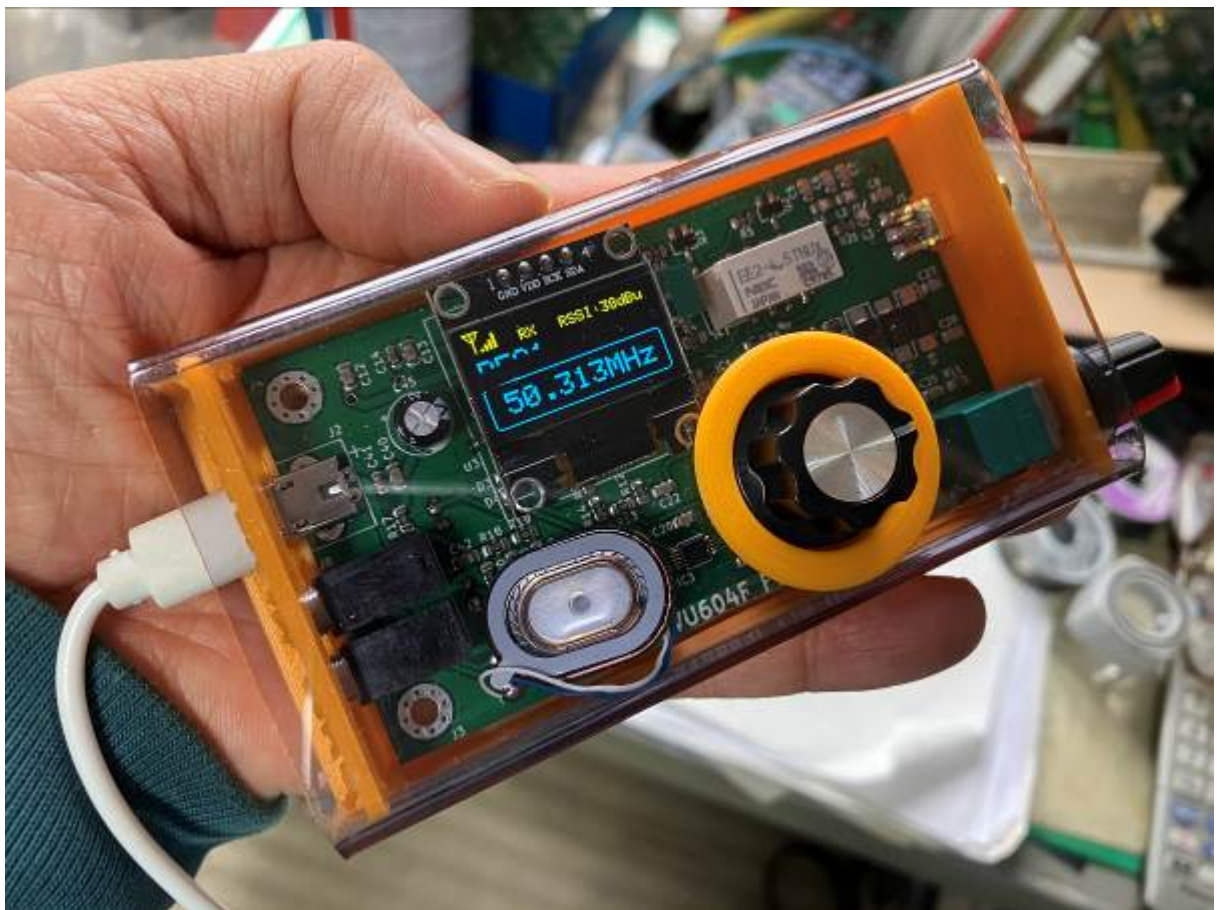


WVU-604F 1.8~50MHz FT8トランシーバー
(QRP 100mW)
取扱説明書



1. はじめに

本装置は、私（7L4WVU）が趣味の範囲で設計製作した小型軽量の FT8 トランシーバーでアマチュアの皆様に実験用として頒布するものです（営利を目的とした商用製品ではなく、品質や性能検査も実施していませんので仕様を保証するものでもありません）。

送信は 100~500 ミリワット程度の QRP、受信も最小限の構成なので、バリバリ交信できるというものではありませんが、小型軽量のため、山岳移動、あるいは通勤や旅行のときに鞆に入れてスマホやパソコンと接続していろんな場所でアマチュア無線を楽しむことができると思います。

本機は、50MHz の LPF を内蔵しておりますが、外部に LPF（ローパスフィルター）を接続することで HF オールバンドの運用が可能となります。さらに外部リモート IF としてアンテナ端子に送信時に微小電流が流れる設計になっていますので送信アンプなどを自作してみるのも面白いと思います。

