

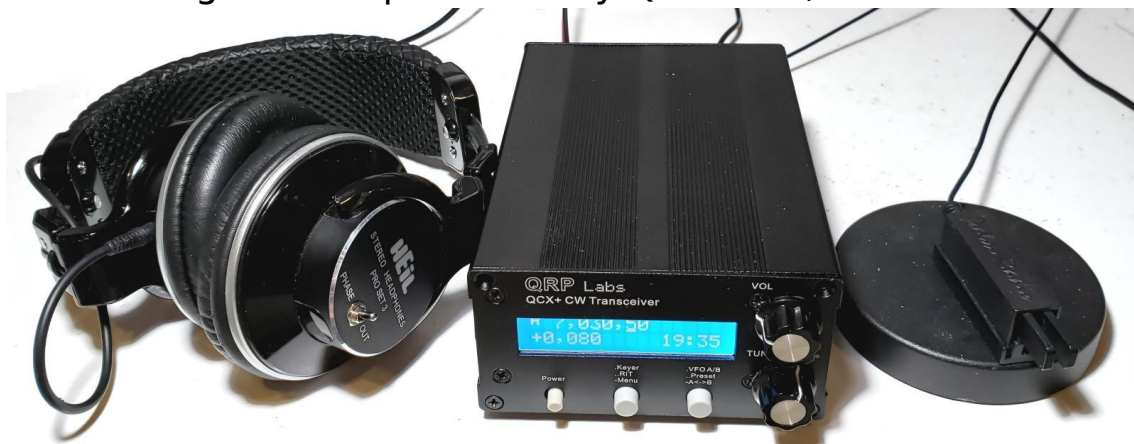
## QCX+ 5W CW トランシーバーキット組み立て指示書

### その2

(ファイルサイズが大きいため文書を2部に分けてあります)

The “QCX+”: シングルバンド 高性能5 W CW トランシーバ  
内蔵アラインメント調整、内蔵テスト機構  
Iambic キーヤー、WSPR ビーコンモード、更に多数・・・

Designed and produced by QRP Labs, 2017-2020



pictured with:

Heil Sound Pro Set 3 headphones <https://heilsound.com/products/pro-set-3/>

and

Palm Radio pico paddle <http://palm-radio.de>

日本語訳； by JK1EDS (Max Satoh)

誤訳による損害等には責任を持ちません。 ご了承ください。

## 内容

3.56 フロントパネル PCB に抵抗 R44 と R65 を取り付ける.....	4
3.57 270 オーム抵抗 R48 を取り付ける.....	4

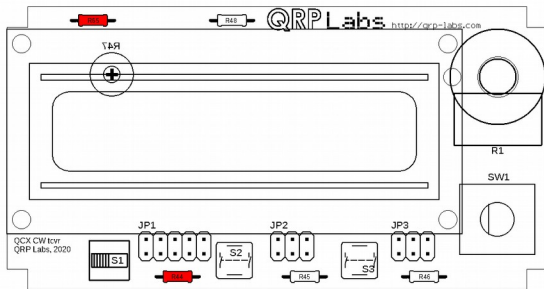
3.58 1KΩ 抵抗 R45 を取り付ける.....	4
3.59 10KΩ 抵抗 R46 を取り付ける.....	4
3.60 2x5-ピンヘッダー コネクターソケット JP1 の取り付け.....	5
3.61 2つの2x3-ピンヘッダー コネクターソケット JP2、JP3 の取り付け.....	5
3.62 22KΩ トリマー ポテンションメーター R47 の取り付け.....	6
3.63 ボタンスイッチ S2 と S3 の取り付け.....	6
3.64 On/Off スイッチ S1 の取り付け.....	7
3.65 ロータリー エンコーダー の取り付け.....	7
3.66 ゲインコントロール ポテンションメーター（ボリューム） の取り付け.....	8
3.67 LCD（液晶）モジュール の取り付け.....	8
3.68 つまみ の取り付け.....	9
3.69 オプションの TCXO モジュール の取り付け.....	9
3.70 マイクロコントローラー の取り付け.....	11
3.71 2つの基板の接続.....	11
3.72 オプションのエンクロージャー に取り付ける.....	11
3.73 基本操作のために必要な接続について.....	12
3.74 調節（Adjustment）と 調整(Alignment).....	13
3.75 実験、修正 と QCX+ 開発キット.....	18
3.76 QCX+ GPS インターフェース と PTT 出力.....	21
3.77 QCX+ CAT ポート.....	24
4. 取り扱い説明書（取扱説明書は別冊）.....	24
5. QCX+の回路設計.....	25
5.1 ブロックダイアグラムと要約.....	25
5.2 回路図.....	26
5.3 合成発信機.....	27
5.4 送信/受信 切り替えスイッチ.....	29
5.5 バンドパス、位相分割、QSD、プリアンプ.....	29
5.6 90度オーディオ位相シフト.....	31
5.7 CW フィルター.....	32
5.8 オーディオ増幅器（オーディオアンプ）.....	32
5.9 送信信号の経路とパワーアンプドライバー.....	34
5.10 クラス E パワーアンプ（出力増幅器）.....	35
5.11 ローパスフィルター（Low Pass Filter）.....	37
5.12 Key-shaping 回路.....	37
5.13 マイクロコントローラー.....	38
ATmega328P プロセッサ.....	39
チューニング時のクリック音の削減.....	39
LCD（Liquid Crystal Display）モジュール.....	40

サイドトーン.....	40
キーパドル、ロータリーエンコーダースイッチボタン.....	41
送信/受信切り替えスイッチ制御 と キーアウト信号.....	43
5.14 GPS インターフェース オプション.....	44
5.15 In Circuit Programming (ISP) インターフェース.....	45
5.16 Test 装置.....	45
DVM (Degiral Volume Meter) と RF パワー計.....	45
オーディオ ADC (Analog Degital Conversion) .....	46
周波数カウンター.....	47
シグナルジェネレーター.....	47
シグナルジェネレーターと周波数カウンターのセルフテスト.....	47
5.17 5V 電圧レギュレーター.....	48
6. こんな時はどうする？.....	49
6.1 LCD がブランク または 四角い箱が表示される.....	49
6.2 LCD のバックライトが点灯しない.....	49
6.3 ブロックの行が上段に表示される.....	49
6.4 DC 電圧の読み.....	50
6.5 RF パワー出力のチェック.....	53
7. 測定結果.....	54
7.1 器具.....	54
7.2 トランシーバーの電流消費.....	54
7.3 送信パワー出力.....	55
7.4 クラスエパワーアンプ Class ドレイン波形.....	56
7.5 RF エンベロープ key-shaping.....	56
7.7 バンドパス入力フィルターの特性.....	57
7.8 直交位相検波のバンド幅.....	60
7.9 CW フィルターのレスポンス.....	60
7.10 不要サイドバンドの拒否.....	61
8. QCX+操作参照カード“ <b>cheat sheet</b> ”.....	63
9. 資料.....	64

### 3.56 フロントパネル PCB に抵抗 R44 と R65 を取り付ける

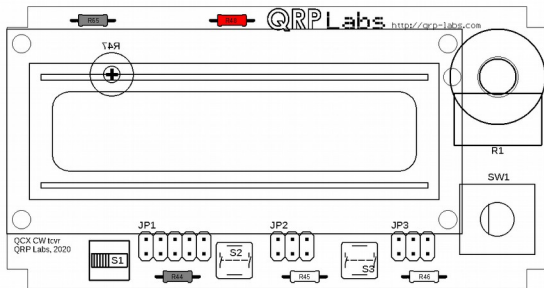
R44 と R65 は 3.3K $\Omega$  の抵抗です。

カラーコードは、オレンジ-オレンジ-黒-茶-茶です。 フロント PCB に下記のように取り付けます。



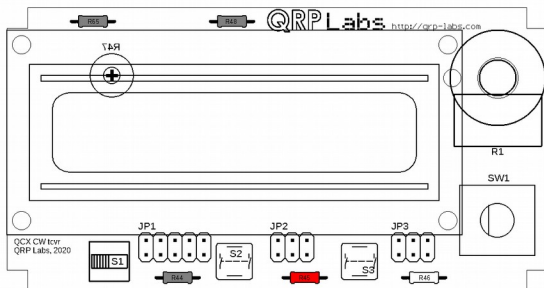
### 3.57 270 オーム抵抗 R48 を取り付ける

カラーコードは、赤-紫-黒-黒-茶 です。



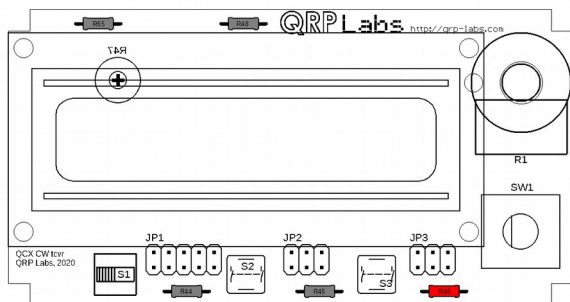
### 3.58 1K $\Omega$ 抵抗 R45 を取り付ける

カラーコードは、茶-黒-黒-茶-茶 です。



### 3.59 10K $\Omega$ 抵抗 R46 を取り付ける

カラーコードは、茶-黒-黒-赤-茶 です。

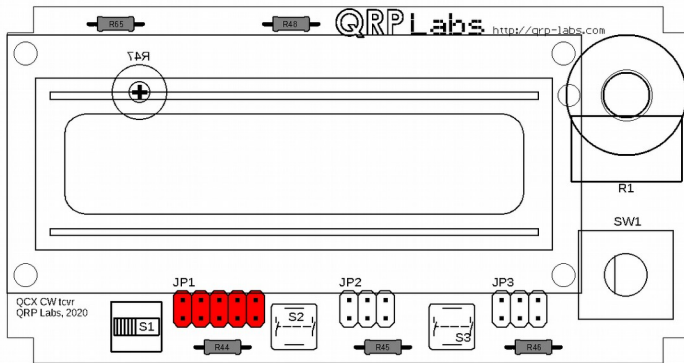


### 3.60 2x5-ピンヘッダー コネクターソケット JP1 の取り付け

**この2x5-ピンヘッダーは、フロントパネルPCBの底側に取り付けねばなりません！**

2x5-ピンヘッダー コネクターソケットを PCB の逆（底）側に取りつけます。それはメインリアPCBのピンヘッダープラグに接続されることになります。最大の注意をもって、PCBの正しい側に、これを半田付けしてください。今間違うと、後で取り外すことが不可能になります。ピンは半田付けするには少し硬めです。半田ごては高目の温度がやりやすいでしょう。

**コネクターのボディがPCBの底側に乗ります。半田付けはPCBの正面側から行います。**

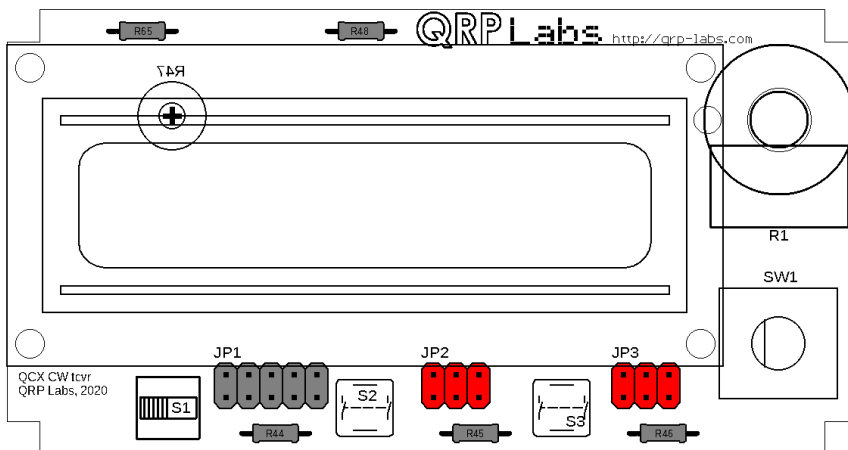


### 3.61 2つの2x3-ピンヘッダー コネクターソケット JP2、JP3 の取り付け

**この2x3-ピンヘッダーは、フロントパネルPCBの底側に取り付けねばなりません！**

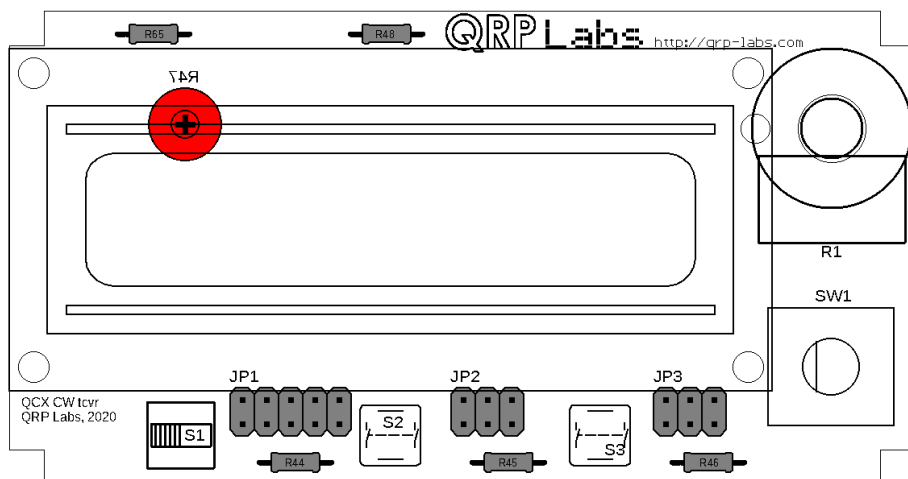
2x3-ピンヘッダー コネクターソケットを PCB の逆（底）側に取りつけます。これらはメインリアQCX+ PCB上のピンヘッダー プラグと接続されることになります。取り付けは前の項を参照してください。同じようにして取り付けます。

