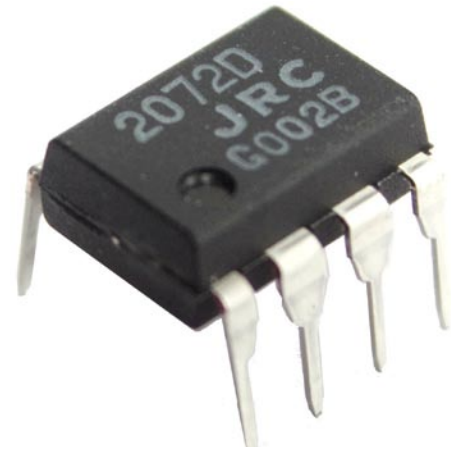


NJM2072 シリーズ

NJM2072 の中身

なんでディスコン石を今ごろ？
いいや、世の中に 1 個でもある限り
書いておく意味はある。
どこかのメーカーが再生産するかもしれないし。



■ アナログ・ジェノサイド ■

デジタルでもなく高速動作でもない純粋な低周波アナログ石だったことがディスコンの大きな原因だったのだろうか。なんてったって政府までデジタル庁とやらワケのわかんないもの（やってる人間はデジタルの意味も知らないアナログ以前の原始人）を作っちまう世の中、アナログはもう流行らないらしい。

けどちょっと忘れていませんか？ 人間の五感はすべてアナログ。頭に電極を取り付けたところで、流す電流はアナログ。デジタルメディアの CD だって記録はピット長というアナログ量。MP3 をそのまま聴ける人間がいたらお目にかかりたい。そう、アナログは空気のようなもので、これを大切にしなければ電気もコンピュータもない。地球という存在もない。

たしかにアナログは儲からない。だからデジタルシフト？ あのですね、デジタルってアナログの、ごく限られた一部なんですけど。

CPU のマスク写真を見たことがあるだろう。細かいパターンが無数に走り回って、半導体と思しきランドをつなぎまくっている。どこがデジタル？ アナログそのものでしょ。アナログだからパターン間のクロストークやら、細かいパターンが電流で焼損するリスクが生じる。CPU がデジタルデバイスなのは、そこを走っている信号の形式がデジタルだから、というだけのこと。つまり、あなたの PC も物理的にはアナログ機材なのです。

経験から言って、ソフト開発もできるしデジタル回路設計もできる優秀なエンジニアは、例外なくアナログ技術でも優秀。知ってました？ デジタルだけできるエンジニアは、実際たいしたことはない。機材が不調になると自分で裏ブタを開ける前にサービスに電話する手合い。そういうのとは仕事したくない。金子正次の映画「竜二」（観てね）で主人公が言う。「メシも炊けなきゃ女じゃない」って。ま、同じこと。少々強引な比喩なのは承知してます。

■ 内部ブロック ■

この記事に興味を持ってくれた諸君の多くは、すでに JRC のデータシートを見たと思う。まず気付くのは、データに「内部等価回路」が無いこと。ブロック構成だけが載っている。図 1 が見やすく描き直したもの（一箇所だけ描き加えた。初段の非反転入力部分とバイアス表示）。さて、これのどこが凄いのか？

まず反応速度だ。信号入力を検知してから答えを出すまで 1mSec しかかからない。ヘタなデジタル回路よりずっと早い。しかも入力する信号の大きさは、標準回路？でも 16mVrms あればいい。こんなに小さい信号を超高速で処理するなど常人の技ではない。是非本物の等価回路を見たい（無理だろうな）。

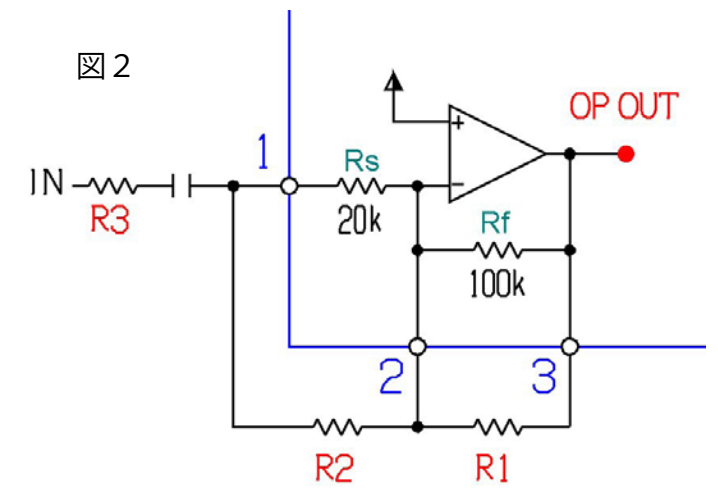
大昔、無線をアクティブにやっていたころ、前回書いた VOX を自作したことがある。基本的な仕組みはこの IC と同じだ。ただ出来上がった回路を通すと「おはよう」と言ったつもりが「はよう」になってしまった。無い知恵を駆使した結果だが使い物にはならなかった。音の立ち上がりを違和感なく検出するのは難しい。しかもそれがマイクやギター出力の数 mV だったら、アナログ回路で安定して検出するのは不可能に近い。数 mV を弁別するコンパレータはどうやって作る？