小型、かつ広帯域化のために同調回路やフィルター回路をほとんど使わない設計となっていますので受信において妨害を受ける（与える）場合もありますが、指向性アンテナを使ったり、プリセクターを追加することで軽減することができますので工夫してみてください。中波ラジオの混入については末尾の改造のところも参考にしてください。

＜ご使用にあたっての注意事項＞

- 本トランシーバーは、無線局の免許が必要です。また、実験用として 1.8MHz～50MHz 帯の送信が可能となっていますが、頒布品には 50MHz 帯のローパスフィルターしか実装していません。HF 送信は必ず外部フィルターを追加して使用してください。
- 受信は、バンド別のフィルター回路がありませんのでイメージやスプリアス受信や放送波の妨害を受けることがあります。その際は、バンド毎のアンテナを使用したり、プリセクターやアンテナカブラなどを使用して軽減してください。液晶、内部発振、マイコンの雑音が多い周波数があります。
- 復調回路には、短波ラジオ用の IC を使用して BF0 を注入することで SSB 復調をしています。BF0 レベルは、手動で 3 段階切替する設計ですが、最大レベルでも 40dB μ V 程度なので強力なローカル局などは復調できないこともあります。
- ロータリーエンコーダーのダイヤルノブと周囲のガードは隙間がほとんどないため、スイッチが引っかかる場合があります。その際はノブを外してエンコーダーネジを緩めてガードの位置を調整してください。
- 充電ケーブル（micro USB）は、100円ショップなどで市販されている携帯用のものが使用可能です。その際、市販ケーブルはサイズが様々のため、プラグ側が大きくて差し込めない場合がありますので、購入の際はサイズを十分お確かめください。また、PC と接続するオーディオ入力と出力の $\phi 3.5$ のプラグの間隔が8ミリ程度と狭いため、プラグ購入の際は細いサイズを購入してください（私は100円ショップのケーブルを使っています）。
- 50MHz 帯は、近接の送信スプリアスレベルが規格ギリギリ（基板バージョン Rev.3 以降は改善済）のため、外部に電力増幅器を接続して運用しないようにしてください。また、PLL の仕様から高い周波数では特に周波数安定度が悪くなりますので、50MHz は運用前に10分程度待ってから電波を出してください。発振器の仕様上、FT8 のような狭帯域通信において応答率が下がることがありますのでご承知置きをお願いします。
- アクリル前面板は、自作加工品のため加工の時の傷、穴ズレ、割れ等があります。また、ケースは、3D プリンター（PLA 素材）を使っていますので周囲温度が50度程度で変形することがあります。高温の車内などに放置しないように留意願います。
- 組立済みのため、回路図、プログラムは公開していません。仕様は適宜変更されます。取扱や保管中で事故や損失が生じた場合でも、当方は一切責任を負いません。
- 本機の故障、不具合時はメールでお問い合わせください。ベストエフォートで対応となることを予めご理解ください。また、送料含めて発生する費用のご負担をお願いします。

2. 仕様

・送受信周波数、モード、出力：50MHz 帯 FT8、FT4、WSPR 約 100～500mW（個体差があります）（外部フィルターを追加することで 50MHz に加えて 1.8～28MHz も使用できます）

・チャンネル切替。ロータリエンコーダーを回転させて切り替えます（以下のモード毎の周波数をプリセット済）。また、ロータリエンコーダーを長押しすることで 1kHz ステップの VFO に切り替えることができます。（2023 年 1 月以降に頒布するものは、以下に加えて FT4 の周波数も追加済）

チャンネル	周波数 (Hz)	モード
ch = 1	vfo = 1840000;	FT8
ch = 2	vfo = 1836600;	WSPR
ch = 3	vfo = 3531000;	FT8
ch = 4	vfo = 3573000;	FT8
ch = 5	vfo = 3568600;	WSPR
ch = 6	vfo = 7041000;	FT8
ch = 7	vfo = 7074000;	FT8
ch = 8	vfo = 7038600;	WSPR
ch = 9	vfo = 10136000;	FT8
ch = 10	vfo = 10138700;	WSPR
ch = 11	vfo = 14074000;	FT8
ch = 12	vfo = 14095600;	WSPR
ch = 13	vfo = 18100000;	FT8
ch = 14	vfo = 18104600;	WSPR
ch = 15	vfo = 21074000;	FT8
ch = 16	vfo = 21094600;	WSPR
ch = 17	vfo = 24915000;	FT8
ch = 18	vfo = 24924600;	WSPR
ch = 19	vfo = 28074000;	FT8
ch = 20	vfo = 28124600;	WSPR
ch = 21	vfo = 50313000;	FT8
ch = 22;	vfo = 50293000;	WSPR