最大の注意をもって、PCBの正しい側に、これを半田付けしてください。今間違うと、後で取り外すことが不可能になります。



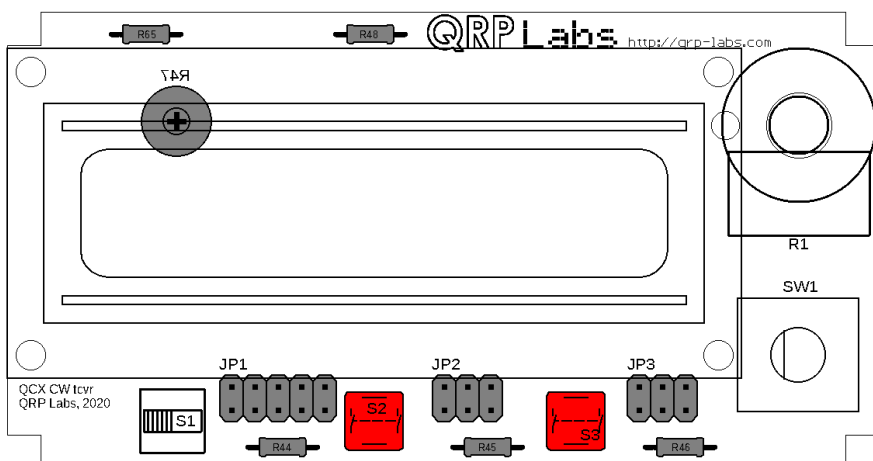
### 3.62 22KΩ トリマー ポテンションメーター R47 の取り付け

22KΩのトリマー ポテンションメーターは、これも、フロントパネルPCBの逆（底）側に取り付けねばなりません。 PCBの表（前）側から注意深くピンを半田付けします。 このトリマー ポテンションメーターは、LCD モジュールの下になりますから PCBの裏側に取り付けねばならないのです。



### 3.63 ボタンスイッチ S2 と S3 の取り付け

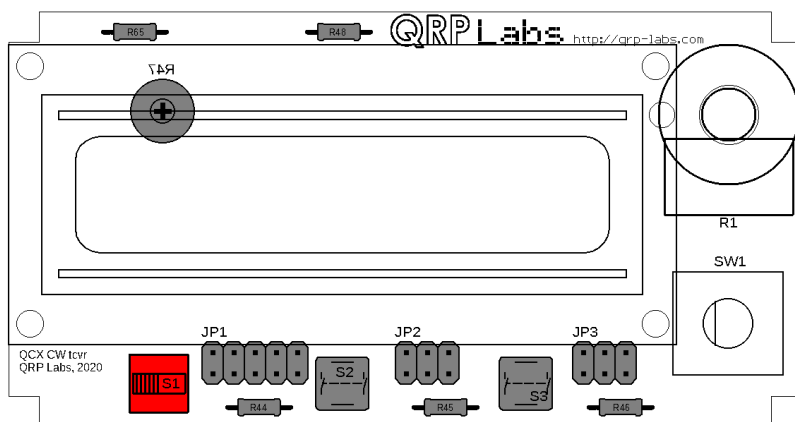
2つの6x6x12mmのタクトボタンスイッチを図のように取り付けます。 ボタンキャップもボタンに取り付けます。



### 3.64 On/Off スイッチ S1 の取り付け

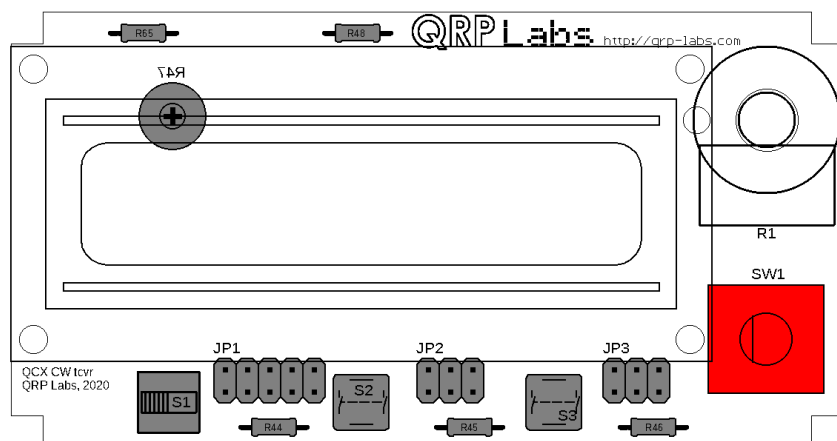
オン/オフスイッチには向きがあります。正しい向きで取り付けます。ボタンを押しこんだ状態が“ON”になり、ボタンが飛び出した状態が“OFF”となります。

**正しい向きは、スイッチ前面の白いボディの中にある小さい黒い四角形、が左になるように：黒の2本線がスイッチボディの右側になるように配置します。**



### 3.65 ロータリー エンコーダー の取り付け

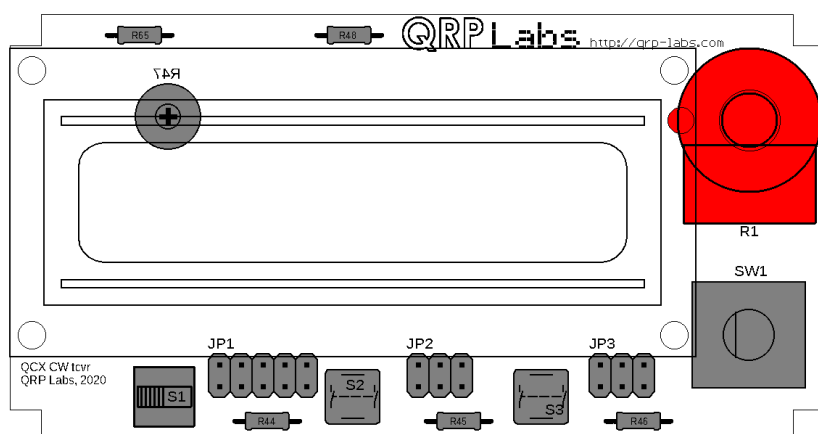
このスイッチには、7つの半田用パッドがついています：5つが電氣的接続用で、2つの大きいタブは機械的な安定性のためです。大きいグランドタブは、うまく半田付けするにはより高い熱が必要です。



### 3.66 ゲインコントロール ポテンションメーター（ボリューム） の取り付け

ポテンションメーターからナットを取り外します。 シャフトをPCBの穴に通し、注意してボルトを取り付け、プライヤで締め付けます。 メタルケース上に空転防止用のタブがあり、メインシャフトの穴の右側に小さい穴にフィットします。 タブ穴は C52 に近く、ポテンションメーターの右にあります。 ナットの締め込み時に、ピンが、対応する PCB 上のパッドと整列するように確かめてください。 **このポテンションメーターに関しては注意をもって対処してください。 ナットは締め過ぎないように。 ポテンションメーターはデリケートな部品ですから。**

3本の部品足の切れ端をPCBの穴に半田付けします。 そしてそれらの他の端をゲインコントロール（音量調節）用ポテンションメーター（可変抵抗器）の各電極に半田付けします。



### 3.67 LCD（液晶）モジュール の取り付け

LCDモジュールは、本来、半田で取り付けます。 もともとコネクタを使ったプラグイン取り付けではないのですが、ここでは1x16-ピンヘッダーコネクタを使って、フロントパネルPCBとLCDモジュールとの配線を作ります。 下図のオレンジ色で示した位置です。

正しく位置取りするために、2つの黒い20mm長のM3ネジをLCDの2つの穴に取り付けます。 下図の赤でしめした位置です。 M3のナイロンナットを各ネジにねじ込みます。 ネジをフロントパネルPCB上の対応する穴に押し込みます。 この時1x16-ピンヘッダーのボディを、LCDとフロントパネルPCBでサンドイッチします。 1x16-ピンヘッダーの向きは、ピンのショートエンドがLCDモジュールの前面から出て、ピンのロングエンドがフロントパネルPCBの裏側からくる形になります。 そしてM3ナイロンナットで、LCDモジュールをしっかりと正しい位置にして、固定します。

この段階では、LCDモジュールの下部の2つの隅をフロントパネルPCBに固定するための、2つのネジで固定することは必要ありません。 このネジは、いずれにせよ、も一度取り外すので（QCX+の標準エンクロージャーに入れることを想定しています）この段階で取り付ける必要が無いのです。

自作のエンクロージャーを使う場合は、必要ならばネジを取り付けてください。

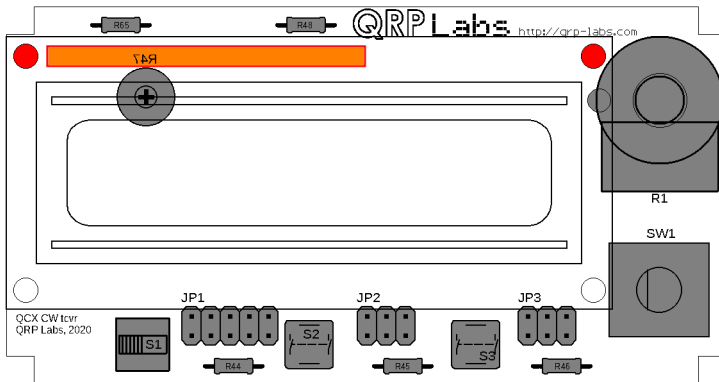
注：SW1（ロータリーエンコーダー）の隣のネジは、ロータリーエンコーダーのピンがあるので、干渉します。 でも、フィットするように出来ています。 忍耐強くやってください。



さて、ここで LCD モジュールが所定の位置にボルト締め出来ました、間に 1x16-ピンヘッダーがあります。ピンを両側から半田付けする必要があります：LCD モジュールの前面から、と、フロントパネル PCB の裏側から、の半田付けになります。

注意：LCD モジュールの中央の 4 つのピンは、どこにも接続されません。必要ならば、これら（4 つのピン）は省略できます。その場合、1x16-ピンヘッダーを次の 3 つの断片に分けます：

- 1x6-pin セクション LCD モジュールのピン 1-6、左側
- 1x6-pin セクション LCD モジュールのピン 11-16、右側
- 1x4-pin セクション 中央部はギャップとして放置、そうすればその 4 ピンヘッダーは必要ならば他の用途に使えます：例えば、メインボードの DVM/RF パワーヘッダーのコネクタなんか。



### 3.68 つまみ の取り付け

黒いつまみが 2 つ入っています。1 つはロータリーエンコーダー用、もう一つはゲインコントロール（音量調節）用です。ゲインコントロールつまみを取り付けたら、反時計回りに目いっぱい回した時に、つまみの白いポインターが PCB の左下コーナーに向くようにしてください。これが音量調節つまみの従来の位置です。QCX+の公式エンクロージャーを使う場合、無線機をエンクロージャーに取り付けた後でつまみを合わせる必要があります。エンクロージャーに入れる前に無線機をテストしたければ、今一時的につまみを合わせてもよいでしょう。

