

エフェクタ オン/オフ リモートスイッチ

DoCoMo de Switch

今どきワイアレスじゃなくて有線！
狭いステージでも駆け回りいたいあなたに
エフェクタのオン/オフをリモートで。
実用になるかならぬか、あなた次第



■ 三路スイッチ ■

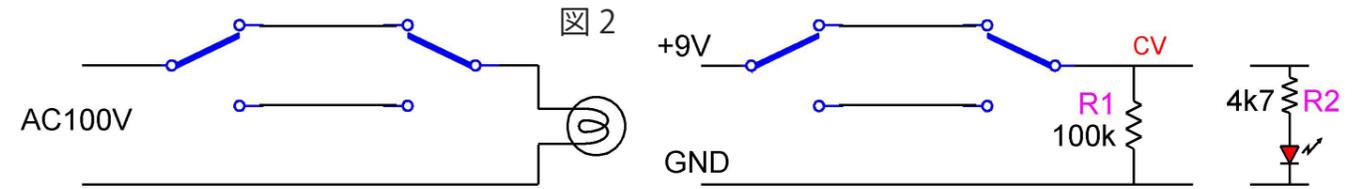
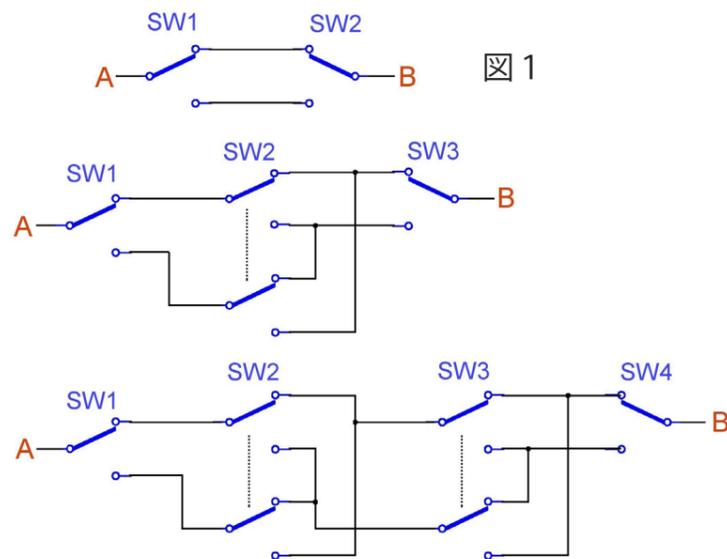
ギターはワイアレスになるのに、どうしてエフェクタはならない？ ファズのオンオフは、いちいちエフェクタのところまで戻らなきゃできない。ステージパフォーマンスが制約される。なんとかしろ！

と言われたって、そんな私のせいじゃない。メーカーにやる気がないからだ。ワイアレス送信機に小さなアダプタを付けて、受信機のそばにループセレクタを置けば済むが、量産したって売れないと思っているのだろう……と、ギター弾きに答えたのが3年前。彼が夢見ている「簡単に」「安く」を実現するには無線とデジタルの技術が要る。大量販売できなければ儲からない。そして実用的な無線もデジタルも、少なくとも私の世界ではない。

とうはいうものの、黙って引き下がるのもシラクだ。ずーっと、アナログで解決できないか薄っすらと妄想していた。彼の要求仕様？はこうだ。ステージのあちこちにスイッチを仕込んでおいて、たとえば上手でエフェクタオンして下手でオフする。どこで踏んでもオンオフが切り替わる。そんな仕組み。更に、スイッチは5個もあればいいかな。それと、ファズだけじゃなくてディレイなんかも別のスイッチで切り替えられれば、、、私は「それと」以降は無視することにした。

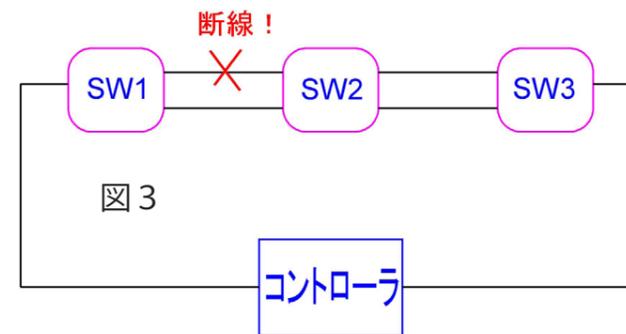
簡単そうなりクエストに思えるが、実現するにはかなり面倒くさい。同じような回路は屋内配線にもあって、階段の電球を上と下で自由にオンオフする回路がそうだ。私も当初、この方法で行こうと思っていた。