- ・受信方式：シングルスーパーヘテロダイン方式、中間周波数 11.058MHz、3kHz 帯域 3 素子クリスタルフィルター内蔵、DSP 復調。SSB は BFO 方式（レベルを手動で 3 段階切替）
- ・周波数精度 製作時には 50MHz において、表示と 100Hz 以内に合わせていますが、50MHz では結構 QRH が生じ安定するまで 10 分程度かかります（HF は問題ないレベルです）。PLL の仕様は 10ppm（50MHz において 500Hz）以下なので仕方がないのかもしれませんが。

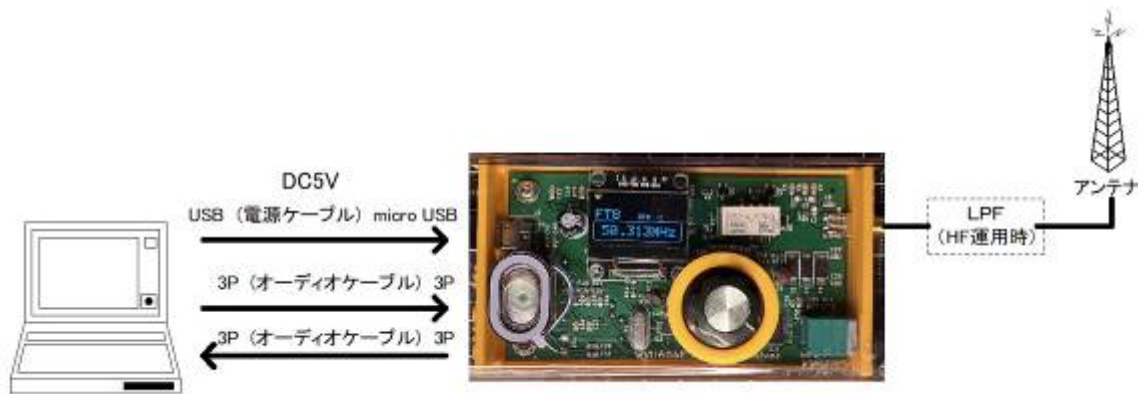
- ・ 受信感度：0 dB μ V 程度は聞こえます
- ・ 高周波入出力コネクタ：SMA
- ・ 電源： Micro USB ケーブルにて DC5V が必要（パソコンの USB から供給可能）
- ・ 外観サイズ(突起物含まず)、重量：W x D x H = 約 105 x 23 x 56 mm, 90g

3. 接続と各部の名称、操作方法

3-1 接続と各部の名称は、下図の通りです。パソコンには WSJT-X などの FT8 ソフトをインストールしてください。WSJT-X の説明はネットなど参照お願いします。なお本体側のオーディオジャックはモノラルのものを使用しています★以下のブログ記事も参考になると思います。

<http://bec18873.livedoor.blog/archives/18124593.html>

<http://bec18873.livedoor.blog/archives/18093663.html> (基板バージョンが Rev.3 以降は、上記に加えて 4 極プラグのケーブルでの接続も可能です)



WVU604F 接続図

電源端子

PC などから DC 5 V
Micro USB

表示

- ・ TX/RX、 受信電界強度
- ・ FT8/WSPR、 BFO レベル
- ・ 周波数

●押しボタン SW : 周波数

アンテナ端子 (SMA)

IN オーディオ入力 (モノラルジャック) : パソコンのヘッドホン端子から (★基板 Ver.3 以降は 4 極ジャックになっているので PC と 1 本のケーブルで接続可能)

OUT

受信オーディオ出力 (モノラルジャック) : パソコンのマイク端子へ接続

回転 : チャンネル、周波数切替
短押し : BFO 強度切替
長押し : VFO

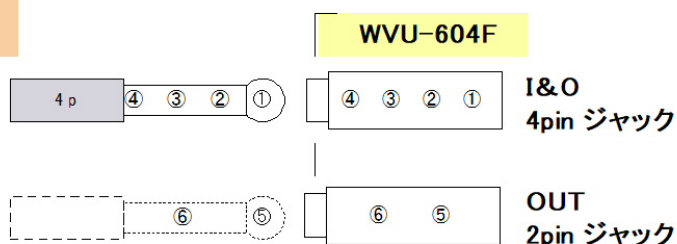
● 電源 SW

● 音量ボリューム

<PCに4pin端子がある場合>

PCの4pinへ
(ヘッドホンとマイク共用端子)