NJM2072 ではこれらの問題がすべて解決されて 8pin パッケージに収まっている。最少外付けパーツは抵抗 2 本とコンデンサ 3 個だけ。内部を想像すると、かなりトリッキーなアイディアが使われているみたい。まさに日本的・職人的な石なのだ。じゃ、内部ブロックをアタマから見ていこう。

□ AMP 部の計算 □

DC カットの C を介して信号が入ってくる。つまりここは交流信号用の入力アンプ。メーカーのデータでは三角のアンプマークで、どんな回路なのかわからない。でも結果として普通の反転増幅オペアンプとしてゲインの計算ができることがわかった（内部回路はホントは違う。後述）。

図 2



T_H が 16mV のままでいいなら、この部分に外付けパーツは要らない。入力信号レベルが 16mV になったら「信号アリ」と認識してくれる。入力信号が減衰して「信号ナシ」になるのも 16mV。

この状態でオペアンプの出力（赤丸の場所）に現れる信号レベルは、16mV を 5 倍した 80mV になる。IC 内部に R_s として 20k、 R_f として 100 k が付いて、アンプの増幅率は 5 倍だからだ。以下、すべてのゲイン計算では、この 80mV がキーになる。

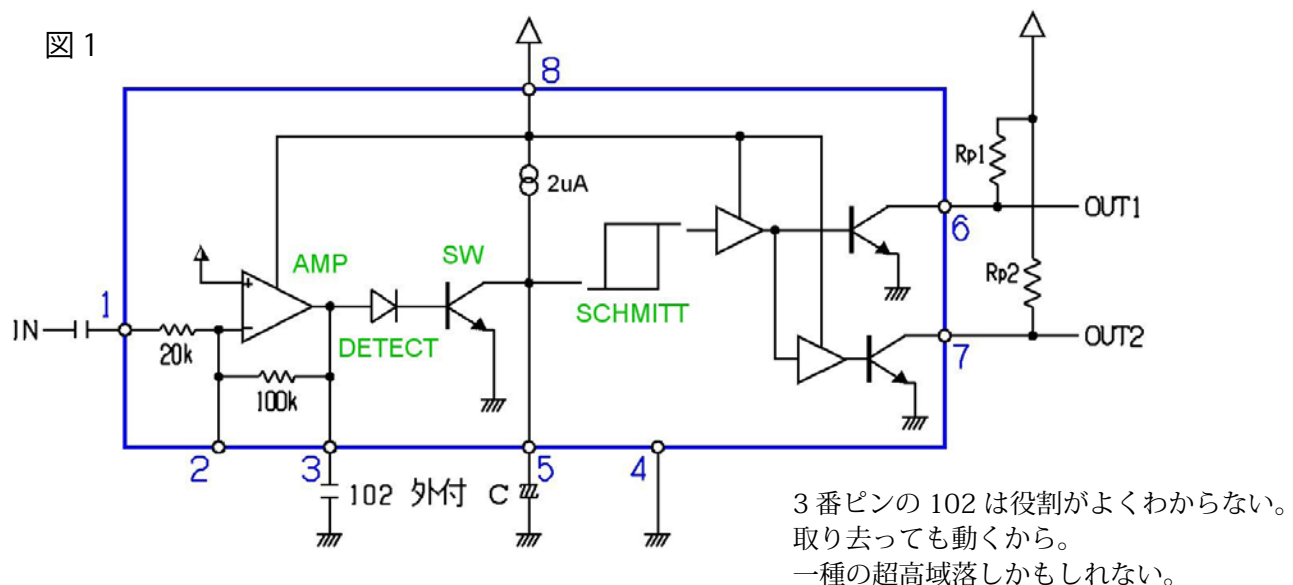
仮に「 T_H をもっと上げたい」、つまり足切りレベルを上げたいなら R_1 に抵抗を外付けしてアンプのゲインを下げる。たとえば 51k を付けたとしよう。このとき R_f は $100/51=33k$ になってアンプゲインは $33/20=1.65$ 。そして 80mV を 1.65 で割れば 48.5mV。この入力レベルが T_H になって信号アリになる。

逆に、もっと小さいレベルにするなら、アンプのゲインを上げてやればいい。それには R_s とパラに抵抗 R_2 を付ける。 T_H を当初の半分の 8mV にしたければ R_2 に 20k を付ける。すると R_s は 10k ($20k//20k$) になり、 R_f は 100k のままだからアンプのゲインは 10 倍。これで入力に 8mV を入れればアンプ出力は 80mV で「信号アリ」になる。

簡単に言えば T_H を大きくしたければ R_1 を付け、小さくしたければ R_2 を付ける。ただしきちんと計算してからだ。目見当でやると絶対にうまく行かない。

さらに、 T_H を上げる方向で設定するなら R_3

図 1



3 番ピンの 102 は役割がよくわからない。取り去っても動くから。一種の超高域落しかもしれない。

も使える。IC 内の 20k と直列になって Rs を大きくする。するとアンプのゲインは下がり TH は上げる。仮に R3 に 100k を使った場合、Rs=120k、Rf=100k になってアンプゲインは 0.83。入力に約 100mV 入れないと「信号アリ」にならない。前回の Mellow Attack では R3 として 20k を入れた。こうするとゲインは 2.5 倍、TH は 32mV になる。ん？ 約 10mV だったでしょ？ はい、ヘッドアンプで入力信号を 3 倍にしているので入力換算では約 10mV になる。

