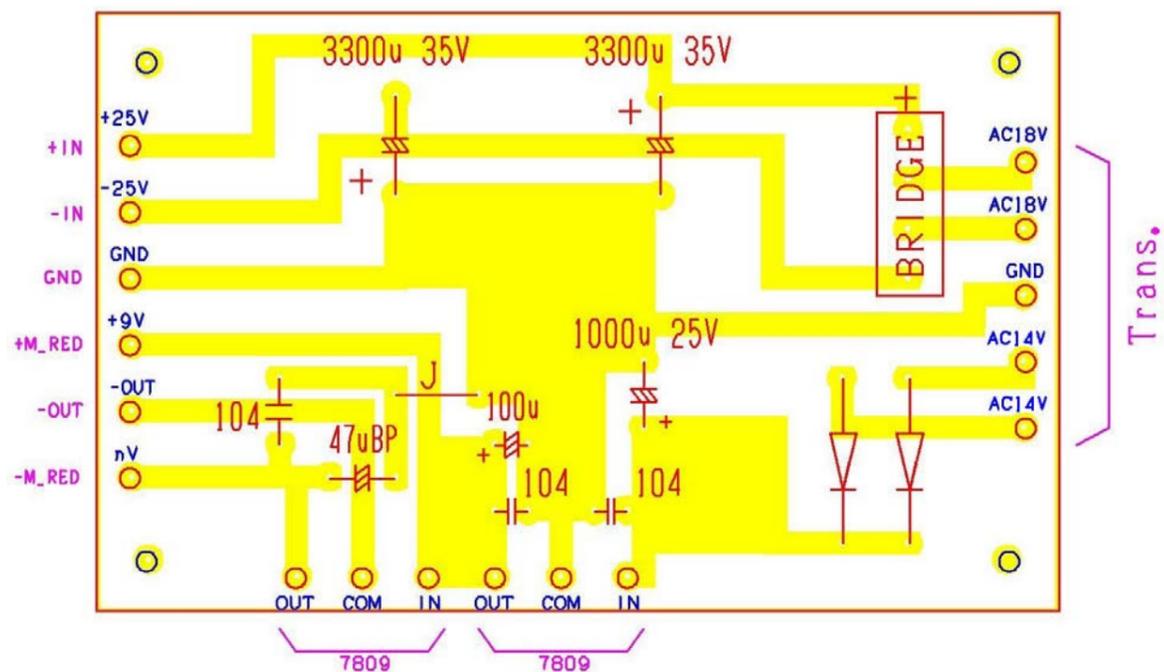
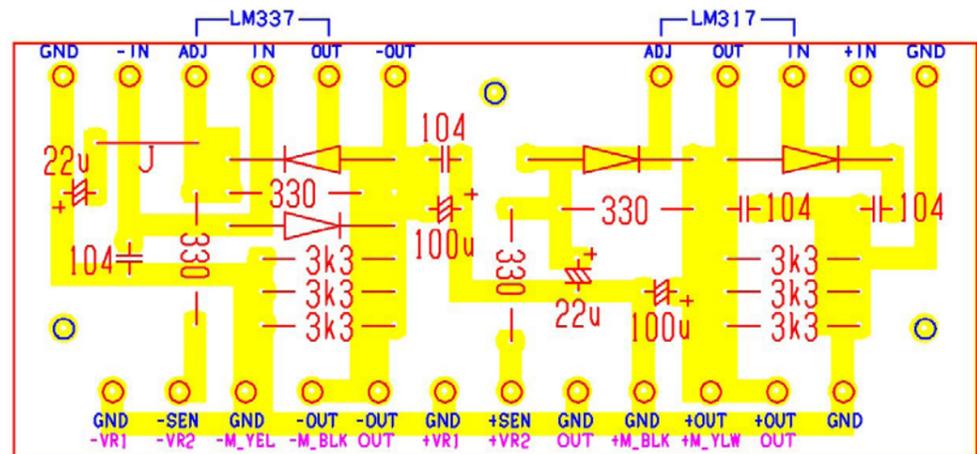
も耐えられずに大揺れしてノイズだらけのマイナスラインになった。気付いてコンデンサの落とすところをアースに変えたら無事解決。トランスまで巻き込んでいるアースラインは、さすがに低インピーダンスだ、と納得した次第。庭に穴掘ってアース棒を埋めたら、もっと安定するだろうか? 今のところ雪かき用のスコップしかない。