接続不要です

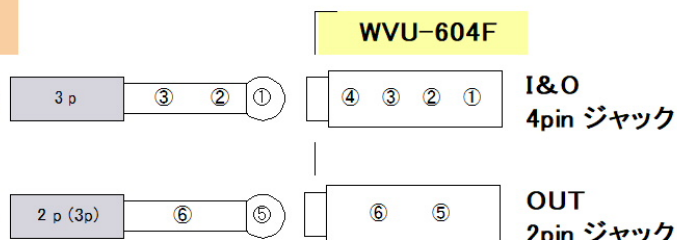


- ① PC(ヘッドホン出力)からのAF入力(+)
- ② 未接続
- ③ GND
- ④ PC(外部入力)へのAF出力(+)

<PCに4pin端子が無い場合>

PCの2pin 3pin端子から
(AFヘッドホン出力)

PCの2pin (または3pin)端子へ
(AF入力)



- ① PC(ヘッドホン出力)からのAF入力(+)
- ② 未接続
- ③ GND
- ④ PC(外部入力)へのAF出力(+)
- ⑤ 無線機からのAF信号(+)->④と同じ
- ⑥ GND

3-2 操作方法

最初に先の接続図のとおり配線します。本機にはケーブルなどは添付されていないので各自ご準備をお願いします。★接続は先述のブログ記事も参照願います。

ボリューム&電源スイッチを時計方向に回して電源 ON。アンテナが接続されていれば、ノイズなど聴こえると思います。パソコンの WSJT-X などのソフトの画面を見ながら音量を調整します（本機のボリュームとパソコン側のマイクレベル）。パソコン側の時計を合わせれば、7メガや14メガでは、受信できることを確認します。

送信は、最初はダミーロードなどを接続して行ってください。WSJT-X のチューンボタンを押すと本機が送信になるようにパソコン側のオーディオ出力レベルを調整します。本機には VOX 回路が内蔵されていますのでコントロールケーブルは不要です。アンテナを接続すれば交信できると思います。

★周波数切替は、ソフト処理の関係でレスポンスが悪いのでゆっくりと回してください。速く回すとフリーズ、受信停止することがあります（基板バージョン Rev.3 では改善済）。

★FT-4 などの特別な周波数の場合は、VFO モードにして（ロータリーエンコーダーを長押し）周波数をシフトしてください。1 kHz ステップで切り替えることができます。なお、WSPR はチャンネルに登録済です。ソフト処理の関係で高速でダイヤルを回したり、元の周波数から 100kHz 以上離れたところで発振が停止することがあります（基板バージョン Rev.2 および 3 では改善済）。

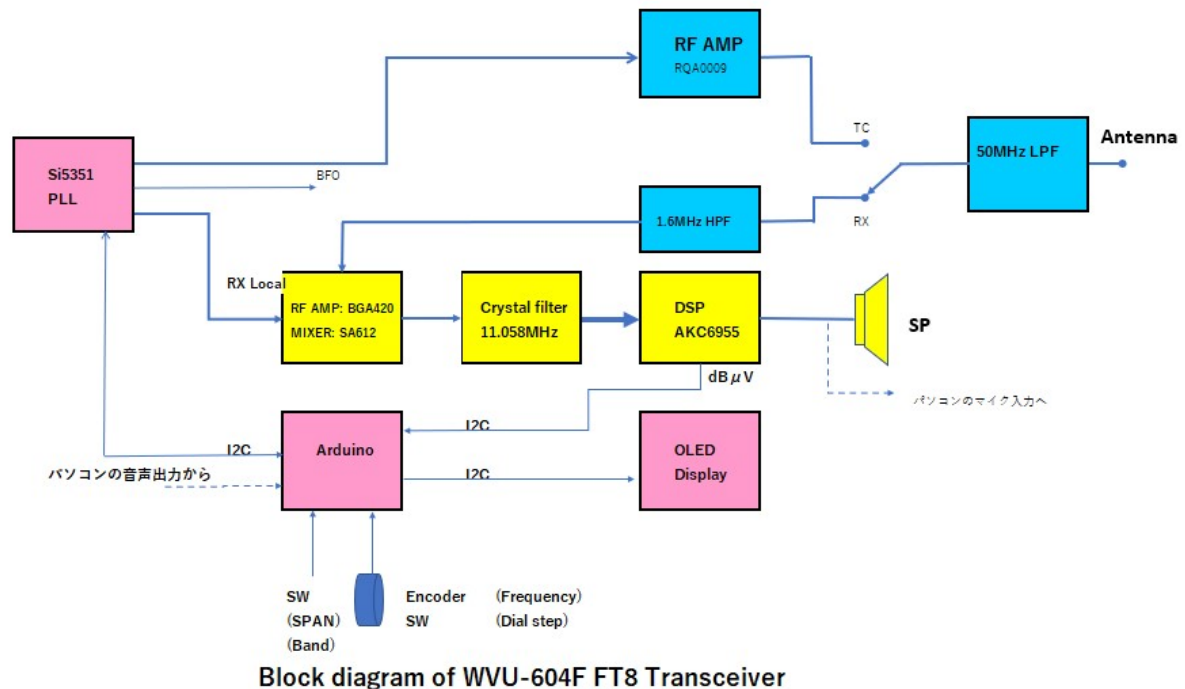
★受信は、AM 受信に BFO を追加して復調しています。BFO の信号レベルは、手動で3段階切替が行えます。受信信号が強い時は、BFO を 1 から 2、あるいは 3 に切り替えます。弱い信号のときは BFO 1 を選びます（BFO の信号が強いと AGC も働き感度が低下します）。このときに RSSI 信号強度は BFO 信号が受信信号より強い場合は BFO レベルを表します。