### 3.69 オプションの TCXO モジュール の取り付け

TXCO モジュールの取り付けには、XTAL2（27MHz 水晶発振器）と C2（0.1 $\mu$ F キャパシタ、コード“104”）を取り付けてないことが必要です。もし、これを後付けする場合には、C2 と XTAL2 を取り外し、理想的には取付穴を綺麗にする必要があります。さもなければ、単に穴を熱し、部品の足の切れ端を穴に入れるのも良いでしょう。小さい TCXO モジュールの PCB は、写真のように、XTAL2 の位置に取りつけます。27MHz 水晶発振器と入れ替えます。TCXO モ



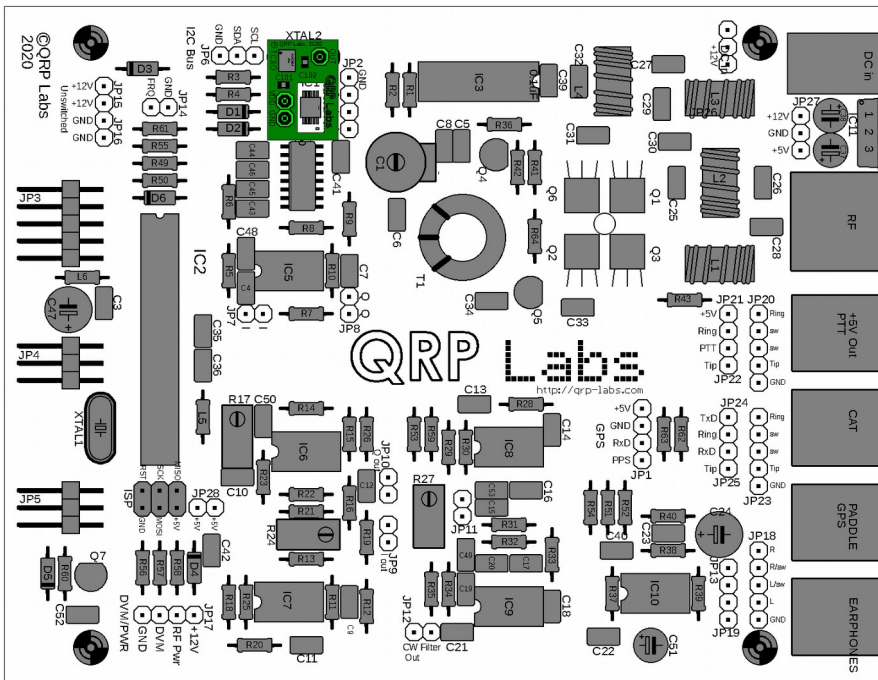
ジュールには切り取られた窓があり、それは IC1 (Si5351A) の上にかぶさります。 TCXO モジュール基板はメイン QCX+ 基板の表面にかぶさるように取り付けます。

注：TCXO モジュールは 0.8mm 厚の基板で片側のみの表面実装です。 パッドは非常にデリケートで、半田の取り外し、付け替えには耐えられません。 言い換えれば、最初にこれを正しくかつ非常に注意深く行う必要があります。 TCXO モジュールは、以下の図が示すように、3か所の接点を必要とします： OUT、VDD、GND、です。 部品（抵抗など）の足の切れ端を 3本、この目的に使用します。

穴に通し、QCX+ 基板の裏側で半田付けし、他の端を TCXO モジュール基板の表面で半田付けします。

**注意：TCXO モジュールを使うときは、基準周波数の設定は 25,000,000MHz でなければなりません、省略値の 27,004,000MHz ではありません。 このことは以下の初期設定の指示にてさらに記述します。**

**このことは、QCX+ が 25MHz 基準 (TCXO モジュール) でも 27MHz (水晶発振) でも運用できるからなのです。 しかし、どちらを取り付けたのかを無線機に伝えねばなりません！**



無線機の正面から見た写真：





取り付けは、極く簡単でほとんど直感的にできます。

1. 最初にフロントパネルを LCD モジュールにボルトで止めます。これはエンクロージャー組み立ての唯一トリッキーな部分です。LCD モジュールの 4 つの角がフロントパネルに 20mm の黒いネジでボルト留めされます。(右の図を参照) ロータリーエンコーダー近くにあるネジは特に面倒です。しかし、これを正確に完全に組み立てることは機械的観点から重要です。**この仕事を簡単にするには、7mm 長のナイロンスペーサー内を黒ネジを回して通し、LCD モジュールとフロントパネル基板の間の M3 ナットも同様に通し：そして最後のナットでフロントパネル基板を締め付ける、ようにします。**
  2. 次に、QCX+ メイン PCB を水平にスライドして、押し出し成形されたエンクロージャーの中央の溝に入れます。これは底の方の半分になります。
  3. BNC コネクタのワッシャーとナットを取り外し、QCX+ のリアパネルコネクタを、対応するリアパネルの穴にスライドして入れます。それから、BNC コネクタのワッシャーとナットを嵌めて固定します。(リアパネルと傷つけないように気をつけてください。)
  4. リアパネルを押し出し成形の下半分をボルト止めます。これには 8 つあるネジのうちの 2 つを使います。
  5. 2 つの基板を 1 つに繋いで、フロントパネルを押し出し成形の下半分にボルトで取り付けます。この時、8 本あるネジのうちの 2 本を使います。
  6. 押し出し成形の下半分の角の適当な位置に、自己接着の足を貼り付けて立たせます。
  7. すべての調整が終わり、無線機が動作を始めたら、押し出し成形の上半分を被せて 4 つのネジで固定します。(2 つのネジをフロントパネルの上のコーナーに、残り 2 つのネジをリアパネルの上のコーナーに使います。)
- 注意：上下に押し出し成型は同じものです；片側は U 字の溝 (-) で、他方は I 字の舌 (+) になっています。(tongue-groove connection) 上下のボックスは、U-I セクションを咬み合わせれば、正しく組み合うようになっています。もし綺麗にかみ合わない場合は、上半分を 180 度回してもう一度やってみてください。

### 3.73 基本操作のために必要な接続について

基本的なトランシーバーの操作のためには以下の接続が必要です：

#### 1) 電源供給

送信には 0.5A かもうちょっと供給できる電源供給が必要です。供給電圧は 7V から 16V で、RF パワー出力は供給電圧に依存します。(供給電圧が高いほど出力パワーは高くなります。) 5W 以上はお勧めしません。オーバーヒートとファイナル増幅が壊れることにつながります。ほとんどの場合、13.8V で十分で、16V だとパワー出力が高すぎます。7805 電圧レギュレーターはヒートシンクを必要としていません；が、供給電圧が増えるにつれて熱生成が増え、16V 供給では IC はとても熱くなって触れないほどになります。

オプションのアルミエンクロージャーを購入した場合、7805 の金属タブはエンクロージャーのリア

パネルにヒートシンクとしてボルト留めされます。 QCX+の公式のアッセンブリー Rev.1.04 89 エンクロージャーを使わない場合で、より高い供給電圧で運用することを意図している場合には、代替案として、小さなヒートシンクを 7805 電圧レギュレーターに取りつけても構いません。

2.1mmの DC コネクタプラグが必要です；センターピンが+で、胴がグランド (-) です。

## 2) イヤホン

イヤホンは、どんなステレオイヤホンでもいいです。 オーディオ用でも携帯電話用でも 3.5mmのステレオプラグの付いたものなら何でも構いません。 これらは共通して 32Ω インピーダンスです。 何人かの人は、低インピーダンス、4Ωとか 8Ω スピーカーのような、を接続すると、オーディオ運用が不安定になることに気づいています；これは出力オペアンプ IC (IC10) が必要なパワー出力を供給できないからです。

## 3) アンテナ システム

RF 出力は、フィルターされた 50Ω BNC 出力で、通常のアンテナ システム（アンテナと、場合によりマッチングユニット）に接続します。

## 4) ストレートキー または パドル

QCX+トランシーバーを運用するには、ストレートキーまたはパドルを 3.5mmステレオプラグで適切なジャックに接続せねばなりません。 シールド（または主ボディ）がグランドです。 実は、チップやリング（パドルのドットやダッシュ）がどっちに接続されていても問題ではないんです。 もし、間違ったなら、運用時の設定でそれらをスワップするメニュー設定項目があるのです。

同様に、ストレートキーを使う場合、あなたはファームウェアでその接続を、“チップ、リング、または、両方にする”を選ぶことができます；これでストレートキーを使う場合に、3.5mmのモノプラグの使用が可能になります。

## 3.74 調節 (Adjustment) と 調整(Alignment)

はじめて無線機にパワーを入れる時に（そして、はじめて ON/OFF ボタンを ON にした時に）、最初に気が付くことは、たぶん、LCD 画面に何も表示されていないことです

この理由は、まだあなたが LCD のコントラスト用トリマー ポテンションメーターを調節していないからです。 フロントパネル基板の裏側、上左側にある R47 です！

スクリュードライバーでそれを調節（右左に回す）し、画面上のテキストが見えるようにします。

次のテキストが画面上に見えてくるでしょう：



Select band:  
80m

この画面がでたら、ロータリーエンコーダーのつまみを回してキットを構築したバンドを選びます。そして、真ん中のボタンを押して選択を完了します。

さらに4つ、調節項目があり、調整手順の一部として調節を行います。

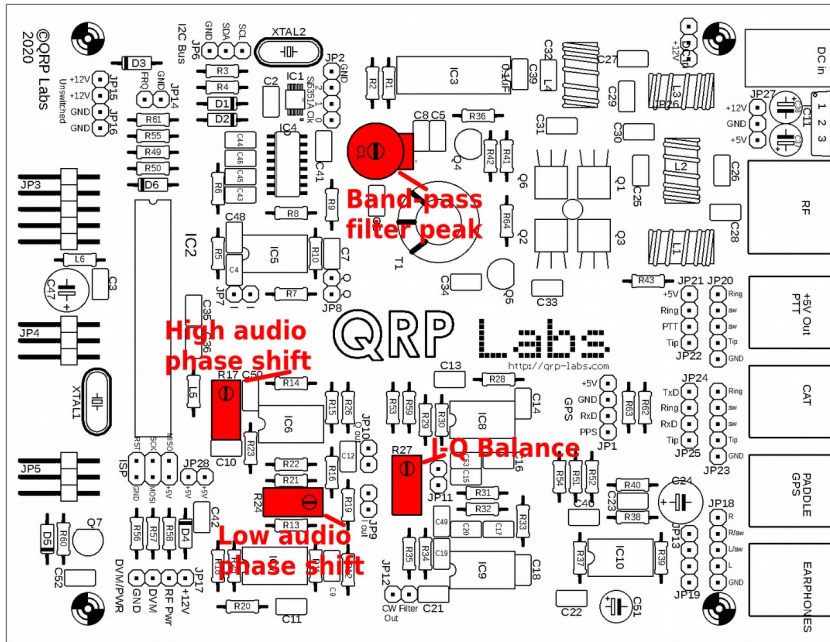
調節とは：

- ・バンド - パス トリマー キャパシタをピークにする C1
- I-Q 増幅バランス R27

☒ オーディオフェース シフトの調節 R17 と R24

これらを調節するまで、無線機の感度は非常に低いことになるでしょう。 だから、先に進む前に、これをはじめにやってください！

これら4つの調節の場所を次の図に示します。



要約すると：無線機に内蔵された調整ツールは、

- ・信号発生器 - 信号をRFフロントエンドに注入する
- ・デジタル信号処理 - 既存の 200Hz アナログフィルターに 250Hz デジタルフィルターを追加する
- ・そのバンド幅の中で検出した信号の振幅を計算する

調整の間、計算された振幅は画面下段列に直感的なバーとして表示されます。

スクレイドライバーを使って、トリマー部品を調節して、表示された振幅を最大にしたり最小にしたりします。

無線機の調整中はアンテナは取り付けないこと！ 代わりに 50Ω ダミーロードを接続します。

参考：QRP Labs のダミーロードキット <http://qrp-labs.com/dummy>

TCXO オプションモジュールを使う場合：メニュー項目 8.5 Ref.frq を 25,000,000 にする。これは他の調整の前に必ず実施すること。致命的項目です。以下に記述しているように、メニューシステムに入り、メニュー 8.5 に合わせ、周波数を 25,000,000 に変更します。

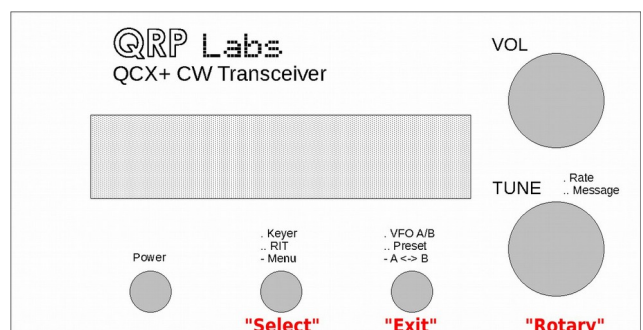
最初に、バンド - パス トリマーキャパシタ C1 を調節します。

これを行うには、(ボタン名は右の図を参照)

