

ノイズキャンセラの試作

2014.05.15 JA1VCW

1. はじめに

私の住んでいる場所は住宅地ですが、何だかわけ解らないようなノイズがいっぱいあります。7メガあたりでは常時S5～7位のノイズレベルがありました。最近になってS9を超えるようなノイズが頻繁に発生し、RXの電源を入るとジャーツと鳴っていて無線のやる気が失せるようなことがよく起きます。アクティビティも落ちています。何とか少しでも状況が良くならないかと考えて、ノイズキャンセラを試作をしました。

2. ノイズの様子

ノイズの様子を観察しました。大きく分けて3種類くらいの強力なノイズが観察されます。実際に聞かないと分からないでしょうが、イメージとして書くとこんな感じです。

- 1) SメータでS5～9位まで振れるノイズで、ジーツと鳴りっぱなしです。発生しているときは耳障りでうるさく、信号が強い局でもよほど強くない限り少し長く聞いていると疲れます。バンド内一様に発生します。これはTS830のノイズブランカで消えます。強いとき、弱いとき、無くなる時があります。発生は不定期ですが、最近は無くなる時はまれです。
- 2) 発生するとS9位の強度の、ジュルジュルと鳴るノイズです。ちょうど真空管時代のテレビの水平偏向の高調波と同じように聞こえます。(もう知っている方もあまり多くないかも) 周波数の依存性がある、30k～40kHzおきにピークが発生し、ノイズの幅は5kHzから6kHzであり信号と重なると受信困難になることが多いです。ノイズブランカは効きません。発生は不定期。
- 3) S9+位の強度の、ゴーツと聞こえるノイズです。これも発生するとQSOする気になりません。
 - 1)に比較して頻度は少ないのですが、突然発生します。ノイズブランカは効きません。

3. どんな対応方法があるか

前項1)のノイズはパルス性のようで、TS-830のIFに入っているノイズブランカで良く消えます。私の使っているメインの受信機は30年以上前のいわゆる業務用というもので、混信除去やノイズ対策が全くありません。(業務では混信など無いでしょうし、ノイズで受信できないような場所では受信機を使わないのでしょう) 従って何らかのノイズ低減を画策しないとイケません。ノイズブランカを作るのは一仕事になりますので、その前にアンテナと受信機の間に入れるタイプのノイズキャンセラを考えてみることにしました。

インターネット検索その他などで調べましたら、次のような例がありました。

- 1) MFJ製 ANC-4 アンテナノイズキャンセラ (取説)
- 2) Ham Journal No. 96 ノイズ・キャンセラ JA1DI 山口OM著
- 3) BC-312・BC-342 noise-suppression circuit (取説)
- 4) VK5BR Homepage (VK5BRでインターネット検索)

試作するには簡単なほうがよいので2)を実験することにしました。

詳しく検討したわけではありません。回路などを一瞥して、フィーリングでできめました。(英語の説明など読めませんので……)

強いて言えば 1)はちょっとおおげさ、3)はトランスが作れない、4)は同調回路を使うのですが、適当なバリコンの手持ちが無い。位のところでしょうか。

4. 試作する

有り合わせのプリント生基板に手持ちの部品で実配。トランスを巻く手間を除けば約1時間で終了。こんなものができました。(写真および試作回路図 後出) トランスを2個使用しますがこれも作りっぱなしで無調整です。

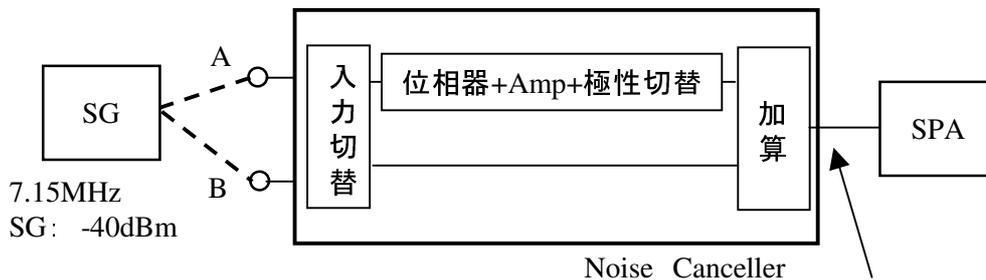
5. テスト

5.1 ローカルなテスト (動作しているという目安です)

