

本書はハムフェア 2023 で頒布した 4 バンド QRP 無線機に関する説明となる

シルク印刷で JK1MLY 2023.7 と入っている基板が対象となるので、バージョンが違う場合は差が出る

注意

アンテナを接続する場合にはアマチュア無線局の開局または変更が必要

水晶(X11)の周波数をトリマ(C23)で合わせる前は大きく周波数がズレている可能性がある

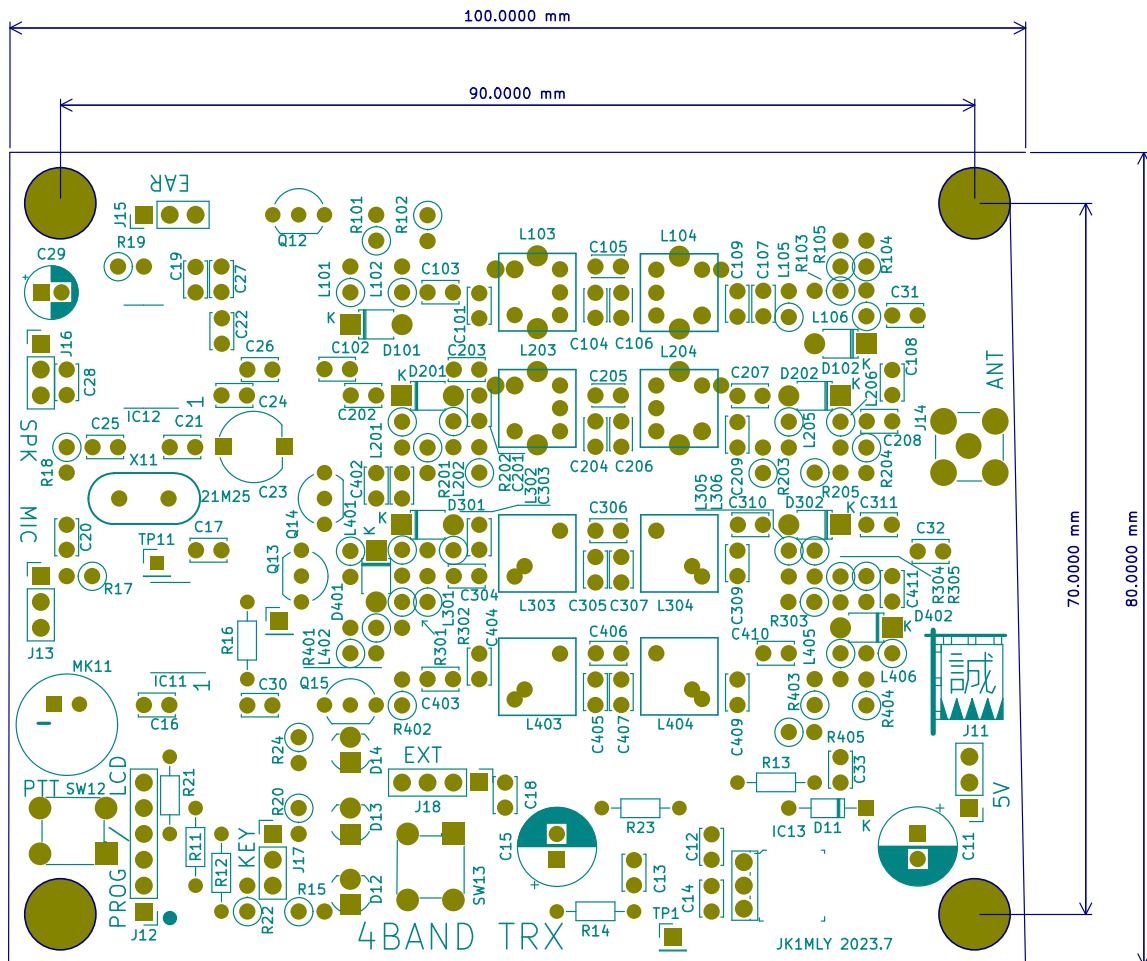
3 端子レギュレータ(IC13)は昔からの左右が IN/OUT なピン配置な部品を使うこと