“Select” ボタンを 1 回長押しします。

画面には、最初のメニューカテゴリーが表示されます：

QRP Labs QCX+ assembly Rev 1.04



## 1 Preset

8 Alignment と見えるまで、ロータリーエンコーダーを回します：

### 8 Alignment

ここで“Select”ボタンを押して、Alignmentメニューに入ります。例えば、17m運用の場合、調整周波数メニュー項目が、既にCWセクションの（最初にSelect Bandで指定した）、17mに設定されて、以下のように表示されます：

8.1 Align frq  
18,120,020

ロータリーエンコーダーを回して、次の表示を出します：

8.7 Peak BPF  
Press Select!

表示通りに行います！ **が、ちょっと待って！ もしイヤホンを使っているなら、まず、それを耳から外してください。 トーンは非常に大音量です。 外しましたね？**

“Select”ボタンを押すと、信号発生器が作動します。ここで初めてC1トリマーポテンションメーターの調節ができます。さて、今イヤホンはプラグインされていて、（耳当てはベンチの上にあることを望む）、700Hzの大音量のトーンが聞こえる筈です。

画面はこの写真のようになります：



C1トリマー キャパシタの調節で、振幅バーのサイズを変更します。

あなたは、C1トリマーを最大振幅に調節する必要があります。

1回のローテーションで2つのピークがあるはずですが、キャパシタは停止がありませんから、どちらのピークでも構いません。これを行うと、BPFのピークが、バンドのCWセクションの中央になります。

画面右上の番号を理解することが重要です。ここでは09と表示。

この数字は、振幅のスケールファクターです、意味するところは、2のべき乗です。

この例では、実際の振幅は512 ( $2^9$ ) というファクターで除算されて画面に表示されています。



この写真では、27個の小さなバー（縦棒）が見えます。 その意味は、実際に測定された振幅（増幅）値は、13,824 であることを意味します。 ( $27 \times 512 = 13,824$ )

バー表示が LCD 幅の 3 分の 1 以下に落ちた場合、除算ファクターを 1 だけ減らすとバーが再表示されます。 一方、バー表示が画面の右端をオーバーフローする場合は、除算ファクターを 1 だけ増やします。 この単純な方法で、振幅の自動スケージングが生成されます。

したがって、バンドパスフィルター トリマーをピークにするために、最初に LCD 右上の除算ファクターを見ながらトリマー キャパシタを調節します。 そして表示された振幅バーを使って細かい調節を実行するのです。 ピークは非常にシャープです。 用心してください。 ピークは 1 つ以上（この単純なバンドパスフィルタの 1 つ以上のレスポンスが）あり得ます。

ですから、全レンジに渡ってトリマー キャパシタを調整して、最大のスケージングファクターを決めてください。 私の場合、それが 09 です。 あなたの場合は、07、08、等かもしれませんが、問題ありません。 それから、振幅バーをピークにするために必要な細かい調節をしてください。 レスポンスをピークにしたなら、C1 トリマー キャパシタがどちらのレンジの末端でないことに注意して確認してください。 もし末端になっていたら、それは共振回路が正しくピークになっていないことを意味します。 あなたは、T1 トランスの長い二次側の巻き線の巻き数を調整する必要があります。 目視で、トリマー キャパシタがレンジの末端になっているかどうか、はっきりと分かります。



### **完璧！**

OK です！ トッププレート上の“半田用接点”が 4 時と 8 時の間のどこかに位置しています。 トリマー キャパシタのプレートは、レンジ内にあり、そのキャパシタンスは最小でも最大でもないことが分かります。 あなたは BPF のピークレスポンスを見つけており、すべてが良好です。



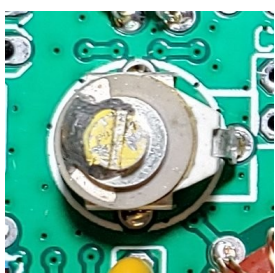
### **プレートが完全に閉じている**

キャパシタの固定プレートと稼働プレートが完全に閉じてしまっていて、結果として最高のキャパシタンスとなっています。 “半田用接点”は右になっています。 この状態は、インダクタンスを増やす必要があることを意味します。 ですから、T1 トランスの Secondary 3 の巻き線の片方の足の半田を注意して剥がして、ワイヤを継ぎ足して、トロイド上に、あと 5 回の巻き

線を追加します。  
気にしないこと。

### **プレートが完全に開いている**

キャパシタの固定プレートと稼働プレートが完全に開いてしまっていて、結果的にキャパシタンスは最低です。 “半田用接点”が 9 時の位置にあります。 この状態は、インダクタンスを減らす必要があることを意味します。 ですから、T1 トランスの巻き線 Secondary 3 の片方の足の半田を剥がして、





トロイド上の5回分の巻き線を取り除いてから再半田します。 もう一度調整を行います。

## I-Q バランスの調節

ロータリーエンコーダーを“ワンクリック”して時計回りに回し、I-Q バランスを測定します。前の調整では、ファイナルの増幅ステージの前にオーディオ信号を使いましたね。 従ってゲインコントロールは信号レベルには影響しませんでした。 それに比べると、I-Q バランスと、オーディオエーズシフトの調節では、オーディオ増幅ステージの後のオーディオ信号を使います。これは、これら調整の調節は、反対側の（不要な側の）側波帯に信号を注入し、かつ信号レベルはずっと低く、したがって、それは増幅することでマイクロコントローラーが正確に測定できるようにする必要があります。 だから、このケースは、ゲインコントロールは今や効果を持ちます。最初は、ゲインコントロールは、中くらい、に調節することを助言します。

これで十分なゲインになり、増幅器をオーバーロードにしたり、信号や測定をゆがめる、ほどにはゲインは大きくはなりません。 測定されたオーディオ値が、5から10（LCDの右上に除算率として表示）の範囲に調節するようにしてください。

もし、除算率が12に達する場合、実効増幅器は信号を制約し切り取るので、調節を正確に行うことが困難、あるいは、不可能になります。 除算率が2とか3しかない場合、ゲインが低すぎることを意味します。 従って、音量コントロールは、9付近が表示されるようにします。

トリマー ポテンションメーターはR27です。 マルチターン トリマー ポテンションメーターなので、最適値を得るには何度も回さねばならないでしょう！ BPFトリマーの調節が最大値を求めたのに対し、この調節では、最小の振幅を探します。 最低値を求めて調節する。なぜなら、注入される信号は、不要なサイドバンド（側波帯）を測定しているからです。 我々は、不要なサイドバンドのレベルを最低にしたいのです。 90度オーディオ位相シフトの調節も、同様に、ロータリーエンコーダーをもう一度“クリックして”時計回りに回します。 すると、自動的に、不要なサイドバンドオーディオ信号が600Hzに設定されて現れます。 そして“Lowオーディオ位相シフト”トリマー ポテンションメーター、R24を調節します。 再び、それを最低シグナルに調節します。 ロータリーエンコーダーを時計回りにもう一度“クリック”回しをし、“Highオーディオ位相シフト”トリマー ポテンションメーター、R17を調節します。 再び最低シグナルに、です。最低不要サイドバンドを求めて、これら3つのメニュー項目の間を、行ったり来たりする必要があります。：

8.8 I-Q Bal (adjust R27)

8.9 Phase Lo (adjust R24)

8.10 Phase Hi (adjust R17)

その理由は、これらの調節は、ある程度、他の項目に影響を与えるからです。 最適な調節設定を得るのは、インタラクティブなプロセスです。

ロータリーエンコーダーを1回クリックして回す、半時計回し、時計回り、これら3つのメニュー項目を行ったり来たり。 何度も小さな更なる調節を、適切なトリマーポテンションメーターに与

え、より低い振幅を求めます。 不要なサイドバンドを、もうこれ以上下げられない、と分かるまでこれら3つの調節を続けます。 “Exit”ボタンを2度押すと、メニューシステムから離れ、無線機の通常運用にもどります。

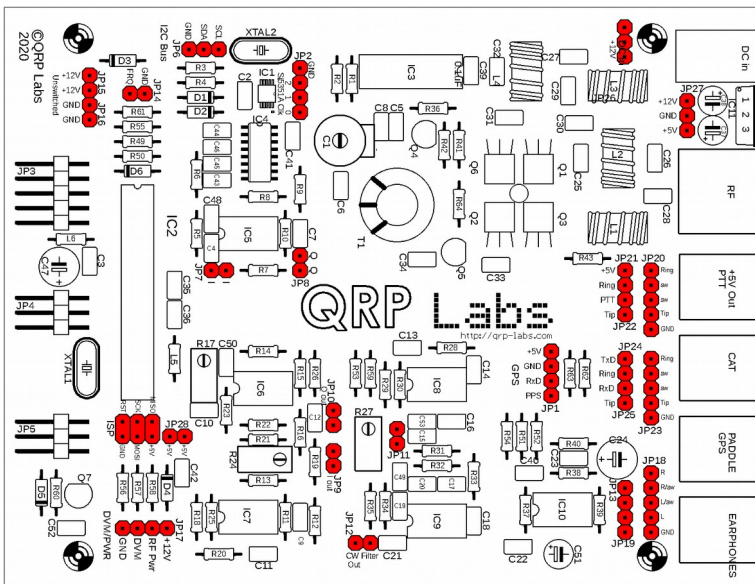
Alignment メニューの他の項目は、シンセサイザーの 27 MHz 基準周波数発振回路と、マイクロコントローラーの 20 MHz システムクロック発振回路とのキャリブレーションに関係しています。

これらの調節は手動にて行うか、GPS モジュールを接続して行います。（参照：QRP Labs QLG1 GPS 受信キット） しかしながら、このキャリブレーションは、BPF フィルターのピーキング、不要サイドバンドキャンセレーションに比べると、緊急性は、はるかに低いので、取り扱い説明書の記述に任せます。

これら Alignment トリマーの調節が終わると、無線機が使えるようになります。 たくさんの設定が設定メニューに用意されていますので、取り扱い説明書を熟読し、すべての機能を理解して使ってください！

### 3.75 実験、修正 と QCX+ 開発キット

QCX+ は実験と修正が簡単にできるように設計されています。 PCB のレイアウトは過密でなく、ピンヘッダーの接続ポイントがふんだんにあります。 QCX+ 開発キットはメイン QCX+ PCB の上に取り付け可能で、対応する Pad のセットを備え付けています。 ボードの間で、これらのポイントに接続可能なピンヘッダープラグとソケットがともに提供されます。 必要なら、メイン QCX+ PCB の特定の場所で回路をカットして信号を開発ボードの方に配線することができます。 例えば、IC5 の I と Q の出力地点で、2つの Pad がります。 それらは PCB トレースによって接続されています。 ここにピンヘッダーを繋いで、開発ボードに繋ぐことができます。 信号パスを中断したければ、2つの Pad 間の回線をカットすることができます。



ピンヘッダー Pad の完全なリストと、それらの機能は下記のとおりです：

(この部分は必要な都度翻訳してください。)

- JP1 GPS interface, 4-pin header with +5V, GND, RxD and PPS signals identified on the PCB  
silkscreen in the usual pinout of QRP Labs GPS connectors.
- JP2 Si5351A outputs, a 4-pin header with GND, 2, 1 and 0 indicated on the PCB silkscreen.  
Take care not to overload and damage the Si5351A because it's a devil to replace that tiny IC (don't ask me how I know).
- JP3 2x5-pin connector to the front panel PCB (power, buttons and LCD control signals)
- JP4 2x3-pin connector to the front panel PCB (rotary encoder signals and LCD data lines)
- JP5 2x3-pin connector to the front panel PCB (audio volume control only)
- JP6 I2C bus, 3-pin header with SCL, SDA and GND indicated on the PCB silkscreen
- JP7 I-channel pre-amplifier output of IC5
- JP8 Q-channel pre-amplifier output of IC5
- JP9 Phase-shifted output of the I-channel path, at IC7A pin 1
- JP10 Phase-shifted output of the Q-channel path, at IC6A pin 1
- JP11 Input to the CW filter (and wiper of R27, the I-Q balance summation trimmer potentiometer)
- JP12 CW filter output
- JP13 2-way header with audio output signal and ring of the 3.5mm stereo jack Earphones  
socket; this can be used to reconfigure how and which signals are connected to the 3.5mm stereo jack socket (with JP18 & JP19)
- JP14 Frequency counter test equipment input (GND and FRQ signals are marked on the PCB silkscreen)
- JP15 Polarity-protected +12V, but before routing to the On/Off switch on the front panel; the trace between the two pads of JP15 could be cut if you want to provide your own switching or power solutions on the Dev board.
- JP16 Two ground-pins
- JP17 DVM/PWR 4-way header, providing access to the DVM and RF Pwr test equipment, with  
Signal labelling on the PCB; the header also provides +12V which could be jumpered to the DVM input if you wish to use the onscreen battery icon to show battery voltage. Note that the RF Pwr and DVM test instruments cannot both be used at the same time
- JP18 Earphones 5-way pin header, that provides access to all five connections of the