下の図1が結線方法。A-B間の導通を考えながら見てほしい。階段の上と下などSWが2個でよければ上の図。SWが3個なら中央、4個は下。最初と最後のSWは3pでいいけれど、中間のSWには6pを使う。5個以上の場合には中間と同じ回路を足せばいい。考案したのはどこかの賢い電工屋さんだろうな。



この方法を三路という理由は図2。3本の線を使うからだ。左側は階段の上と下でオンオフする配線。よっしゃ、わかった！やってみよう、なんて気楽に工具を持ち出す人に忠告。壁の向こう側の屋内配線工事には電気工事士の資格が要る。ネットという無法地帯では「やってみたら簡単」みたいな記事が散見されるが、私に言わせれば大馬鹿野郎だ。感電して勝手に死ぬのは構わないが、火事になって隣の家を燃やすのは犯罪に等しい。自己責任ではカバーできない事故が起きる可能性があるのを知っていて、あなたはやりますか？ ただへんだと思うのは、素人がいじっちゃいけないのはコンセントの向こう側で、こっち側なら100Vをどう細工しよう（ステッフル止めなどは禁止）と免許は要らない。んん、どう思う？

図2右側は今回のテーマで応用しようとした回路の基本。とりあえず+9Vで使うと仮定したが何Vでもいい。こうやって得られた電圧をCV（コントロール電圧）として電子スイッチやリレーを動かせばエフェクタのオンオフはできるはず。なおR1の100kは、SWがオフしたときにCVが浮いて電位不明になるのを防ぐもの。これまた抵抗値は適当（10k～100k）でいい。CVの箇所でLEDを光らせるのも当然可能。R2は電圧と必要電流から計算。これでいこう！と決めて、電子スイッチの選定をしていたとき、ふと「まずいんじゃない？」



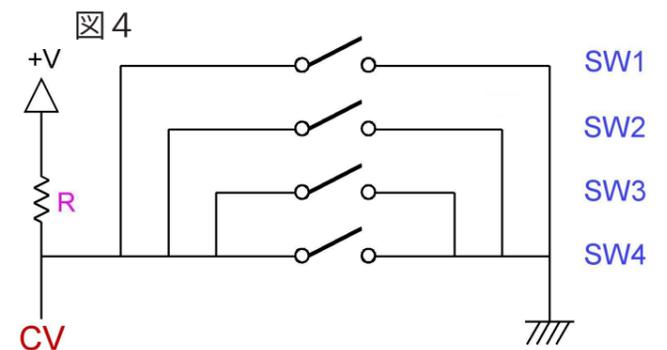
と天使か悪魔の囁きが聴こえた。三路の配線はスイッチの直列接続。どこか一箇所でも切れてしまうとまったく用をなさなくなる。壁の中に固定した屋内配線なら切れる可能性は低いが、ステージ上に仮設するシステムでは誰かがケーブルにつまづくかわからない。それに多分、各スイッチ間には二芯マイクケーブルなどが使われ、コネクタはステレオジャック/プラグになるだろう。これが抜けかけたら……(図3)。

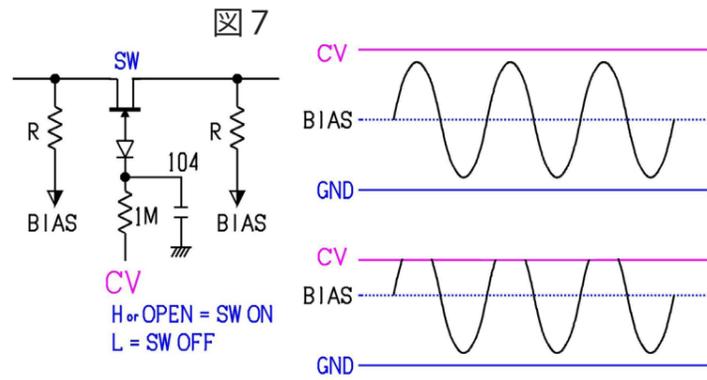
やーめた。トラブルが予想される機材を、それを承知で作るなど、どこかのIT屋に任せればいい。三路スイッチは面白いんだけどなあ。

■ 並列で考える ■

直列がダメなら並列。並列もダメなら、とりあえずユークリッド空間においては打つ手がない。でも図4でどうにかなりそう。ワームホールまで飛ばなくてよさそう。SW1~4はそれぞれまったく同じ機能で、平常時はオフ状態。このときCVには抵抗Rを通った+Vという電圧が出ている。スイッチのどれかひとつがオンになると、オンの間だけCVはGND電位(0V)になる。これが基本。考えやすいように仮に定数を入れると、+Vは+9V、Rは100kでどう？