位相をひっくり返して振幅をあわせて加算するのであればノイズでなくてもキャンセルするはずと考えて、A系(Ant1)とB系(Ant2)をSGにつないでどのくらい減衰するか見ました。

(A系、B系は私が説明上勝手につけた名前です。)

検出はスペアナ(MS68B3 無校正)理由は受信機のSメータがいい加減なため。



- 1) 入力をいろいろとつなぎ変えてSPAでレベルを測定。
- 2) SGをSPAに直接接続したときが基準(0dB)。
- 3) A=B はAとBをクリップでショート。
- 4) 入力切替は常にA系が位相器になるようにSWを設定。
- 5) 電源offとはFETのアンプの電源が接続されないこと。

(このデータは2SK125*2のアンプは付いていない)

信号入力	加算VR		位相VR	条件
	max	min		
A 入力Conn:A	-6	VRの回転で 0~-6dBまで変化 左項は0dB時の値	B入力open 加算VR 中点付近では -13dB B入力GND	
	-18			
	-6			
	-25			
B 入力Conn:B	-3	影響なし	A入力open 加算VR 中点付近では -13dB 電源offで-25dB A入力GND 電源offで-25dB	
	-21			
	-3			
	-21			
A=B 入力Conn:A	-24	出力最小に調整	A入力open 電源offで-17dB	
			A入力GND 電源offで-17dB	
A=B 入力Conn:B	-30	出力最小に調整	A入力open 電源offで-17dB	
			A入力GND 電源offで-17dB	

結果

- 1) ここでは減衰最大-13dB程度。VRをまわしきったところが最良点だったので、もっとよい点があるかもしれません。移送と振幅をあわせて信号を減衰させるならもっと減衰してよいはず。
- 2) 加算VRが中点付近のときのゲインは-13dB程度。
- 3) A=Bではコネクタの接続具合によって最小値がずれる。相互の経路に内部で結合がありそう。

5. 2 実機テスト

受信機に接続してテストしました。 周波数は7MHz のアマバンドのみのテストです。

- 1) ノイズアンテナの適当なものがないので、50MHz のダイポールの同軸の外被を接続しました。 まあ、10m くらいの線をシャックから2階の屋根の上までに放り投げたようなものと思ってよいでしょう。
- 2) SW2個とVR2個をノイズの少なくなるように操作します。
- 3) ある種のノイズには非常に効果があります。 2. 1)項のノイズです。
ジージーいていたのがほとんど無くなって、信号がうかび上がって来ます。 これは感激！
この効果はTS-830 のノイズブランカとほとんど同じです。
- 4) 2. 2)項、2. 3)項のようなノイズにはほとんど効果がありませんでした。
ノイズによってはキャンセラをonにするとさらに状態が悪くなることもありました。
- 5) TS-830 のノイズブランカとの比較ではTS-830で消えるノイズはこのキャンセラでも効果がありました。
TS-830 では調整が不要(NB レベルのVRがついていますがほとんど使ったことはありません)ですが
キャンセラでは必ず“キャンセルする”という操作が必要です。
私のところではノイズが時々刻々変化しますので、ノイズに応じてキャンセラの調整が必要でした。
といつてもつまみから手が離せないというようなものではなくて、ノイズの状態が変化したときにちょっとさわるといった程度です。
その中で思っても見なかったノイズが減少するようなことがありました。
- 6) 操作によっては信号そのものが大きくなるような事もあります。 2つのアンテナの信号を加算している
のですからそうならないのも不思議はないのですが、そういう場合はあまり多くは無いようです。
- 7) ランダムノイズに対しては理論的に効果は無く、むしろRMSで加算されるはずですが。
実際にサーツというノイズがキャンセラをonにしたときに増す場合があります。