### 3.5mm

stereo jack Earphone socket (with JP13 & JP19)

JP19 2-way header with audio output signal and tip of the 3.5mm stereo jack Earphones socket;

this can be used to reconfigure how and which signals are connected to the

### 3.5mm stereo

jack socket (with JP13 & JP18)

JP20 PTT/+5V Out 5-way pin header, that provides access to all five connections of the 3.5mm stereo jack +5V/PTT socket (with JP21 & JP22)

JP21 2-way header with +5V; this can be used to reconfigure how and which signals are

connected to the 3.5mm stereo jack socket (with JP21 & JP23)

JP22 2-way header the PTT output signal; this can be used to reconfigure how and which

signals are connected to the 3.5mm stereo jack socket (with JP20 & JP21)

JP23 CAT 5-way pin header, that provides access to all five connections of the 3.5mm stereo

jack CAT socket (with JP24 & JP25)

JP24 2-way header with CAT port TxD signal; this can be used to reconfigure how and which

signals are connected to the 3.5mm stereo jack socket (with JP23 & JP25)

JP25 2-way header with CAT port RxD signal; this can be used to reconfigure how and which

signals are connected to the 3.5mm stereo jack socket (with JP23 & JP24)

JP26 Input power, 3-way pin header providing Gnd and the +12V raw connection to the 2.1mm

power connector, un-switched and un-polarity protected. Two of the pins are +12V and

have a thin trace between them which can be cut if you wish to arrange for power

switching on the Dev board for example

JP27 Switched, polarity protected 3-way pin header power connector providing access to +12V,GND and +5V as indicated by the PCB silkscreen lettering

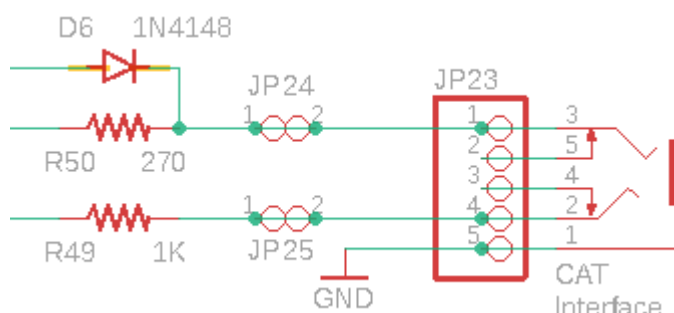
JP28 2-pads providing +5V power to the 2x3-pin ISP header; they could be used to provide +5V power to the Dev board or you could cut the trace between them if you wish to interrupt power to the 2x3-pin ISP connector, if your AVR programmer is not a type that needs it

ISP The 2x3-pin ISP header. A matching socket on the Dev board, could be used to



connect to this and then another 2x3-pin ISP header; that Dev board would not need to be removed in order to access the 2x3-pin ISP header for chip re-programming (firmware update)

回路図の多くの部品の中に、2つの○と線が通る変なシンボルがあるのが分かるでしょう。回路図上（右図）ではJP24とJP25とラベルが付いています。これらは2-ピンヘッダー Pad で二つのピンが線につながっています。



これらのピンを QCX+開発ボードへのボード間接続として使うことができます。あるいは、幾つかの部品間の信号の流れを変えたいければ、2つの Pad 間の線をカットすることができます。

QCX+開発ボードのレイアウトが下図に示されています。

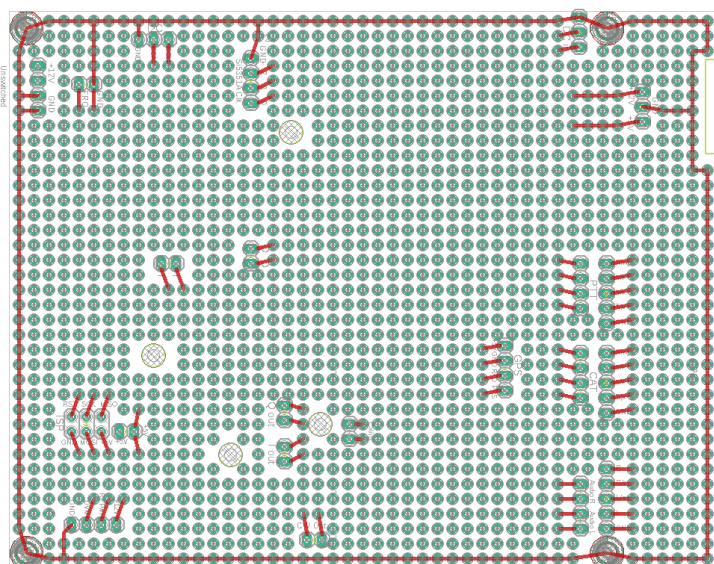
QCX+開発ボードは 120x95mmサイズの基板に加えて下記のアクセサリが提供されます：

- ・12mm長ナイロン六角スペーサー 4個：開発ボード基板を QCX+メイン基板上に設置するため
- ・6mm長ナイロンネジ 8個：12mm長六角スペーサーのねじ止め用
- ・2方向ヘッダーコネクタメス 8個
- ・20列ヘッダーコネクタオス 1個：小さく分割して使う

QCX+開発ボードは QCX+メイン PCB の上に載せて 12mm長ナイロンスペーサーでボルト留めして使うように設計されています。PCB（下図）右上部の外周の切り込みは、QCX+PCB 上の 7805 電圧レギュレーターのタブとの衝突を避けるためです。PCB 外側の Pad の輪はグラウンドを意図しています。

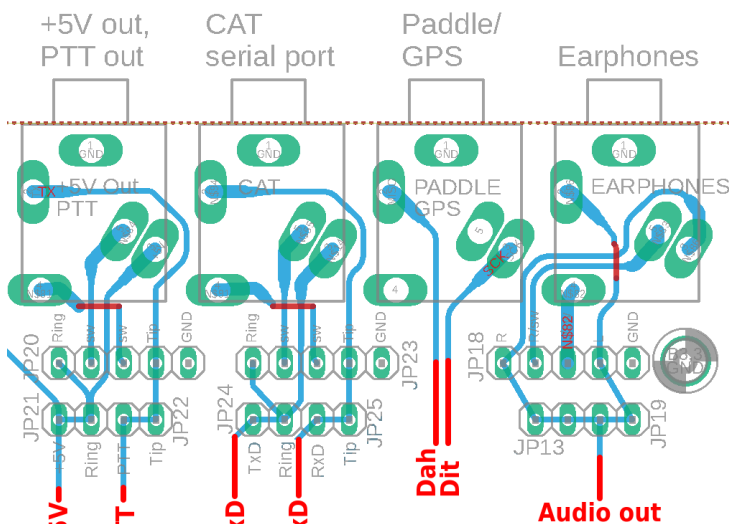
ピンヘッダーコネクタを使って、どの接続を QCX+メイン PCB から開発 PCB に持ってくるかを決める必要があります。

開発ボード上の Pad は、対応する QCX+メイン PCB 上の対応する Pad と正確に重なるようになっています。さらに、QCX+開発ボードには、C1 バンドパスフィルターキャパシタや、3つの受信機調節トリマーポテンションメーター、を操作できるように穴があげられています。QCX+開発ボードの他の部分は、0.1 インチ間隔のスルーホールとなっており、各 Pad は PCB の両側についています。



### 3.76 QCX+ GPS インターフェース と PTT 出力

右の図は QCX+リアパネルの Φ3.5mm のステレオジャックソケットコネクタを表しています。5V/PTT、CAT、イヤホンの接続では、各 3.5mm ジャックソケットのすべての 5 ピンは対応する 1x5-ピンヘッダー Pad に接続されています。これには、ジャック接続がない時にチップとリングのどちらに接続されるかの、スイッチピンも含まれます。例えば、QCX+開発ボードキットを取り付け、その上に小さなスピーカーと QCX+assembly Rev 1.04 98 の単純な



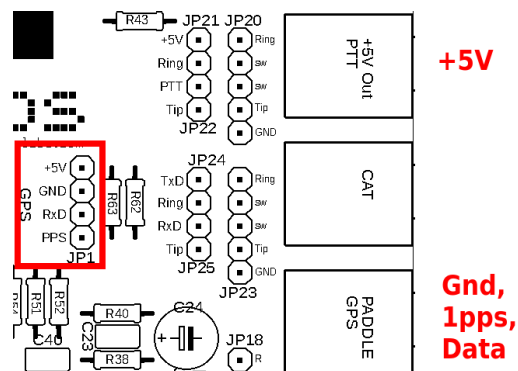
オーディオアンプを構築することを考えてみましょう。2つのピン（1つがオーディオ、他はグラウンド）と、QCX+開発ボードの裏側にソケットを取り付け、3.5mmソケットのスイッチピンの接点からオーディオ信号をあなたのオーディオアンプの入力に流し込むようにできます。これはイヤホンが接続されていない時のみに働きます。

こうして、あなたはイヤホンを刺していない時には内部のスピーカーが自動的に鳴るように変更できるのです。

### GPS interface

QCX+には以下のように使える GPS インターフェースがあります：

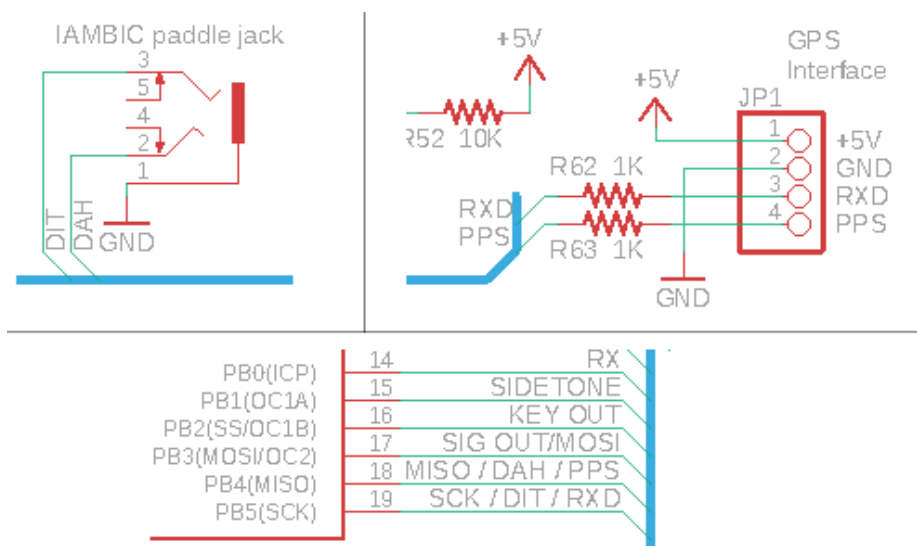
- ・基準周波数発振器と 20MHz システムクロック発振器を較正する。（27MHz 水晶発振器または 25MHz TCXO モジュールオプション）。
- ・WSPR ビーコン運用中に、発振を規律にそってドリフトフリーに保つ（周波数と時間）。
- ・内部のリアルタイムクロックを設定する。WSPR オプションにとって緊要。設定すると LCD に表示される。



GPSは2つの出力信号を生成します。 グランドに加えて、PPS（パルス/秒）と RxD（シリアルデータ）です。 GPS モジュールに給電するために、オプションで +5V を繋いでも構いません。 QRP Labs QLG1 のような GPS なら完璧です。 参照：<http://qrp-labs.com/qlg1>

GPS を接続する 2 つの場所があります。 1 つは 4-ピンヘッダーです（上の図、赤い四角内）。 4-ピンの順序は QLG1 GPS の対応ポートに合致します。

