

R909-DSP 受信機 (Arduino+Si4732+Si5351a+TA2003+LM386)

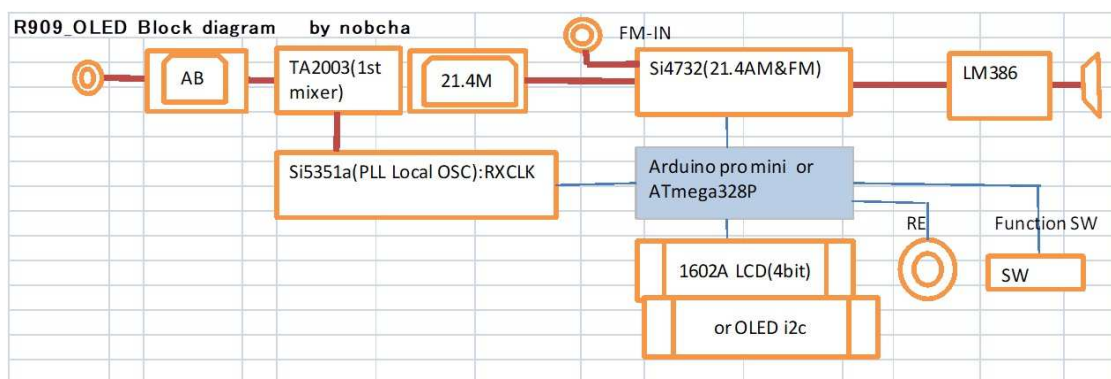
2025.01.19 tentative by nobcha

1. 始めに



-受信機の外観

R909-DSP1 は航空無線の受信と FM 放送の受信ができます。Si5351a, Si4732, TA2003 などの IC が使っています。Arduino が Si5351a を制御し受信周波数を決め、Si4732 は中間周波数 21.4MHz の受信機として動作します。FM 放送受信は Si4732 だけを使います。Arduino による Si4732 制御は PU2CLR のライブラリを利用しました。表示部の違いで 2 種類の構成があり、一つは LCD2 行の 1602A を使ったもの、もう一つは OLED(128x64 ビット)を使ったものです。OLED 表示の画面デザインは JCR さんの 10khz-to-225mhz-vfo 画面を参考にしました。



-回路ブロック図

この受信機の操作ではロータリーエンコーダとロータリーエンコーダに付いたプッシュスイッチを主に使います。

回路基板は Panel 部（CPU、表示、スイッチなど）と RF 部（ラジオや局発モジュールやアンプなど）の二枚で構成されます。また、Panel 部基板は二種あり、1602A の LCD 表示と OLED 表となっています。



・受信機のケース内部

2. R909-DSP1 (Si4732) 受信機の詳細

2.1 仕様

- ・受信帯域：航空無線帯域 AM; 118～136MHz, FM 放送帯域 FM: 76～109MHz
- ・感度：およそ -110dBm
- ・供給電源：DC+12V、およそ：110 mA
- ・音声出力：およそ 1W max, Φ 2.5 jack
- ・ケースの大きさ：38H x 88W x 100D、重量：およそ 250gm

2.2 回路と基板

回路は RF 部基板と Panel 部基板から構成されます。RF 部には初段フィルタ、ミキサの TA2003、局発の Si5351a モジュール、LM386 の音声アンプ、電源回路などが含まれています。Panel 部には CPU の

ATmega328P (Arduino ブートローダ付き、1602A 基板の場合は Arduino pro mini も使えるようになっている)と表示モジュール、スイッチが搭載されています。回路図は次に示す通りです。

Panel 部回路図 (1602A) : https://github.com/Nobcha/R909-SDR/5531_debug_panel_scm.pdf

Panel 部回路図 (OLED) : https://github.com/Nobcha/R909-SDR/R909-SDR-Panel_OLED_scm.pdf