ここに使えるSWは、押されたときだけ接点がオンするモメンタリタイプのみ。三路ではオルタネートだった。どちらも間違えると絶対に正常動作しない。





Q とナル Q は信号系の FET スイッチを駆動する CV (制御電圧) になる。FET ではなく 4066 などの専用 IC なら、CV が電源電圧の半分以上あればスイッチは美しく動くから「なるべく高く」する必要はない (高い方が間違いないけれど)。

図 7 が電子スイッチ部分。まず周辺の CR から説明しよう。回路両端の R は信号振幅の中心をバイアス電位に固定するもの。ここに加わる信号がバイアス中心に振れているのがわかっている場合、この R は必要ない。えーと、バイアス、わかりますね？ 9V 電池仕様の回路なら +4.5V、つまり電源電圧の半分です。

FET のゲートにつながるダイオードはゲートにプラス電圧がモロにかからないようにするため。その理由は何行か下で書く。104 と 1M はスイッチ動作に不可欠ではないけれど、まあ入れておくのがお約束。FET スイッチでもオンオフ時のクリックは出る。ゲートに CV が直結だと、ゲート電圧の動きが急すぎてクリックになる。で、CV を 1M の抵抗を通して 104 に溜める動作をさせて、溜めている間の電圧変化をゆっくりにしている。といっても十分に早いから、信号の切り替えにはまったく支障はない。

さて、ここからが本筋。FET スイッチに電源は無い。どうやって、何を基準に動いている？ よく言われるのは、通過できる信号の振幅は電源電圧とアースの間、という説。ホント？ どこにも電源なんか無いんだけど。たしかにアナログスイッチの 4066 などではそうなる。ちゃんと電源があるから。

話がややこしくなりそうなら別の角度から考

えてみよう。まず FET スイッチのゲートをオープン (どこにもつながらない) にした場合、スイッチの状態はどうか？ これがオンなのだ。ただしゲート電位はとても不安定で (ハイインピーダンス) 実用には向いていない。次に、左の回路図の CV をアースに落とすと、スイッチはオフになる。これは確実にオフで、FET は絶対に信号を通さない。

ということは、FET スイッチはオフだけが確実にオンは怪しいのかなと昔は思っていた。いやいや、ちゃんとしっかりオンするのだ。CV に加えた電圧 (もちろんプラス電圧) を上限に、アースとの間の電圧なら安定して通す。だから CV が低すぎると、それを越える振幅はクリップしてしまう。もちろんアースより低い電圧もダメ。だから厳密に言えば、FET スイッチに最大振幅を通そうとするなら、バイアス電圧は電源電圧の 1/2 ではなく、H 状態の CV 電圧の 1/2 にすべきなのだ。……とはいえ、そこまでの厳密さを求めるなら 4066 を使った方が早い。

なんでこんなことをゴチャゴチャ書いているかという、前ページで「Q、ナル Q はなるべく高い電圧で」みたいなことを書いた。その理由なのだ。この辺の理解がないと「動くはずが歪んでばかり」の FET スイッチにもなる。

以上の説明は 9V などの単一電源回路での話。± 15V とした二電源の回路では電圧の配分がちょっと違う。まずバイアスは不要で、信号は 0V を中心に振らせる。そして CV 電圧を H がプラス電源電圧、L はマイナス電源電圧にする。これで ± 15V 電源なら電源電圧いっぱい、peak to peak で 30V の大振幅まで扱える。これはすごいメリットだ。4066 は最大供給電圧 18V の単一電源なので (普通は 15V で使う)、扱えるのは 18V (15V) の振幅まで。

なお、FET スイッチは音が悪くなる、という俗説があるけれど、多分スイッチ前後の回路が悪いので、スイッチ自体で音が変わることは (聴感上) ないと思っている。(最後にまた触れる)