注：TxD シリアルデータ出力信号は、QCX+の RxD シリアルデータ入力信号に接続されます。

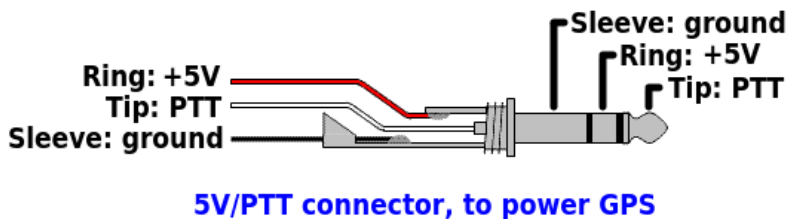
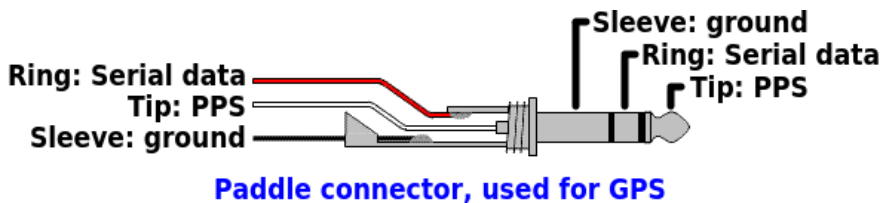


第二に、上の回路図の 3 つの異なるセクションを考えてみましょう。

パドル“ドット”信号がマイクロコントローラーのピン 19 に接続されており、それはまた、1KΩ 抵抗を介して GPS RxD にも接続されています。同様に、パドル“ダッシュ”信号が GPS インターフェース “PPS”信号に 1KΩ 抵抗を介して接続されています。抵抗の目的は、GPS 接続中に、オペレーターが誤ってパドルをスクイズした場合に、GPS 信号をグラウンドにショートすることを防止することだけです。従って、GPS 接続の簡便な代替案は、パドルコネクタを介することです。

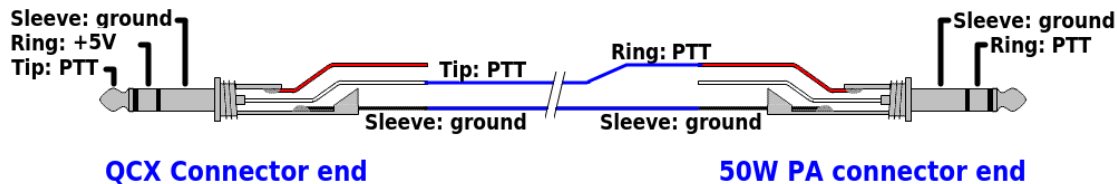
2 つ目の 3.5mm ステレオジャックが、+5V/PTT ジャックにプラグインされることが可能で、必要ならば、+5V パワーを QLG1 GPS に給電できます（即ち、既に給電されたジャック GPS に接続していない場合）。いずれにしても、パドルと GPS を同時に使うことはないでしょう。

以下の図に接続について記載します。



### PTT 出力

PTT 出力は、5V/PTT コネクタージャックの先端部に出力されます。この信号は、QCX+が受信モードの時は0Vで、送信モードの時は+5Vとなります。QCX+をオプションの50W PA (パワーアンプ) キットに繋ぐ場合、この信号が50W PA キットに送信モードへの切り替えのために接続されねばなりません。不運なことに、50W PA キット上、PTT 信号はプラグのリング部に接続されます、一方、QCX+上ではプラグのチップ部につながります。従って、ケーブルはこの矛盾を許容するべく配線されねばなりません。

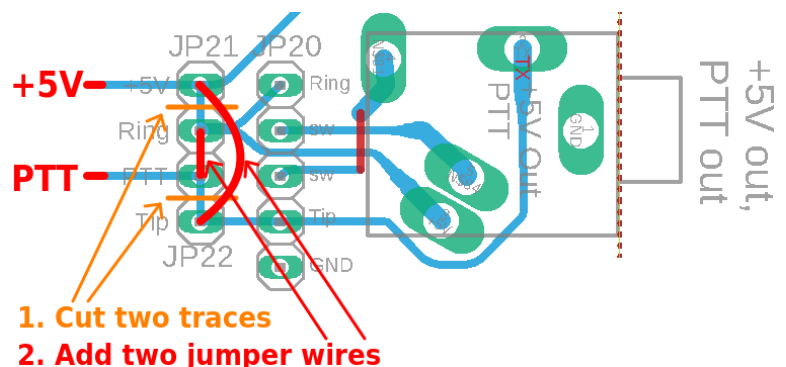


代替案としては、標準の既製品の3.5mmステレオジャンパーケーブルを使いたい場合、単純にQCX+ PCB上の配線をカットし、ジャンパーワイヤを追加して5V/PTTコネクタを再構築することです。

これについて、右の図で表します。

単純に2つのPad JP21とJP22の間の配線をカットします。(オレンジ色の線で表示) これらの配線はPCBの裏側です。そして2本のジャンパーワイヤを追加します。(赤い線で表示)

これで3.5mmジャックセットコネクタが、チップが+5VでリングがPTTとなるように再構築できます。

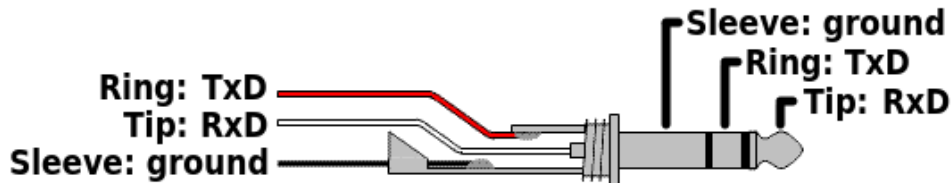




### 3.77 QCX+ CAT ポート

QCX+ CAT ポートは、PC や他の CAT 接続可能なホストが、QCX+のあらゆる局面を制御することを可能にします。この機能の操作は、当マニュアルの後続の章に詳述されています。

下記の接続図は、QCX+のリアパネル上の、3.5mmステレオジャックソケットコネクタへの接続を示しています。



## QCX+ CAT port

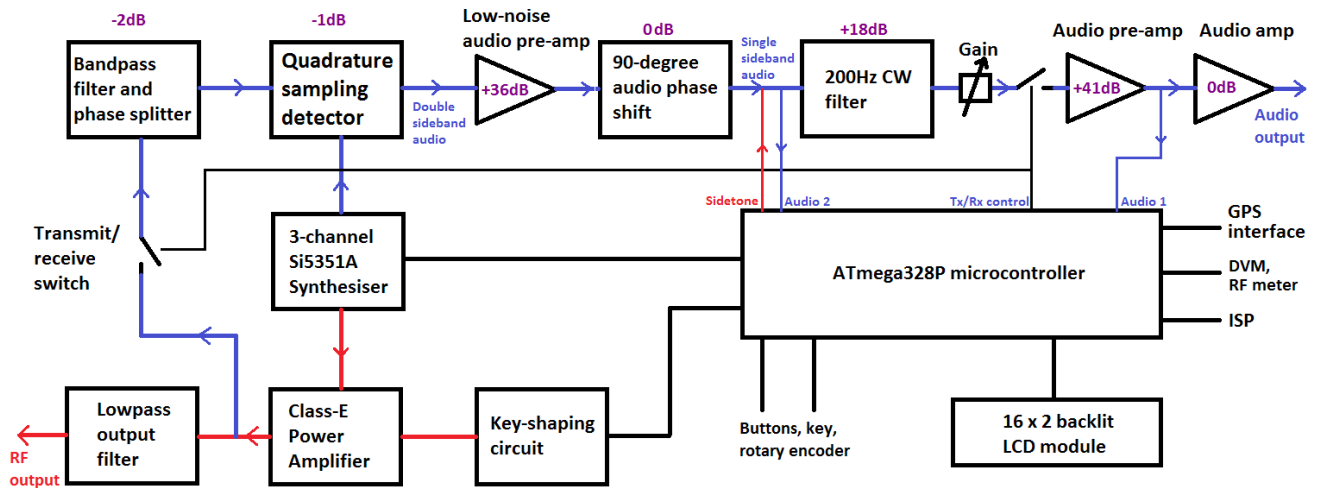
### 4. 取り扱い説明書（取扱説明書は別冊）

ファームウェア 1.06 以降、取り扱い説明書は別冊となりました。ファームウェアバージョンごとに維持されます。Web サイトを訪問して、あなたのファームウェアバージョンに最適な取扱説明書をダウンロードしてください。

