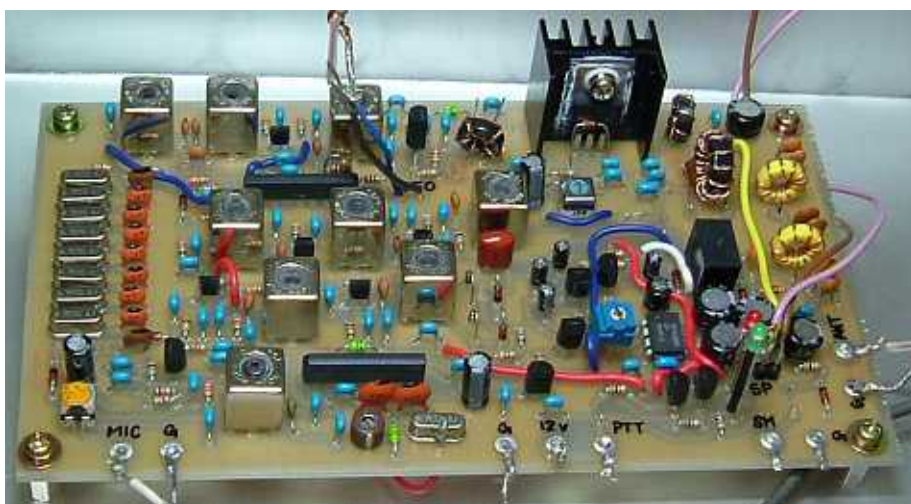


回路構成と製作手順



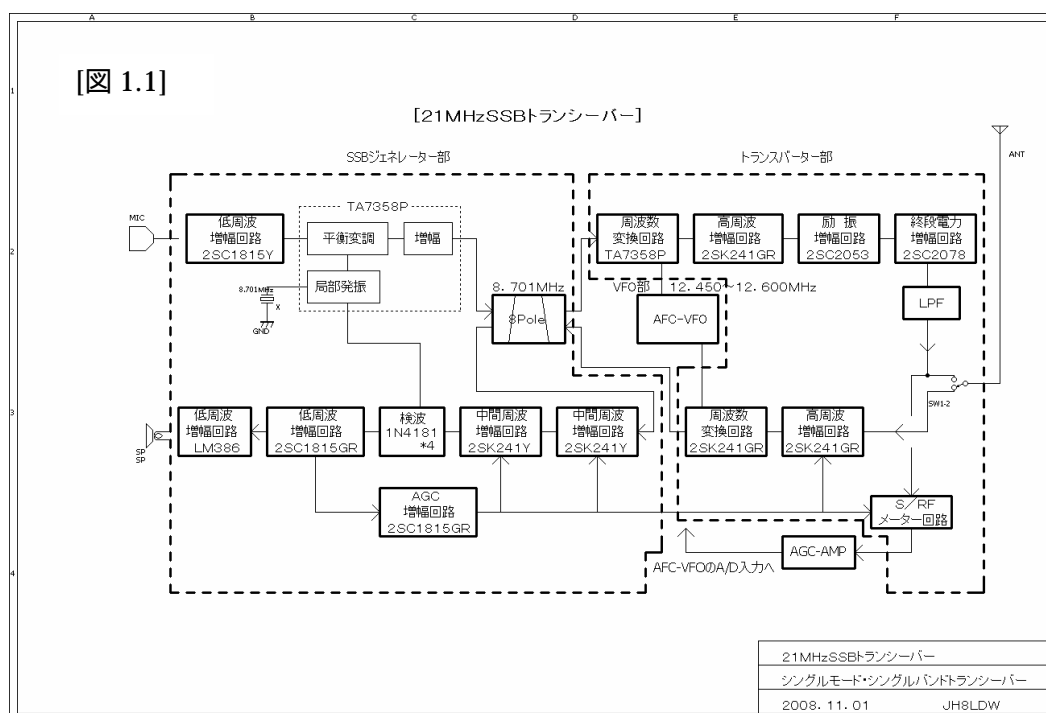
1 回路構成

このボードの回路構成は、図 1.1 の点線枠に示した部分です。一枚の基板に受信系と送信系の回路を搭載し、QRPトランシーバーに必要な心臓部をまとめてあります。図示したように、ほかにVFOを用意するだけでQRPトランシーバーが完成します。