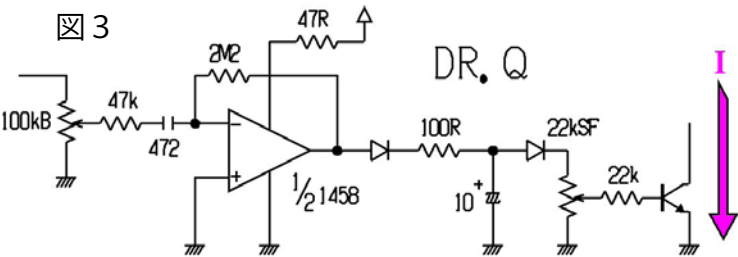
このように実際の TH は 2072 入力より前の増幅段もからんでくる。きちんと整理して計算しないと、とんでもないレベルでゲートがかかってしまう。面倒だが図に描きながら計算すれば混乱はしない。電卓だけで済むから、この程度の算数は嫌うべきではないだろう。

JRC が 3 箇所ピンを出してくれたから、こういう使いやすい曲芸ができるのだ。TH を自由に決められるなど、すごく親切。JRC の設計センス、好きですね。

□実際の AMP 部と検波部□

計算だけで回路設計できるのだから、IC 内部がどうなっているのかなど気にすることはない……のだが、やっぱり知りたい。特に「交流信号の大きさを検出して直流にする」方法には好奇心が湧きまくる。Dr.Q にハマったのも、あの擬似エンヴェロープ発生回路だったから。

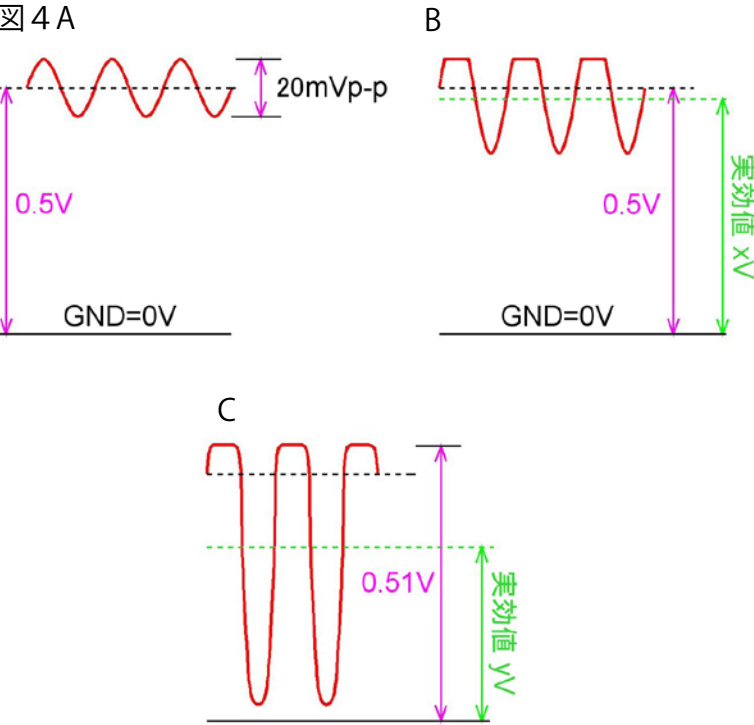
見方によっては 2072 の「SW」までは Dr.Q と同じ発想といえる。ここで図 1 に電圧をひとつ付け加えよう。初段の非反転入力には +0.5V のバイアスがかかっている、と考えられる。たった 0.5V だ。0V の Dr.Q と大差ないとも言えるが。参考までに Dr.Q の信号検出部は下の図 3。似てない？



Dr.Q では非反転入力に加えるバイアスが、あっと驚くゼロ V。つまり入力信号の下半分を「要らないよ」とばかりに切り捨て、上半分だけを非常識に大增幅している。一方 2072 では、さすがに 0V ではないものの、似たり寄ったりの +0.5V。図 1 でバイアス記号だけ付けた箇所に +0.5V と書き込んでもいい。2072 のアンプ段は +0.5V を中心に信号を扱っている。つまり、入力信号の上側は自由に振れてもいいけれど下側は 0.5V しか振れちゃダメ、ということ。これってどんな意味？

+0.5V は電源電圧に関係なく内部で作られている。だから電源電圧が変わっても +0.5V は変わらない。立派なバイアスだ。これは 3 番ピン（アンプ出力）の電圧を測ればわかることで、入力が無信号のとき、3 番ピンには +0.5V が出ている。入力に数 mV の小さなサイン波を加えると信号は +0.5V を中心に、ほぼ無歪で振れる（図 4 A）。ただし無歪なのは 20mVp-p くらいまでで、それ以上になると波形のアタマがつぶれ始める（図 4 B）。

それはそうだろう。波形の下側は 0.5V 以上は振れないから。そしてオペアンプは反転増幅なので、出力端子では正負逆になって出てくるから。だから波形の上側がつぶれる。



そして図 4 B になった時点で 2072 出力（6、7 ピン）は反転する。簡単に言えばオンになる。さらに入力信号を大きくすると、波形の上側は 0.51V 程度でクリップしたまま、下側だけが下に伸びて図 4 C になり、もっと進めば下側も四角くクリップして波形全体は矩形波に近くなる。