<http://grp-labs.com/qcxp/qcxpfirmware.html>

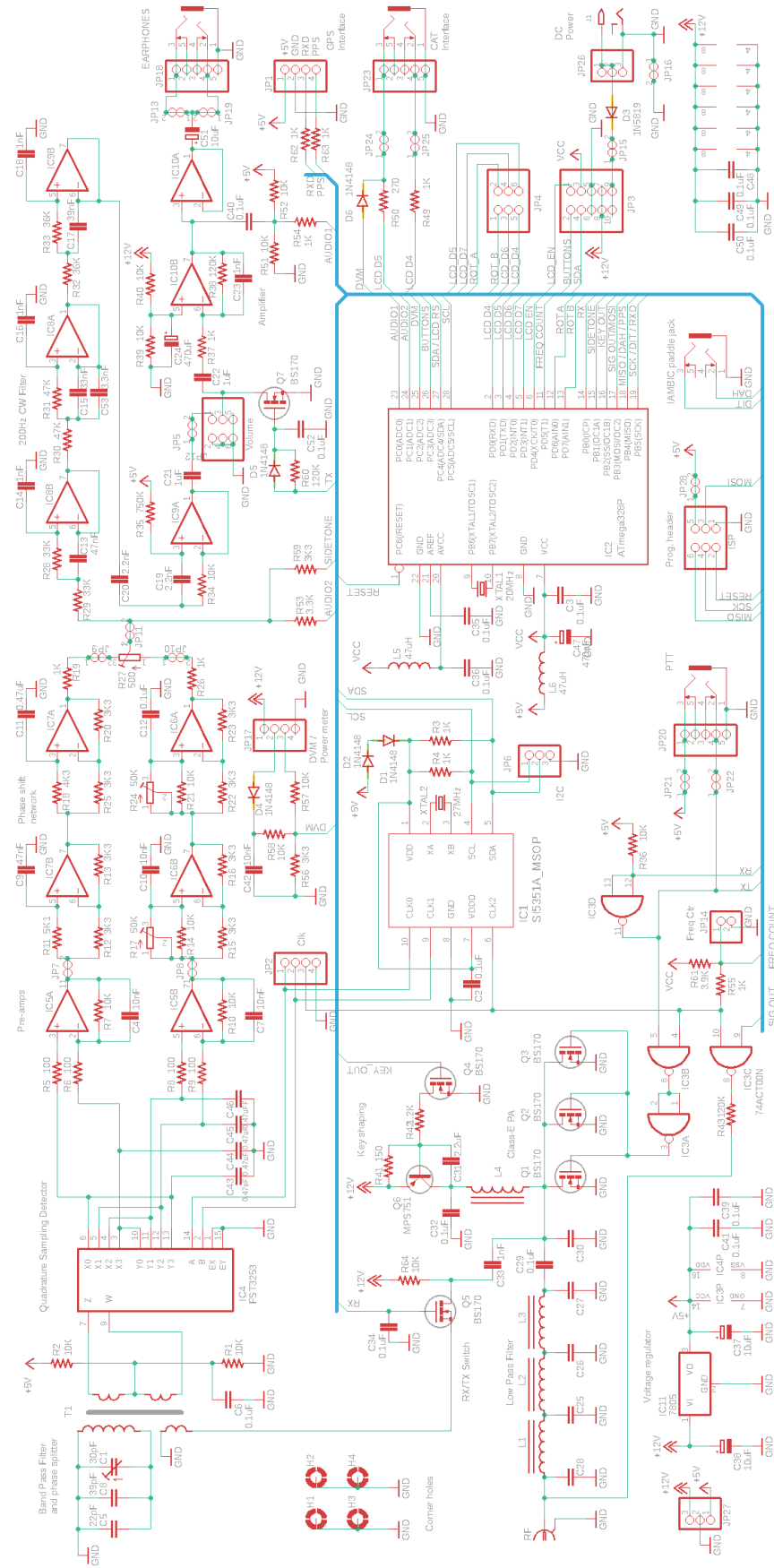
## 5. QCX+の回路設計

### 5.1 ブロックダイアグラムと要約



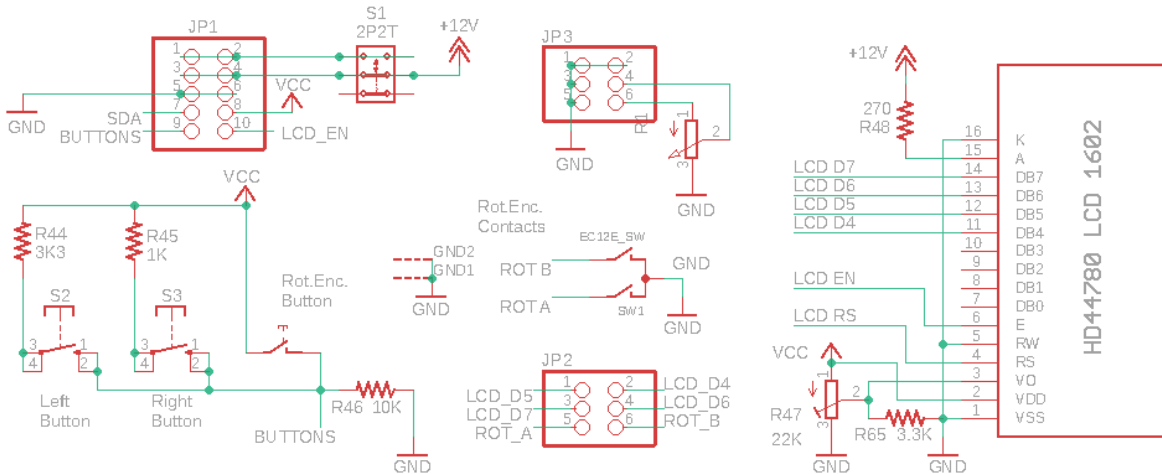
このCWトランシーバーは高性能、シンプルで低コスト、アナログ設計です。送信機は、送信時の電流を低く抑えられる高効率クラスEアンプと、ヒートシンク不要の低価格トランジスタを使っています。受信機は、“Taylor検出器”あるいは“I-Qミキサー”、としても知られる、有名な高効率の直交検波、を使ったダイレクトコンバージョン方式です。この受信機のフロントエンドアーキテクチャーは、初期のFlex Software Defined Radio、Softrockシリーズ、Norcal NC2030、および、その他多くのSDRや他の高効率フロントエンドで使われました。検波器は非常に高い3次入力インターセプト (IP3) と、低損失はもちろん、ダイナミックレンジ (信号の再現能力を表す値。識別または再現可能な最も強い信号と、最も弱い信号との比)、を持っています。結果のIとQ出力は、オーディオ帯域で、不要サイドバンドをキャンセルする90度位相シフトネットワークを通過します。200Hz帯域幅CWフィルターは、さらなる増幅を介して一般的なイヤホンドライブします。トランシーバーの発振装置は、マイクロコントローラによって制御される今日的なSi5351A デジタル位相ロックループICによって提供されます。設計全体に浸透するのは、ATmega328Pによるマイクロプロセッサ制御です。このことは10倍~100倍もの値段の無線機に見られる多くの機能の導入を可能にしています。本当に素晴らしい機能設計は、内蔵された調整・テスト機構です。これらは、無線機の構築、調整そして組み立て時のデバッグさえ可能にするので、追加のテスト装置を必要としません。

## 5.2 回路图



メイン PCB の回路図は前の頁に表示されています。 フロントパネル PCB の回路図をしてに示します。 メイン PCB 上の右曲がりピンを持つ、3つの2列コネクタが2つのボードを接続します；

うち1つは、2x5ピンで他の2つは2x3ピンです。



### 5.3 合成発信機

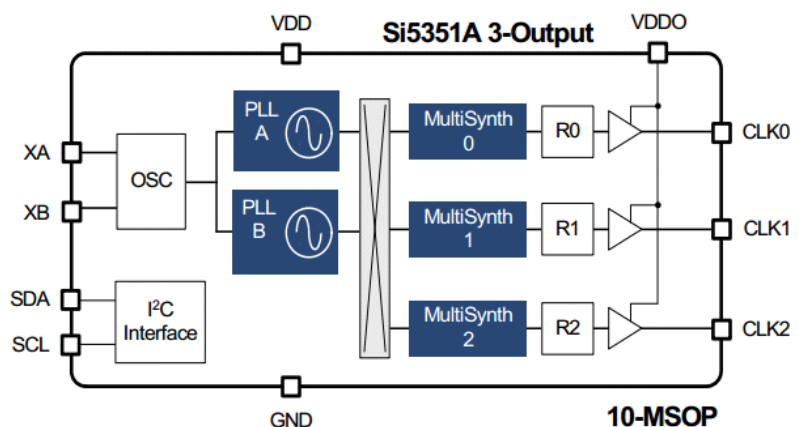
LC チューン VFO の正確性、ドリフトフリー、チャープフリー、必要帯域幅全体のチューニング、そして、機械的機構が精緻な周波数調節を可能にする？ まさにチャレンジ。 これ以上は無い！

今我々は、安価で使いやすく、すべての問題を解決するダイレクトデジタル合成 (DDS) IC と、デジタル位相固定ループ (PLL) IC を、持っています。

この設計で使われている **Si5351A** シンセサイザチップは、**3.5kHz** から **200MHz** まで広がる周波数レンジを持つ3つの別個の周波数出力を提供します。

周波数の安定性は **27MHz** 水晶発振基準によって支配される。言い換えれば、実に安定している、ということです。

右のブロック図は、**SiLabs** の **Si5351A**



のデータシートの抜粋です。 簡略化すると、**27MHz** 基準発振は、内部の電圧制御発振器に渡され **600-900MHz** の幅に乗算され、そこから、最終の出力周波数に分割されます。 乗算と除算はともに分数的であり、したがって、周波数解像度は極度に精緻に制御されます。 チップは **2つのPLL** と **3つの出力除算ユニット** を持っています。

最良のジッタ（タイミングの揺らぎ）効率を上げるために、**Si5351A** データシートは、複号シンセサイザ除算器内には偶数個の除算器（分数コンポーネントでない）の使用を勧めている。

当 CW トランシーバー設計では、この提言に従っている。

回路図のシンセサイザ部分を示す。

**Si5351A** データシートは、**25** または **27MHz** 水晶発振器を図示している。 **QRP Labs** は、常に **27MHz** 水晶発振器をデザインで使用してきました。

その理由は、**WSPR** 送信のために、**2m** バンド（**145MHz**）までになり、精密な **1.46Hz** のトーンスペーシングが得られるからです。

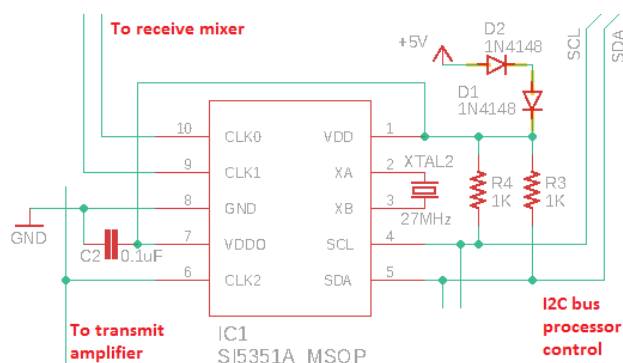
これらの計算は **25MHz** の水晶発振器ではうまく行きませんが、この要件は、この CW トランシーバーの設計には当てはまりませんが、スケールの経済では、同じ部品値にこだわれば、他の全ても同じになるという利点があるのです。

**Si5351A** は、多数の内部 **8** ビットレジスタを持っており、シンセサイザの動作を制御します。そして、これらは **I2C** シリアルプロトコルを使ってマイクロコントローラーによってプログラムされています。 **1K** 抵抗 **R3** と **R4** は、**400kHz** でのバスの作動に必要なプルアップです。

**Si5351A** チップは、**3.0** から **3.6V**（通常は **3.3V**）の電圧が必要ですが、このトランシーバーの他のデジタル回路は **5V** 電圧で作動します。複雑さとコストを削減するため、**2** つの **1N4148** ダイオードを直列で使い、**5V** を **Si5351A** に最適な電圧に落としています。それで正常に作動しています。 **Si5351A** シンセサイザから **3** つの出力があり、これらはすべて良い利点です。

**Clk2** 出力は送信出力増幅にフィードするために使われ、**Clk0** と **Clk1** 出力は受信中に **QSD**（**Quadrature Sampling Detector**（直交検波）をドライブするのに使われます。これらの出力はマイクロコントローラーの命令によって、スイッチ **On**・**Off** することができます。これは、何らかの単純化の機会を提供します。 **Clk0/1** 出力は、送信中には全く単純にスイッチ **Off** 出来るからです。これは送受信切り替えについてのプレッシャーを取り除きます。送信中には何らの受信もあり得ないのです。なぜなら、受信ミキサ（検波器）への発振入力が無いからです。逆に、**Clk2** 出力は、受信中はスイッチ **Off** されます。

直交位相検波の機能は、**RF** 入力、または、**LO** 入力のいずれかは直角位相における **2** つのパスを提供せねばなりません。これは通常は、最良性能のための制御が容易な局部発振（**LO**）に適用されます。そこで、同じ周波数で、正確に **90** 度の位相差のある、**2** つの発振信号が必要です。局部発振で直交位相信号を生成することは常に困難です。アナログのフェーズ知ると回路は正確性が制限されます。しばしば、**4** x 受信周波数での発振入力から直交発振出力を生成する **4** 分割回路が使われることがあります。これもまた、チャレンジを生み出します。特により高いバンドをカバーするために受信周波数を増やそうとする場合に、です。例えば、**10m** バンド、即ち、



30MHz について、局部発振 120MHz が必要であり、4 分割回路はそのように高い周波数で動作せねばなりません。 74AC74 のようなデバイスならそれができます、が、それを 6m バンドにまで押し上げることは 74AC74 にはできません。

Si5351A は、位相オフセット機能がありますが、SiLabs のドキュメンテーションには、ほんとに非常に明確な記述がありません。 しかし、QRP Labs は、2つの Si5351A 出力を正確な直交位相に投入する技術を完成させました。 それも、周波数が変わるというチューニング異常なしに維持できます。 それは、もう一つの回路ブロック (74AC74 の 4 分割回路) を無くすという事で、素晴らしい開発となりました。 再び、複雑さとコストの削減です。

私の知る限りでは、これが、4 分割回路無しで、直交位相の 2つの出力で直接 QSD (直交位相検波) をドライブする製品に、Si5351A を導入した最初の例だったと思います。

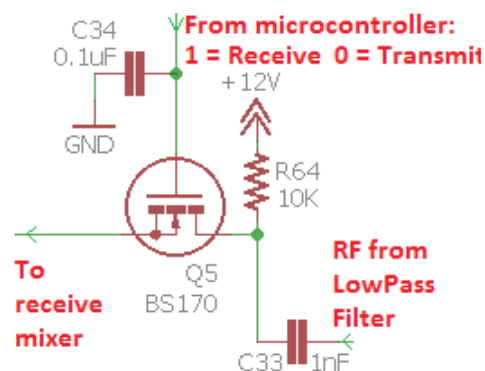
回路図の Si5351A セクションには、4 通りのピンヘッダー Pad も用意されています。 接続ポイント: Clk0, Clk1, Clk2, とグランド: および、3 通りのピンヘッダー Pad が接続点: 12C バス: SCL, SDA, とグランド、です。 複雑になるので上の図では省略しています。

#### 5.4 送信/受信 切り替えスイッチ

直交位相検波器への局部発振信号が無いために、受信機は送信中には完全に無効化されるので、送受信スイッチは不要なのではないかと考えられます。 さて、回路では、送信機が受信回路の過負荷を防ぐために必要な大きな減衰を提供する必要はありません。 必要なのは、受信器の入力検波器にダメージを与える 5W 信号 (45V ピーク-ピーク) を止めるに必要な適度な減衰、を提供することです。 送受信スイッチは 1 石の BS170 MOSFET (電界効果トランジスタ) によって導入されています。 ソースは DC グランド (入力トランス T1 のプライマリー経由) です。

マイクロコントローラーからの制御信号が MOSFET を On にしたり Off にしたり切り替えます。 おもしろいことに、MOSFET のゲートに近い C34 が、5W RF の誘導ピックアップ (電流) が MOSFET を部分的にスイッチ On にしてしまうことを防止するのに必要だと分かりました。