ブロックに分けると、SSBジェネレーター部とトランスバーター部の2つで構成されています。受信系としては高周波増幅1段中間周波増幅2段の受信機となっています。

本機の中で、もう1つ重要な部分がラダー型クリスタル・フィルター部です。送受信信号は、このフィルター部を必ず通過するようになっており送受兼用させています。送信時のSSB信号を取り出すのには欠かせないものですし、近接局からの混信を軽減するなどの受信性能にも大きくかわる部分です。

それでは、21MHz版をもとに各部の回路構成を簡単に説明していきます。



(1) ベースボードの主要諸元

電波形式	SSB(LSB・USB)
使用可能周波数	H F 帯のトランシーバー用として使用可能です。 設計した IF に合わせて、IFT や VFO の周波数を変更します。
受信部	高周波増幅 1 段・中間周波増幅 2 段としたシングルスーパー
クリスタルフィルター	ラダー型クリスタルフィルターを搭載しています。 全数で 8P まで搭載可能です。
VFO	外部 VFO が必要です。 AFC-VFO, DDS-VFO などをご用意ください。
専用 IC	TA7358 を局部発振回路とマイク入力信号のミキサーおよび送信部の VFO とのをダブルバランスドミキサーとして使用。
S メーター	一般的なラジケーターを直接接続できます。 S9 で約 0.5Vpp の出力があります。 AFC-VFO を使用する場合は、AGC アンプを併用してください。
音声出力	約 0.5W
マイク入力	コンデンサマイクを使用します。 ダイナミックマイクを使用する場合は、マイクラインへの電源供給用の抵抗 (R17:4k7) を取り外して下さい。
送信部	2SC2053 以降の終段部にはインピーダンスマッチングを兼ねた広帯域アンプを採用しています。
送信出力	約 1.0W (終段トランジスタ 2SC2078 使用時)
出力フィルター	送信出力部に、LPF(ローパスフィルタ)を配置しています。
電源	DC 12V 固定
消費電流	受信時 約 50mA 送信時 約 400mA 余裕を見て 1A 程度の電源を使用してください。
基板寸法	160mm × 95mm

(2) SSBジェネレーター部

受信系では、ラダー型クリスタルフィルター (8.7MHz) に入力された SSB 信号は、FET-2 段で構成される IF アンプ (中間周波増幅器) で十分に増幅された後、検波 (復調) され、その小さい出力は次のトランジスタアンプで十分なレベルまで増幅しています。

その信号は、2 つの系統に分かれて取り出され、一つは増幅されて AGC 信号として、もう一つは LM386 で増幅されてスピーカーを鳴らしています。

SSB 信号の復調に必要な 8.7MHz のキャリア信号は水晶発振回路 (局発) で作り出され

て検波回路で合成しています。

局発周波数を作り出す回路は、後述するバラモジ用IC (U1: [T A7358](#) 内部の増幅回路) で兼用していますので、回路が簡素化されています。

送信系では、マイクから入力した信号はトランジスタ1段で増幅され、バラモジ用のIC (U1:局発と兼用の[T A7358](#))に加えられてDSB(ダブルサイドバンド)の信号として出力されます。この時点では、まだLSBとUSBの両方が存在していますので、この信号をフィルターに通して、片側のSSB(シングルサイドバンド)信号だけを取り出します。今回は、USB信号(上側サイドバンド)を使用します。

(3) ラダー型クリスタルフィルター部

本機には、合計 8 個の水晶発振子を搭載できますので、全数を実装するとスカート特性がかなり急峻なフィルターが完成します。フィルターの良否を判定するにはスペクトラムアナライザーなどの測定器が必要になりますが、簡易な方法として、発振子の容量分を測定して見当をつけることができますので、4~6 ポール分を仮組みし試聴してみるつもりで始めても良いでしょう。

