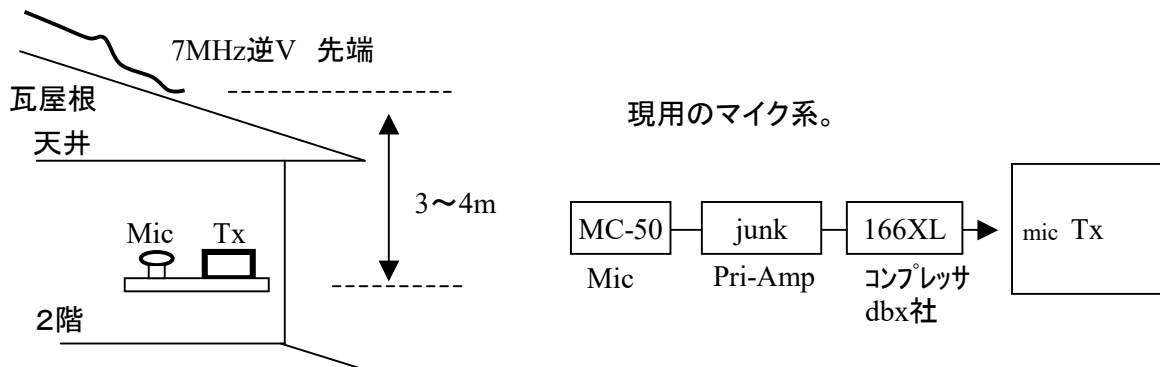


1. 始まり

回り込みとハムがひどい。

私のアンテナと送信機の位置関係は左図の様で、アンテナの先端がとても近い所にあり電界強度が大きく、マイクアンプを付けたリコンプレッサを接続した現状では、頻繁に回り込みが発生します。コモンモードフィルタやRFバイパス等対策を行っていますが、音声のピーク等でちょっとしたことで（接触不良やケーブルの引き回し等）回り込みが発生します。

ハムはレベルは低いのですが、モニタすると結構な音量で聞こえます。AGCの関係などでマイクを接続しただけで黙っている時はうるさいくらいです。（QSOでは気が付く方はあまりおられない様ですが）さてどうしましょう。



2. 解決方法

現状としては 右図の接続であり、その間は1m~2m 位のシールド線で接続してあります。接続はアンバランスです。各接続ケーブルは3ターン位パッチンコアに巻いてあります。ACラインにも2個コアをいれてあります。

送信機に直接マイクを接続したときには回り込みは発生しないので、マイク~送信機マイクジャックのあいだで回り込みが発生しています。試行錯誤はしましたがいろいろな機器が接続されているので切り分けが難しく、うまく行ったり再発したりちょっと不安定です。

現用のマイク系には大きな不満はないので、もう少しシツコク対策を行えば十分使用可能と考えますが別のマイクアンプを作っても面白いかもしれないと考え、以前から興味があったアナログデバイセズ社のICを使ったボードがアマゾンで売っていたので、これを機会にそのICを組み込んだマイクアンプを作ってみました。

3. 製作

3.1 要望、必要事項

製作に当たって次のように考えました。

- 1) 2個のマイクを接続できるように、独立に2個の入力アンプを設け、それぞれゲイン調整ができるようにしたい。入力アンプは低ノイズの増幅器で、マイクの入力信号をコンプレッサの入力レベルまで増幅します。それによって後段のS/Nの低下を防ぎます。
- 2) クリスタルマイクが好きで今までHi-Z受けの外付けのアンプを接続していました。このアンプが常について回るのでどうも取り扱いが悪い。今回は本体に入力抵抗5M Ω 及び50k Ω の切替SWを付け、クリスタルマイクの使用時の外付けのマイクアンプは無くしたい。
- 3) クリスタルマイクやHifiなマイクは低音が良く出てこもった感じになることが多いので、そのためにHPFを付けます。ゲインは0dB(=1) F特は-3dB@200Hz程度でよいと思います。
- 4) コンプレッサ(Comp)の入力範囲がノイズゲートのレベル最小としたとき、-53dBV(6.22mVpp)~-25dBV(160mVpp)なので、マイクの入力を入力アンプでこの範囲に入るように増幅します。なお、このコンプレッサ(SSM-2167)につきましては、後に(付 1.)様子を記述しました。
- 5) マイクの感度は-60dBV(※1)とすると、マイク→Comp入力までの最小ゲインは、Amp_Aは7dB、Amp_Bは27dB(含むトランス昇圧)が必要です。実際にはノイズゲートは小さな声でも開く様に入力アンプのゲインを上げないと、据え置きマイクで普通に話したときにゲートが開かないことがあります。
- 6) マイクの感度の違いや、実際のテストで、Amp_Aは31dB、Amp_Bは57dB(トランス昇圧含む)にしてみました。(後日実験して決めました) この程度ですとささやくような声でもゲートは開きます。各Ampの出力はVRでゲインを調整できるようにして、Compの入力レベルに合わせます。アンプのゲインは後からでも容易に変更することができます。使用マイクや環境に応じてアンプのゲインを変更すればよいと良いでしょう。
- 7) Compはゲインがあるので、バイパス時にはその分のゲインを調整するためアンプが必要です。ゲインは20dBかもうすこし大きくして、VRでゲインが調整できるようにしておきます。
- 8) 出力は別々にレベル調整できる2系統の出力があったほうが良いと考えます。1系統はHF SSB用、他はV,UHF等です。各々の系にVRを入れて個別にレベルの調整ができます。
- 9) 2tone発振器があると便利そうなので組み込みます。
- 10) コンプレッサの最大出力は約1.4Vppです。接続する機器のマイク入力に接続した場合、数mVpp~100mVppもあればよいので、0.3倍程度のアンプ+VR(減衰器)を設けます。ここで2tone発振器の出力と加算できるようにします。
- 11) HPFやCompは各々SWで機能を個別にバイパスできるようにします。

※1 普通会話でマイクから30~50cm離れた時の音圧は、数 μ bar だそうです。

ここでは余裕を見て音圧を1 μ barと仮定しました。

その時のマイク出力(発生電圧)はMC-50、High-Z時では -56dBV(1.6mVpp)です。

マイク出力は使用状況に応じて大きく変わりますので、考える上での目安とします。

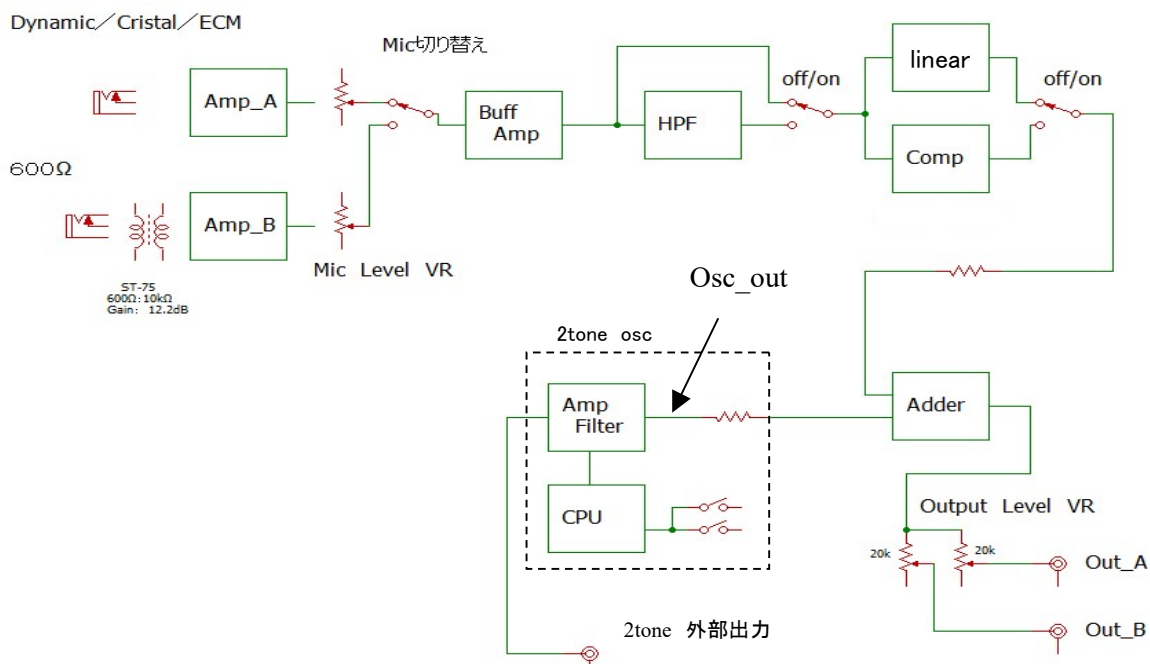
マイクレベルとしてはMC-50の規格が次のようなので、これを目安にしました。

マイクによって結構値が変わります。

☆MC-50規格	F特	→	150Hz~10kHz(-6dB)
	High Z時	→	-56dB \pm 3dB @50k Ω
	Low Z時	→	-76dB \pm 3dB @600 Ω (0dB=1V/ μ bar @1000Hz)

3.2 マイクアンプ ブロック図

前記の要望に沿ってこんなブロックを考えました。



☆ レベルの単位として dBV、mVrms、mVpp などの表記があります。データシートなどには dBV、mVrms が使われていますが、実測する時はオシロスコープなどを使用して mVpp が測りやすい。そのため以降では、dBV、mVpp を多く使うようにします。☆

3.3 回路、部品等

実際の回路や部品配置などは後出。特殊なものはここで記述します。

1) ケース

ハードオフで見つけたジャンクで、何らかのオーディオ機器の様です。A4位の大きさで且つ電源トランスを使っていて¥550-なので買ってきました。散歩で寄るとジャンクで面白いものがあります。ただし、今回内蔵の電源トランスはちょっと容量と形が大きかったので使わないことにしました。

2) Comp モジュール

アマゾンで購入しました。同じような見栄えの商品が、違う価格で売っています。何が違うか、どれが良いのか分かりません。ICはSSM-2167 (アナログデバイス製)です。

3) op-amp

入力がJ-FETとbipolarの2種のop-ampを使用しています。オーディオ用の単一電源のICがあれば良いのですが、高価なものが多いので手持ちのものを使用しました。初段(マイク入力の所)にローノイズのものが欲しいですが、これらを使ってダメなら変更します。それでもマイクからの入力ノイズ(暗騒音)よりもアンプノイズは十分小さいと思います。必要ならお金を出せば良いICは売っています。高価と言っても数百円ですけれど...