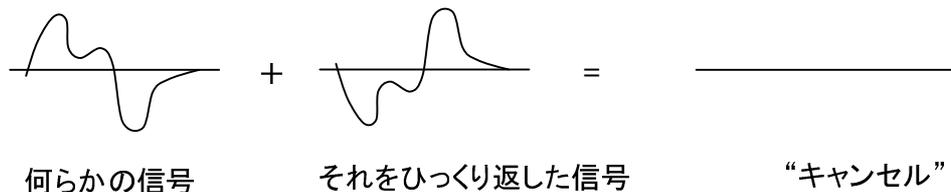
現時点では2. 1)項のノイズが発生していることが多いので、これはとても嬉しいことです。

しかし、うちのノイズには全く効かないよ！ って事もありますので、これは付けてみないと分かりません。

6. 動作を考える

比較的簡単な回路なので何も考えずに作ってしまったのですが、ここで動作を確認してみます。

- 1) 動作原理は“信号があつて、その極性をひっくりかえした波形をもとの信号と加算すれば
信号はキャンセルされてなくなってしまう”。 このことを利用します。

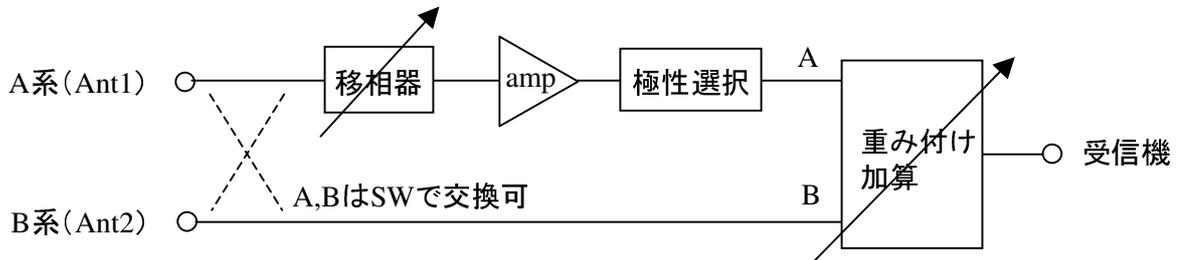


ただし完全に“キャンセル”するためには 波形は正確にひっくり返っていて、且つ、タイミングも合っていないと駄目。

位相はノイズ源とアンテナとの距離などによっても変わりますので、それをキャンセラ内部の位相器で合わせてやります。

2) キャンセルしたいのはノイズ成分（聞く人が目的とする信号以外の信号）です。

単にアンテナから入ってくる信号をひっくりかえして加算したら、目的の信号もキャンセルされます。機械はどれが目的信号か判断できませんので、聞く人がノイズ成分を決めて、それをキャンセルするようにします。ブロック図は下図のようです。今回試作したものです。



位相器と極性選択でノイズの位置と極性をきめて、重み付け加算で振幅を調整します。

結果は5. 1項で測定したようになりましたが、性能としてどのように表現したらよいのでしょうか。

3) 位相器をシミュレーションで見ると、こんな具合でした。（付. 2）

また波形も歪んでいます。しかし実際の使用に当たってはそんなに厳密なものではなさそうです。

位相器は可変ディレイラインが本当は波形を保存できてよいと思われそうですが、どうやって実現するかわかりません。

4) アンプはFETを使い、信号も通ることがあるので電流を十分流してIMDが少なくなるようにしています。

5) 加算器は可変抵抗(VR)を1個使ったものです。抵抗の両端から信号を入れてうまくキャンセルするポイントを探します。

6) 信号とノイズの分離は大切で、一方には信号+ノイズ、他方にはノイズのみ、この状態でノイズはキャンセルして信号だけが残るとというのが理想的です。

そして入力側の信号とノイズの分離はノイズアンテナによって行われるため、この手のアダプタを使用するときのコツはいかにうまくノイズのみをピックアップするかが成否を分けるようです。

7. 性能向上の可能性

実際に使用していて感ずるのは、少しロスが多いと思われることです。5. 1項でテストしたように加算VRを中点付近にセットした時に、アンテナから出力の間のロスはおよそ13dB発生しています。（オリジナルの回路はこの加算VRに200Ωが使用されていますが、今回私が使った値は手持ちの関係で500Ωでした。従ってロスはオリジナルに比べて大きくなっています。）