人によっては、三端子出力側のコンデンサに、積層セラミック+電解ではなくタンタルや OS コンが有利と考えるかもしれない。メーカーのアプリケーションでも推奨している場合がある。もちろん否定はしない。でも、タンタルも OS コンも壊れるときにはショート側に壊れる。私としては出力がアースにショートするより、コンデンサがただ抜けてくれた方がいい。安全第一だ。安全といえば、電源スイッチは必ず両切りで。いくら自家使用といっても、一応は実験機材。感電したくなければ事故防止設計を。

■ 基板 ■

作りやすさ、動作確認の容易さを考えて基板は 2 枚に分けた。Q1 と Q2 を中心とした制御基板と、整流・平滑、電圧計ドライブの電源基板。原寸パターンは以下のとおり。





レギュレータ IC はすべて放熱するために外付になる。その分基板はシンプル。なのにパーツレイアウトを大きくしたのは、配線引き出し穴の名前（配線先）が見えるようにしたかったからだ。

ダイオードは 1N4007 など整流用ならなんでもいい。指定以外の電解の耐圧は 25V。もし無謀にもトランスを換えて最大電圧を上げるなら、電解の耐圧は再考を要す。先にも書いたがブリッジダイオードには 2A クラスを。

配線引き出し穴は 5.08 ミリピッチであけている。つまり、使いたければ基板コネクタも付けられる。ただ、私は基板コネクタよりハンダ付けを信頼しているので、配線作業でどうしても必要になる一箇所（6P）を除いて使っていない。ま、使いたい人はどうぞ。

抵抗はすべて 1/4W カーボン。特に精度は問わないので 5% でいい。どうしても気になる人は 4 本ある 330 Ω をなるべく近い抵抗値にしておけば、最低電圧がプラスとマイナスで揃う。とはいっても 317 と 337 の内部リファレンス電圧（1.25V）が少し違っていれば電圧はキッチリとは揃わない。トラッキング電源ではないので、あまり神経質になっても無意味だ。

それより電圧調整用の 2 個の 5k の VR に、なるべく同じ抵抗値で 5k に近いものを選んでおく方が大切だろう。秋月で 10 個買ってテスターで選ぶ。金をかけてもいいならコスモスあたりの密閉型を使えば抵抗値もそこそこ合って寿命も長い。

基板の動作テストは電源基板から。トランスからの結線と Q3 にあたる 7809 をつなぐだけだ。トランスの一次側には 1 A のフューズを入れておくこと。パワーオンしたら、どこからも異音・異臭がしないことを確かめて、図では左端の引き出し穴の電圧を見る。テスターの黒棒は GND だ。+9V は三端子の出力だから、ここは安定化された +9V、プラスとマイナス



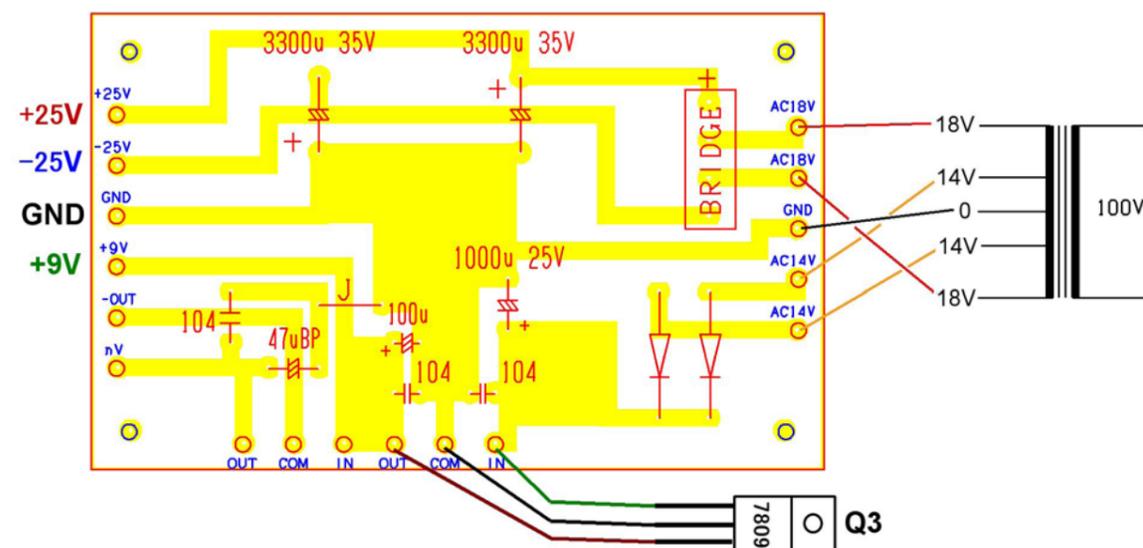
の 25V は安定化されていない。ここには多分 27V くらい出るだろう。25V 以上出れば正常と思っていい。ただし 30V なんていうのは異常だ。