さてここで私としては参ってしまった。アンプ出力がこんな変化しかしないのに、どうやって入力信号の大きさを検出しているのかな？ JRC のデータでは、次のブロックにはダイオードの印があり Detect（検出）となっている。何を？ どうやって検出？ 図 4 の A~C で電氣的に異なる要素は実効値電圧くらいしかない。図では緑で書いた電圧だ。

波形が 0.5V を中心に上下同じ幅で振れている図 4 A では。この信号の持つエネルギーは「0.5V 分」といえる。だから実効値は 0.5V。B になると波形の下側が延びることで中心は少し下に下がるので実効値 xV と書いた。もっと下がって図 4 C だと実効値は yV になり、これがどんどん進めば最後に波形は矩形波そのものになり実効値は 5V の半分 = 0.25V になるはず。

でも実効値を見ているとしても、A と B での実効値の差異は極めて小さい。一般的には誤差範囲だ。検出できるのかな？ ここで AMP ブロックについては完全にお手上げ。3 年経ったらもう一度考えよう。

ところで図 2 の「等価回路」のようなものは実は計算用。本当は下の図 5 ではないかと妄想している。バイアスは電圧を加えるのではなくダイオードの正方向電圧、オペアンプの Rf には両方向にダイオードを入れて出力にリミットをかけている。これだと図 4 の電圧配分と一致する。

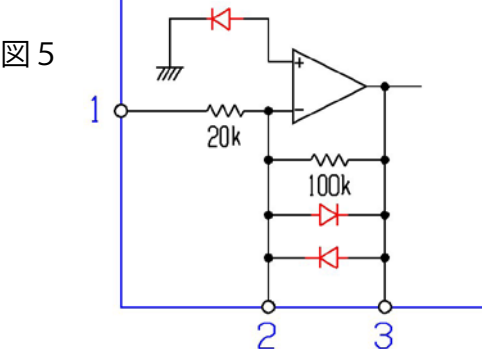
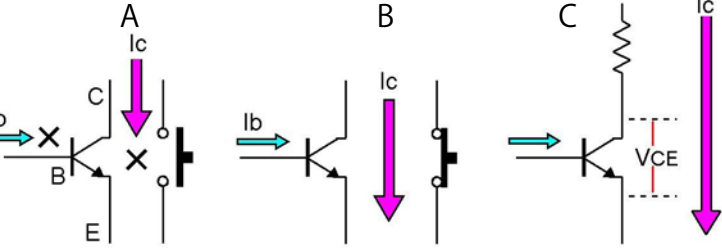


図 6



□ SW 部と定電流回路□

わかんないものはいくら考えたってわかんないと、高校時代、化学の期末試験で学んだ。アボガドロ定数なんていわれてもアボカドしか思い浮かばない私には質問の意味自体わからない。で、アボカドの絵を描いて出したら、0 点どころか減点された。洒落のわからん教師だ。

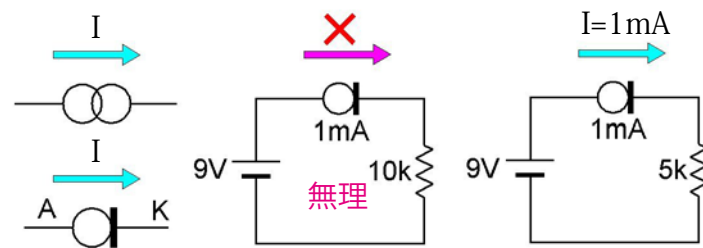
2072 の DETECT 部分はアボカドだった。唯一たしかなのはアボカドの出力は H と L の 2 種類で、次段のトランジスタをスイッチングしていること。トランジスタがスイッチ動作するのはご存知だろう。ベースに十分な電流 (Ib) を流し込むとコレクタ・エミッタ間がオンになる。ベースに電流を流さなければオフ。

この記事の目的はトランジスタ講座ではないから細かいことまでは書かないけれど、最終段の形式にも使われているから、ちょっとだけ説明しておこう。図 6 B のようにベースに（一定以上の）電流を流し込むとトランジスタのコレクタ (C) とエミッタ (E) は、SW がオンになったような状態になり、C から E へ電流を流せる。このとき流れる電流をコレクタ電流 (Ic) という。E → C の逆流はだめ。また図 6 A のように Ib を流さなければトランジスタはオフで Ic は流れない。これがトランジスタのスイッチ動作。

でもトランジスタは機械スイッチとは違う。オンといっても完全につながるわけではないので、最大にオンになっても（ヘンな表現だな）コレクタとエミッタの間には「飽和電圧」という無駄な電圧が残る。図 6 C みたいな感じ。大体 0.1V ~ 0.3V くらいが一般的で 2072 内部のトランジスタでは実測値で 0.18V だった。

以上の事実を丸呑みにしてもらったところで、やっと次の定電流充電に移れる。

図 7



世の中では「定電流アンプは音が違う」とか「インピーダンスが高い」とか、いわば応用問題のような言説が飛び交っている。それはそれで正しいのだが、じゃ「定電流」ってナニ？という基本がすっ飛ばされている気がする。定電流アンプ・定電圧アンプの違い等については、いずれどこかで書くとして、まずは定電流回路の基本について……。