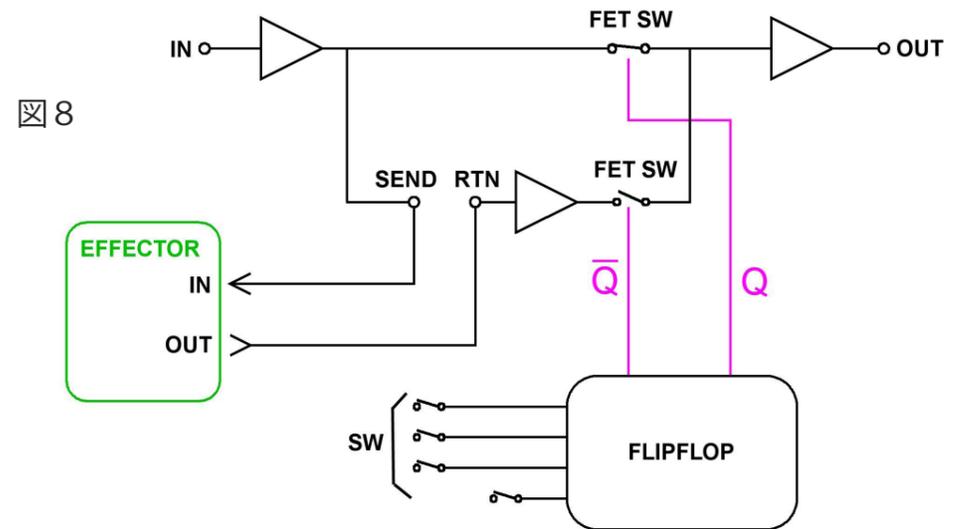


図 6 の回路図があればいいようなものの、一応ブロック図も出しておこう。アナログ系のオペアンプはすべて非反転増幅。出力バッファだけ少々ゲインを持たせている (U3 の帰還抵抗 10k を大きくすればゲインは大きくなる。現状ではゲイン = 1.1 倍)。それ以外はゲイン = 1 のフォロワだ。接続するエフェクタにはしっかりゲインがあるはずだから、このループセレク

タマガいの回路にゲインを持たせてしまうと、どこかで信号が頭を打ちかねない。

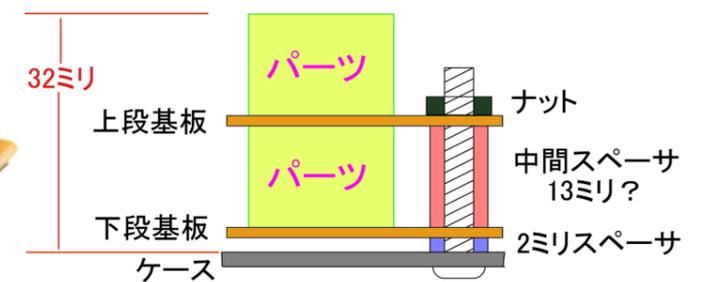
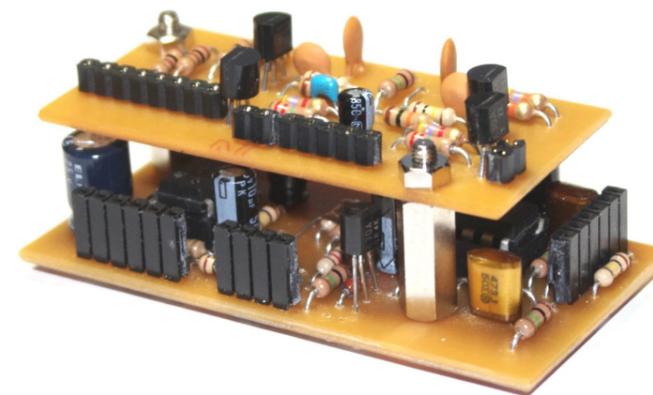
フリップフロップには最大 4 個の SW がつながる。内 1 個はパネルに付いていて、残りはケーブルで外付け。必要ならもっと増やせる。外付け SW にパラでつなげばいいのだが、私が動作確認したのは外付け 3 個まで。増やしたければ自己責任でどうぞ。

■ 基板 ■

お待たせしました、製作編です。まずケースをタカチ TD9-12-4 に決めてしまった。側面に標準ジャックを 7 個と DC ジャックを取り付けられる最小のケースだろう。ただそうすると内部のスペースがかなり狭くなって、小さな基板しか入らない。電池も入れなきゃならないしフット SW も要る。で、回路のところでも書いたように信号系と制御系を分けて二段重ね。おせち料理だって重ねが多いほうが高級だ。ただ、

そうすると気になるのが全体の高さで、ケースに収まりきるかどうか。TD9-12-4 は型番からは高さが 4 センチありそうだが、実は 35 ミリ。しかもこれは外寸で、ケースの板厚は 2 ミリくらいある。つまりケースの深さは 31 ミリ！救いは底板が 2 ミリ程度へこんでいることだ。

つまり収まる高さは 32 ミリ以下。パーツを取り付けた各基板の高さを 15 ミリに抑えれば、ケースと下基板の間に 2 ミリのスペーサが使える。でも計算通りには行かないのが常。最後は現物で調節するしかない。



ケースのふたが閉まるかどうかは神様がこっち側にいるかあっち側にいるかで決まる。だからまずは作ろう。基板関係の図を下にまとめた。パターンはどちらもビス穴の位置を正確に。重ねたとき位置をピッタリにしないとビスが通らない。