4) 電源

AC100Vは使用しないで、12VのSW電源(ACプラグと一緒にいるタイプ)にしました。また、回路全体をDC/DCコンバータを使ってフローティングとしました。このタイプのSW電源はノイズが出そうで好みでは無いのですが、手軽なのでシャック内にだんだん増えています。常時5~7個が動作していて、恐らくノイズを出していると思いますが、調べる気が起きません。

4) マイク入力トランス

ST-75をLo-Zの入力用に付けました。600Ω:10kΩです。低域の減衰がありますが通信用として低域カットを入れようという状況なので十分と考えました。

オーディオ用として使うのにはちょっと??です。

5) 2tone発振器

マイコン+D/A変換器+LPFです。以前プログラムを作って遊んだものを付けました。詳細は付2.。出力を最終段アンプに加算しています。マイク側信号を切ることができないので、動作時にはマイクVRを絞ります。そんなに頻繁に使用するわけでも無いので良いことにします。

外部出力ジャックも付けてあるので、単体でも使えます。

3.4 製作

1) 構造

ハードオフで購入したケースは、前パネル、下板、上カバー、リアパネルで構成され、前パネル以外0.8mm程度の鉄板です。私には鉄板は上手く加工ができないので、加工は最小なるようにしました。

ジャンメ基板は一旦平板にスペーサで取り付け、その平板をケースの下板に取り付けました。

平板は今回は絶縁材料でも良いので、百均のプラスチックのクリップボードを切って使いました。

少し剛性が少ないけれど、まあ良いでしょう。最近アルミ板は高価になって、この大きさは¥110-では買えません。そこまで材費をケチる必要も無いのですが、アルミ板の手持ちがなかったもので、わざわざ買いに行くのも億劫でしたので・・・百均は近くにあります。

前面パネルはもともとプラスチック製でしたので、表に生のプリント板を付け、SW等の部品が付けられるように加工して、印刷した画用紙を貼り付けています。

2) 配線

配線はジャンメ基板に実配しました。プリント板を作ればもっと集積度があげられます。

全体を1回で作れるような自信は無かったので、部分々々を作りながらテストしました。機能の部分に分けたのでボード間の接続が多くなり、コネクタ作りが多くなりました。

いろいろな作り方があると思います。私の場合は回路のブロックを作って、通电して動作確認します。私の趣味で各ボードには電源にLEDを付けてあります。単独のボードで調整したときも電源状態が分かるようにしています。全部本体に組み込むと結構きらびやかな感じになります。

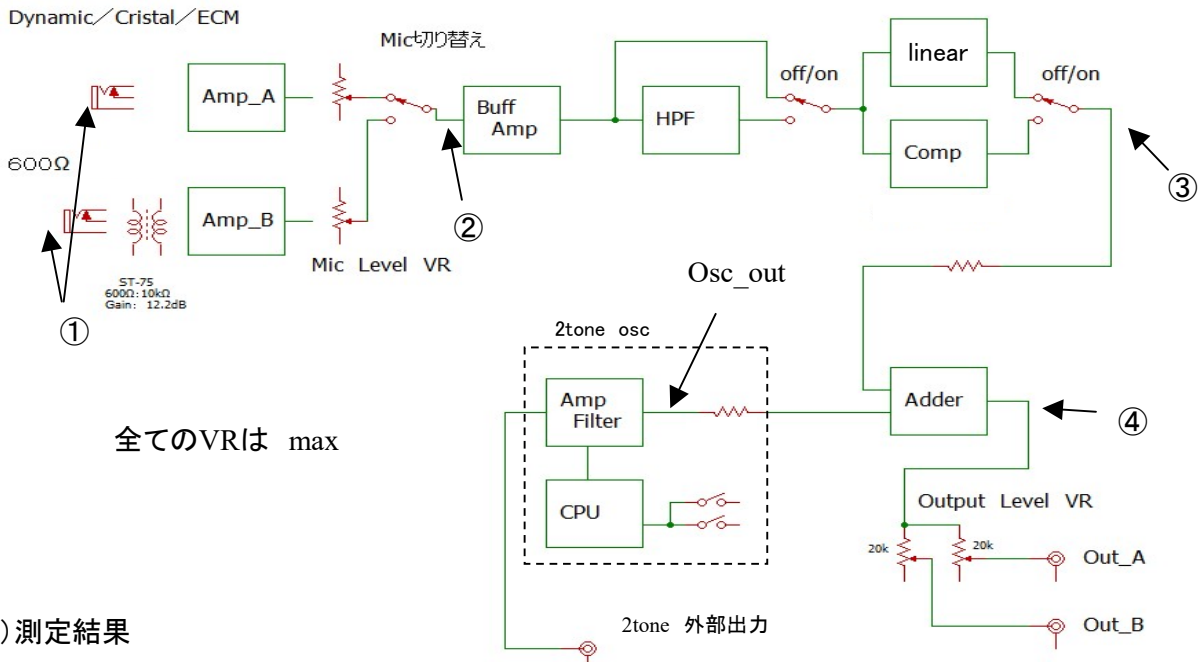
3) 回路図

参考のため後に付けました。原稿執筆時の最新です。今後使用している中で改造が発生する可能性はとて高く、回路、部品、レベル配分等を予告なく変更する場合があります。

4. 結果

幾つか特性を取りました。 だいたいこんなものです。

4.1 ゲイン配分



1) 測定結果

1kHzに於けるゲイン

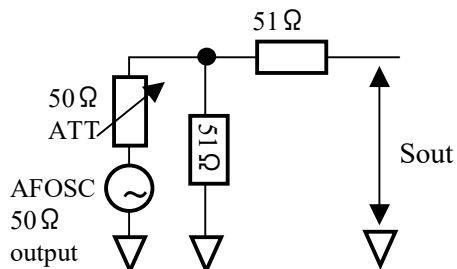
ch	Sout mVpp	① Mic入力 mVpp	② HPF入力 mVpp	①~② gain(dB)	③ Amp出力 mVpp	④ Adder出力 mVpp	③→④ゲイン dB
A	200	20.0	697	30.8	comp 1460	319	-13.2
					linear 6910	1510	-13.2
B-1	100	2.0	1290	56.2	comp 1500	330	-13.2
B-2		1.0	647	56.2	linear 6410	1410	-13.2

A 200mV→20dbATT→20mV

B-1 100mV→34dbATT→2mV

B-2 100mV→40dbATT→1mV

・信号発生機



ATTを0dBとしてSout 点の電圧をオシロスコープで測定
その後ATTを設定しなおしてMicの電圧を得ます。
AF_OSCはパソコン+ WG(オーディオ波形発生プログラム)

なぜこんなに面倒なのかというと、出力Zが600Ωの
発振器と600ΩのATTがないためでした。

2) 実際のマイクの使用方法との関係 (MC-50、600Ω時)

マイクから5cm 程度離し、VRmaxで、通常よりかなり大きい声で発声したときに ②で最大ピークの時
600mVpp 以下の電圧でした。 実際はマイクから20cm以上離し普通の声で発声するので、同ポイントで
200mVpp 以下になります。(オシロスコープで観測)

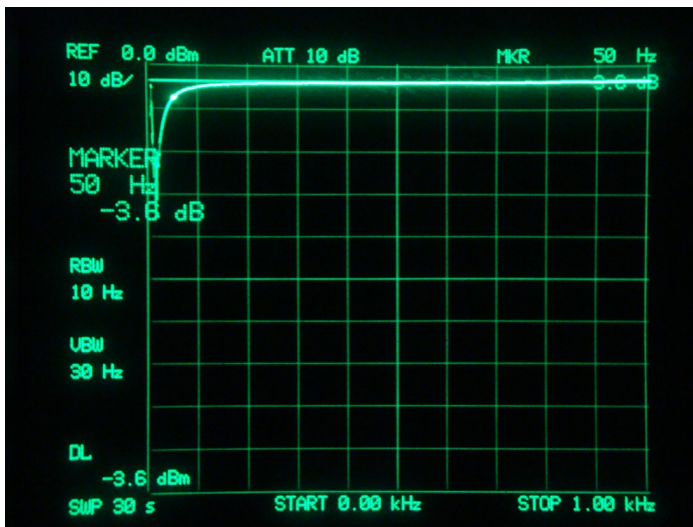
一番マージンが少ないのはlinearのアンプの出力 ③です。 この場合でも普通の会話では、十分な
マージンがあると考えます。

4. 2 周波数特性

- ・F特を取ってみました。VRはすべてmaxです。
- ・Comp をバイパスした状態で測定。
- ・Comp と切り替えて使用する、linearのアンプ のゲインはVRで可変できます。従ってこのVRによって全体のゲインも変化します。 F特はほとんど変化しません。
- ・測定器はTR4171(未校正)。 TG→ATT →U.U.T → 10MΩプローブ + 1MΩ入力。
- ・REFのdB表示は正しくありません。 マーカーの表示は合っています。