まず、図 7 で輪が 2 個重なった印は、「このラインには一定の電流が流れます」というシンボル。通常、矢印で電流の方向が示される。逆向きの電流は考えなくていい。そして、これを実現するための定電流ダイオードの印がその下。輪のほうのアノード、棒がカソード。もちろん電流はアノードからカソードに流れる、ダイオードとはいっても整流作用は無いから逆向きの電流も流れてしまい、そうなると何かが壊れる危険がある。だから交流が流れるラインには使えない。

定電流ダイオードは「何がなんでも規定の電流を流す」魔法の素子ではない。極端な話、電源がなければ電流は流れない。ダイオードだけ机の上に置いて「キミは 1mA 流すのだ」とドラエモンが命令しても、多分何も起きない。

だからたとえば 9V の電池に 1mA のダイオードと 10k の負荷をつないで、さあ 1mA 流すぞ、と意気込んでも、それは無理。だって仮にダイオードが無くて抵抗が直結されていても、ここには 0.9mA しか流れないから。それが電池の能力の限界。(I=V/R だから I=9/10=9mA)

定電流ダイオードが働くにはそれなりの環境が必要だ。上記回路で抵抗を 5k にしたらどうだろう。ダイオードを取り払って電池と抵抗だけにしてみると、ここには 1.8mA 流れる (9V

と 5k だから、わかりますね？)。これならダイオードも働けて回路電流は 1mA になる。つまり余分な 0.8mA を阻止しているわけ。もう少し正確に言うと、このときダイオードは 4k の抵抗に化けている。そして固定抵抗の 5k と直列で 9k になり、回路電流は 1mA になる仕組み。どこかツェナと似ているなあ。

じゃ、働くのに十分な電流があればいいのか、というと、これも制限がある。仮に 9V ではなく 10000V の電池にして、ダイオードが無ければ 2A 流れる箇所に 1mA のダイオードを入れたら働くだろうか？ 働く前に壊れるのは想像に難くなく、まさに壊れる。使うなら素子の定格を調べてからにしよう。

もうひとつ、ごく当然のことだが、負荷が無限大になれば電流はまったく流れない。図中の抵抗、5k か 10k を取ってしまった場合、そもそも「回路」が形成されないから電流は流れない。いくら「定電流」といっても、電気が通らないところまで力づくで電流を流せるわけではない。

□定電流充電□

2072 は信号入力を検知すると 1mSec で出力が反応する。アナログとしてはとても速い。ごく平凡なアタマで設計すると、この 10 倍は時間がかかる回路になる。2072 が速く動ける理由は逆転の発想とでもいうべきものだ。

図 8 は 7027 の 5 番ピンにつながる部分。定電流で外付けの C を充電している。A がもっともシンプルに描いた充電の様子。平凡な頭脳なら、まず入力信号が来たら C に電流を流し始め、C が充電したときに「信号アリ」のサインを出す、と設計したくなるが、ここでは逆なのだ。

+0.5V の電源から C には、常に 2u(マイクロ)アンペアの微小電流が定電流で流れ続けている(もちろん C がフル充電しているときは流れないが)。だから C の上側の電極は常に +0.5V。この C は多少素性が悪くても構わない。内部抵抗が大きかろうと少々漏洩電流があろうと、上側の電極は、充電時には +0.5V になる。

図 8

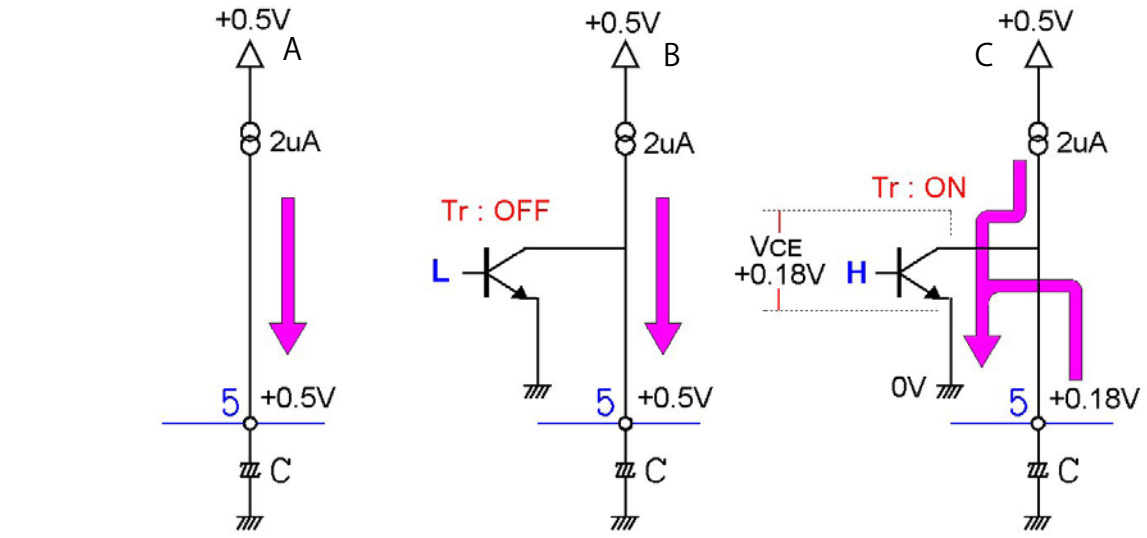
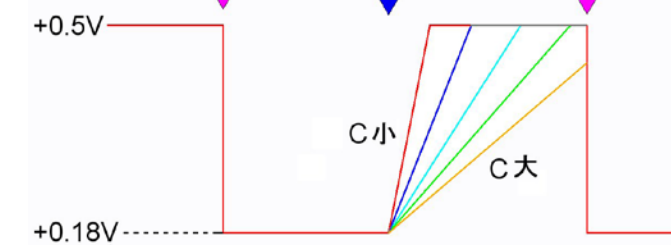