★WSJT-X の無線機設定方法について....以下のように無線機 (none)、PTT 方式 (VOX) に設定すれば OK です



4. 系統、構成

系統図を示します。



送信部は、パソコンからの音声キャリア信号を Arduino のアナログ入力に入れて、ソフトでカウントして音声帯域内の周波数を求めます。その周波数を送信キャリア周波数に足し算することで FSK 変調を行います。直接キャリアに変調するのでスプリアスの的に優位でマルチバンドが簡単に実現できます。その信号を RF アンプで増幅して 100~300mW（個体差あり）の出力を得ます。送受信切り替えはラッチリレーを使用しており、基板に 50MHz の LPF を実装していますので 50MHz はアンテナを接続すれば運用可能です。

受信信号は、アンテナから、送受信共通の 50MHz 帯の LPF を通して、ラッチリレーを経由、そのあとで中波帯を阻止する HPF 後に BGA420 で RF 増幅後にミキサーで IF に変換されます。DSP IC は AM 検波と音声増幅機能があります。BFO を用いて SSB を復調しています。

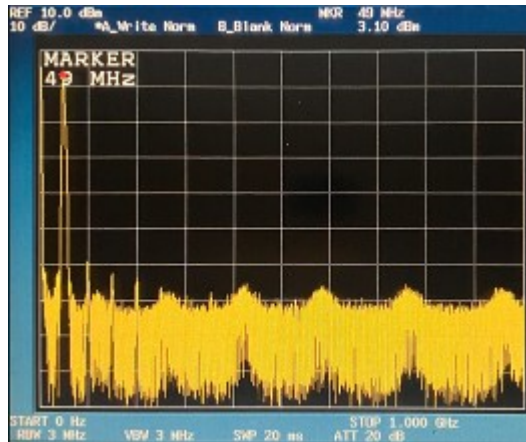
水晶フィルターは、3素子のものとしています。特性は右のようなもので BFO のキャリアポイントを急峻な上限の部分とすることで逆サイドバンドを減衰させることができ 3素子程度でも十分使えるものとしています。

表示は、128x64 ドットの OLED。DSP チップにより検波、受信レベルを dBμV 表示しています。I2C インタフェースにより、Arduino マイコンにて周波数等のデータを表示させています。

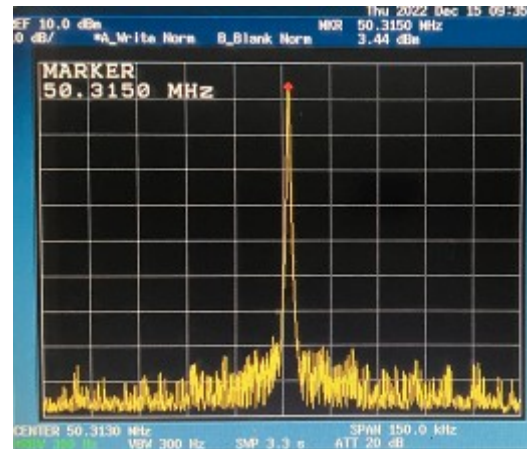


5. 本体 50MHz 特性 (送信レベルは 20dB のアッテネータ通過後)