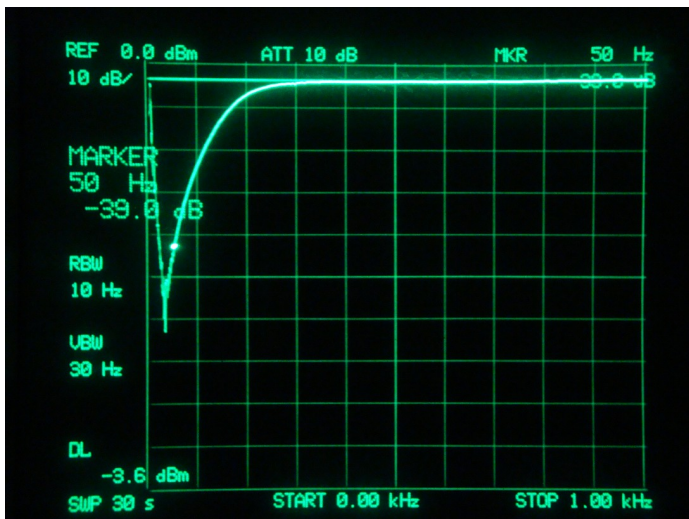
1) 入力Ach → 出力Out_A のF特

入力Ach→出力(HPF_off)



周波数 Hz	減衰 dB
50	-3.8
100	-1.5
200	-0.6
500	-0.3
1000	0.0

入力Ach→出力(HPF_on)

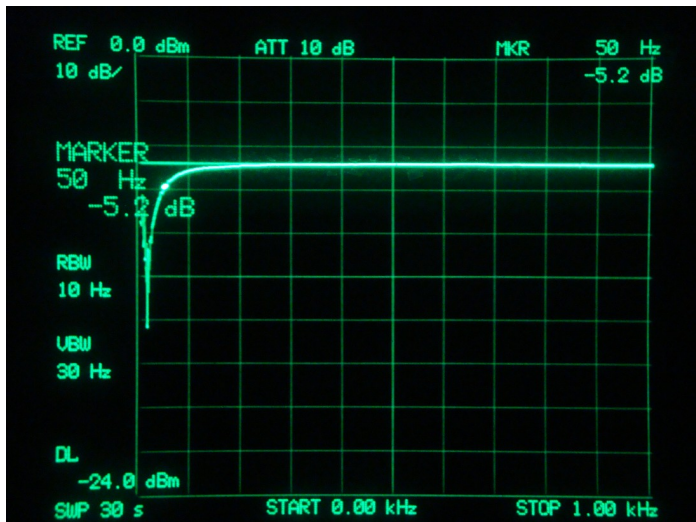


周波数 Hz	減衰 dB
50	-39.0
100	-19.1
200	-3.0
500	0.0
1000	0.0

2) 入力Bch → 出力Out_A のF特

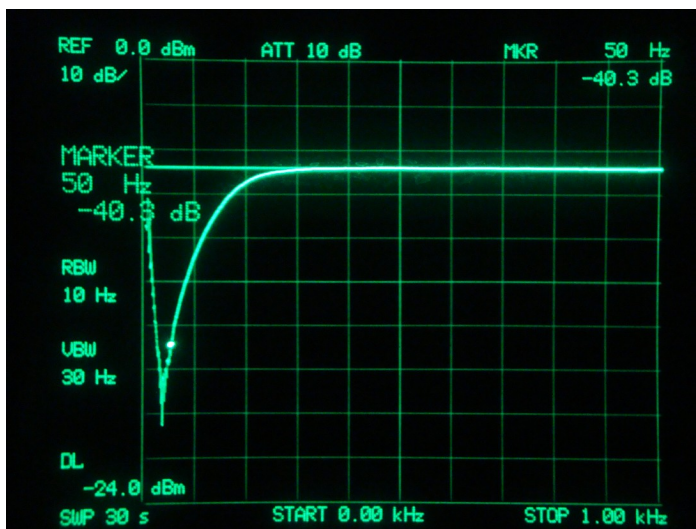
入力Bch はAFトランスが入っている方です。

入力Bch→出力(HPF_off)



周波数 Hz	減衰 dB
50	-5.7
100	-1.5
200	-0.4
500	0.0
1000	0.0

入力B ch→出力(HPF_on)

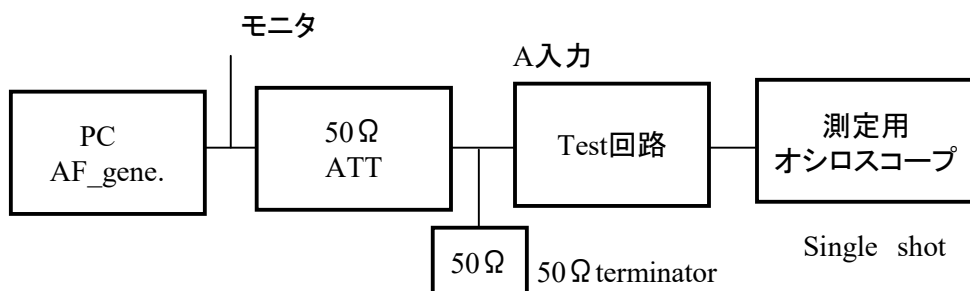


周波数 Hz	減衰 dB
50	-40.3
100	-19.0
200	-2.9
500	0.0
1000	0.0

- ・HPFを入れた場合は、このフィルタが全体のF特では支配的になります。
- ・フィルタなしでは50Hzあたりでは、トランスによるレベルの低下の影響が少しあるようです。

4.3 コンプレッサの過渡的入力の圧縮特性

入力に対する出力の応答を試験しました。
方法は次のようです。



- 1) パソコンのオーディオ発生器(WS)で波形を出力します。1kHzです。
- 2) オシロスコープでモニターで波形を観測して、電圧値を求めます。459mVppでした。
- 3) Test回路の入力は今回はA入力マイクジャック、出力はCompボードの出力です。
マイクアンプも含めたテストです。
- 4) Test回路の出力をモニターして波形が歪まない所までATTを絞ります。ここがスタート。20dBでした。
- 5) AF_geneをバーストモードにして間欠発生とします。またオシロスコープsingle shotにして、バーストの一回目のみを観測できるようにします。
- 6) ここから10dBづつATTを絞りながら、オシロスコープで波形を観測します。

結果

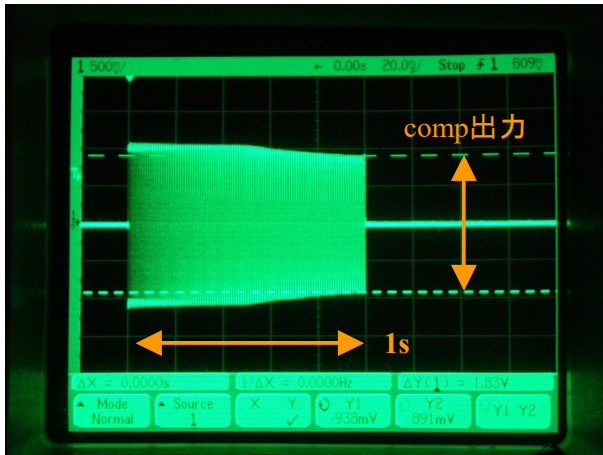
- 1) $r = 2$ の時、入力が10dB大きくなると、出力は理論的には1.78倍になります。
実際はこの状態(VRmax)ではマイク入力が4mV程度からR.P.を超すようになっているようです。
マイク入力はアンプのVRで可変できますので、実使用時には適当な点に設定します。

dB	Mic入力 mVpp	次の値 との比	Comp入力 mVpp	次の値 との比	出力 Vpp	次の値 との比
40	0.45	3.22	15.00	3.33	0.475	1.71
30	1.45	3.17	50.00	3.32	0.813	1.75
20	4.59	3.16	166.00	3.11	1.42	1.22
10	14.5	3.17	516.00	3.16	1.73	1.06
0	45.9		1630.00		1.83	

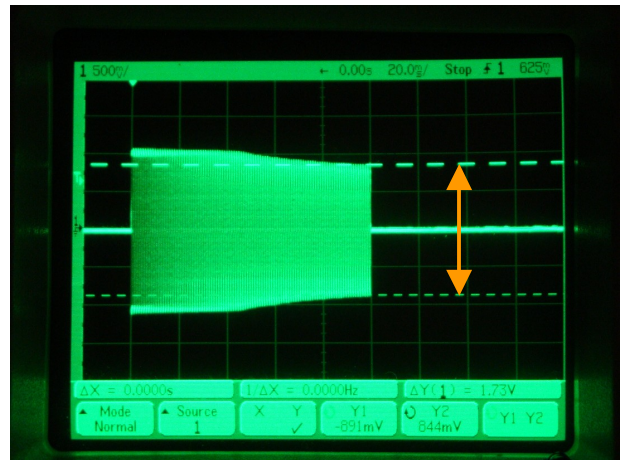
- 2) 結果1)のように、波形を入力してから 0. 何秒か経過すると出力が安定するのですが、それが何を意味しているのか、良く分かりません。内部構造が分からないのでなぜこのような特性になるのでしょうか。何処かに時定数を持っているのでしょうか。