PIC の入手性が落ちているので必要に応じ移植できること

バンドパスフィルタは入手できた・自作したコイルに対してチューニングして作ること

表示部を接続した状態で PIC をデバッグすることはできない

電源を切ると周波数などはデフォルトに戻る



オプション

機能を使う場合のみ実装する部品は以下となる

1. マイク実装

MK11, R17, SW12(PTT)

2. GND 共通な外部イヤホン（基本回路のスピーカは BTL）

J15, C29, R19

3. 機能拡張用（シリアル接続 LED を想定）

J18, R23

4. 機能拡張用（その他・予備回路）

SW13, TP11, TP12, R11, R18, R22

半田付

周辺部品との干渉から IC11（PIC・マイコン）、IC12（トランシーバ IC）、IC13（3 端子レギュレータ）は先に実装

あとは背の低い順にセラミックコンデンサ（積層を含む）、ダイオード（LED を含む）、トランジスタ（FET）、可変インダクタ（コアは抜く）、水晶、トリマ、スイッチ、抵抗、コネクタ、電解コンで実装

注意

LED、電解コンなど有極性部品はシルクに描かれた方向か半田付前に確認

参考

部分的に電源の確認を行いながら組み立てる場合、以下の抵抗で電源が分離できる

R14 レギュレータ出力の 3.3V（通電前のショートチェック、3.3V チェック）

R16 トランシーバ IC への 3.3V（必要に応じてフェライトビーズを実装するポイント）

R13 ダイオードスイッチへの 5V（必要に応じてフェライトビーズを実装するポイント）

バンドパスフィルタを変更・測定・調整する場合は、C26 をあとから実装する