今回使用した小型の水晶発振子(12-U型)で設計したところ、インピーダンス整合用の抵抗が1.2k となりました。この抵抗分は1k 以下となるような水晶を選びたいものです。少し背の高いタイプ(18-U型など)の方が適しているように思いますが、あまり神経質にならずに入手できるものでテストされるのも方法の一つです。

(4) トランスバーター部

受信系では、アンテナから入力したSSB信号(21MHz: USB)はFET-1段で増幅された後、次段の周波変換回路(ミキサー)用のFET-1段でVFO信号(12.5MHz)と合成しIF分(8.7MHz)を取り出します。その後、SSBジェネレーター部のクリスタルフィルターへ導かれます。

送信系では、ジェネレーター部のクリスタルフィルターから出力されたUSB信号は周波数混合回路(ダブルバランスミキサー: DBM)用のIC (U2: [T A7358](#))でVFO信号と合成し、FET-1段でブリドライブの後トランジスタ2段で増幅され、送信出力約1Wを得ています。

DBM用IC ([T A7358](#))の後段には、IFTコイルで構成したバンドパスフィルターを配置し、クリアな信号送出ができるように対策しています。

VFO入力信号強度は、10dBmを想定した設計となっており、送信系統の入力部にはDBM用ICの入力制限を越えないようにアッテネーター(ATT)を配置しています。

T A7358 のミキサー部の最大許容入力を7dBmと見てレベルを設定します。

今回はアクティブミキサーとして利用しますので入力を限度いっぱい返上げるのは得策はありません。安全側にみて5dBm注入することにして、5dBmパッドを採用しています。(5dBm = VFO:10dBm - ATT:5dBm)

一方、受信部のVFO入力レベルは、R35(470)とC59(103:0.01μF)の定数を変更して調整できるようにしています。

2 製作手順について

一気に組み立てても良いのですが、ここでは少しずつ点検と調整をしながら進めていくことにしましょう。

(1) ラダー型クリスタルフィルターの製作

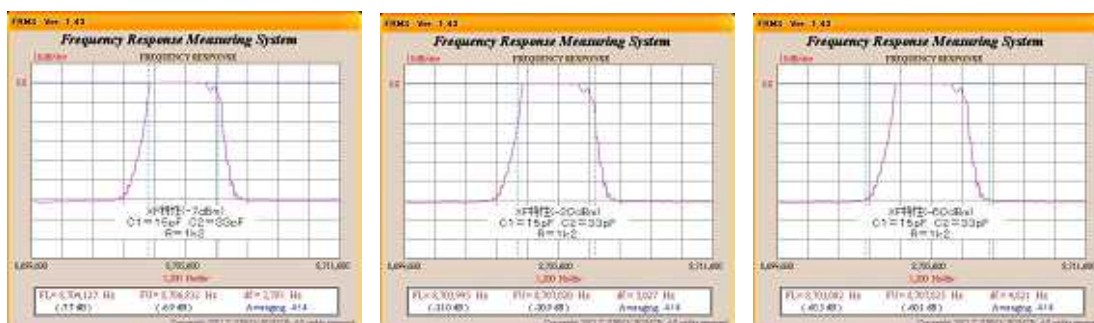
フィルターが目標の動作をするか確認しておきたいものです。



容量メーターなどを用いて、入手した水晶発振子の容量分を計測し、フリーソフトの簡易設計プログラムなどを活用されて解析するのが早道です。

アナライザーなどがあれば、スカート特性などを目視することができますので安心です。

今回製作したクリスタルフィルターの帯域測定データを下図に示します。(FRMS-2を使用)
-6dB帯域は約2.79kHz(左端の図)、-60dB帯域が約4.83kHz(右端の図)となっています。



-20dB帯域は3.03kHz(中央の図)で、おおよそのキャリアポイントを示しています。

(2) IFTコイルを巻く

コイルデータにしたがって手巻きするか、FCZコイルなどを入手してください。
本機で手巻きしたデータは、下表のとおりです。

[表 1]