図 9



定電流が流れるラインには図 8 B のようにトランジスタが付いている。ベースに電流が流れ込まずトランジスタが OFF のときには何も起きない。コレクタ・エミッタ間がオフだからだ。ベースが ON になりトランジスタがオンすると、さあ、この瞬間が大切。

電源の +0.5V からの 2uA は流路を変えてトランジスタに流れ込む (C のアタマより電位が低いから)。同時に C も放電し、チャージしていた電気はトランジスタを通してアースに逃げる。このとき、C からトランジスタに逃げる電流に制限はない。ここは定電流回路ではないからだ。C は瞬時に放電し、コレクタと同じ電位、+0.18V になる。この瞬時にが大切。つまり、入力(この場合、ベースに電流が流れる)と同時に +0.5V だった箇所が +0.18V に変化する。所要時間ほぼゼロ。

図 9 は C のアタマの電圧変化。通常は +0.5V のままで変化しない。トランジスタがオンすると急激に +0.18V になり、オンが保たれている間は 0.18V をキープする。トランジスタが再びオフになると、定電流の 2uA で充電が始ま

る。C の容量が小さければ短時間でフル充電になり +0.5V に戻るけれど、容量が大きくなるにしたがってフル充電までの時間は延びて、各色で描いたような感じになる。これで何となく「アタックは速く、リリースはそこそこ」の原理がわかったんじゃない？

2072 では C の容量を特に制限していない。回路例としての定数は出ていても、使える範囲は「自分で調べて」みたいだ。私の経験では 0.1u でも動いたし 47u でも計算通りだった。多分もっと大きな C でも大丈夫かも。誰だ、時限装置を作ろうなんて、…簡単だけどね。

□シュミット (コンパレータ) □

たかが 1 個の IC で、こんなに書くことがあるのがアナログ回路。現実には「使えればいい」ので、深掘りするのとはただの趣味。お付き合いくださってありがとうございます。

さて次のステージはシュミットトリガ。コンパレータの変形だ(これら 2 種の回路については Wiki 参照。多少わかりやすい説明がある)。コンパレータは一部のファズでも使われているからご存知の方も多いだろう。どんな波形が来てもすべて矩形波にして凶暴な音に変える。ここでは波形ではなく電圧を入力として動き(同じことなんだけどね)、5 番ピンの C のアタマからシュミット (コンパレータ) につながる。

コンパレータの出力は H か L の 2 種類しかない。この場合は +0.18V か +0.5V かを判別

して、2種類の曖昧ではない電圧に変える。実際 IC 内部では何 V なのかはわからないけれど、たとえば 0.2V と 0.8V とか、誤解のしようのない 2 電圧だ。0.18V と 0.5V でも誤解は無いといえるが、次の段のトランジスタを動かすには低すぎる。特に H の電圧が +0.5V では足りない。少なくとも +0.6V 以上ないとトランジスタは動いてくれない。だからシュミットトリガは、ここでは一種の昇圧回路としても使われていると思われる。

もうひとつ、ここをコンパレータではなくシュミットトリガにしたのは誤動作防止のためかもしれない。下の図 10 が動作のモデル。コンパレータもシュミットトリガも TH 電圧（スレッシュOLD電圧）を設定し、入力された電圧がそれ以上なら H 以下なら L を出力に出してくる（逆動作の設定も簡単にできる）。コンパレータは入力信号が TH 電圧を横切るたびに H と L を律儀に入れ替える。ファズに使うのはこのタイプ。ファズではエンヴェロープではなく波形ひとつひとつを対象に動作させるため、どんな入力波形であれ出力はフルスイングの矩形波になる。だからうるさいのだ。

シュミットトリガは、あまりにバタバタするコンパレータ出力を少しばかりおとなしくさせるものといえる。TH1 と TH2（と仮に呼ぶ）の 2 種類のスレッシュOLD電圧を用意し、入力が TH1 を上回ったら出力を H にする。入力が TH2 を下回ったら出力を L にする。それ以外、いくら入力が暴れ回っても気にしない、という鷹揚な動作をする。ボーイスカウト・ビーバー

隊の自由時間みたいなもので、危険だと判断したときだけリーダーが介入する。アレもだめコレもだめの学校とは違う。だからリーダーの資質が問われるのだが実際には……まあいいか。

TH1 と TH2 が何 V なのか、またシュミットトリガの出力電圧もわからない。ただオシロでは TH1 は +0.4V 程度に見えた。また謎だ。半導体にこんな低電圧をどうやって判別させられるのだろう？ 10 倍に増幅してからならわかるけど。

余計な話ついでに、図 4 の各波形について。これらはどう見ても直流ではない。強引に直流と見れば、回路が誤動作するのに充分以上のリプルを含んでいる。もちろん電圧が低すぎてトランジスタは動かない。だからたとえば波形全体 10 倍に増幅したところで、図 6 のトランジスタを継続して ON にするのは無理で、トランジスタはオン・オフをバタバタ繰り返してしまうだろう。ここにはどうしても整流のような機能が必要になる。