急に大きな信号が入力されても出力が大幅に大きくなることも無いようです。

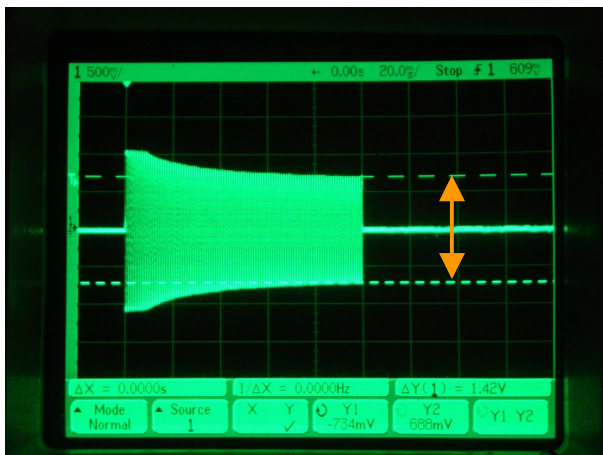
ATT:0dB Mic入力:45.9mVpp 出力:1.83Vpp



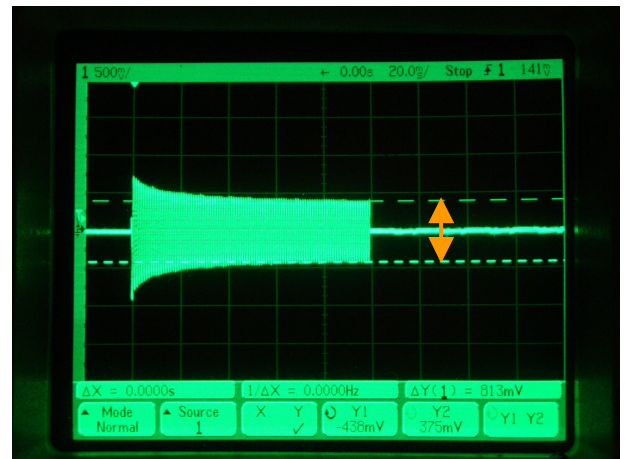
ATT:10dB Mic入力:14.5mVpp 出力:1.73Vpp



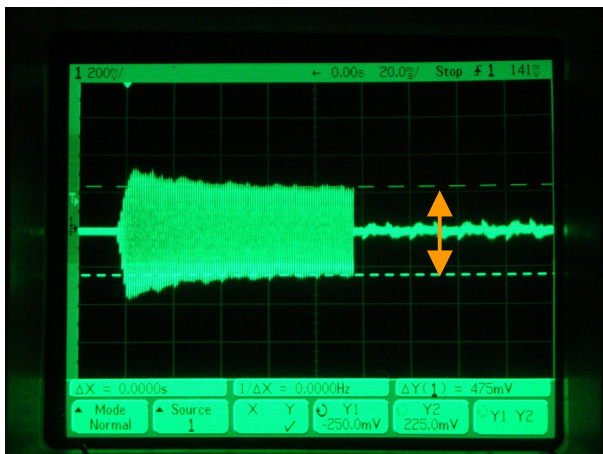
ATT:20dB Mic入力:4.59mVpp 出力:1.42Vpp



ATT:30dB Mic入力:1.45mVpp 出力:0.813Vpp



ATT:40dB Mic入力:0.45mVpp 出力:0.475Vpp



5. 結果、感想等

- 1) コンプレッサ (Comp) 単体の特性は、サイン波等を入れた状態ではデーターシートに近い動作をしています。以下コンプレッサを入れた状態です。
- 2) 実際のQSOでは、音声の動作で次ようなレポートをいただいています。

いろいろ条件がありますので(信号の強さ、フェージング、聞く方の受信帯域等)、参考とします。

 - ・SSBでS9+10dB程度の信号では音質に違和感はない(良く分からない)。
 - ・マイクから約50cm 離れても、20cm 位でも同じ声の大きさに聞こえる。
 - ・ノイズゲートの動作は私の信号がS9程度で届いている時は周囲のノイズなどの影響があるためかゲートのon/offは気にならない(言わないと分からない)。
50MHzのAMで、S9+20dBなどという状態(外部ノイズが無く、私の信号がクリアに聞こえる)では、ノイズゲートのon/offははっきり分かり、違和感があって気になる。頭切れのほとんどないVOXを聞いているみたいだ。
 - ・マイクから離れたほうが(50cm)明瞭度が上がる感じがある。
 - ・よく聞くと少し歪んでるように聞こえる。コンプレッサを使用しないとその歪は感じられない。(圧縮処理をしているので、ノーマルとはどうしても違いが発生します)
 - ・ノイズが有ったり信号が弱い時には、このCompを入れると明らかにいっそう明瞭に聞こえる。
- 3) 自分でモニタした感じでは
 - ・だまっている時はノイズゲートが閉じていて、変調音はほとんど何も聞こえない。
 - ・音声を入力するとゲートが開くが、そのとたん周囲のノイズ(暗騒音)も入ってくるのでいきなり声とノイズがモニタされます。私のモニタはS9+40dB程度にはなるので、影響がかなり感じられます。
 - ・この時のゲートのon/offの影響がどうも私にはあまり好ましくありません。
 - ・付加装置などは付けるとどうしても信号品質は劣化します。効果と劣化の度合のトレードオフです。
- 4) SSBTxのALCメータの針の振れを、大きな声をだして6dBリダクションになるようマイクゲインを設定すると割と小さい声でも針が振れて、大きな声でも振れすぎない感じなので、動作としてはちゃんと動作していると思われます。ただ、低レベルでゲインが上がっているのでS/Nは確実に悪くなります。室内のS/Nが良いとましになりますが、私の所ではそうは行きません。
- 5) ちなみに本機のノイズゲートは、閾値を少しでも下回ったらいきなり出力がゼロになるわけではなく、急な傾きでゲインが減少する動作です。

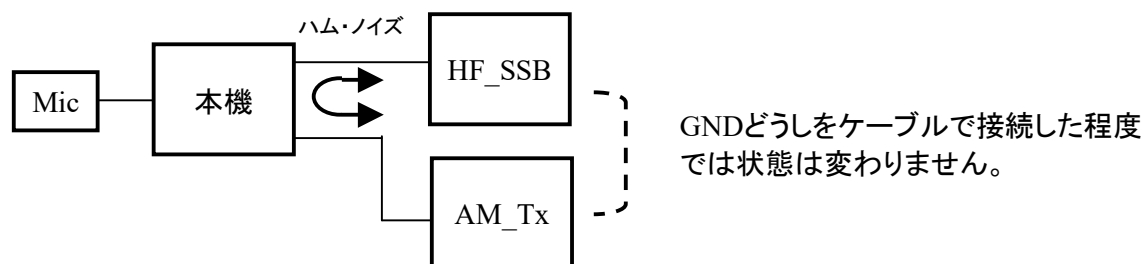
実際はかなりゲインが急激に減少するので、急に暗騒音が聞こえなくなります。
ゲインの減少する速度はかなり早い感じで、話の途中でもちよつと間があくとゲイン減少が発生します。特にモニタしていると時々気になることがあります。恐らく実用上は問題ないんでしょう。
- 6) 10倍(20dB)、100倍(40dB)のマイク入力の変化が、それぞれ約3.2倍(10dB)、約10倍(20dB)の出力変化になります($r=2$ の時)。 r を大きくすると出力はより圧縮されて変化も少なくなります。
- 7) クリスタルマイク使用時に入力5M Ω 程度の負荷になるように切替SWを付けましたが、良好です。インピーダンスが高いので、上フタを閉めないでハムを拾います。マイクプラグ(6.3 ϕ)も金属製のカバーでないと、プラグに手を近づけるだけでハムを拾います。
- 8) Compはマイク系統の接続、配線が正しくなくて、ノイズ(ハムとかその高調波等)が入ると、ゲートが閉じません。プリアンプの配線(GNDのポイント、引き回し等)の接続を変えて、マイクからのノイズを少なくするように試行錯誤をしました。これが一番大変で、未だ十分と言うには少し遠い状態です。ただ、SSBではフィルタが入るので、低い周波数のノイズはQSOの相手方にはほとんど聞こえないようです。AMのローカルQSO(9+30dBとか)では、わかってしまいます。
- 9) このICでは入出力関係があらゆるレベルでlog特性になりますので、信号の圧縮はされます。恐らくトークパワーは上がっていると思います。ただ、私の使い方ではトークパワーの上昇はあまり望まず、オーバードライブによるスプラッタの減少の方が重要です。これらの事については承知して作ったので良いことにします。

アナログ・デバイスのような優秀な会社が、おかしなICを開発するとも思えませんので、ひよっとすると、私が間違った選択をしているのかもしれませんが。

ノイズゲートはon/offができる方が良いと思われます。ただ、自分でモニタするのと少し離れた所とQSOするのでは違いがあるとは思いますが。

ちなみにこのICはノイズゲート動作のみをoffすることはできません。

- 10) HPFの 200Hz -3dB の特性は出ています。(150Hzの方が良いか?好みで評価が変わります)
クリスタルマイクは低音が良く出ますので、HPF の効果がはっきり分かりますが、MC-50 ではマイク自体でローカットされている(-6dB@150Hz)ので聴覚上の効果は少ないようです。
さらに、ロールオフの程度も検討の余地があるかもしれません。現在は-18dB/octですので50Hzの減衰は36dB以上になります。確かにハムなどはかなり減少しますが、全体のバランスとしてどうか、もう少しロールオフの周波数、傾き等の検討の余地があります。
- 11) 出力レベルメータ及びコンプレッションレベルのメータを付けるべきでした。どの程度のVR設定が良いのか分かりづらい。SSB等では4)のように調整すれば良いのですが、AMなどはどの程度にVRを設定すればよいのか判断が付きません。オシロスコープを付けて変調波形をモニタすれば良いのですが、なかなかそうは行きません。
AMでは変調器或いは送信機に過変調検出回路を設け、その点を目標に本機のVRを調整するようになれば良さそうです。
- 12) コンプレッションレベルメータについては、実際はこのICでは取り出し口が無いので実際に付けるのは難しそうです。モニター用アンプ(LM386程度)を付けることは容易にできますので、今後検討します。
- 13) こんな使い方をしていることが多いようです。
マイクは気次第で クリスタルマイク、MC-50 を切り替えて使用。
AM local QSO → HPF:off、comp:off ノイズゲートに違和感。信号強いのでcomp 不要。
7MHz SSB → HPF:on、comp:on 私の出力電力が小さいのでなるべく了解度を上げたい。
- 14) Compをonした時とoffしたときの出力レベルが違ってきます。圧縮をかけた状態とリニアの状態を切替えるのですから違って当然です。Comp on/off の違いのレポートをもらう時など、切替える度にいちいちレベル調整を行わないといけませんのでちょっと厄介。
- 15) もう一つ問題があります。下図のように本来の目的の接続(2台の機器を接続)にすると両方の送信機にハムが入ります。未使用の機器側のプラグを抜くと許容レベル位になります。(まだ残っています) 本機の電源offでも現象が出ますので、明らかにGNDループが出来て50Hzが回っているのですが、差し当たって思いつく所の実験をしても無くなりません。ACやGNDの引き回しを全部チェックすれば良いのですが、あまりに込み合っているので気が起きません。
未熟です。