（個々のバンドで実験・調整する場合は回路を追う、ダイオード SW の電源は R13 で切れる）

部品入手

多くの部品は[秋月電子](#)、[サトー電気](#)、[aitendo](#)などで購入できる

CAD データのデータシートの欄に秋月で扱いのある部品は通販コードが入っている

同等な部品に置き換え可能なので、部品箱にあるモノの利用、ふだんの購入先で調達し揃える

ただトランシーバ用の IC の入手が可能なことを確認しているのは [aitendo](#) のみである

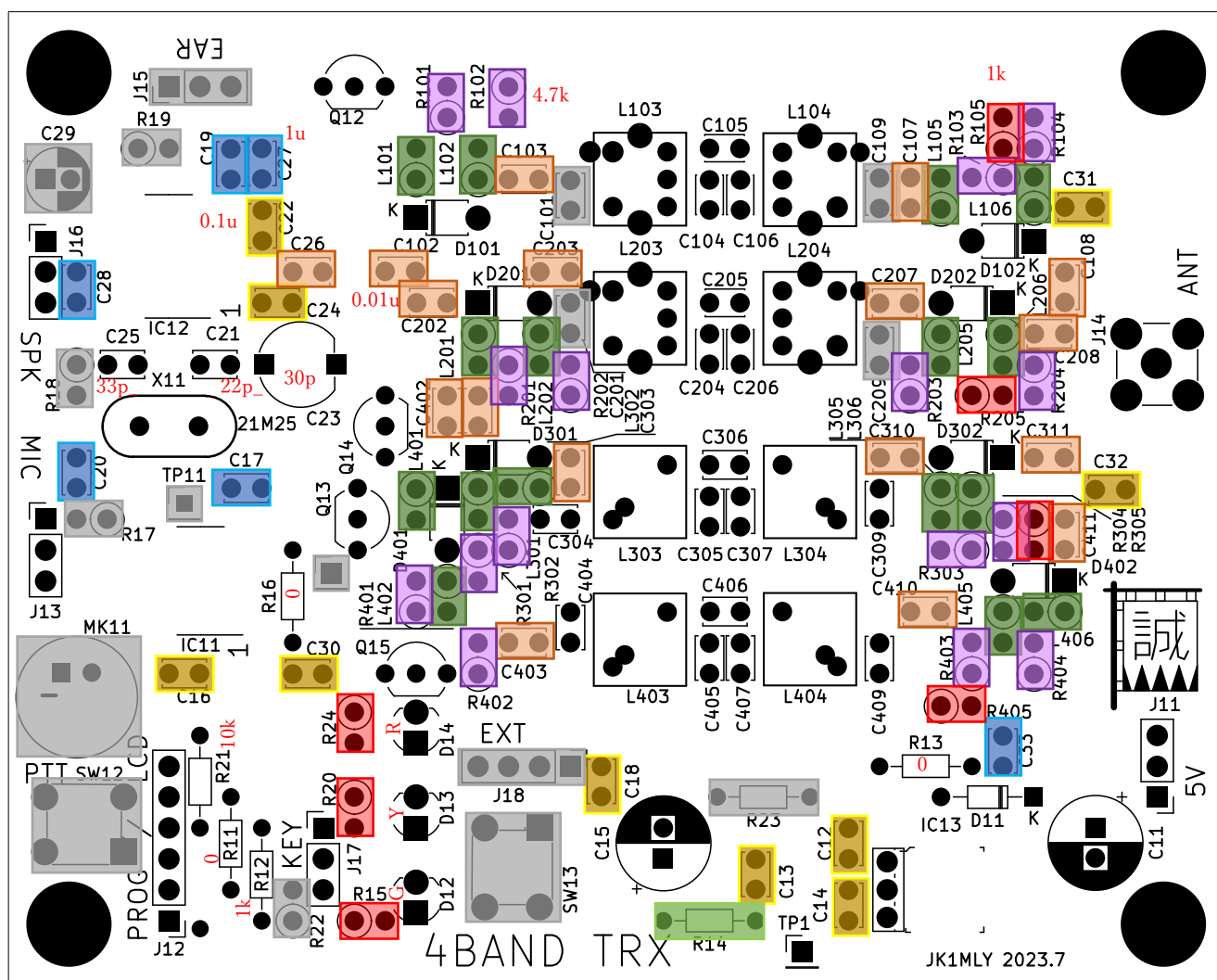
部品実装

実装数が多い抵抗、コンデンサと、標準状態での未実装部品の位置の参考図は下記

図面などに差がある場合には、基本的に CAD データの回路図を優先

BPF については回路図の値を参考にカット & トライしてみたい

R14 は 3.3V 出力を確認してから実装することを推奨



操作・表示回路

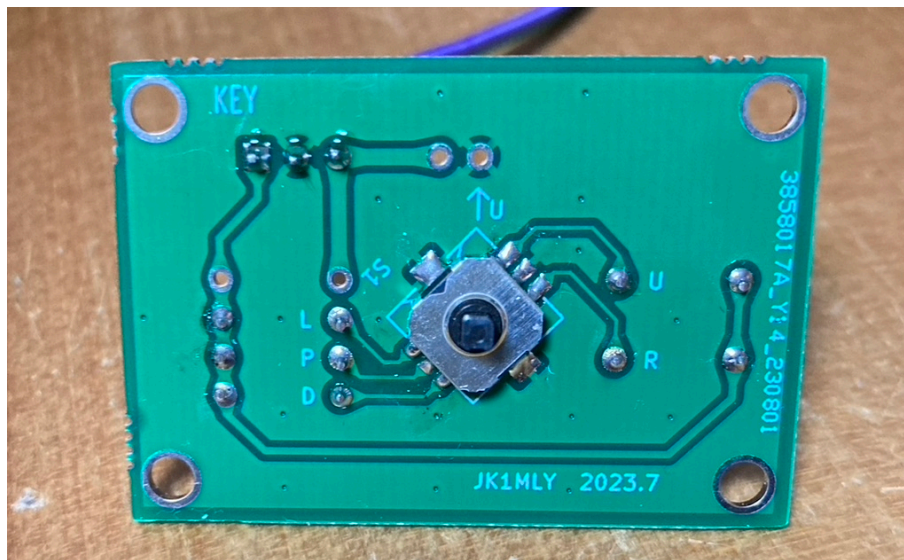
専用の基板も用意しているが、市販のキットでも対応は可能になっている。

操作は PIC でアナログ電圧を見て、スイッチ状態を把握することで行っている。

10k（固定）と 1.5k, 3.3k, 10k, 15k, 33k（各スイッチ）で分圧することで、概ね 1/8 ごとの電圧を得ている。

秋月のジョイスティック（5 ポジションスイッチ）D I P 化キット；K-15233 を利用し、ユニバーサル基板に抵抗を実装することでも実現できる。

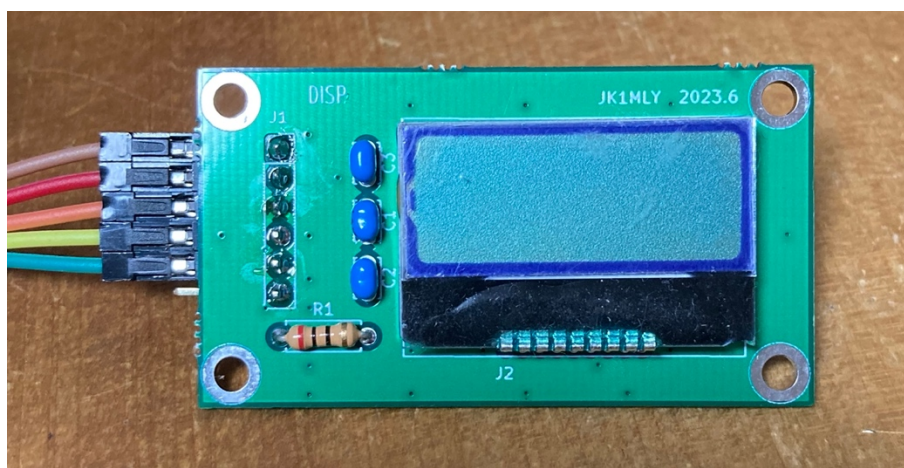
あるいはジョイスティックをタクトスイッチに分解して作っても良い。



表示は I2C で接続する LCD を使っている。