アンテナ回路にこの程度のロスがあるのは実用上差し支えがあります。

シミュレーションしてみますと、加算VR(500Ω)の両極で-3dB~-27dBまでの信号のロスがあります。

VRの中点付近では計算値-18dBです。

ノイズ入力側に信号入力側と同じ程度のノイズが入力されたら加算VRは中点付近になって、信号自体は実測では13dB減衰します。そしてノイズ入力側だけのノイズが大きくなれば加算VRはその分信号側に移動して減衰は小さくなります。従っていかにノイズを大きく入力するかということが信号の減衰を小さくすることになります。ノイズだけを大きくすることをノイズアンテナだけで実現するのは少難しそうです。

本機はシンプルな構成で意外に良くノイズをキャンセルしてくれるところが特徴で、弱い信号まで対応させるとなると、ちょっと性能不足と思われます。

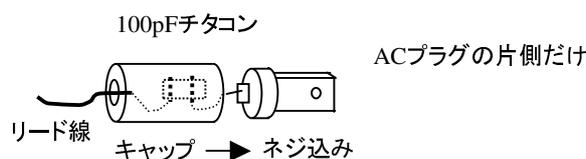
ノイズ側だけにアンプを入れるようなことをするのでしたら、市売しているようなもう少し本格的なものを作るほうが良いと考えます。

具体的には

- 1) ノイズと信号の経路を決めて、ノイズ系のゲインを可変にして最大20dBくらいのゲインを持たせます。
 - 2) 信号系は最大でも3dB程度の減衰になるように、ノイズ系はダイナミックレンジが取れるように素子を選びます。両経路の電圧は加算されるために、どちらの経路が歪んでも最終的に歪が発生します。
 - 3) 加算は抵抗を使わないで、トランスで行います。
- このようなことを考えると、2. 項の1)や4)になります。