電源をオフしても、この基板にはブリーダの類は一切無いから電圧は 1 分程度残る。感電はしないだろうが一応注意しよう。

三端子を外付けする場合、Q3 のように COM がアースに落ちていれば上の写真のような発振止めを付けられる。104 の積層セラミックを三端子の足に直接ハンダ付けし（もちろん OUT と COM 間）、その上に熱収縮チューブを被せる。セラミック C は三端子本体にピッタリ「貼り付ける」のではなく、少し起こして間隔を作り、モロに熱を受けないようにする。基板にも OUT - COM 間の 104 があるかもしれないけれど、あえて撤去することはない。

この手は、COM がアースに落ちている 78**/79** で使える。つまり、C の片方が直接アースに落ちなければ意味が無い。だから電圧を変更した三端子や可変電圧三端子に使ってはいけない。どうしてもというなら基板からアース線をもってくればいけれど、かえって面倒でしょ。

ここまで成功したら第一のハードルはクリア。制御基板のテストに移れる。



下が全体像。ケースの横幅がもう少し小さくてもいいし、奥行きも詰められるのがわかる。つまり現状のMB-6ではなくMB-5でも大丈夫、ということ。慣れた人ならMB-4？ そりゃ無理です。

リアパネルの写真は出さない。何も付いていないからだ。ACケーブルが出てフューズホルダのフタがあって、そこに「1A」と書いてあるだけ。そう、フューズは1Aで足りる。切れるようならどこかへん。

下の写真で制御基板の奥、黄色と黒の線が不自然に持ち上がっている。わざとそうした。直下にあるマイナス側三端子 337 から引き離すためだ。黄色と黒にはAC100Vが通っていて、これが長時間加熱されるのは決して楽しくない。