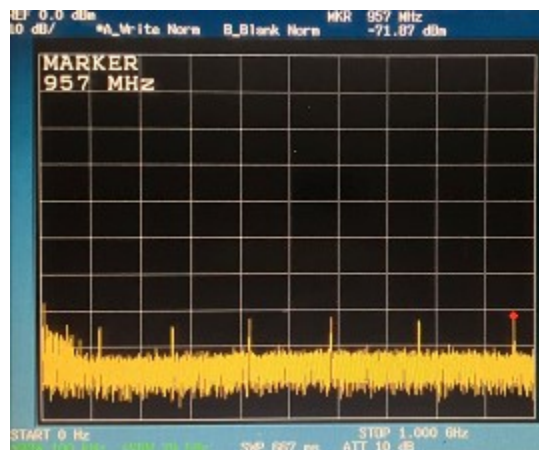
● 送信スプリアス (50MHz:Span1GHz)



● 送信スプリアス (50MHz:Span150kHz)

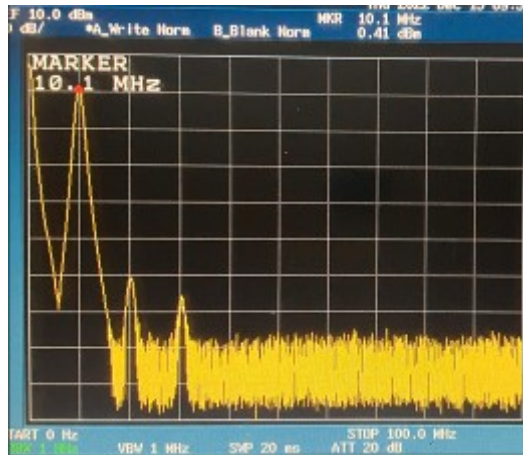


● 受信時の副次的発射レベル (0-1GHz): -71dBm

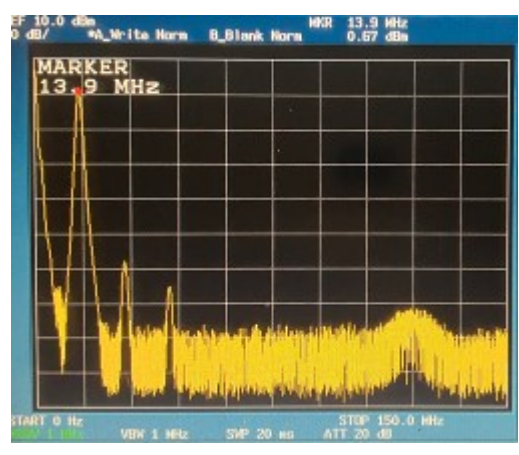


以降は、option 頒布の LPF (10~50MHz 用) を使って測定したものです。1.8~7MHz 用の LPF は、SMD で試作したものが損失が大きいいため別のものを試作予定です。次ページに参考としてマイクロインダクタを用いた手持ちのものを使ったデータを添付します。

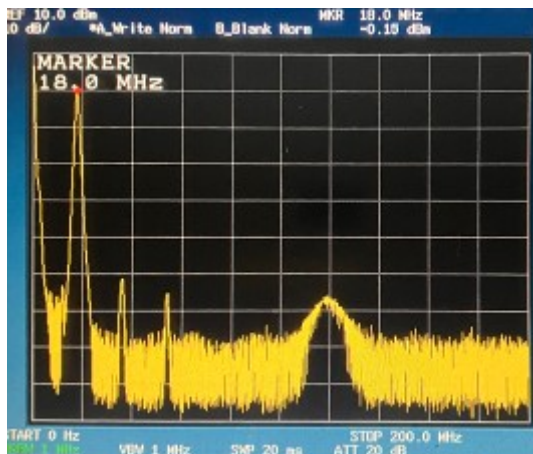
●送信スプリアス (10MHz:Span100MHz)



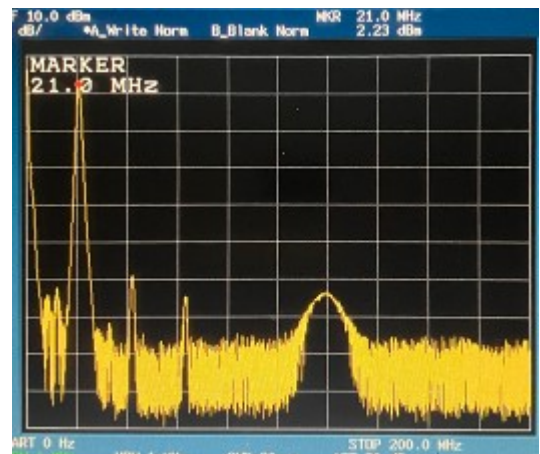
●送信スプリアス (14MHz:Span150MHz)