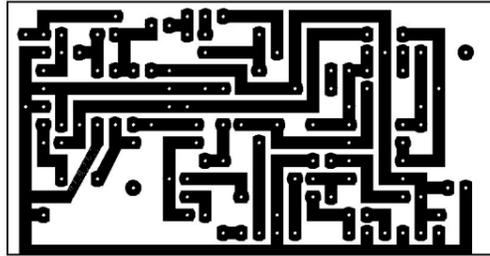
配線の引き出しにはピンソケットを使いたい。下段については問題なく、ソケットの真上には上段基板が来ない、いわば吹き抜けにしてある。上段は高さとの兼ね合いでソケットにするか直出しにするかを定める。この辺は作ってみなくちゃわからない。

どちらの基板も「なるべく低く」を心がけ、裏のハンダ付け面では線材の飛び出しを極力短く切っておく。できれば紙ヤスリををかけたいくらいだ。

上段基板で一番背の高いパーツは 10u の電解だろう。トランジスタと FET はぐっと押し込んで取り付ければ高さ 10 ミリ以下になる。そこで電解には背の低いタイプを使う（耐圧は 16V）。もし入手できなければタンタルでもいい（容量 4u7 以上、耐圧 16V）。下の写真がここまでの完成形。上段はまだピンソケットにするかどうか決めていない。

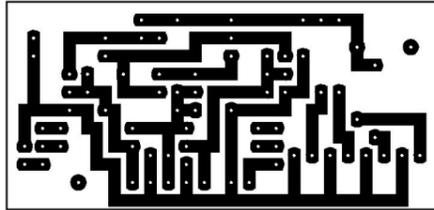
ここで上下基板をつなぐスペーサの長さを決める。二段重ねしたとき、下段基板のパーツのアタマが上段基板のハンダ面に触れない、最小の長さを決めるのだが、たとえば 12.5 ミリなんていうハンパなスペーサはないから、スプリングワッシャ、平ワッシャ、ネジカラー等を組み合わせて最適な長さのスペーサを「作る」ことになる。

2.7 * 1.4 inch (69 * 35.5 mm)

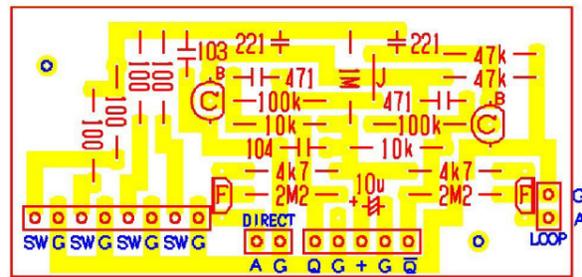
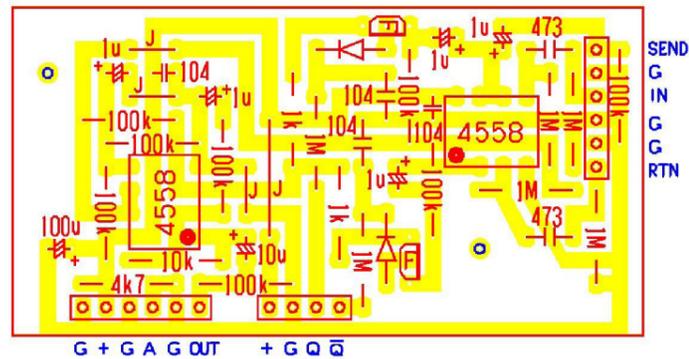


下基板 (信号系)

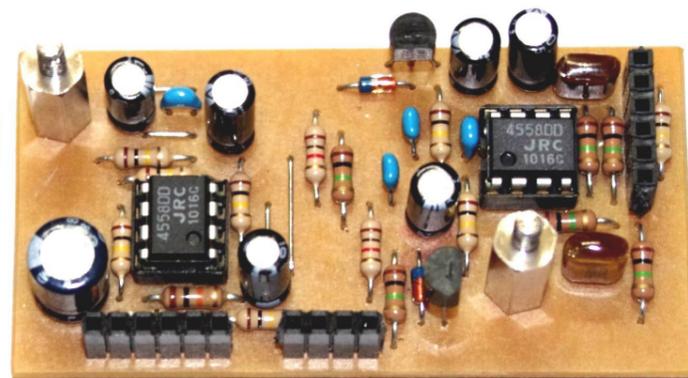
2.4 * 1.15 inch (61 * 29 mm)



上基板 (制御系)



CはNPNTランジスタ
Fは2SK30タイプのFET



決まったら仮に二段重ねに組んでケースに入れてみよう。下段基板の下に 2 ミリのスペーサを忘れずに。余裕があるようなら(多分ない) 2 ミリではなく 3 ミリでもいい。

さて、上段基板の上にどのくらい余裕ができた？ここにピンソケットを取り付けたらケースは閉まる？私の場合、ケースは閉まらなと踏んだ。でも背の低いロープロファイルのピンソケット / ヘッドなら大丈夫そう。急いで通販で買って取り付けてみた。