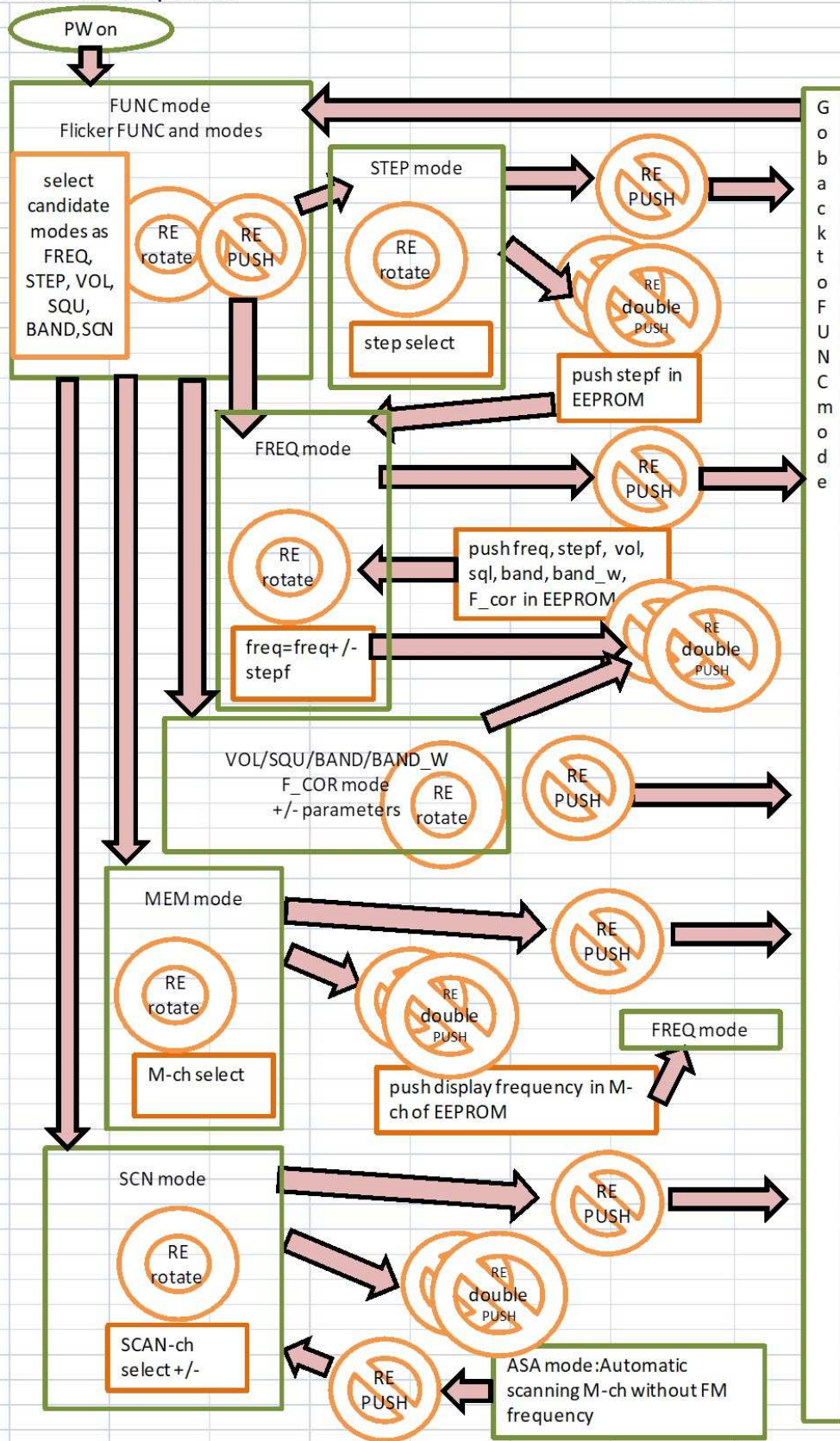
RF 部回路図 : https://github.com/Nobcha/R909-SDR/4732_2003_386_RF_scm.pdf