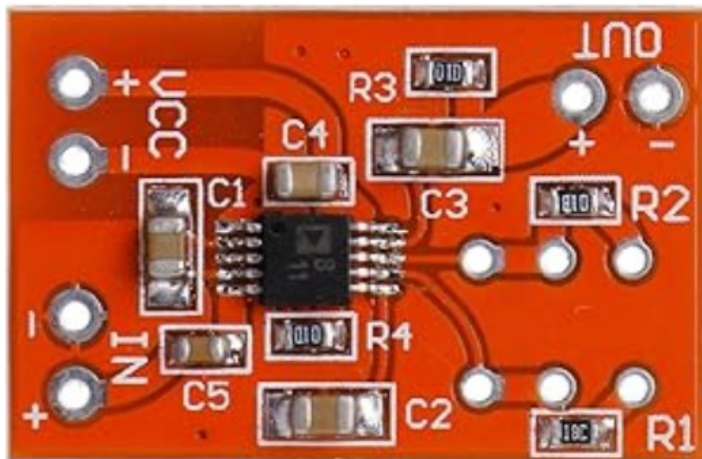


- 16) 前項で一方の経路にトランスを入れてアイソレートすると、このハムは実用上差し支えないレベルになります。手持ちのトランスをいくつかテストしましたがF特が大幅に変わってしまい、良いものはありませんでした。
- 現在は使用しない側の送信機のマイクプラグを抜くのが差し当たっての方法です。そして使用するときに接続し忘れて変調がかからないなどというミスが多発します。
- やはり使いづらいので、もう少し適当なトランスを探してみます。
- 光ーデジタルのリンクでも使えばよいのですが、余計なものが付くのも嫌な感じです。
- 17) 一応出来上がりはしましたが、結局コンプレッサを使う事と、ハム、ノイズ取りに終始した感じでした。でも、まだ思った通りではありません。回り込みは今の所この機械ではありませんでした。しばらく使用してみたいと思います。

6. 写真

写真を撮りました。テスト中の状態なので周りの雑多は無視してください。
また、画像に歪みがあるのは、私の古いカメラのせいです。

コンプレッサ基板



ICは SSM-2167
こんな小さいICでは、半田付けも
困難。

プリント板の大きさは
15 * 23 (mm)

購入時にはR1,R2に固定抵抗が付いています。

私のプリント板は R1:1k Ω R2:15k Ω が付いていて(他の製品の値は不明ですが、恐らく同じでしょう)

設定としては C.R. 1:1 NG.T.: -55dBV となる値でした。

回路はIC データーシートのアプリケーションとして記載されている回路と同じのようです。

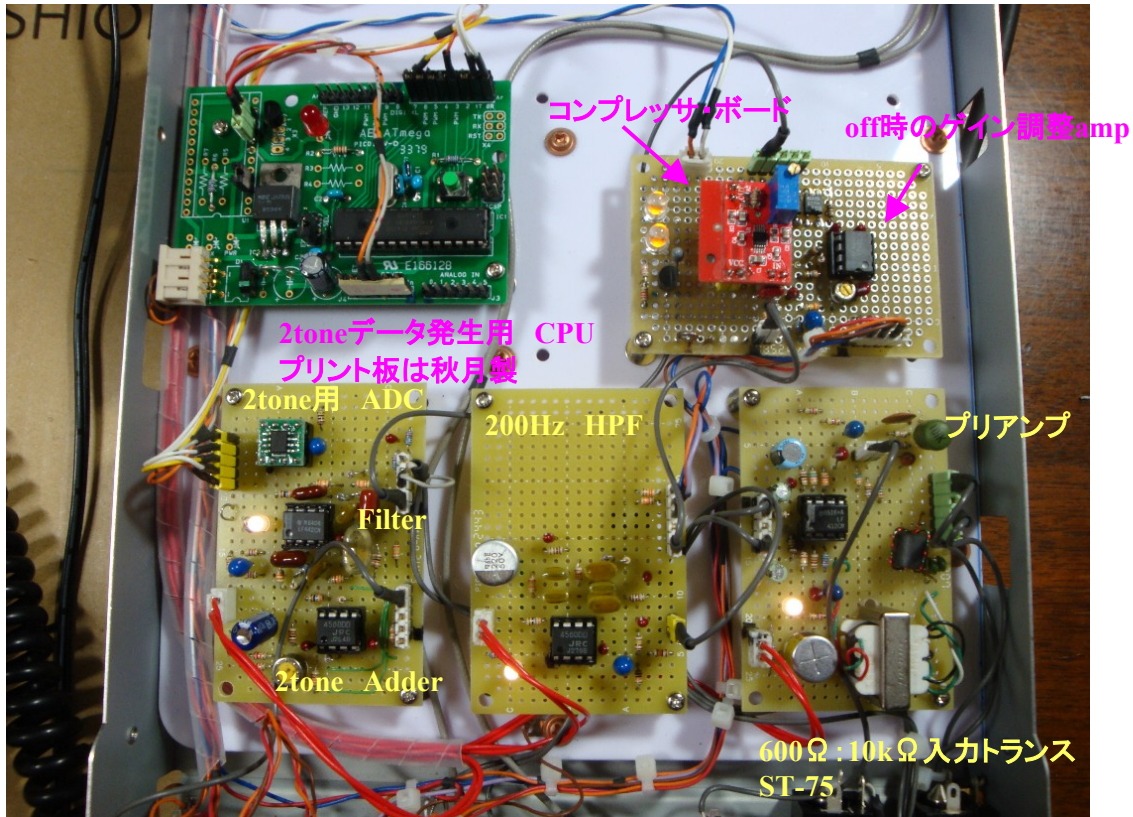
全体の様子

面積はおよそA4サイズ。高さは7cm 程度(足含む)。



ボード

機能を小分け。製作効率は良くないですが、1枚ずつ作りながらチェックや調整ができます。
しかし基板を接続するコネクタがたくさん必要。



前パネル

あまり良い出来ではありません。使用していないSWは、C.R.を切り替えるつもりでしたが、差し当たって $r=2$ だけでいいやと思って配線していません。



付 1 コンプレッサのボードについて

アマゾンである買い物をした時に、以前QSOして頂いた方のお話の中でアマゾンでコンプレッサを売ってますね、と言われたことを思い出して、探すことができました。
SSM-2167というAnalog Devices社のオーディオコンプレッサのICが搭載された小さなプリント板です。今時点で¥500- ~ ¥1,000- 程度でしたので(恐らく同じものを、違う価格で売っている?)購入しました。実は以前同社のSSM-2166 というコンプレッサ機能備えたICがあり、使用を考えたことがありました。見た所そのIC のパラメータを固定したり、使用方法を簡易化したのがSSM-2167 のように見えます。SSM-2166 は結構高価(IC単体アマゾンで約 ¥2,000 -)なのでためらっていましたが、安価なこちらを試してみました。入力と出力がLogで圧縮できるタイプです。テストした様子を述べます。

1. 1 SSM-2167というIC

このICは次のような機能があります。

- 1)入力信号に対して対数圧縮した出力を得る機能。圧縮の度合いは抵抗で設定できます。
- 2)入力があらかじめ設定したレベル以下であると、出力をかなり低減するようなゲート的な動作をします。データシートの特性をご覧ください。このレベルはノイズゲート閾値として設定できます。

1. 2 入手した状態の特性

品物が入手できたので、先ずそのまま前記2つのデータを取ってみました。データシートはありますので当然その通りに動作はするはずですが、使用方法がまちがっていたり壊れていたりすると困るので確認です。

データシートは読んでください。用語なども載っています。英語ですが最近ではネットで翻訳が出来ますので、是非お読みください。

この基板(IC)で重要なのは下記の特性です。特性は取付けてある抵抗値によって決まります。

- 1)圧縮比 Compression Ratio (C.R.)。抵抗 RCで決まります。
- 2)ノイズゲート閾値 Noise Gate Threshold (NG.T.) 抵抗 RGで決まります。

入手した時にプリント板についていた抵抗は、チップ抵抗で RC:1kΩ RG:15kΩ でした。これはデータシートですと、C.R. 1:1 NG.T.: -55dBV という設定に相当します。また、他の販売しているプリント板についている抵抗値がこの通りかどうかは分かりません。