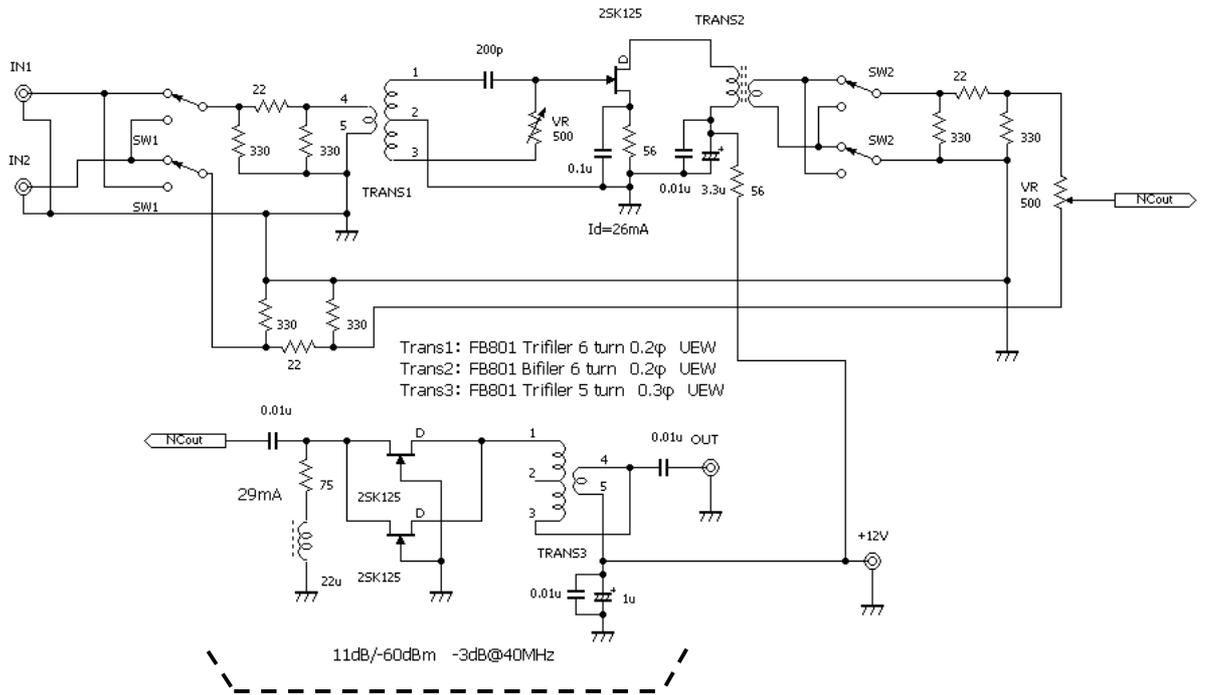
8. 感想その他。

- 1) まだ使用して日が浅いのですが、私の場合は必需品になりそうです。
- 2) 実はこれを作ったのは2012年でその時はてきとうなテストを行っただけで、あまり効果が無いと判断し放っておいたのですが、最近ノイズが増えてどうしようもなくなってまじめに使ってみることにしました。
- 3) やはりノイズアンテナでうまくノイズを取り込むことが、キャンセラ成功のカギということになります。ANC-4をお使いのOMのお話ですが、ノイズのピックアップではかなりいろいろと試行錯誤をされたという話をされていました。
- 4) ACラインをノイズアンテナにするために、ACプラグの中にコンデンサをいれて試した事もあります。私の場合は、前述の50MHz用DPのフィーダーを使用したときのほうが良好でした。ちょっと昔話ですがゲルマニウムラジオなどのアンテナ用に下図のような専用部品が付いていたことを思い出しました。ACコンセントの片側に差し込んで使います。そう言えばそんなのあったなと思われるOMもいらっしゃると思います。こういう部品はもう今の世の中には恐らく無いでしょう。



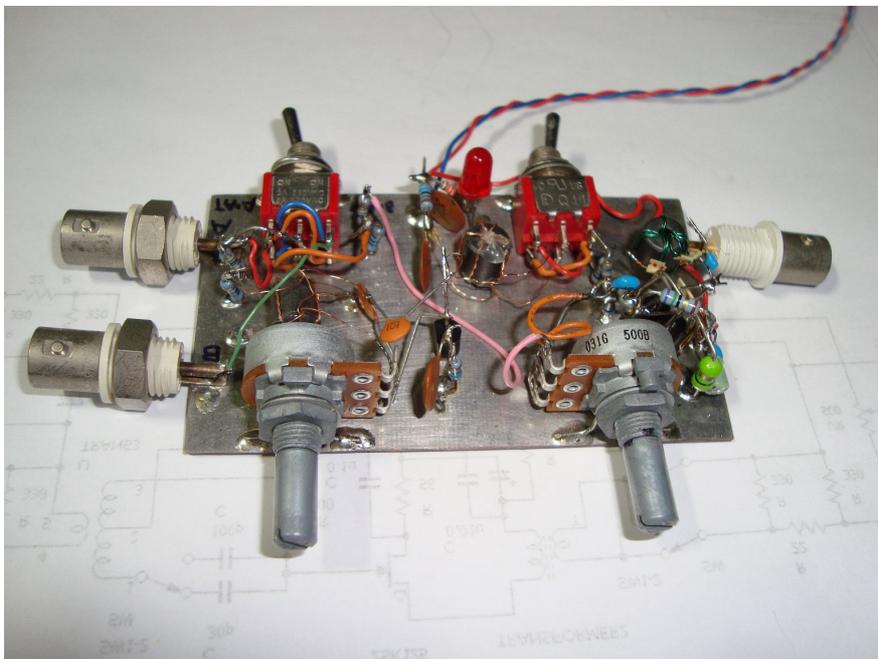
- 5) キャンセルの操作は面倒といえばそうですが、まあツマミ10個も回さないとバンド切り替えができないようなポンコツ無線にとっては、あまり気にはなりません。もちろん無調整が良いには決まっていますが...
- 6) 私のところはTBSや文化放送の送信アンテナから10km程度の場所にあります。キャンセラは広帯域の特性を持ちますので放送が影響するかと思ったのですが、そんな事も無いようです。
- 7) この回路の問題点はノイズをキャンセルするために加算VRを調整すると、ゲインも変化することです。しかし致命的な問題点ではありません。ノイズがキャンセルできるだけでも大進歩です。
- 8) この回路の他にVK5BRの回路など、同調回路が入っているのでそこそこの選択度を持ちますので2連のバリコンがあれば良く動作するかも知れません。(回路を見ての推測のみです)
- 9) スタンバイ回路に工夫が必要です。ノイズアンテナは接続されたままで別の近くのアンテナから送信されるので、モニタなど行っているとひどい状態になります。幸い半導体はこわれませんでしたので、今は単に受信機の音量を手動で絞っているだけです。今回の試作でノイズ減少の効果があることはわかったので、さしあたって
 - ・適当なハコに入れて使いやすくする。
 - ・スタンバイのために回路のどこかを操作するようにする。
 - ・2SK125パラ程度のアンプを出力につけておく。これで先ずしばらく使ってみる予定です。不満が出てきたら性能向上を考えます。