2.3 操作について

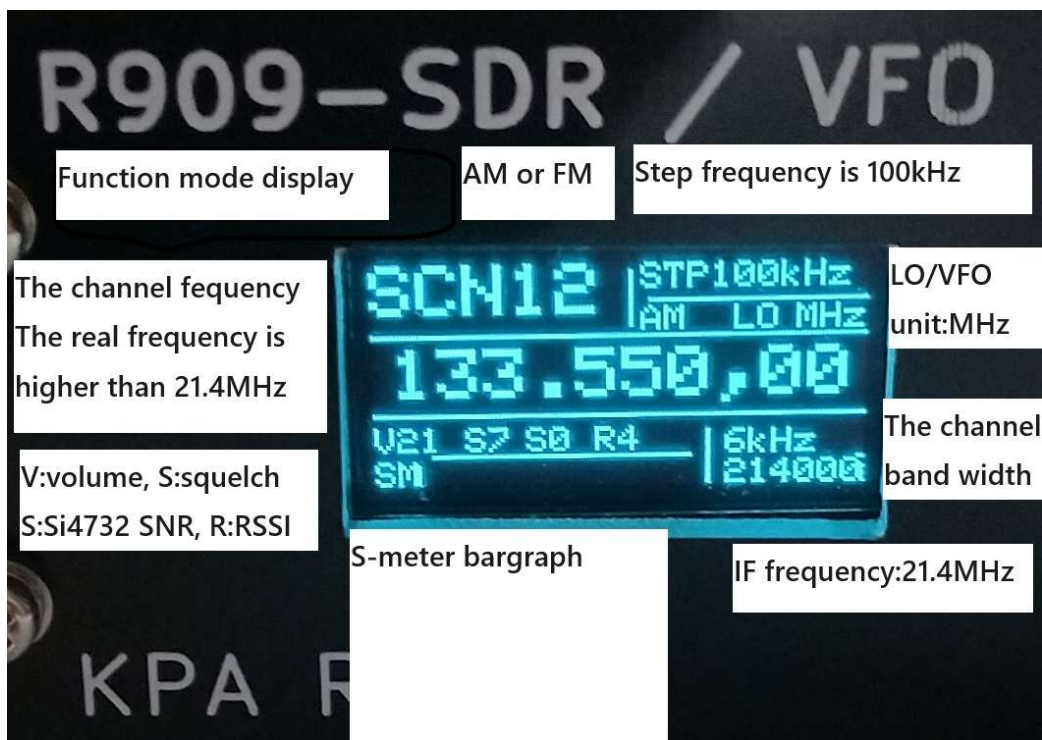
機能操作はロータリーエンコーダとロータリーエンコーダについたプッシュスイッチで行う。3つの操作モードがあります。機能 (FUNC) を選択するモード、各機能の中でパラメータの増減、そして、現状データを EEPROM へ記憶させるモードです。機能名称と FUNC が交互表示されているときはロータリーエンコーダを回すと機能が次々と変わります。プッシュスイッチを押すと今点滅表示されている機能を選択します。機能操作の中ではロータリーエンコーダはパラメータの増減に使われます。プッシュスイッチを一回押すと設定パラメータを確定し、機能選択モードに戻り、また、機能名称と FUNC が交互表示されます。一回押しでなく二回押し (ダブルクリック) だと、パラメータを EEPROM に書き込んで元に戻ります。操作の流れについて下記のフスローチャート図に示しました。

機能として次の 10 種類が用意されています。

- **Func**: 各機能を選択するモードである。
- **FRQ**: 周波数を設定するモードで、STP で指定されたステップ周波数単位でインCREMENT、デCREMENTする。
- **STP**: ステップ周波数単位を次から選択。10Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz, 1MHz, and 25kHz
- **MEM**: 表示されている周波数を記憶するメモリー番号 (50 種) を選ぶ。
- **SCN**: 周波数記憶したメモリー番号 (50 種) を選び、呼び出し
- **VOL**: ボリュームの値を選ぶ
- **SQU**: スケルチの値を選ぶ
- **BAND**: AM モードか FM モードを選ぶ
- **BAND_W**: Si4732 の受信帯域を次から選ぶ 1Hz, 1.5kHz, 2kHz, 4kHz, and 6kHz
- **F_COR**: Si5351a の基本発振周波数 25MHz を精度補正值を設定



・操作の流れ



・ OLED 表示の場合の表示項目

[-Youtube video](#)