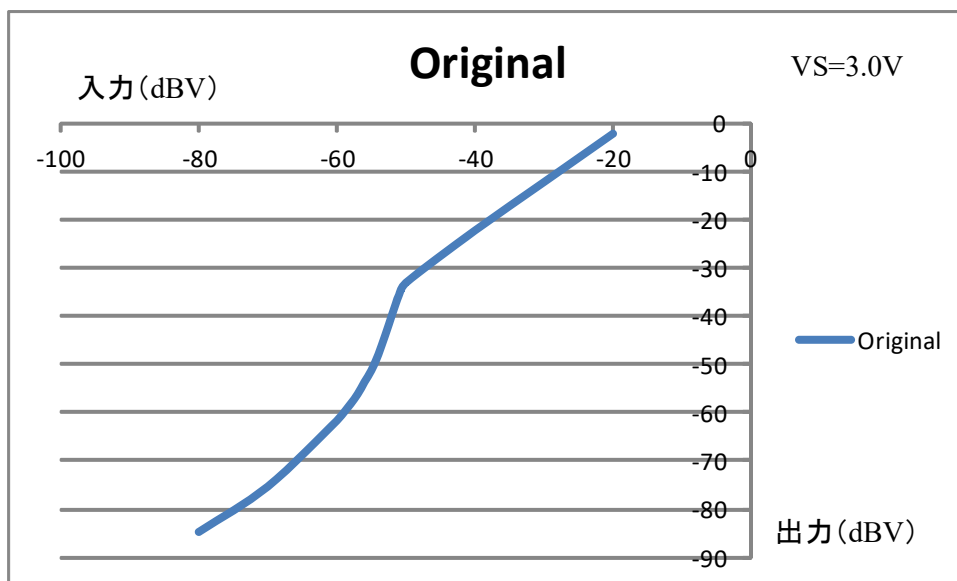
そのままデータを取った時の特性は下図の様で

C.R. ≒1 NG.T. ≒-50dBV でした。

ただしこのデータは簡易的に測定したため、若干正確性に欠けるので細かい数値は記してありません。グラフの形を見て下さい。一応それらしく動くな、という感じです。

しかし この特性ではノイズゲートは機能しますが、圧縮の効果は全くありません。

入手した状態の特性



1.3 抵抗値を変えた時(C.R.の変更)の特性(実測)

次に前よりも少し真面目にデータを取りました。(次ページ)
データシートには数値がdBVだったり、mV_{rms} だったりして、変換にてこずりましたが何とかしました。
C.R. 2:1 NG.T.: -55dBV という設定を考えると、抵抗値は RC:15kΩ RG:4.7kΩ になります。
そのためにはチップ抵抗を交換しなければなりません。元あった抵抗を注意して外して、そのパッドに必要な値の抵抗(チップ抵抗が無いので、一般的な小型の抵抗)を半田付けしました。

その他の特性として次のような値があります。

ローテーションポイント Rotation Point (R.P.)。 データシート参照。
VCA固定ゲイン (VCA Fixed Gain)。 これはR.P.におけるゲインです。

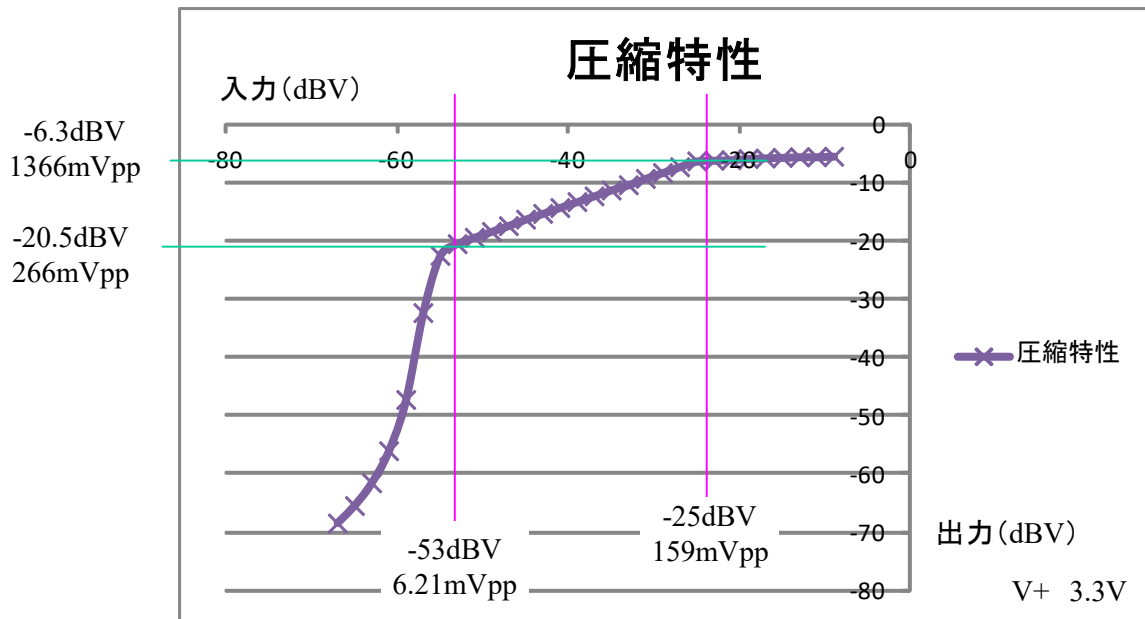
この設定は私が勝手にこの位が良いだろうと考えたもので、最終的には変わる可能性があります。
実際にC.R.を決めるために簡易的にモニタしたら、C.R. 2:1 程度で良いでしょうとなりました。
平均変調度を上げる使用目的では C.R. 2:1 だとちょっと少ない感じかもしれません。
C.R.を大きくすれば音声をより加工することになって、元より歪むのは当然で、C.R.と歪はトレードオフになります。

NG.T.はこのレベルより入力が下がると急に音が無くなる感じで、またレベルを越えると音とノイズが急に大きくなって(モニタしていると)あまり感じが良くありませんでした。
それで C.R. 2:1 NG.T.: -55dBV という値でデータを取ることにしました。

C.R. や NG.T. の値は私個人の判断でこのあたりに決めたわけで、人によって変わります。

あとで述べるようにデータシートと測定値は合っているようです。設定値をいろいろと変えてみるのも良いでしょう。2つの値は可変抵抗を使用することで簡単に換えられます。プリント板にもVRが取り付けられるようなスルーホールになっています。多回転型のVRが合うようです。

抵抗値を変えた時の特性 (C.R. 2:1 NG.T.: -55dBV → RC:15kΩ RG:4.7kΩ)



1) C.R.: dB目盛りで直線になる範囲を見ますと、

入力範囲: $-25\text{dBV} - (-53\text{dBV}) = 28\text{dB}$

出力範囲: $-6.3\text{dBV} - (-20.5\text{dBV}) = 14.2\text{dB}$ C.R. = $28 / 14.2 = 1.97 \dots 2$ に近い

この範囲内で使用すると、きれいな入出力のLog特性が得られます。

2) NG.T.(入力): -53dBV (6.2mVpp)

3) R.P.(入力): -25dBV (159mVpp) データシート: 178mVpp

4) VCA Fixed Gain: $-6.3\text{dBV} - (-25\text{dBV}) = 18.7\text{dB}$ データシート: 18dB

動作としてはデータシートの規格に近いものと思われます。使い方は間違っていないようです。

これらの測定値は設定、発生、測定自体の誤差などで数dB程度の誤差の可能性があります。

その程度の誤差は上図の読み取りでも発生しますのでokとします。

また、C.R.やNG.T.を変えた時はテストしていませんが、データシート通り動作するはずです。

基本的には(当然ですが)データシートの値がすべてです。

これらのデータから、ボードの入力に於いて

1) ノイズゲートが開くレベルが6.21mVとすると、使用マイクの20cm~30cm離れてささやくように話した時にゲートが開かないといけなので、マイクからの信号を増幅する必要があります。

2) 最大入力レベルはR.P.を大幅に超えないようにします。しかし超えてもより圧縮されるだけです。R.P.を超えると、C.R.が10になるとデータシートに書いてあります。

2. SSM-2167の諸特性

重要な特性や考え方をデータシートから抜粋しました。

圧縮比の考え方

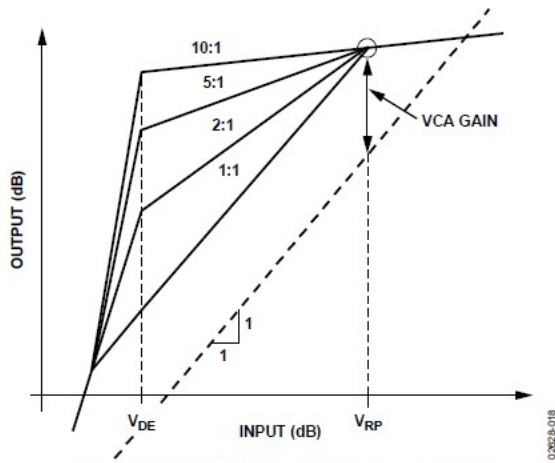


Figure 17. Effect of Varying the Compression Ratio

ノイズゲートの閾値

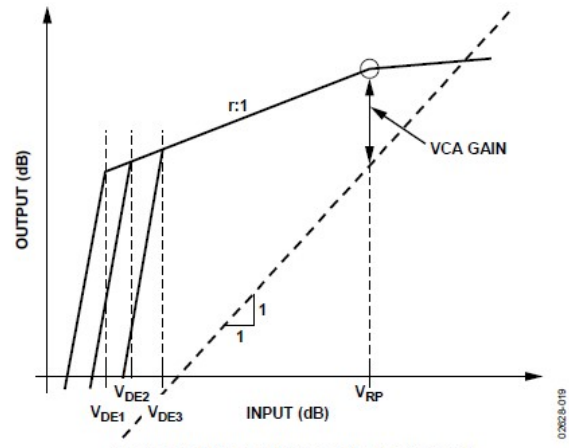


Figure 18. Effects of Varying the Downward Expansion (Noise Gate) Threshold

Table 4. Setting Compression Ratio

Compression Ratio	Value of R_{COMP}
1:1	0 Ω (short to V_+)
2:1	15 k Ω
3:1	35 k Ω
5:1	75 k Ω
10:1	175 k Ω