付. 1 今回の全回路です。(Ham Journal No.96とほぼ同じ)



アンプはデータを取った後から付けました。

試作例 (全くのバラックです)



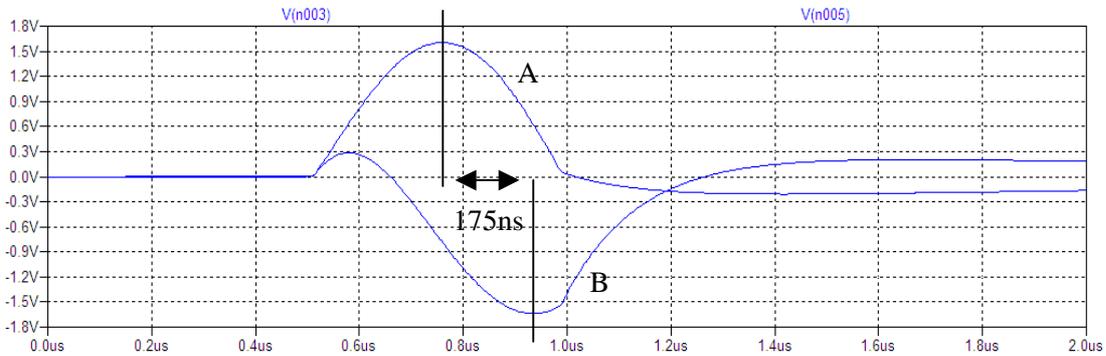
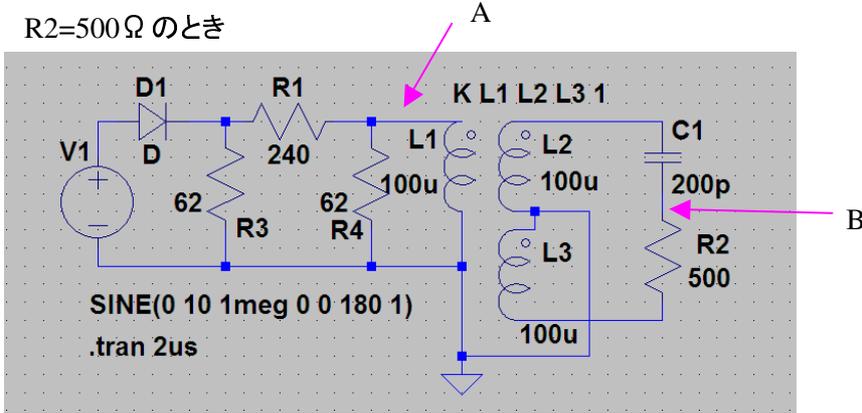
付. 2 本機の位相器のシミュレーション