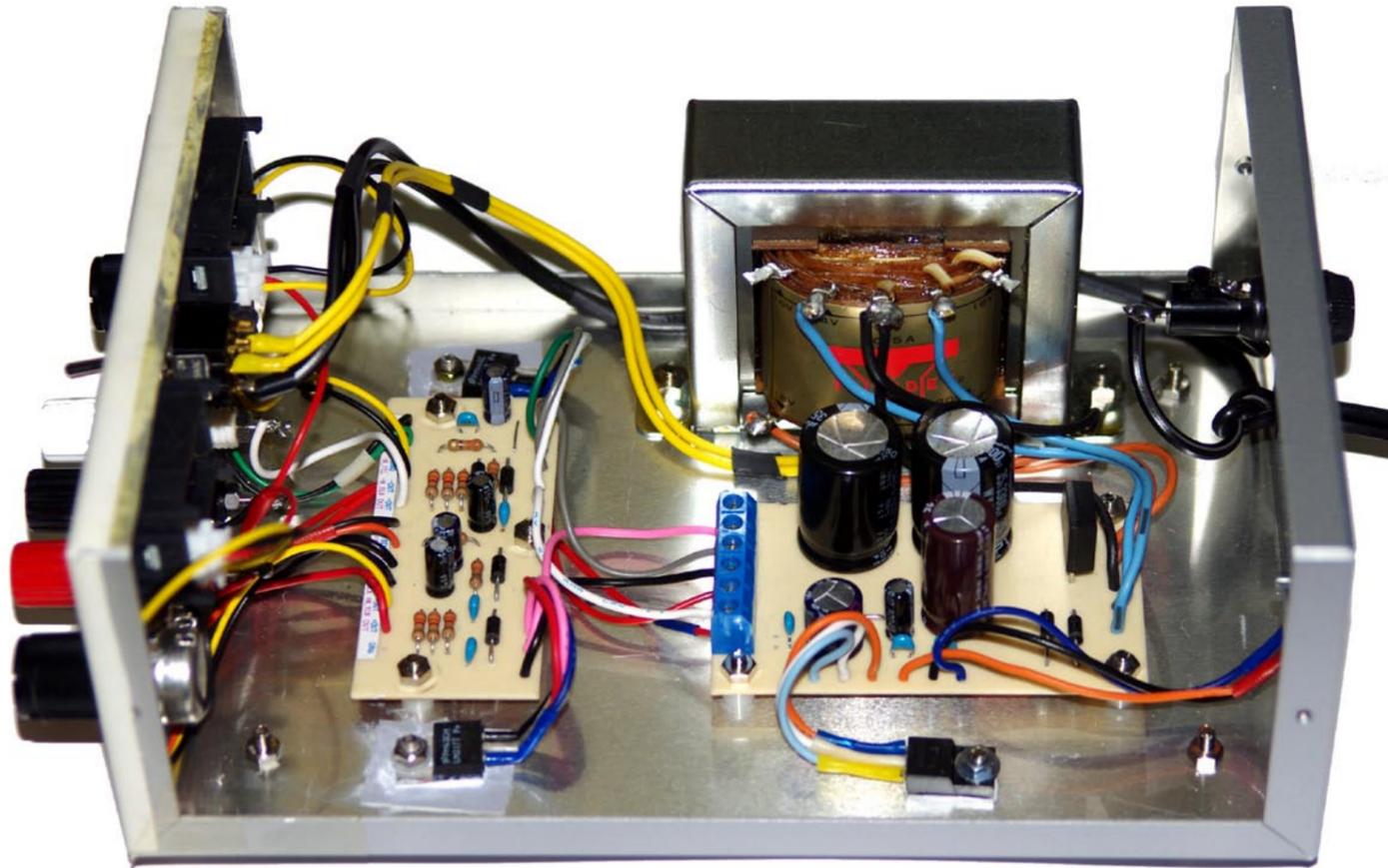
完成後、丸一晚電源オンにしてみた。さすがに317と337が一番負担がかかる最低電圧ではなく±15Vで放置。まったく問題はなかった。ケース底板に触っても、あったかいかな？ いや、フツフツかな？ と思う程度。一晚経っても電圧の表示は変わらなかった。結

構いいかも。

ついさっき、別の実験で電源が3台要る事態が生じ、初めて実戦投入。充分普通に使えて問題なし。それより使う人間の側に問題がある。デジタル表示だと、どうしても数字をピッタリに合わせたくなる。これ、無駄なのだ。使ったChina電圧計は1デジット狂うのは当たり前。それに三桁表示だから10V以上の分解能は0.1Vしかない。まあいつかは数字がいい加減でも気にならなくなる日が来るだろう。早く来い。

さてはて、少しは可変三端子の使い方がわかった。もっと利口なマイナス電圧の表示法も発見。これらを基にしてトラッキングレギュレータを作らない法はないだろう。実は既に実験基板が2種類できている。違う方式なので2種類。どっちが生き残るか、まだわからない。完成したら発表します。

そんなに電源作って、どうするの？ なんていう自問自答はしない。主観の中に客観性を求めるのは、そこにしか逃げ場が無いからだ。私は主観で生きる。



ここ三日、無駄な苦勞をさせられたので書く。検索エンジンが知らぬ間に Bing とかいう下種なものに勝手に置き換わっていた。調べれば某 MS 社の仕業で、ユーザーの了承なくウィルスのように居付く。さらに

検索エンジン本体はヤフーで、結果は知性の低いサイト順に表示される。これって威力業務妨害。もし私が似たようなことをしたら即逮捕だろう。どうして世間は騒がない？ MS だから許されるのか。資本は横暴だ