Table 5. Setting Noise Gate Threshold

Noise Gate (dBV)	Value of R_{GATE}
-40	0 Ω (short to V_+)
-48	1 k Ω
-54	2 k Ω
-55	5 k Ω

動作時実際の値

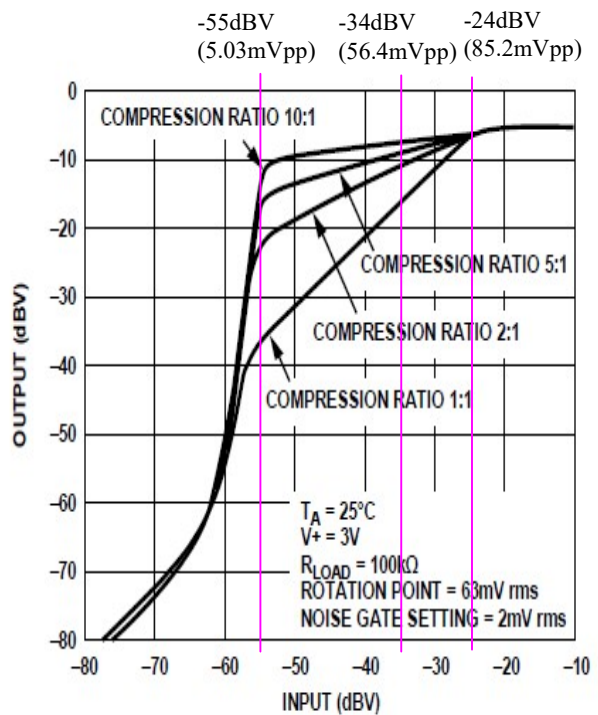


Figure 7. Output vs. Input Characteristics

4. 信号圧縮について

このICでは入力信号に対してr:1のゲイン補正が行われます。

入出力のグラフでlog-log目盛り(x,y軸がlogすなわちdB目盛り)で表示すると、線は直線で傾きが1/rの直線になるとデータシートに書いてあります。(下図左、Vde とVrp の間)

Log目盛りだと何か良くわかりませんので、入出力をlinear目盛りにすると右の図のようになります。ここではVrp の点を1としています。入力に対して出力が圧縮されているのが明確に分かります。

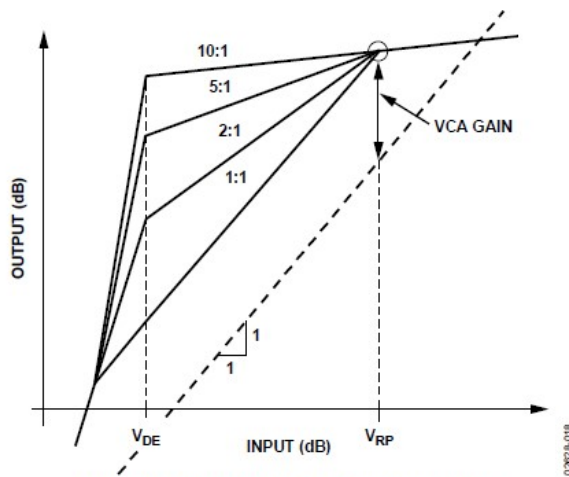
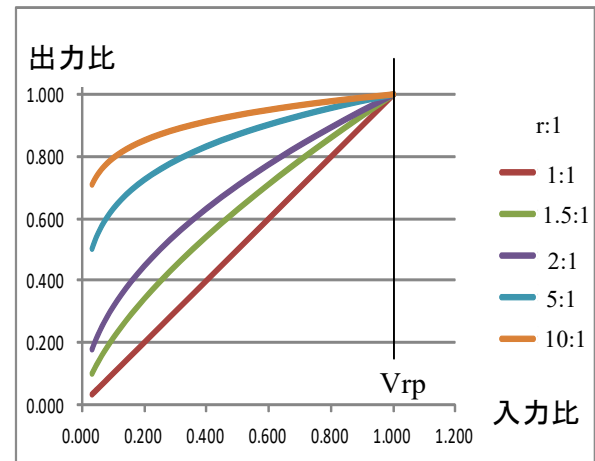


Figure 17. Effect of Varying the Compression Ratio



電圧比とdB の関係は次のようになります。

$$B = 20 * \text{Log}_{10} (A) \quad ①$$

A (電圧比) の値をB (dB) に変換する

$$Y = 10 ^ { (X / 20) } \quad ②$$

X (dB) の値をY (電圧比) に変換する

今回は r の係数がありますので、X を r で割って計算します。

$$Y = 10 ^ { (X / r / 20) } \quad ③$$

係数 r を考慮して、X (dB) の値をY (電圧比) に変換する

ここではX はdB 表示なので、これも電圧比に変換してグラフ化したのが上図右です。(Excel使用)

例えば Vrp を基準としてその入力から-10dB の信号は③に従って

$$r = 1 \text{ では } 0.316$$

$$r = 2 \text{ では } 0.562$$

$$r = 5 \text{ では } 0.794$$

また、-10dB の信号を基準とすれば、その入力から+10dBであるVrp は0dB (電圧比で1) の時のゲインは

$$r = 1 \text{ では } 1 / 0.316 = 3.16$$

$$r = 2 \text{ では } 1 / 0.562 = 1.78$$

$$r = 5 \text{ では } 1 / 0.794 = 1.26 \quad \text{となります。}$$

従って任意の入力レベルよりも10dB (3.16倍) 信号が増加した場合は、r の設定によってこのようなゲインになります。これは左の図の直線部分の範囲内(Vde-Vrp間)ではどこでも同様です。

右の図ではVrpとの入力比0.05~Vrpの作図ですが、Vrpから大きな入力に対しては、出力はほとんど増加せず(r = 10と同じ)、Vrp~Vdeの間ではこのlog 関係が持続されます。

付 2 テスト用2信号発生器

2. 1 発生方法

この機能があると調整の時など便利なので付けました。
発生方法はいろいろありますが、今回は以前に遊びで作ったマイコン(CPU)を使った2信号発振器がありましたので組み込みました。プログラムで低周波用のDDSを2個入れてあります。DACは16bit 2chで(原稿執筆時、秋月電子で¥100-)で、安価でインターフェイスし易いので使用しました。プログラムでDDSを作る利点は、周波数が正確で必要あれば周波数を可変できる位です。新規で作成するのでしたら各々の発生器はハード(op-ampの発振器等)で作ったほうが簡単です。

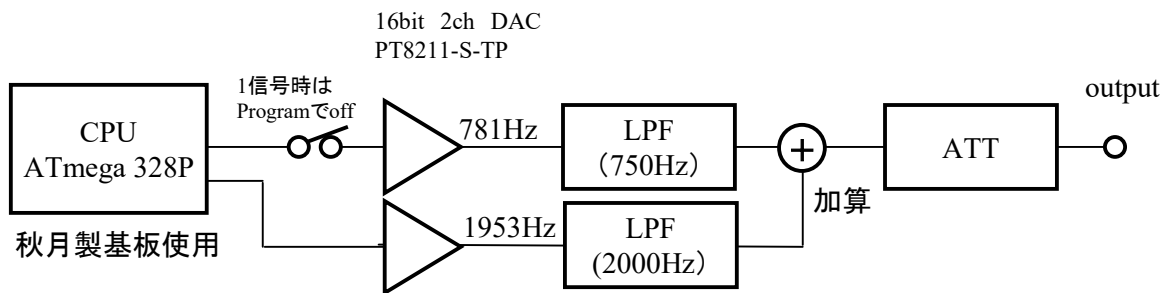
2信号発生器内容 (発生器を作ることが目的では無いので、簡単に述べます)

基本構成: ATmega328P + 16bit DAC (下図)

発生周波数: 781.25Hz、1953.125Hz

Sampling周波数: 15.625kHz

プログラム: sine tableや設定等はBasic compiler(BASCOM_AVR)で、信号発生部は高速が必要なのでアセンブラで動作。全プログラム容量 3 kbyte強。



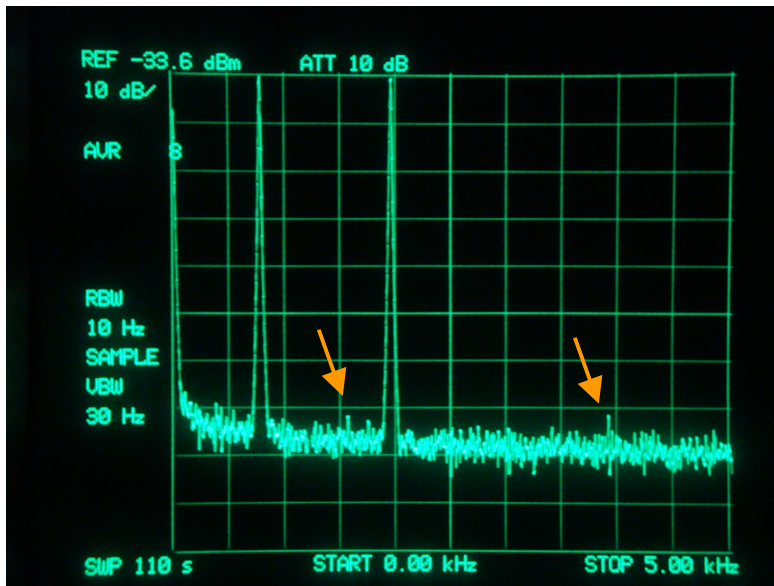
2. 2 特性

この発振器のTR4171で測定したスペクトラムです。(次ページ)