コイル名称	T1・T2	T3～T6	T7～T9
対応周波数	21MHz	9MHz	28MHz
巻き数 (同調側/リンク側)	10/3t	12/4t	8/3t
同調容量	27pF	120pF	27pF

T7～T9 はトランスバーター部の送信系統に使用していますので、本来は今回の使用周波数の21MHz帯に合ったコイルとするべきなのですが、このコイルについては、1つ上のバンドの28MHz帯用にしています。実際に製作してみると、21MHz帯用の巻き数では、どうも上手く同調のピークが出ないので、参考文献にも記述がありましたが、回路の容量分が作用し同調周波数を下げてしまうようですので巻き数を変えています。変更後は、上手く

同調のピークが出るようになりました。

巻き方によって同調容量も少し変わると思われますので、状況に応じて探ってください。今回は、巻き数の変更がしやすいようにコイルボビンの最下段にリンク側を、その上段に同調側を巻いています。取り付け前にテスターで断線の有無を、ディップメーターなどで同調を確認しておくで安心です。

(3) SSBジェネレーター部の製作

コイルの準備が出来たので、受信系から製作していきます。

その後トランスバーター部の信号入力部分を製作すれば受信機が完成します。

気がはやりますが、落ち着いて部品配置図にしたがってパーツを取り付けていきましょう。特に変わった部品は使用していませんので、電解コンデンサなどの極性やICの向きに注意することくらいです。

送信系回路の 1 石のマイクアンプ部や局発用のIC (U2: [T A7358](#)) など、部品点数が少ないので一緒に組み立ててしまいます。

(4) SSBジェネレーター部の調整

ここまで組みあがったところで簡単なテストをしておきます。

予備テスト1(受信系)

テストオシレーターなどの発振器からのIF信号(8.7MHz)を、R31の信号経路側に入力してスピーカーからの発振音を聞いてみます。LM386が動作していれば何か聞こえるはずです。また、IFT(T4・T5)のコアを回して発振音が大きくなるように粗調整をしておきます。

Sメーター端子に、ラジケーターやテスター(0.5Vレンジ)を仮接続して、メーターの振れを最大化しても良いでしょう。ほかに、発振源を使用せず、内部雑音の大小で調整する方法もあります。

予備テスト2(送信系)

送受切り替え(PTT)回路の動作確認をします。PTT端子をグランドに接続して送信電源側ラインの電圧が出ているか確認してみます。まだ、予備テストの段階ですので、極力短時間(瞬間)で済ませます。状態表示用のLEDを仮付けしておく、切り替えを目視確認できますので便利です。

続いて、IF周波数でジェネレーターからの発振音などをモニターしてみます。先ほど受信系のテストで接続したR31の信号側にゼネカバ受信機などのモニター機を、マイク入力端子にはツートーン発振器などの信号原を接続します。受信周波数は、IF周波数となる8.7MHz付近で、マイク端子に1kHz程度の信号源かマイクを接続して自身の声で確認します。PTTを断続的にグランドに接続しながら、モニターして信号を探します。

自身の声の場所を探し当てたでしょうか？ きっと「キャリア交じりの声かモガモガ音」になっていると思われるので、キャリア調整用のトリマ(C41:50pF)を微調整してキャリア分が一番小さくなって、自身の音声に近い位置にしておきます。この短波帯も夜間は結構にぎやかですので、自局の信号を探すのに苦労するかもしれません。できれば、昼

間の比較的静かな時間帯を選んだ方が良いでしょう。

受信機などを直結しているのと、それぞれの装置の位置が近いので、モニター機にジェネレーターの信号が直接飛び込むためにキャリア分は残ってしまいますので、適当なところで切り上げておきます。この段階で、すでに立派なSSB機となりました。