位相VRを変化させたときの位相器の出力をspiceでシミュレーションしました。

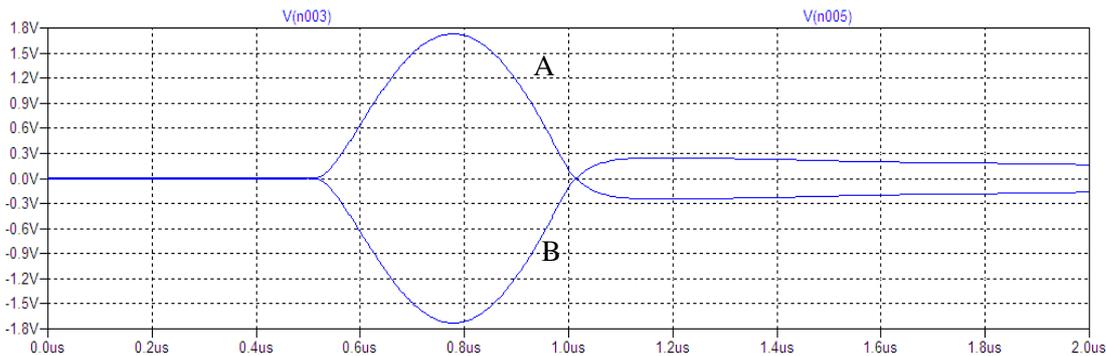
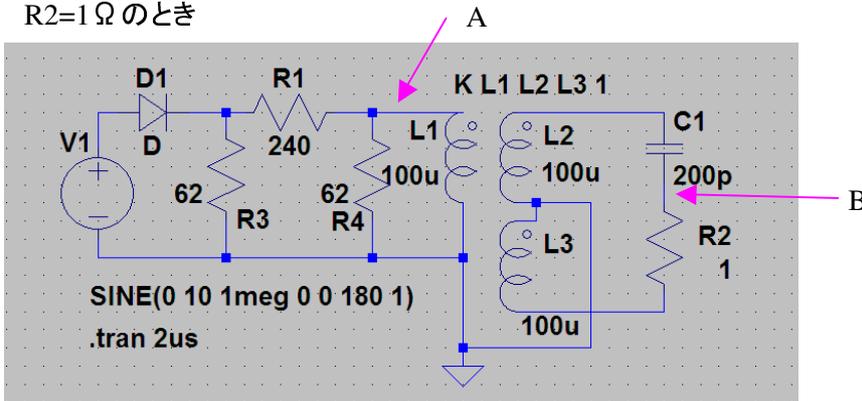
パルスとして約500usの半波整流波形を入力しました。