- 1) 1個のDACで2信号発生させると、各信号の高調波とスプリアスと思われる信号が散見されます。2個のDACを別々に1信号ずつ発生すると高調波以外のスプリアスは見えないので、DAC内で発生していると考えます。従って別々の2信号を加算するとこれらの不要信号はかなり小さくなります。LPFを入れないと各々の周波数で2次高調波が-60dB程度発生しました。今回の使い方では問題はありませんが、簡単に2個入りop-Ampで作れますので、今回はLPFを入れました。この程度の性能ですと、そこそこ真面目に2信号の試験が出来ます。各周波数の2次高調波が-70dB程で確認できますが、もっと良い特性(-80dB位)を望む時は、LPFの良いものが必要となります。適度のQで設計したBPFのほうが良いかもしれません。
- 2) 発生周波数は適当です。CPUのクロックの16MHzを内部カウンタで1024分周して、15.625kHzを得てDACのサンプリングクロックとCPUのインタラプトに使用します。
- 3) このDACはデータ書き込みのタイミングが自由なので、プログラムやタイミングが容易になりますが、オーディオ用DACの中にはCODECのようにタイミングが難しい(I2Sとか)ICもあるようで、そのようなICを採用するとプログラムを工夫しなくてはならないようなこともおきます。もっとも最近はI2Sはハードで内蔵されているCPUも多いので、そのようなCPUを使えばとても楽です。
- 4) 簡単に2toneを得るのは、パソコンで作るオーディオ発生器(プログラム WG)を使う事です。実際にSPAで観測しますと、今回の発生器のスペクトラム(次ページ)よりも良い結果が得られました。ほとんど高調波やスプリアスは見当たりませんでした。外部にフィルタ等はを付けなくても、きれいな波形が発生できて、且つ発生周波数やレベルも可変できます。

2.3 測定

1) 2toneスペクトラム



TR4171 + Hi_Z プローブ使用
アベレージング8回

REFの-33.6dBは正しくありません。
無視してください

各信号の2次高調波が確認できます
図の矢印

外部出力電圧振幅

Osc_out: 900mVpp~143mVpp
/singletone

2) LPFの特性

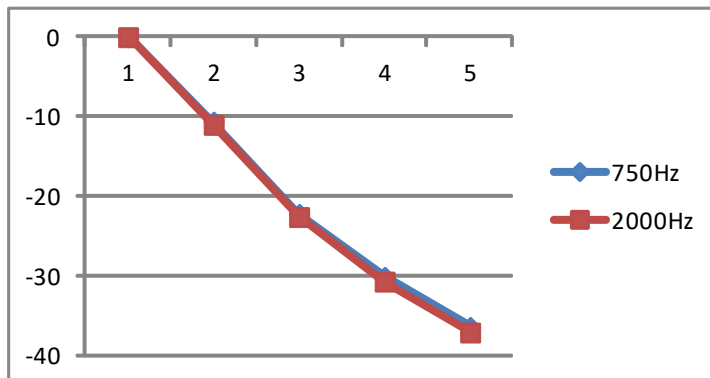
各周波数における高調波フィルタ(LPF)の特性です。多重帰還型、0.1dBリップル3次チェビシェフです。

LPFの周波数特性

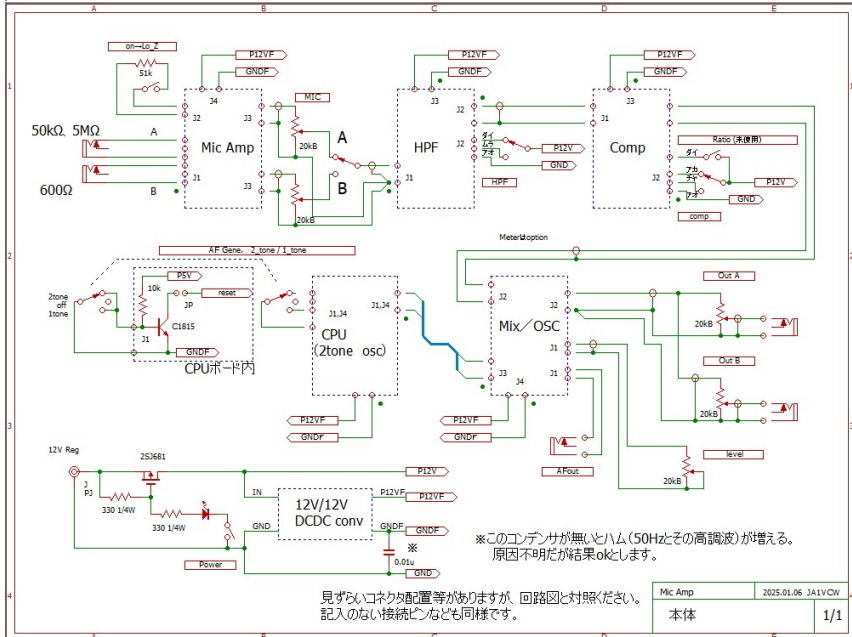
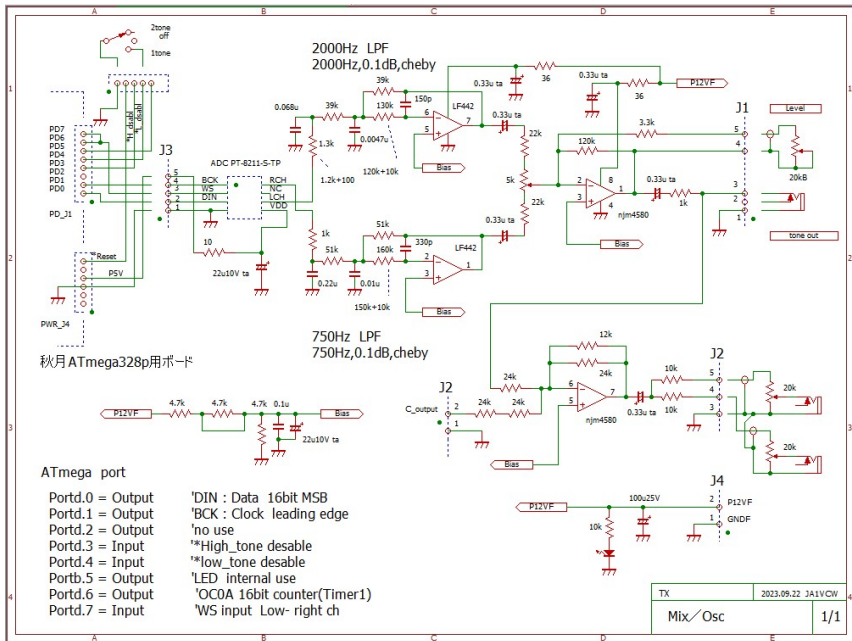
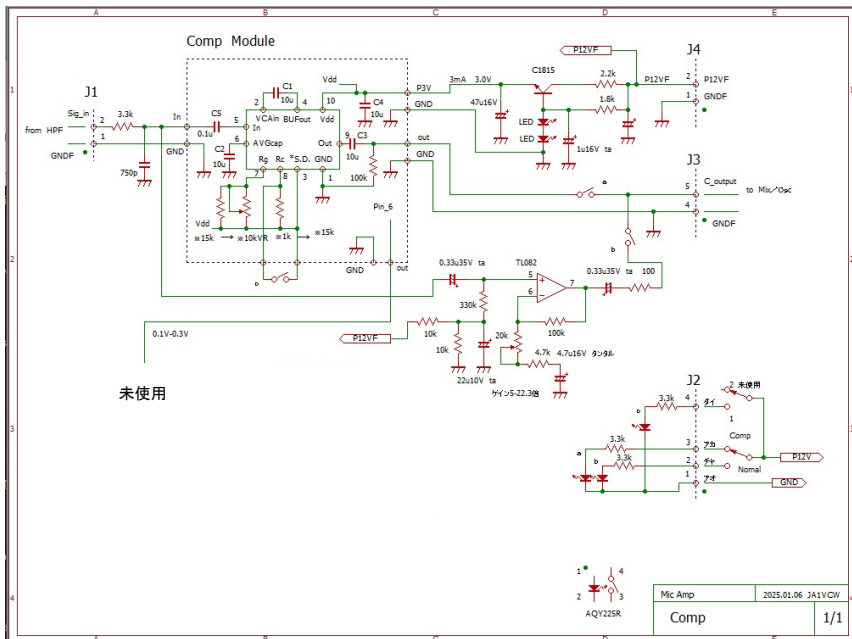
設計周波数		基本波	高調波(次数)			
			*2	*3	*4	*5
750(Hz)	測定値(dBV)	-56	-66.6	-78.2	-86.1	-92.4
	F特(dB)	0	-10.6	-22.2	-30.1	-36.4
2000(Hz)	測定値	-20.9	-31.9	-43.5	-51.6	-58
	F特	0	-11	-22.6	-30.7	-37.1

☆基本波の測定値が750Hzと2000Hzと違いますが、アッテネータを間違えて測定したためです。
今回F特には大きな影響が無いので再測定はしませんでした。
F特は基本波に対する高調波減衰量です。

高調波の減衰特性のグラフ(1は基本波 2~5は高調波)



設計パラメーター : LPF、3次チェビシェフ 帯域内リップル 0.1dB
2つとも同じ設計パラメータを使用したため、高調波の減衰はほとんど同じような特性
(ほぼ重なっている)になっています。



以上