このあとは、いよいよ目的の周波数に合わせた機械に仕上げるため、トランスバーター部にとりかかります。

(5) トランスバーター部(受信系)の製作

受信系は、FET-2個で構成した高周波増幅段と、周波数変換回路のみです。

主要部品は、FET-2個とIFTコイル3個(T1~T3)ですのでジェネレーター部を組み上げるときに一気に製作されてもOKです。調整は後ほど送信部と共に行います。

(6) トランスバーター部(送信系)の製作

終段トランジスタの [2SC2078](#) を除いて全ての部品を取り付けます。RFCコイルやローパスフィルターを巻いてしまいます。コイルデータは下表のとおりです。

[表 2]

コイル名称	L5	L6	L7	L8・L9
コア名称	FT37-43	FT37-43 or (FB225)	FT50-61	T37-6
巻き数	5t 4線巻き 4:1(Z比16:1)	8t or 3t(6穴使用)	13t 2線巻き 1:2(Z比1:4)	11t
同調容量				C = 150pF 2C = 300pF
巻き線	0.3mm*12cm	0.5mm*19cm	0.3mm*22cm	0.5mm*19cm



左の写真は、試作基板による終段トランジスタ(Q13:[2SC2078](#))回りの部品配置状況です。
コア材を用いたコイルは縦型に自立させています。

(7) トランスバーター部の粗調整

本機では、VFOの周波数を 12.45 ~ 12.6 MHz (運用週波数: 21.150 ~ 21.300 MHz 帯) で設計しています。目的周波数の中心付近を発振する代替の発振源を用意するか、VFOを

製作しておきます。今回製作したVFOの出力レベルは、Max10dBmです。

予備テスト3(受信系)

VFOなどの発振源を接続し、ANT端子から使用周波数帯域の中央付近となる21.2MHzの信号を入力します。その信号が最大となるようにIFTのコアを調整すれば受信機の完成です。同調のピークが見つからない場合は、同調用コンデンサの値を増減して調整します。

予備テスト4(送信系)

まだ、終段トランジスタのQ13を取り付けていませんが、ドライバーのトランジスタQ12までの状態でも約100mW程度の出力が得られるはずですので立派なQRP-P送信機です。受信機等を活用してテストするには丁度良い出力です。

L5の出力側のセラミックコンデンサC77にビニール線などを接続し、モニター受信機のアンテナ端子付近に這わせておきます。直結しても良いのですが、間違えて送信状態にすると、瞬時に本機が昇天してしまうので、「被覆の被ったもの同士を接近させる」までにしておきます。

本機のマイク入力には、「予備テスト2」と同様にツートーン発振機やマイクを接続します。本機を送信状態にして、モニター受信機で信号を受信しながら発振音に異常が無いか確認します。歪みや曇った音がしないか、自分の声が生音に近いかチェックします。

発振レベルが最大となるようにIFTのコアを回して調整します。キャリアポイントは、「予備テスト2」で粗調整しましたが、もう一度、使用バンド内で聞いてキャリアが最小で、生音に近くなるように調整します。

異常な発振を感じた場合は、VFO入力レベルやFETのQダンプ抵抗値などを見直してみます。

(8) トランスバーター部の最終調整(終段トランジスタの取り付け)

これまでの予備テストで、概ねの調整を終えてしまいました。いよいよ最後の仕上げに、とりかかります。終段トランジスタQ13([2SC2078](#))は絶縁シートを挟んでヒートシンクにネジ止めし、ダイオードと熱結合させて取り付けます。また、アイドリング電流の設定用VR3は、中間付近にしておきます。アンテナ端子にはダミーロードやパワー計を接続し、モニター受信機のアンテナ線は本機のアンテナ付近に這わせておきます。

PTTを断続して出力や発振の有無を手早く確認します。

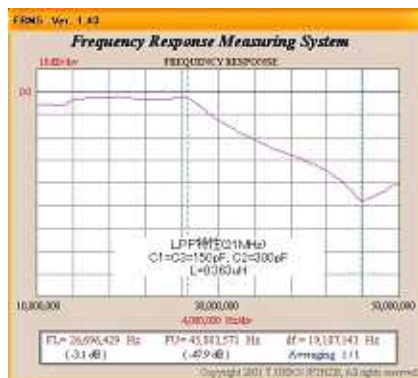
Q12、Q13のトランジスタやコアに巻いたトランスなどに異常な発熱がないかチェックしておきます。異常が無ければモニター音が最大となるように各IFTやアイドリング電流調整用のVR3を微調整します。