秋月電子の I2C 接続小型 LCD モジュール（バックライト付）ピッチ変換キット；K-12238 を使うことができる。

ピン数から I2C などシリアル接続でないと無理だが、他のデバイスに変更してプログラムを改造するのも良いと思う。



調整・確認

準備

5V 電源（充電電池 1.2V 4 本、乾電池 1.5V 3 本なども可）
各バンドを受信できる無線機または受信機
周波数カウンタ（無い場合は受信信号で調整）
3G まで確認できるスペクトラムアナライザ（JARD などへ実測スペクトラムを出すため）
アッテネータ（スペアナに入力できるレンジによっては不要）
PIC のコンパイル環境（[XIDE](#)）
PIC の書き込み環境（PicKit3 など）
終端器（ダミーロード）

調整

IC13 の入力側と GND、出力側と GND、入力側と GND がショートしていないことを確認
電源を供給し R14（未実装状態）に 3.3V が出ていることを確認
R14 を実装（R13, R16 は実装状態）
J12 に PicKit3 を接続
事前にプログラムをコンパイル
PIC にプログラムを書き込む
PicKit3 を外す
J17 に操作部（KEY）、J12 に表示部（DISP）を接続
J13 にマイク、J16 にスピーカを接続
電源を供給すると LCD に周波数表示が出る
J14 に周波数カウンタを接続
マイクの PTT を押して送信状態にする
（SW12 を実装する場合、スイッチを押す操作でも可）
周波数カウンタがない場合は J14 に終端器を接続、無線機などで聞いて合わせる
この場合、数十 kHz 周波数がズレていることもあるので上下も確認する
C23 で周波数を合わせる（電源 ON 時は 433M になる）