ソケットは問題ないけれどヘッドがちょっと。ピンが短いためハンダ付けすると黒いモールドが溶けてピンがもぐり込む。ヘッドから配線を出すなんてメーカーは想定していないのだろう。対処法は、ハンダ付けする前にピンとモールドを瞬間接着剤でくっ付けてしまえばいい。ピンの根元にヨウジの先でごく少量の接着剤を塗れば、乾いたあとは動かなくなる。これは標準サイズのヘッドでも霊験あらたか。

なお、ピンヘッドへのハンダ付けは、隣のピンとショートしないように、引っ張っても取れないように、という基本原則が特に大事だ。動作チェック時などの仮配線では、とりあえずしっかり付いていればいいが、本番の配線ではピンに線材をハンダ付けした後、ピンごと熱収縮チューブを被せて隣の接触を防止したい。

できればチューブには透明のものを使う。中で切れていたら見えるから。

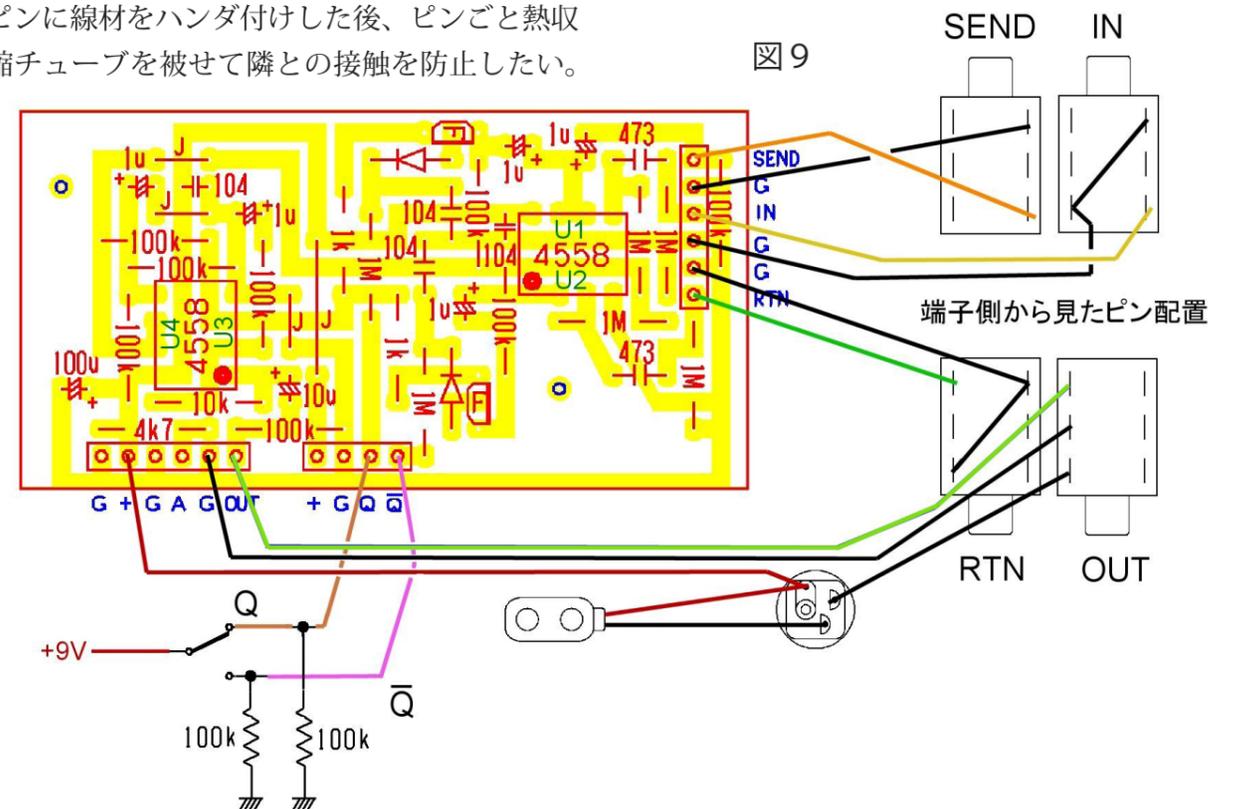
■ 動作チェック ■

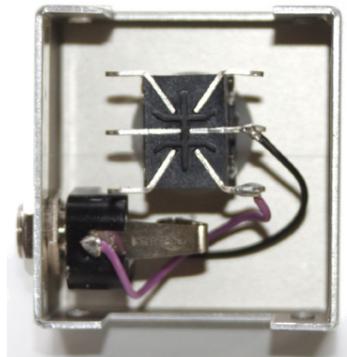
基板動作チェックは 1 枚ごとに分けて行なう。まず信号基板が図 9。この基板では、図の右側、たてに付いているソケットに信号の入出力を集めている。もう一度図 8 をよく見て、それぞれがどんな信号なのか頭に入れておこう。