2.4 スケッチについて

スケッチにはいくつかの汎用ライブラリや個別ライブラリ、またスケッチ事例を引用させていただき、校正しています。また、1602A 版と OLED 版の二種類のスケッチがあります。

ATmega328P には Arduino UNO のブートローダを書き込んで使っています。(もちろん、ブートローダ書き込み済の市販品も使えます)

1602A 版 <https://github.com/Nobcha/R909-SDR/>

OLED 版 https://github.com/Nobcha/R909-SDR/R909-SDR-OLED_test3.ino

There are the diagnostic sketches for testing the hardware, as i2c scanner and USB serial controlling Si4732.

https://github.com/Nobcha/R909-SDR/i2c_scanner_R909PANEL.zip

https://github.com/Nobcha/R909-SDR/SI4735_01_POC_5351.ino

3. 基板の組み立て方

3.1 Panel 部 PCB

1602A 版 PCB では Arduino を ATmega328P なのか、Arduino pro mini どちらにするかで部品構成が変わります。

CRD 部品は表面実装を使っていますので、まずはそれらから実装してください。その後背の低い DIP 部品を実装します。部品は A 面だけでなく B 面にも実装しますのでご注意ください。

https://github.com/Nobcha/R909-SDR/R909-SDR-Panel_OLED_bom.pdf

https://github.com/Nobcha/R909-SDR/5531_debug_panel_bom.pdf

Arduino や ATmega328P はソケットを使用します。OLED,LED,SW,ロータリーエンコーダはフロントにつける意匠パネルとの位置関係があるので注意して取り付けて下さい。

基板への部品実装がうまくいったかどうかは i2c アドレススキャンプログラムを用いて確認ができます。

OLED のアドレス 0x3c が結果表示されるなら組立は成功です。



- ・ 部品はんだ付け後調整中

3.2 RF 部 PCB

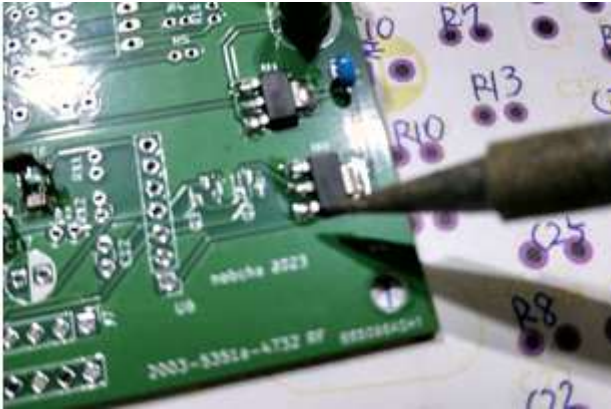
まずは部品リストに従い、部品を用意します。使い方で要否判定しないといけない部品があるのでよく注意してください。

https://github.com/Nobcha/R909-SDR/R909-SDR-Panel_OLED_bom.pdf

部品実装を手掛ける前にコイルの用意が必要です。ドリルビットなどを利用し、エナメル線で空芯コイルを巻きます。トロイダルコイルも必要です。

https://github.com/Nobcha/R909-SDR/coils_R909-SDR.pdf

こちらの基板もまずは表面実装部品を取り付けます。Si4732 などの IC は周りに何も無い第一歩目にはんだ付けします。



表面部品実装後、背の低い部品から DIP 部品やピンヘッダコネクタをはんだ付けします。

組立がうまくいったかどうかは、Panel 部 PCB と同じく i2c アドレススキャンプログラムを用いて確認ができます。Si4732 のアドレス 0x11 や Si5351a のアドレス 0x60 が結果表示されるなら組立は成功です。