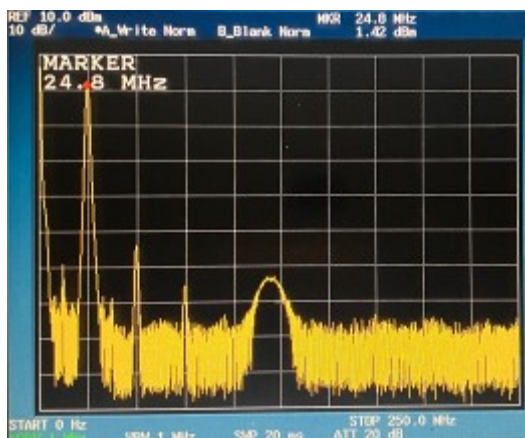
●送信スプリアス (18MHz:Span200MHz)



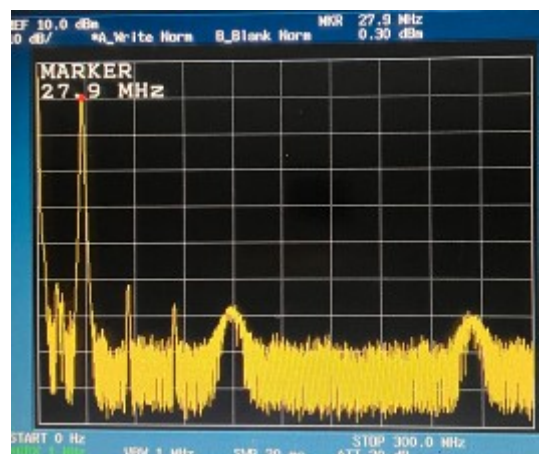
●送信スプリアス (21MHz:Span200MHz)



●送信スプリアス (24MHz:Span250MHz)

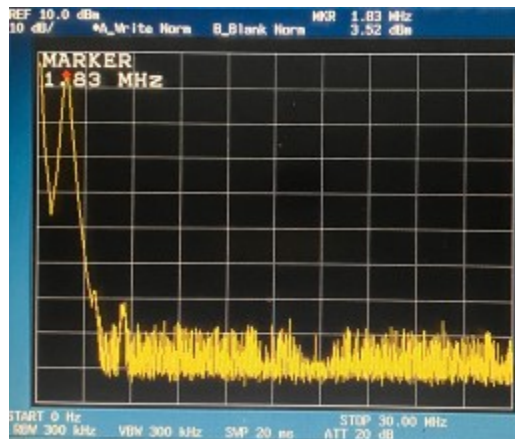


●送信スプリアス (28MHz:Span300MHz)

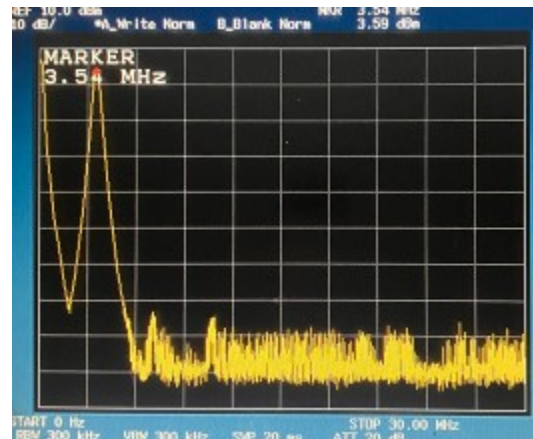


(参考) 以下は、マイクロインダクタを用いた手持ちの LPF を使用

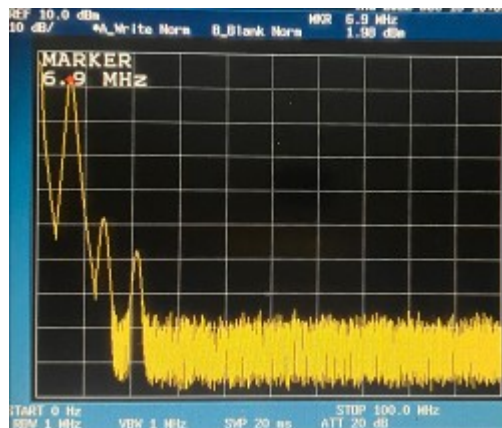
●送信スプリアス (1.8MHz:Span30MHz)



●送信スプリアス (3.5MHz:Span30MHz)