音声信号などの強弱にあわせてパワー計の針が動き、無音時には針がスーッと下がるようになれば調整は完了です。あとは、全ユニットをケースに収納してから、もう一度最終調整を行うことにします。

本機の送信出力は、21MHzで約1W、7MHzでは約2Wを得られました。

外付けのリニアアンプをドライブするにも丁度良いくらいだと思いますが、高出力のトランジスタ([2SC5739](#)など)に取り替えれば、単体で5W位は得られると思います。

(9) ローパスフィルター(LPF)の測定データ



本機の送信出力段には、L8・L9の2つのコイルとコンデンサで構成したLPFを2段配置して不要輻射の防止を図っています。

前述したクリスタルフィルターと同じようにFRMS-2で観測した帯域測定データを左図に示します。

-40dB以上の減衰特性が得られています。

3 回路設計の見直しなど(前作からの改善点)

(1) 終段増幅回路の修正

変更(その1) ...インピーダンスマッチングトランスの採用 [図 1.2]

L5、L7はコア材を使用したインピーダンスマッチングトランスとしました。

L5については、巻き数比を変えたトランスを数個用意してテストしたところ、巻き数比 4:1(インピーダンス比 16:1)の場合に出力が最大となりました。

参考文献にも有りましたが、ファイナル部の入力インピーダンスは約 20 程度と、かなり低いものと推察され、前段のドライバー出力インピーダンス約 400 とマッチングさせるために 1/16 のトランスがベストマッチとなったものと考えられます。

RFC用のL6は、今回試作した21MHz帯においては、6穴のFB225でも代用が可能でしたが、参考文献に記載されていた製作例からFT37-43のコア材を選択して使用しています。(保険をかけておきました。)

変更(その2) ...出力結合回路の削除

前作で採用した終段部ローパスフィルター前段の出力結合回路は削除いたしました。

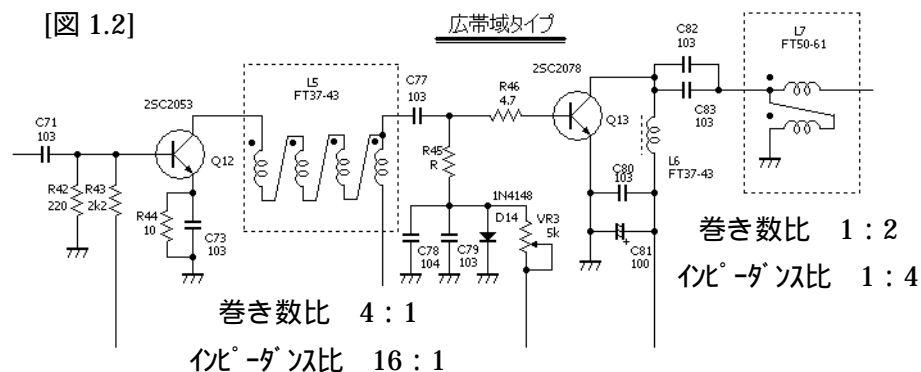
何かの条件が変わったのか、今回の基板では同調が取りづらく感じたので、前述の広帯域化の一環として同時に回路変更することにしました。代わりに、巻き数比 1:2 のマッチングトランス(インピーダンス比 1:4)を配置することにより出力の増加と安定を図り、再現性を確保しています。

(2) 終段増幅回路の考察

終段部に使用するトランスは、広帯域に対応させたコア材によるインピーダンスマッチングトランスを使用の方が有利だと思われます。試作当初、L5はIFTコイルを使用して進めておりましたが、発振などの挙動が認められたため、その対策に苦労しました。