しかし一般的な整流回路には平滑コンデンサが要る。そんなものは IC 内に作れないし、外付けもされていない。図 1 の中にも書いたが 3 番ピンの 103 は高域落としと思われ、平滑には使われていない。とすると、、、

もしかすると図 4 の波形を得た後に別のシュミットトリガを 1 段かませているのではないか？ 全波整流してからか？ コンデンサを使わずに波形のアタマをつなぐ方法は他に思い付かない。やっぱりここはアボカドだ。

□出力回路□

いよいよ最後のステージ、2072 の出口がどうなっているか、について。図 11A がそれ。トランジスタが 1 個だけあって、○のところが出力端子。動くのか？ はい、動きます。オープンコレクタという形式で、アナログ電圧出力をデジタル対応にする場合などに多用される。動作はは図 6 そのもの。だからあそこでトランジスタのスイッチングを延々と書いたわけ。

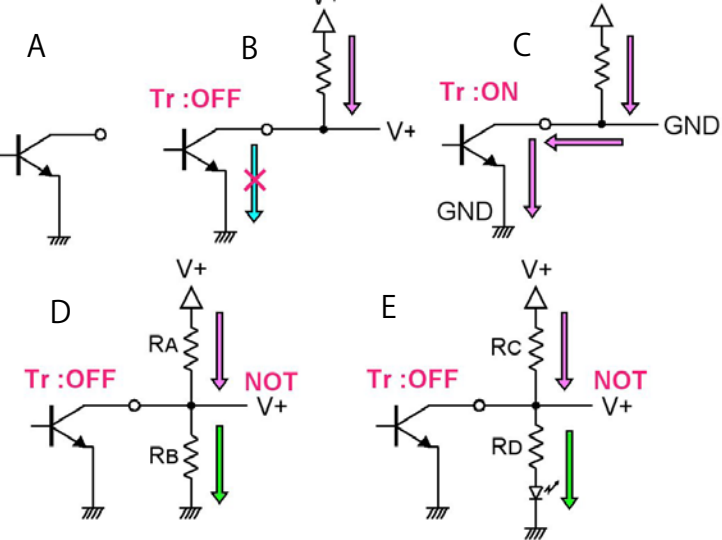
実用回路は B（C と同じ）のようにコレクタから電源につなぐ抵抗 1 本を外付けするだけでいい。この回路の優位な点は図で V+ としてた電源電圧を何ボルトに設定しても構わないところにある。たとえばトランジスタが含まれる IC が +5V で動いていても、V+ には +15V を使ってもよく、そうすれば出力は +15V が得られる。扱う信号が交流ならトランスで昇圧できるが、直流だとフォトカプラでも使わない限り、そんなに簡単に昇圧（変圧）できない。

B と C が動作の様子。B はベースが L（正しくはエミッタから見たベースの電位が、おおむね +0.7V 以下のこと）でトランジスタはオフ状態。トランジスタに電流は流れず、出力端子には V+ がそのまま出てくる。つまり出力は H。

トランジスタがオンのときが図の C。もちろんこのときベースは H になっている。すると V+ からの電流はトランジスタの中を流れてコレクタはエミッタと同電位、つまり 0V で、出力端子は L、つまり 0V になる。

このように、トランジスタのベース電流（電圧と考えても OK）を操作することで、出力に H か L の結果を出すのがオープンコレクタ。いや、ちょっと待って。図 6 あたりの説明では VCE が 0.2V くらいあるから、C の出力電圧は GND よりも 0.2V は高くなるでしょ？ はい、その通り、実際にはそうなる。でも通常無視しちゃう。だって、この他にも電圧低下する要素があるから、細かいことは気にしないのが一般的だ。たとえば D。トランジスタはオフだから、出力は V+ になると思ってしまう。でも、

図 11



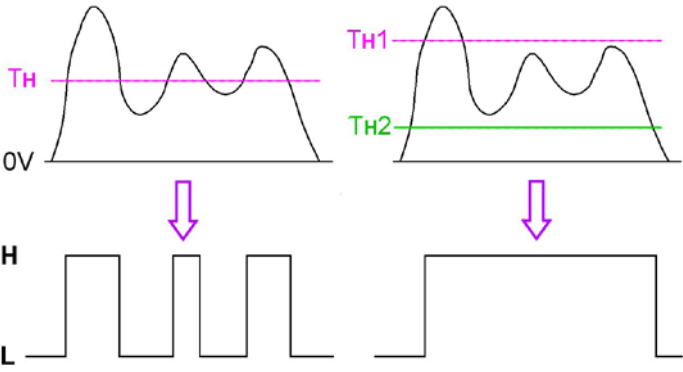
ほとんどの場合そうならない。出力端子から出た電圧は、次の増幅段などで使われる。そしてそこには何らかの入力抵抗がある。D では RB とした。V+ からの電流はここにも流れ、結果として出力端子の電圧は V+ を RA と RB で分圧したものになる。難しい？ たとえば RA、RB ともに 10k だと、出力端子には V+ の半分の電圧しか出てこない。RA が 10k でも RB が大きくて 1M なら、電圧ロス は 1% で済むけど。