こんな風に動くということはわかりましたが、この結果をどう扱ったらよいのかわかりません。

R2=500Ω のとき



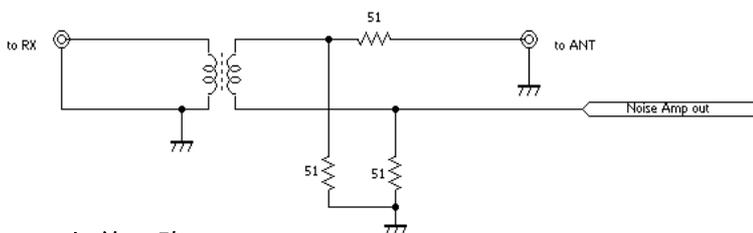
R2=1Ω のとき



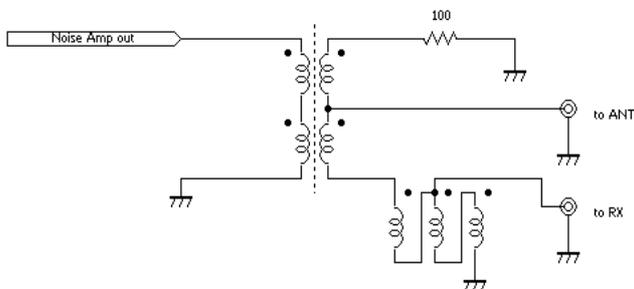
付. 3 信号とノイズの加算回路例

調べましたら以下のような加算回路がありました。これらは振幅を調整する機能がありませんので、ノイズの振幅を別に可変しなければなりません。

MFJ ANC_4 の加算回路



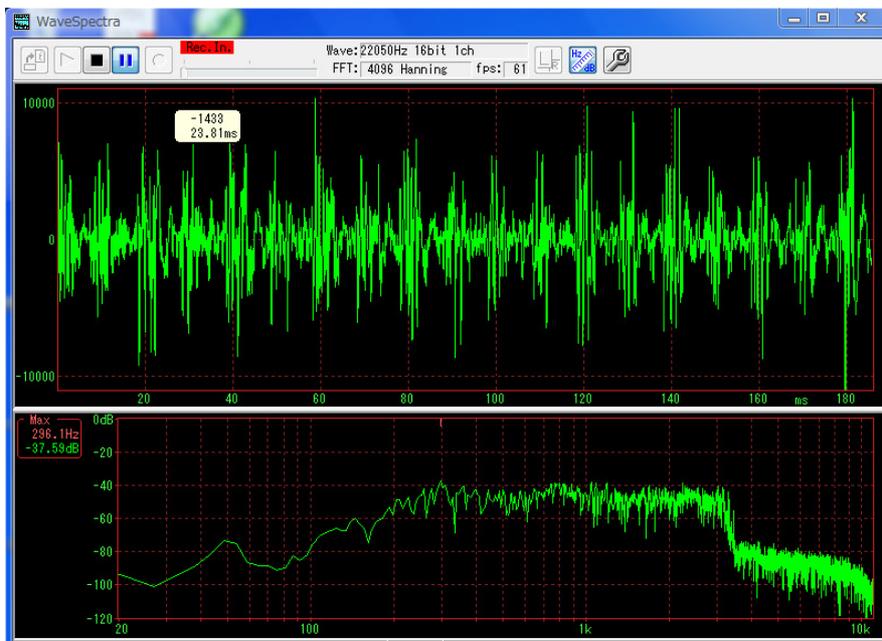
VK5BR の加算回路



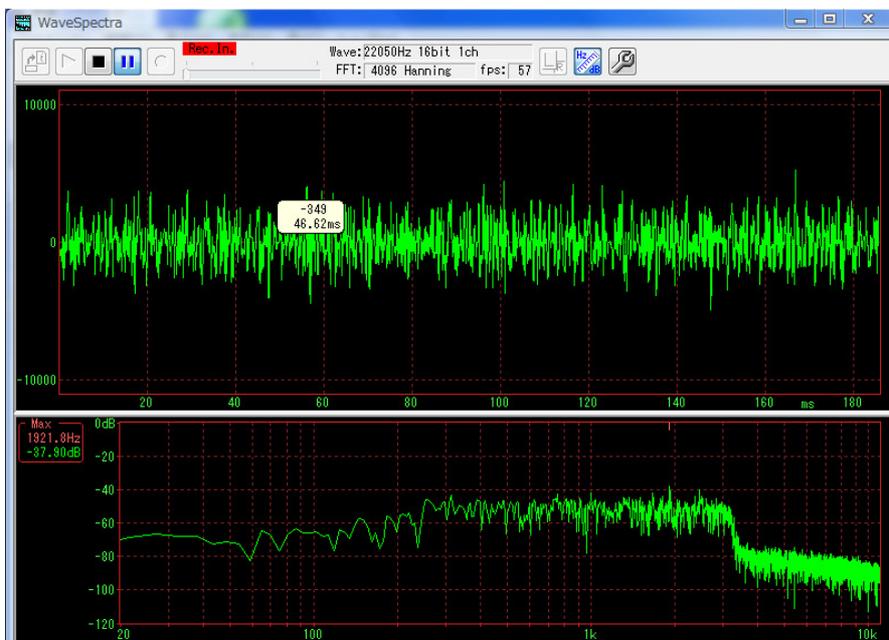
付. 4 動作の波形

受信機のスピーカ端子の電圧波形をコンピュータソフトWaveSpectraで取り込みました。キャンセルのon/offはノイズアンテナを付けた(on)時と外した(off)時です。7MHzの無信号時、(誰も送信していないとき)すなわちノイズだけを受信している場合です。このノイズには効果がありました。聴覚的にもジージーいっている音がサーという感じになります。

キャンセル OFF



キャンセル ON



以上