確認

操作部を操作し周波数が変わえられることを確認
左右で操作する桁、上下で値を変える
うまく動作しない場合、操作スイッチを操作したまま電源を入れる
操作している方向が表示されるので合っているか確認
PTT を押しても送信しない場合も同様にして確認
何も操作しない状態にすると通常動作に戻る
操作していないのにテスト状態が続く場合も確認が必要

データ取得

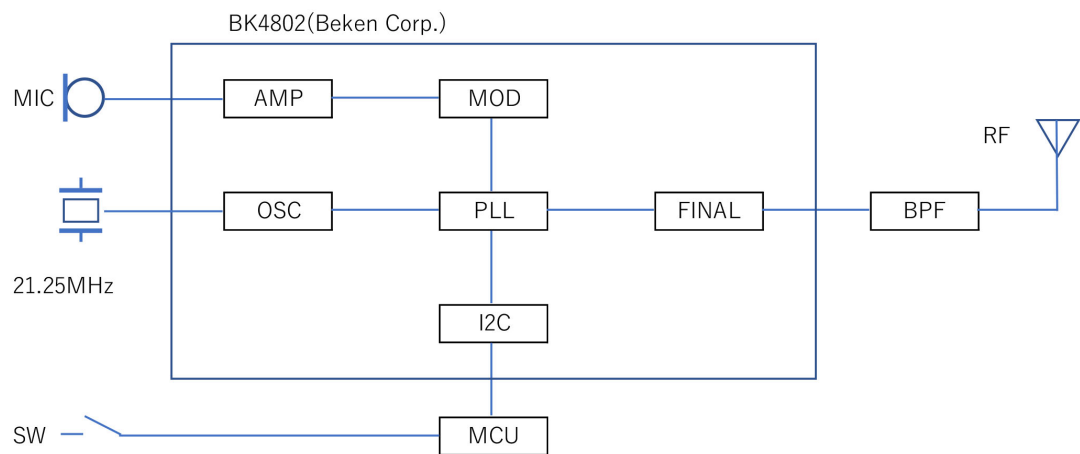
- J51 にスペクトラムアナライザを接続
- 接続する際は必要に応じてアッテネータを入れる
- 各バンドでスプリアスを測定
- 現状 430M 帯だと 3GHz までの測定が必要になる
- 変調波での測定を求められる場合は J13 から信号を入力
- 帯域外領域の波形を求められる場合は各バンドで取得

免許申請

- 取得した波形を添えて JARD など保証認定を受け無線機を追加する申請・届出を行う
- 系統図は以下となるので、「平成 17 年 12 月に施行された新スプリアス規格により設計・製作したもの」であることを明記して工事設計書に記載する

注

- 筆者が申請を行ったのはスペクトラム波形が必須となる前です
- このため波形を添付せず、設計内容の説明で保証認定を受けており、実申請の例はありません



参考資料として BK4802 のデータシート抜粋を付け 10mW の根拠とする。

Table 5Transmitter Characteristics

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating Frequency	F _{OP}	1	384	—	512	MHz
		2	128	—	170	
		3	35	—	57	
		4	24	—	32	
Output Power	POUT	5	-40	—	12	dBm
Adjacent Channel Power Rejection	ACPR	6		61	73	dB
Microphone Sensitivity	MICSENS	7		0.5		mV
TX SINAD	TSINAD	7		33		dB