もっとわかりやすい例。E は出力端子が V+ だと信じて LED を光らせようという回路。たしかに Rc しかつながないければ出力端子は V+ だが、Rd と LED をつないだ瞬間から V+ ではなくなる。計算できる？ V+ から LED の電圧(約 1.5V) を引いた電圧を Rc と Rd で分圧したものになる。ま、とりあえず電圧低下が起きることはわかるだろう。

またさらに面倒な話になるけれど、オープンコレクタ出力は決して低インピーダンスではないということ。電源の V+ から RA を経て出力されるのだから、常に RA 分だけ出力抵抗を持っている。オペアンプの出力と同じに考えると、時として怪現象に出くわす。

オープンコレクタは便利だけど、常に負荷を考えてやらなければならない。最良かつ何も考えなくて済むのは、オープンコレクタ出力の直後にオペアンプの非反転バッファ（その電源は V+ 以上）を入れることだ。

図 10



□おまけ□

●以上、ゴチャゴチャ書いてきた。読み返せば7割は趣味の問題で、ただ自作に使う分には初段のゲイン計算だけわかっていればどうにかなる。図2の部分だ。計算時、実数（シグナルレベル）と倍数（増幅率）が混在して「あれ、わかんなくなった。もう一度最初から」状態になるだろう。紙に書けばいくらかマシ。

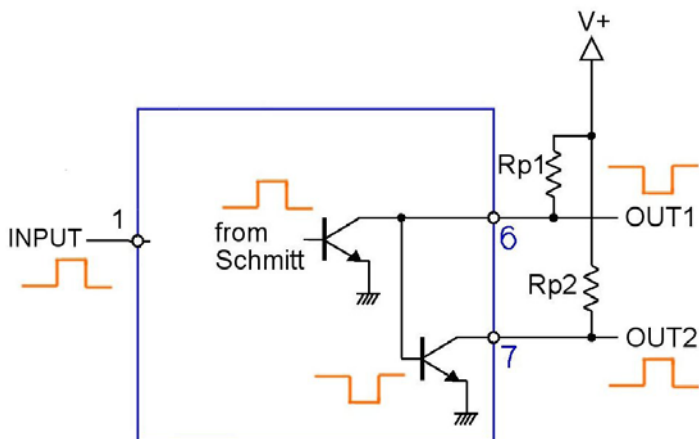
これに初段の増幅率が絡んでくると地獄になる。全部を一度に解決するのは無理。まず2072周りで定数をFIXしておいて、初段の増幅率が仮に3倍なら、2072のRfを1/3にすればいい。だから初段のRfは固定抵抗にして、可変ゲインにしないことが設計の簡易化につながる。可変ゲインにしたら、もう知らないよ。いずれにしても面白いパズルだ。

2072の5番ピンにつながるCはリリースタイムを決めるもの。JRCのデータではリカバリと表記している。容量はデータシートに書いてあるので従ったほうが安全だろう。Cと直列にRを入れたらリリースタイムは延びそうだが、ここは定電流電源。そうなるかな？

さらにこのCを大容量にすれば、リクツでは1時間のリリースも作れそう。でもやめておくことを薦める。充電時には問題は無いと思うが、放電時にはCからの大電流がIC内のトランジスタを直撃する。容量が大きいほど大電流。だから私は47uまでしか実験していない。

右上の図は「原因と結果」のチャート。これはしっかり憶えておこう。入力がありするとき7番ピンがHになる。いっそ6番ピンなど無ければ妙な間違いは起きないのだが、実際に使い途はある。私のノイズゲートではしっかり役に立っている。

出力部分の中身も描いておいた。7 番ピンの出力は 6 番ピンを反転したもの。だから 6 番を使わないときでも Rp1 は必要になる。2 個の Rp の値は、やはり JRC のデータシートにある。必ず守るように。出力電流を大きくしようと Rp を極端に小さくするのは危険。トランジ



スタがオンのとき大電流が流れてトランジスタを壊してしまう。安全を考えるなら、JRC の推奨値の $\pm 20\%$ くらいにしておきたい。

● NJM2072 の動作電圧範囲は定格で 0.9V ~ 7V。アプリケーションデータでは 3V を標準にしているようだ。皆さん、最小電源電圧が 0.9V ですよ！ 乾電池一本でもお釣りがくる。エレクトレットコンデンサマイクのアンプ部から電源を拝借して（所要電流は無信号時には 0.2mA）も充分に動作する。SOP8 パッケージならマイク筐体への組み込みも余裕だろう。なんでこれがディスコンになるほど需要がなかったの？ 理想的な VOX 用 IC だと思うんだけど。

内部の電圧が 0.5V だったり電流が 2uA なのは電源が 0.9V なら納得する。しかし、そんな低電圧でもオペアンプ（のような）回路が動くのも不思議だ。シリコントランジスタなら無理なような気がする。どうなってるんだろ？

ということは、2072 に定格いっぱい電圧をかけるのは害あって利なし、まるっきり無駄。音の回路ではないので歪がどうの、という心配も無い。電圧はかけるだけ熱になってしまふ。できるだけ低電圧で使うのが利口のようだ。オープンコレクタなので出力電圧はどうにでもなるし。

ということで、ほら、結構長くなったでしょ。これを製作記事の中に全部埋め込むのは無理。2072が単機能ICとして意義ある理由。わかってくれた？ 書き忘れたことも多分あるだろうけれど、大切なことならノイズゲートの記事で書きます。乞うご期待。