3.3 調整

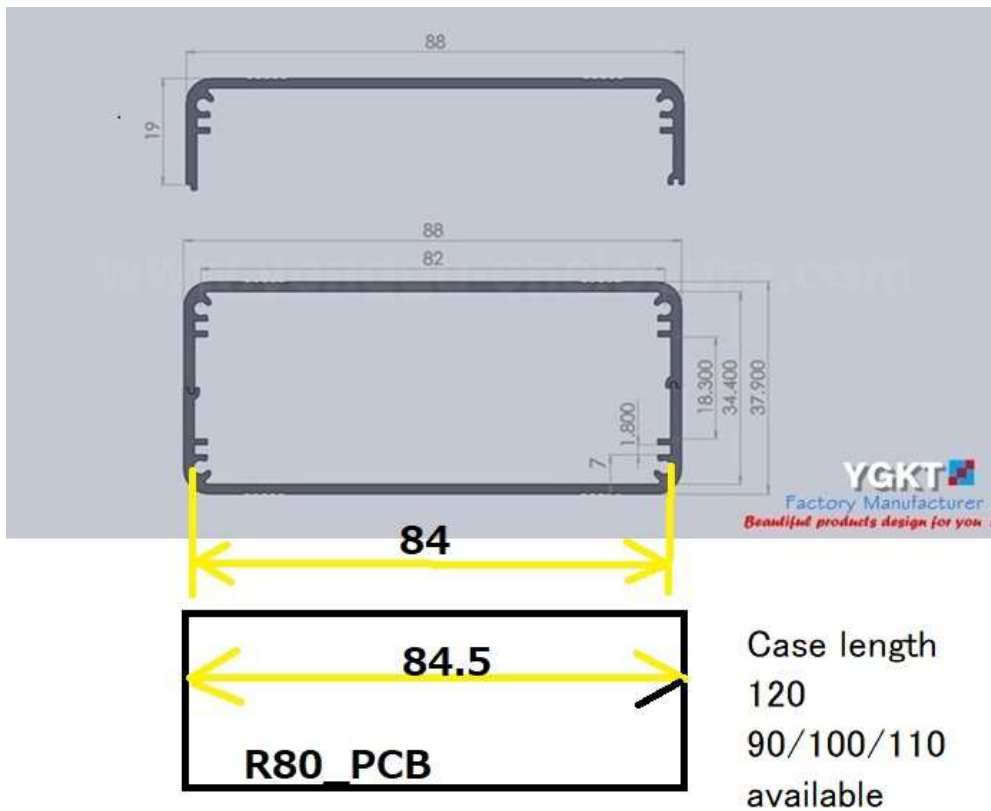
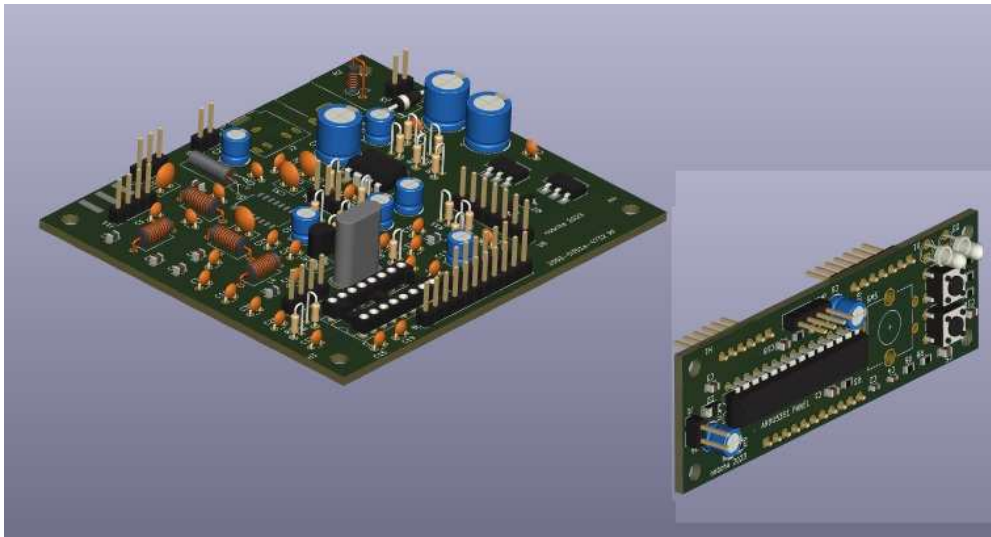
コイルのパラメータ確認や、初段帯域フィルタの特性調整には nano VNA とか LC メーターがあると便利です。.