実機での測定

いずれも GigaSt(<http://www.wa.commufa.jp/gigast/>)を使用、ATT10dB を入れて測定

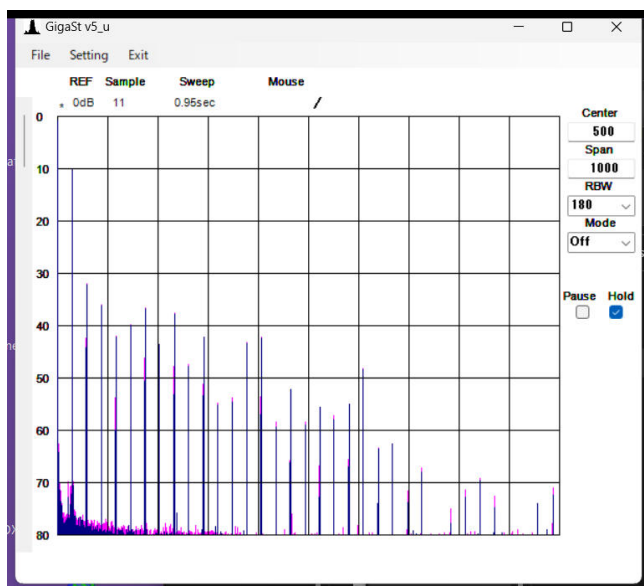
注：追加で ATT3dB 入れると改善し、測定系に問題があるので本来は下記より良い可能性が高い
(説明の書き方の参考なので値が正しくない可能性は無視・-28dBc 取れたら前者、無ければ後者)

基本波を最大出力の+12Bm、測定誤差 3dB とすると 0dBc で最大+15dBm(7mW)

これに対しスプリアス領域の最大は 50uW(-13dBm)なので 28dB 差があれば満たしている

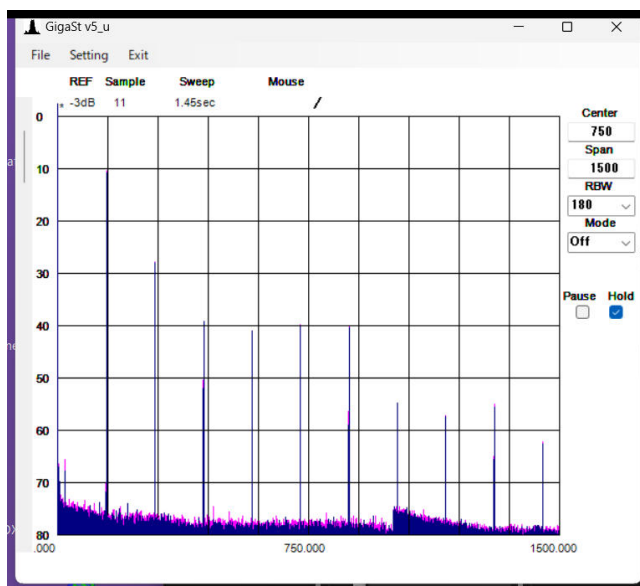
誤差誤差を 6dB とすると実測値が-19dBm より小さければ満たしている

29M (9k~1G)



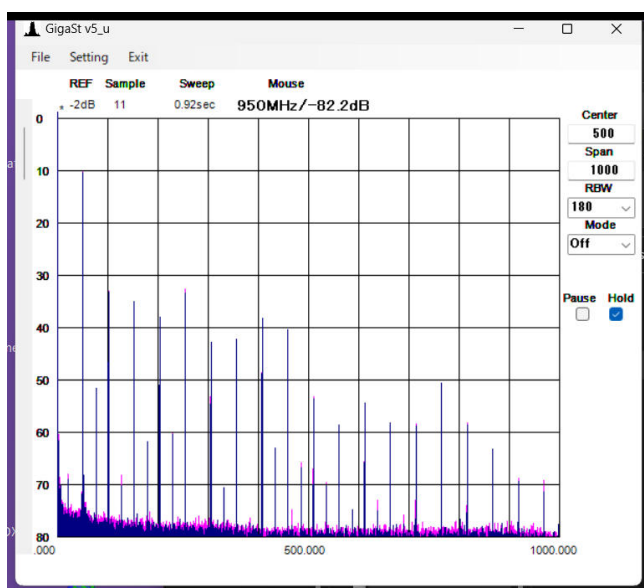
出力 0dBm 2倍比 -22dBc 実 -22dBm

145M (9k~1.5G;10 倍)