ジャックは一番安い黒いモールドの絶縁型として描いている。箱型を使う人は対応する端子の互換表みたいなものを目の前に置いておくといちいち考えなくて済む。

図の下側には 6 ピンと 4 ピンのソケットがある。4 ピンの方は上段の制御基板との渡り線に使う。今は仮に Q とナル Q から 10 センチ程度の配線を出し、100k の抵抗 2 本でアースに仮接続してトグル SW (普通のオルタネート) につなぐ。6 ピンのソケットは電源と信号出力。もしパワーオンで LED を光らせたいなら、A にアノード、隣の G にカソードをつなげば光る。

DC ジャックは、この段階では使わなくてもいいけれど、まあ描いておいても邪魔にはならないでしょ。





最後に本来は売りであるはずの「どこでも」子機を作る。最大で3台までつなぎ込めて、いわゆるシールド線でつなぐ。長さは、私がテストした範囲では8メートル以上でも大丈夫だった。実際何メートルまでOKなのかはわからない。

子機は要するに小さい箱で、中にフットSWとジャックが入ればいい。SWを踏んだときだけシールド線の芯線とアースがくっつけばいいのだから、特に結線図は要らないでしょ？ SWはもちろんモメンタリ。

手元に小さなダイキャストケースがなかったのでアルミのYM-50を上下逆にして使ってみた。普通に使う分には強度はまずまず。ジャンプして踏んづけるなどしなければいい。

強度といえばジャックを心配すべきだろう。簡単に抜けてしまっは意味がない。だから本体に使った黒いモールドは遠慮したい。今一番安い、全体がバネみたいなモノラルジャックが、差すのも硬いが抜けにくいことでは抜群だ。それにこの型は非絶縁体タイプなのでアースも自然に取れる。

■ バリエーション ■

単純な構造なのに、ひとえにケース内が狭かっただけで苦闘した。完成して気になることは、子SWへのシールド線がハイインピーダンスなことくらい。でもまあデジタル的なスイッチングなのでノイズで誤動作することはほぼ無いと思う。誤動作するような環境ではギター信号もノイズまみれになっているだろう。

単純な構造と書いたのは、このマシンは単なる「簡易ループセレクト+フリップフロップ」だからで、機能は個々の基板に分けてある(基板ごとパクするには最適だろう)。でも手は抜いていない。楽器用としては十分なクオリティのはず。

世の中には「FETスイッチにすると音が悪くなる」と固く信じている人もいる。本当にそうだろうか？ だからトゥルーバイパスが選ばれるのだが、私の経験ではFETスイッチにした

ところで音質の劣化など耳で聞いただけではわからない。そりゃなんらかの回路を通っているのだから厳密には歪んでいるはず。でもさあ、そんなオーディオ的戯言はパーツ屋を儲けさせるだけだと思わない？

それよりFETスイッチで問題になるのは、微小ながら生じるレベル低下と、オフ時の漏れだろう。オフにしてもごく小さなレベルで信号が漏れることもありえる。だからアナログレコーディング卓ではFETスイッチではなくC-MOSの4066など、スイッチICが使われていた(いる?)。ま、これもこれで別の問題があるんだけどね。

今回の回路の信号部分を4066に置き換え、ちょっとグレードアップしてみたのが図12。フリップフロップの制御部出力にバッファを追加してみた(もっと安定した動作の回路にもできるけど、それはまたいつか)。