また、動作確認には航空無線帯域内の微弱信号が用意できるとよいと思います。水晶発振器の高調波 (20MHz 台近辺の水晶なら 6 倍波ぐらいです) が使えます。空港の近辺なら、ATIS 受信が便利です。tiny SA ultra があれば、1 dB ステップで変調信号付き該当周波数も簡単設定できる信号発生器が付いていますので、あると便利です。

3. 基板をケースに入れる

38x88x100 アルミダイキャストケースに R F 基板をスライド挿入し、前面アルミ板に Panel 基板を取り付けます。

パネルのアルミ板加工が大変なので、替わりにプリント基板で前後面パネルを設計しました。



前面パネルへの OLED 版パネル基板の取付は M2.6 で 15mmh のスタッドを使います。



4. Errata リスト

回路設計、基板パターン設計、基板組み立て、調整し、動作し、スケッチを動かしました。途中で見つかったエラー情報は次の通りです。

R909 SDR Radio PCB errata			2025.01.19
#	Problem	PCB	To make change
1	No power	25mm Panel PCB	On panel PCB: To connect VCC of P1(COM) with any +5V
2	Irregal 5V power current	Debug Panel PCB	On debug panel PCB: To cut the trace between Vin and +12V input
3	Si4732 was not active	RF PCB	To connect Si4732#15(GND) with B plane GND pattern thorough PCB (Si4732 was floating)
4	Si4732 was not active	RF PCB	To pull up A3 of J8's#5 with 10k ohm (Si4732 reset inactive)
5	Low gain of Si4732	RF PCB	To change R1 of 10kohm into 1k ohm
6	Low gain of Si4732	RF PCB	To cut the trace between C41both pins
7	Low gain of Si4732	RF PCB	To short 3k ohm of R6 and R8
8	Mute logic	RF PCB	To remove 100k ohm of R13
9	Low gain of Si4732	RF PCB	To change R1 of resister into 400nH coil (ie:T37-2 10t)
10	To reduce noise	25mm Panel PCB	To change capacitors value for C6 as 47uF and to jump C6 +node with 5V (J7#10) (circuit mistaken)
11	To reduce noise	Debug Panel PCB	To change capacitors value for C4 and C6 as 47uF
12	To reduce noise	RF PCB	To add 470uF capacitor on +5V line (To use J7's #1 and #2)
13	Low gain of 2SC3356	RF PCB	To twist the lead wire of 2SC3356(1:B, 2:E, 3:C) for the PCB pattern being wrong(1:E, 2:C, 3:B).
14	Parts value	25mm Panel PCB	R2:390 (330/390 both OK)
15	Parts value	25mm Panel PCB	C22,23:0.15u (0.22/0.15 both OK)
16	Parts name	RF PCB	Y1:21.4MHz crysyal filter (ie:21M07A, 21M15A etc)
17	Parts name	RF PCB	Y2:32.768kHz crystal
18	Parts value	RF PCB	C21,C24:12pF
19	To reduce noise	RF PCB	To add SMD 0.1uF capacitor on LT1117-5.3.3 output line (#1 and #2)

5.参照、引用に対しての感謝

この開発にきっかけを与えてくれた Jason さん、9H5BM に感謝します。また OLED 画面デザインは Cesar Sound さんの VFO 試作を参考にしました。Si4732 の制御ライブラリは Ricardo Lima Caratti,pu2clr を使いました。Si5351a は Arduino フラッシュ容量を減らすため上保博士、JF3HZB のスケッチを使いました。その他にも Arduino 関連、Si4732,Si5351a 関連のコミュニティのみなさんの情報に助けられたことに感謝します。

Jason kits,9H5BM:<https://www.facebook.com/profile.php?id=100012257914763>

Ricardo Lima Caratti,pu2clr:<https://github.com/pu2clr>

上保 徹志 (Tetsuji Uebo),JF3HZB:<https://tj-lab.org/2017/03/13/si5351/>

CesarSound:<https://www.hackster.io/CesarSound/10khz-to-225mhz-vfo-rf-generator-with-si5351-version-2-bfa619>