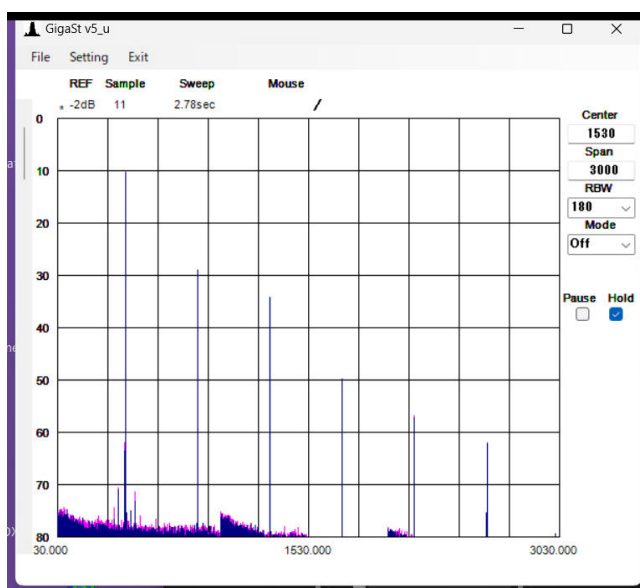
出力 -3dBm 2倍比 -18dBc 実 -21dBm

51M (9k~1G)



出力 -2dBm 2倍と5倍比 -23dBc 実 -25dBm

433M (30M~3G)

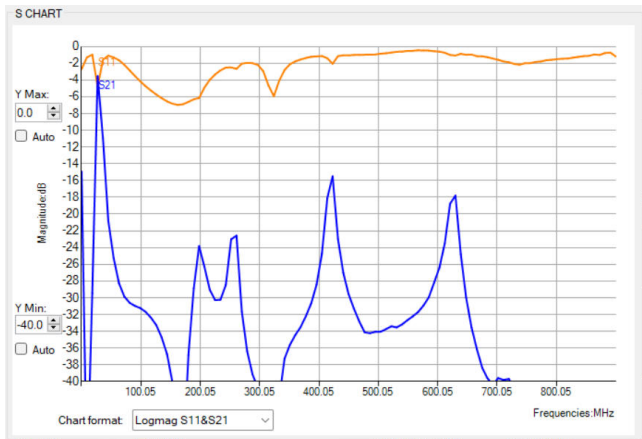


出力 -2dBm 2倍比 -19dBc 実 -21dBm

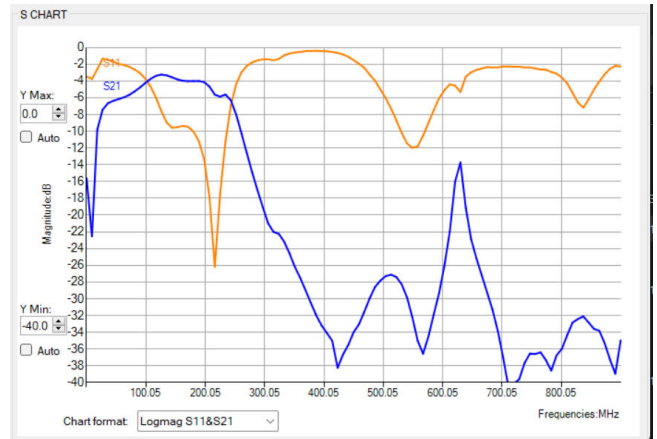
ダイオードスイッチを含む特性

JARD などに出す必要はない (C26 部分~J14 を NanoVNA で測定)