図12での4066の使い方はプロ卓での標準

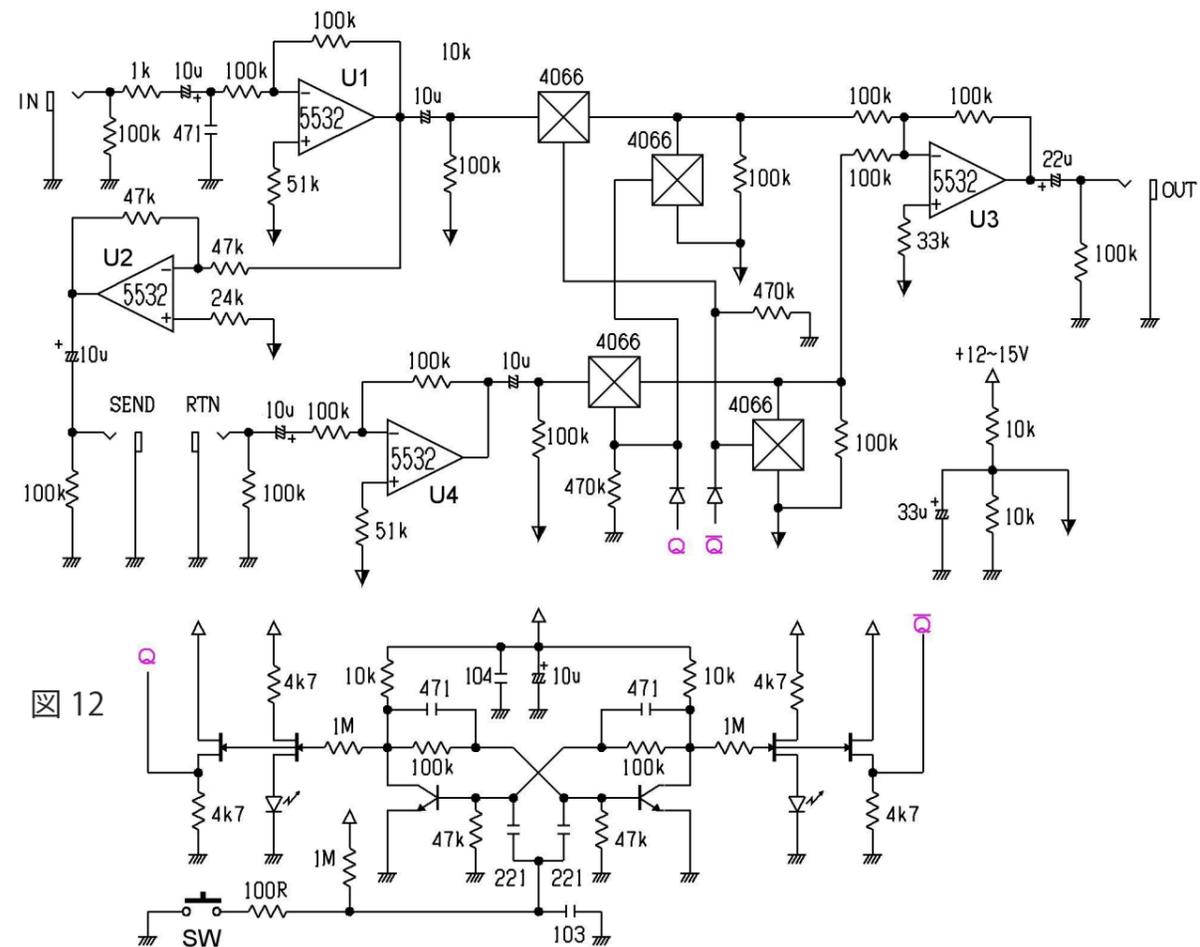


図 12

的なものだ。1個のスイッチに4066を2ユニット使って、オフ時には信号ラインをアース(実際はバイアス)に落とす。これだと絶対に漏れない。4066では歪率やレベル低下、フィードスルー(CVの信号への混入)などが規定されている。つまり最低保証があるわけだから安心して使える。もし図12の回路でも音が悪くなったという人がいたら、アナログ時代のすべての音源は「音が悪い」ことになる。アナログ卓は電子スイッチだらけだから。

この回路は中規模の録音スタジオ向けに描いてみた。作ったマシンと違うのはオペアンプの配置、そしてすべて反転増幅というところ。これにはキチンとわけがあって、まず最終段のU3をミキシングアンプにしたことから全体に改造が波及した。U3が反転アンプになると、入力と同じ位相で出力するためにU1も反転アンプにしなければならない。(U3を入力インピーダンス頼りの非反転にしなかったのは、オペアンプが5532で高入力インピーダンスを期

待できないから)。

メインの出力と同じ理由で、エフェクタへの送り出しも位相を揃えるためにU2は反転アンプになる。エフェクタからの帰りを受けるU4も反転アンプにしないと、U2を反転にしたのでツジツマが合わなくなる。っていうことで、なんか回路構成上の位相設計みたいになってきた。少なくとも気分ですら反転・非反転を決めているんじゃないのは理解してね。

先に書いた4066の問題点とは、単電源仕様で+15Vまで、という電圧の低さ。もちろんプラスマイナス二電源でも使えるけれど±7.5Vまで。扱える信号レベルは最大でも±7.5Vということだ。楽器のシステムならOKでもプロ仕様だと苦しい。4066の発展版みたいな石も少なからずあり、中にはもっと波形スイングが取れるものもある。やたらと高いけど。

世の中、制約だらけ。解決にはカネがかかる？カネの代わりにアタマを使う方法もあるはず。それが自作の基本かもしれない。