終段部には、共振回路を設けずインピーダンスマッチングを上手く取り入れる方が再現性も良くなると考えられます。今回採用した回路図の抜粋を[下図 1.2]に示します。

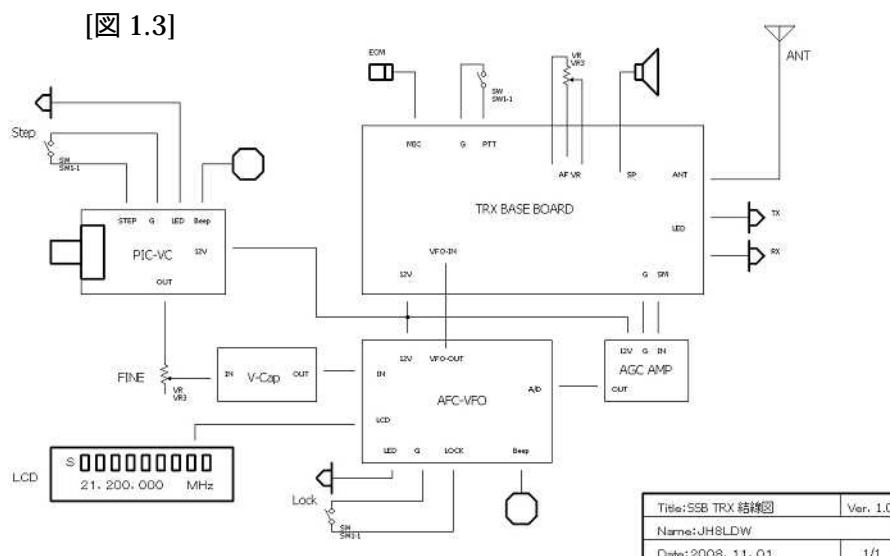
[図 1.2]



4 総合結線図

今回製作した各基板は[図 1.3]のように接続し、トランシーバーとして完成させています。

[図 1.3]



5 あとがき

今回の製作にあたり、[CYTEC/内田OM](#)には大変貴重なアドバイスを頂きましたことを感謝申し上げます。ありがとうございました。

この製作を通して感じることは、汎用の部品を組み合わせ、自分流の比較的高性能なトランシーバーを手にすることができ、限られた測定器具でも何とか完成させられるものということです。ここにお示した製作例が、少しでも皆さんの参考になればと期待してやみません。

2008.12.20 [JH8LDW/篠原](#)

[参考文献]

- 「(定本)改訂新版 トロイダル・コア活用百科」 山村英穂著
- 「無線機的设计と製作入門」 鈴木憲次著
- 「月刊 CQ ham radio」

【データ編】

送信信号のオシロ波形を掲載予定

ミキサー部(U2:TA7358)の出力波形

内臓のクランプダイオードにより、波形がつぶれ「米俵状」になっています。

ドライバー部の出力波形

BPFとブリッドドライブTrQ12の後段では、本来の波形が見えるようになっています。

ANT端子の出力波形

比較的きれいな波形が得られました。

コイル類のデータ一覧

項目	使用バンド	T1・T2	T3～T6	T7～T9	L5	L6	L7	L8・L9
対応周波数	21MHz	21MHz	9MHz	28MHz	Zマッチ	RFC	Zマッチ	21MHz-LPF
巻き数 (同調側/リンク側)		IFT 10/3t	IFT 12/4t	IFT 8/3t	FT37-43 5t 4線巻き	FT37-43 8t	FT50-61 13t 2線巻き	T37-6 11t
同調容量		27pF	120pF	27pF	4:1 (Z比16:1)		1:2 (Z比1:4)	C = 150pF (68+82) 2C = 300pF (150*2)
対応周波数	7MHz	7MHz	9MHz	14MHz				7MHz-LPF
巻き数 (同調側/リンク側)		IFT 14/5t	IFT 12/4t	IFT 12/4t	各バンド共通			T37-6 19t
同調容量		100pF	120pF	100pF				C = 440pF (220*2) 2C = 940pF (470*2)
対応周波数								
巻き数 (同調側/リンク側)								
同調容量								