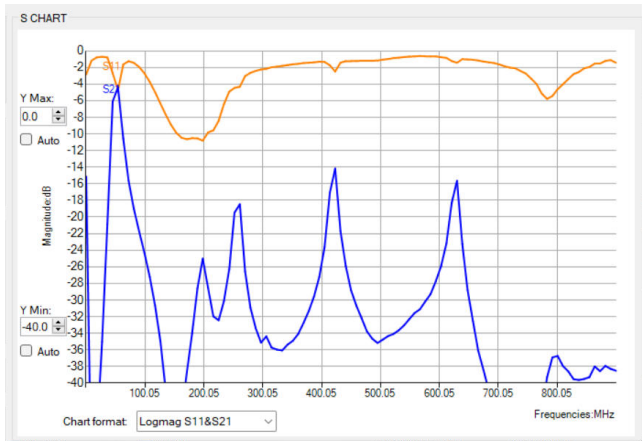
29M



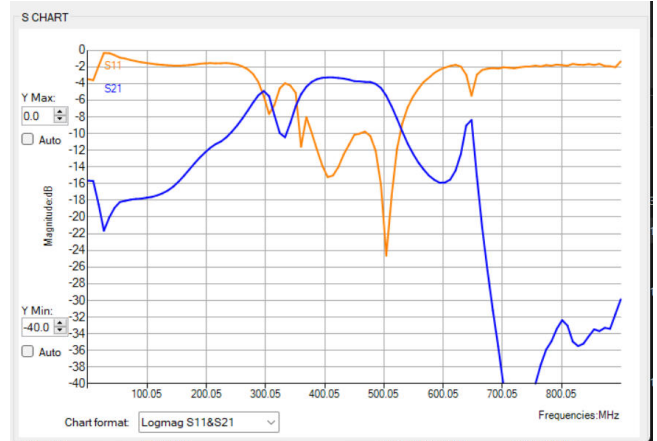
145M



51M



433M



ロス 4dB 程度、かなり BPF としては効果が低い状態です (たぶんアイソレーション不足)

145M と 433M で低い側がブロードなのは使っている回路のためです

もう少し 145M はチューニングで改善する可能性が高いです

(コアを抜いた状態で使う予定が、ズレから使用している状態になっている)

フィルタ計算の参考と可変コイルの参考は下記 URL

<https://rf-tools.com/lc-filter/>

<https://www.coilcraft.com/en-us/products/rf/tunable-rf-inductors/vertical-mount/uni5/>

回路図

基板の回路図などは GitHub に入っている

CAD は [KiCAD](#) を使っているが、pdf にした図面も入れてある

本体

<https://github.com/jk1mly/pcb-qrp-fm/tree/ver2023>

(ブランチ ver2023 が該当)

表示

<https://github.com/jk1mly/pcb-lcd>

操作

<https://github.com/jk1mly/pcb-key>

プログラム

動作させるには PIC のプログラムが必要になる

[Github](#) からソースコードをダウンロードしてコンパイルし、PicKit3 など書き込むソフトは 4 バンド用になっているので、モノバンドにする場合は変更する必要がある

<https://github.com/jk1mly/fm-trcv/tree/pic1705>

(ブランチ pic1705 が該当)

開発環境として X IDE を使った場合のソースコードになる

開発環境はマイクロチップの Web サイトからダウンロードして準備する

<https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-x-ide>

使うデバイスに合わせてプロジェクトを作成し、ダウンロードしたソースを取り込む
PIC16F1503 と PIC16F1705 についてはバイナリも用意してある (最新とは限らない)
(1503 は main ブランチ)

PICkit3 を使う場合、J12 でシルクの丸表示がある側とケーブルの三角表示を合わせる
電源は本体側から供給するので PICkit 側からは供給しない (デフォルト設定)

使い方

電源を ON すると 433.00M になる

操作基板のジョイスティックを右に動かすと B という表示なる

この状態では MHz 単位、バンドの上下ができる

さらに右にすると H、L となり、100kHz、10kHz（ステップは 20k）で上下できる

その先にある V はボリューム、S はスケルチ、P はパワー設定となる

PTT を押すと送信状態になる

使うマイクが ECM で電源が必要な場合は R17 を実装する

現時点ではスケルチを常にオープンする設定はない

現時点では周波数などの設定状態を保存する機能はない

注意

+8V などの電源が必要なマイクは使えない

ハンディ機用のマイクと PTT が兼用なピンになっているマイクは使えない

その他

概ねハムフェア 2023 から年内は下記 URL に記載される案内により、[Trello](#) で頒布基板、展示内容についてサポートやディスカッションを行う。

<https://www.prug.com>