●送信スプリアス (7MHz:Span100MHz)

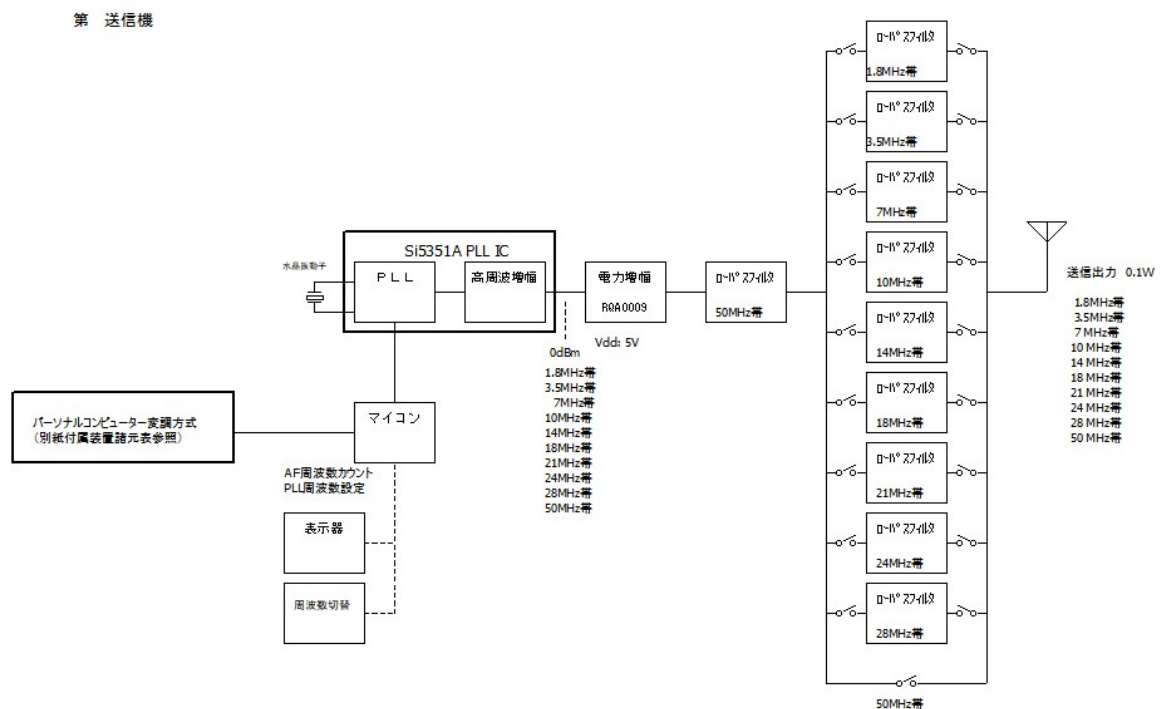


6. 免許申請について

本機は、自作機扱いで TSS の保証を取得して免許を申請することができます。申請系統図は、以下を参考にしてください（50MHz だけの場合は、他のバンドの出力フィルタ部分は削除願います）。

★JARD での保証は各バンドのスプリアス波形の提出が必要になるようです。この点は私の方でサポートはできませんのでご自分で対応できない場合は TSS を利用してください。

★頒布申し込みされた方は、詳しく書いた免許申請資料をダウンロードできるようにしていますのでよろしければ参考にしてください。



また、申請方法については、以下の私のブログなどを参考にしてみてください。不明なところはメールにてお問い合わせ願います。

自作無線機の免許申請方法について①

<http://bec18873.livedoor.blog/archives/10108071.html>

自作無線機の免許申請方法について②（総務省編）

<http://bec18873.livedoor.blog/archives/10296463.html>

7. トラブルシューティング、改造について

●これまで気が付いた不具合と対応について以下にまとめていますのでご参照願います。

<http://becl8873.livedoor.blog/archives/17875944.html>

8. 基板バージョンの確認方法と主な変更点

基板バージョンは、写真の赤丸部分に記載しています（Rev 記入のないものは Rev. 1）



Rev. 1 初期バージョン

Rev. 2 基本的には Rev. 1 と同じ（初期バージョンの設計間違い箇所の修正版、不具合部分には手修正で改造対応しているものもあります）

Rev. 3 ①Audio 入力ジャックを 3 極→4 極に変更（Rev. 1~2 と同じ使用方法も可能）
②受信入力の HPF のカットオフを変更（中波ラジオ混入対策。中波減衰量を大きくしたため、1.8MHz で 25dB、3.5MHz で 15dB 程度の損失があります）

以上