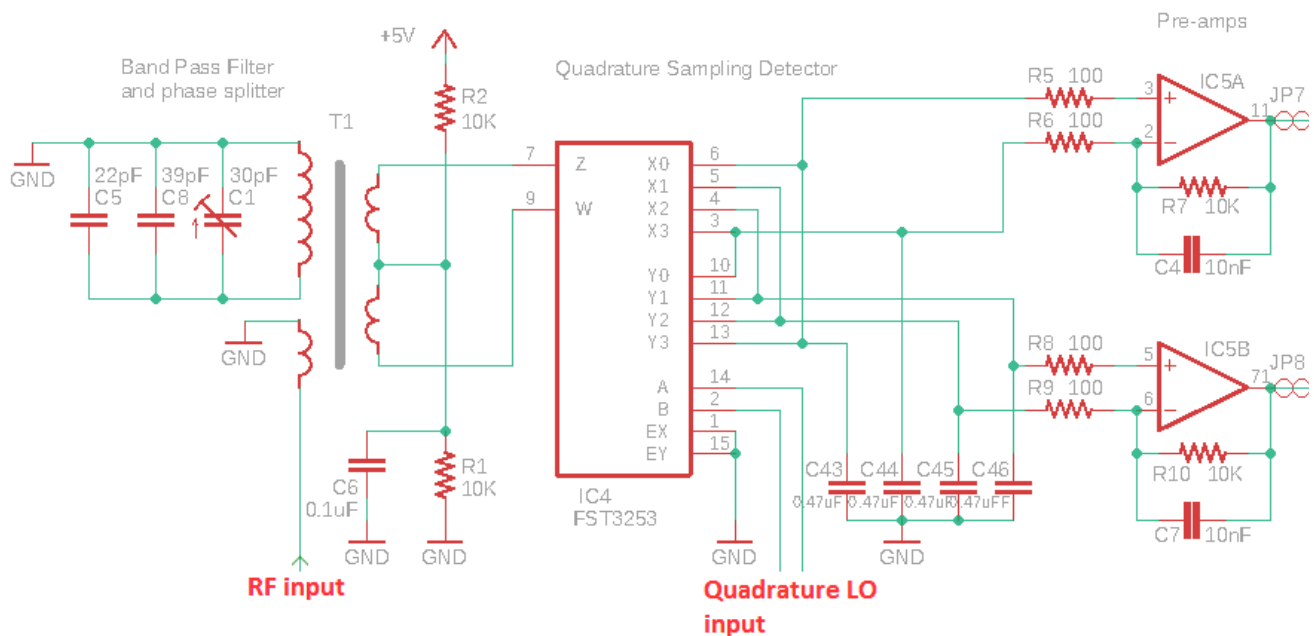
スイッチは稼働中の受信機を無音にするほどの減衰を与える必要はありません; が、送信中は我々の受信機は稼働していません; スイッチがしなければならぬことは、QSD (直交位相検波器) が破壊するかもしれない 45V ピーク-ピークを見ることから防ぐことです。



#### 5.5 バンドパス、位相分割、QSD、プリアンプ

バンドパスフィルター、位相スプリッター、直交位相検波器、とプリアンプ回路は緊密に連携するので、この項ではすべてを一緒に考察することにしたい。





この回路は、入力バンドパスフィルター（必要な周波数帯域のみを通すフィルター）と、低ノイズプリアンプを持つ二重バランスの直交位相検波器です。 少ない部品でこれだけのことが出来ます。複雑でもなくコストもかかりません。 **FST3253** は二重の **1:4** マルチプレクサーで、**QSD** 回路ではよく見られます。 スwitching時間が短く、ほんの数オームという非常に低い抵抗値です。 入力信号は直角位相の **LO** により、**4**つの結合キャパシタ **C43** から **C46** を順にスイッチされてそれぞれ **90**度の **RF** サイクルに変換されます。 結果は、**RF** 入力と **LO** 入力間のオーディオ差異（ビート）が **4**つの結合キャパシタのそれぞれに、**0**、**90**、**180**、**270**度の **4**つの位相として、現れます。 動作中の増幅器 **IC5a** が **0**度と **180**度出力の差を受けとり、増幅します。 結果は **QSD** の **I** 出力となります。 同様に、**IC5b** が **90**度と **270**度の出力差を受け取り **Q** 出力を生成します。

相対的に大きな **470nF** キャパシタと、低いソース抵抗の組み合わせが、オーディオレスポンスの即座のロールオフ（フィルターの切れ）として結果します。 これは、効率的に非常に狭帯域のバンドパスフィルターです。 **LO** 周波数から数 **kHz** 以上離れた、どんな入力 **RF** でも大いに減衰させるからです。 従って、**QSD** は、**3**次入力インターセプト、ダイナミックレンジ、低損失（**0.9dB**）を伴う、本質的に非常に効率の良いミキサー（検波器）設計です。 **FST3253** デュアルスイッチは、たびたび、単純に並行した **2**つのスイッチ（これはスイッチオン抵抗を半減させます）と接続されます。 しかし、私はより高い効率のダブルバランスのミキサー設定をむしろ好みます。 ダブルバランス設定は **2**つの **180**度位相の違う（互いに反対の）**RF** 入力を必要とします。

高い **IP3** やダイナミックレンジにもかかわらず、強力な帯域外信号からミキサーを保護するために入力バンドパスフィルタリングを提供することには未だに慎重です。

この **CW** トランシーバーでは、**T1** トランスが、これらの問題を、非常に低い部品点数で、単純な解決策を提供しています。 **T1** のプライマリーが、入ってくる **RF** を、ダブルバランス検出器につながる **2**つのセカンダリ巻線（コイル）にカップリングします。 プライマリコイルの片側はグラウンドに接続され、入力の直流成分がグラウンドに流れるのを遮断します。 だから、送受信スイッチ

が1石のMOSFETで容易に導入できたわけです（前項を参照）。

2つのセカンダリーは中央でタップされた一つの巻き線（コイル）として接続されており、その意味するところは、出力は必要な180度の位相差を持つということです。セカンダリー中央タップは、R1、R2、とR6によって形成されるDCパイアスの中央に接続されています。すなわち、2.5Vとなります。このシンプルなバイアスは、システムのバランス特性のために、いかなる意味のある電流の発生源にも消滅場所にもなりません。従ってバッファリングは必要ありません。

DCバイアスは、プリアンプを通り続くステージに入ります—90度位相シフトネットワーク、CWフィルターの最初の3つのオペアンプも含まれます。各ステージでカップリングコンデンサでAC結合をもち、各ステージに個々にバイアスしなくてよいのは大きな利点です。この回路では、DCバイアスは、この中央タップの入力トランスから、全体に流れます。これは、部品数と、もうおわかりですね、複雑さとコストを減少させます。もう一つの利点は、ほとんどの受信信号パスがDC結合であるため、送受信の切り替え時に不可避な“ごつごつ音、ぼしっ音”(thumps)を少なくしやすいと思われまます。最後に、バンドパスフィルターが同じトランスT1上の4つ目の巻線（コイル）によって導入され、幾つかの固定キャパシタとトリマーキャパシタとともに共振回路を形成します。それは単に一つの共振回路バンドパスフィルターであるので、ストップバンド減衰効果は限定的です。が、単一の調節コントロールの故に、部品点数の削減と調節の単純性という利点を持ちます。

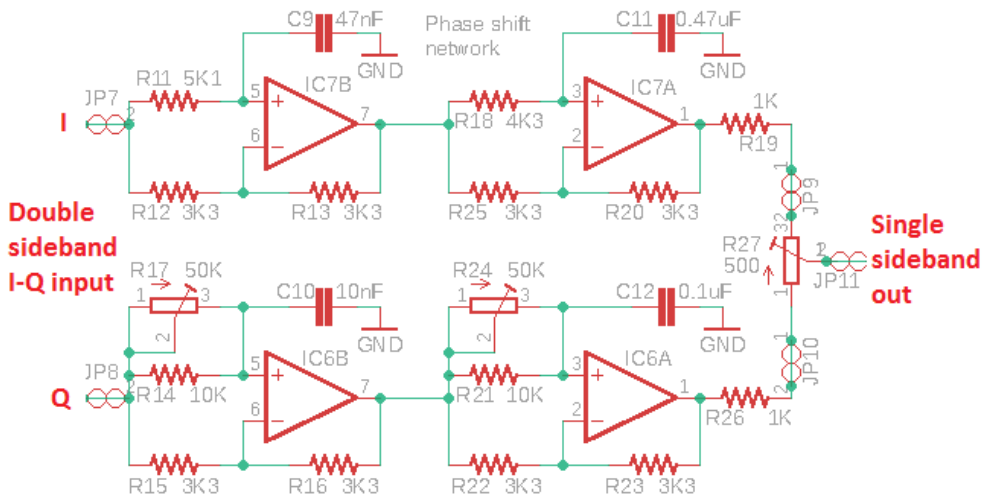
注意： I と Q との出力は、それぞれ、2ピンヘッダー Pad を持ちます。回路図中の JP7 と JP8 です； これらは実験的な修正や接続を行うために使用可能です。

## 5.6 90度オーディオ位相シフト

このステージまで、I と Q 出力はそれぞれダブル-サイドバンドです。我々はそれらを復調されたシングルサイドバンドに処理する必要があります。ここで使われる回路は、4つのオペアンプ（演算増幅器）による2パスの全パス位相シフトネットワークです。回路は、Norcal NC2030 の同位相シフトブロックに基づいています。  
<http://www.norcalgrp.org/nc2030.htm>

現実世界では完全なものなど無い—一部の許容誤差について考慮が必要です。不要なサイドバンド除去は、2つのパスの振幅が同じで90度位相シフトが正確であるときに最大になります。





90度位相シフトの精度を改善するため、R17とR24が、より高い、または、より低いオーディオ周波数のそれぞれに於いて、位相シフトの調節を可能にします。R27はIとQチャンネル間のバランスの調整を可能にして、それぞれのパスからの振幅を均等化します。このCWトランシーバークットには内蔵の調整ツールとテストツール、そして、テスト信号を受信入力点に挿入することが出来るシグナルジェネレーターが含まれています。すでに述べたように、これらの調節を実行することを容易にします。

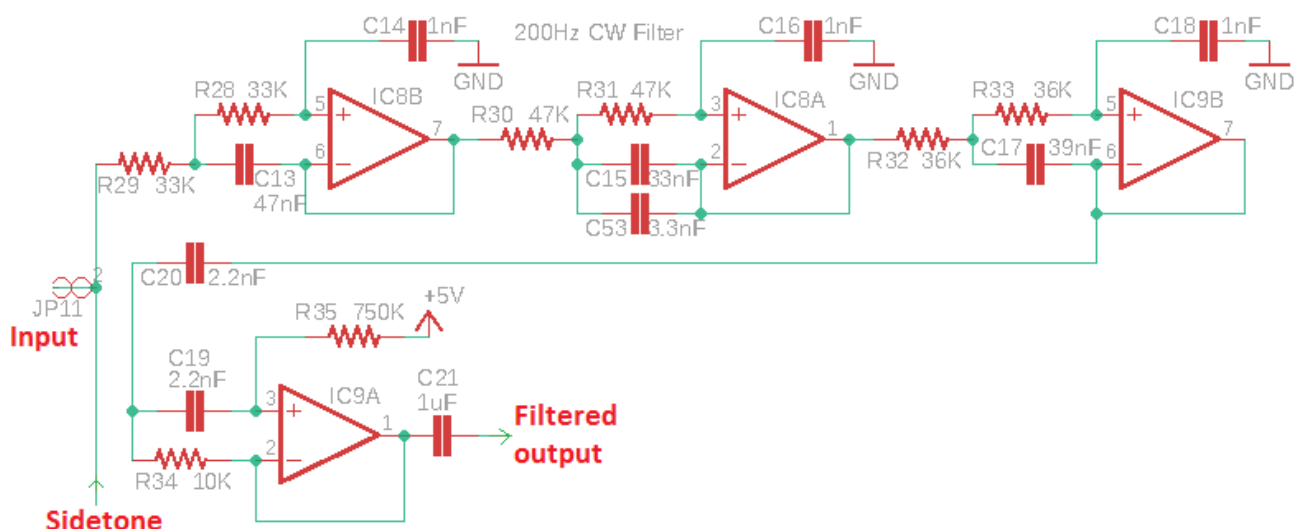
注意： 出力組み合わせポテンションメーターにある、2ピンヘッダー Pad JP9、JP10、JP11 は実験的修正や接続を可能にします。

### 5.7 CW フィルター

この受信機で使われる CW フィルターは 200Hz の帯域幅を持ちます。回路は、David Cripe NMOS,による HI-PERMITTE CW filter kit 設計に基づいています。Four State QRP group で入手可能です；

<http://www.4sqr.com/HiPerMite.php> (thanks David for permission to use it here).

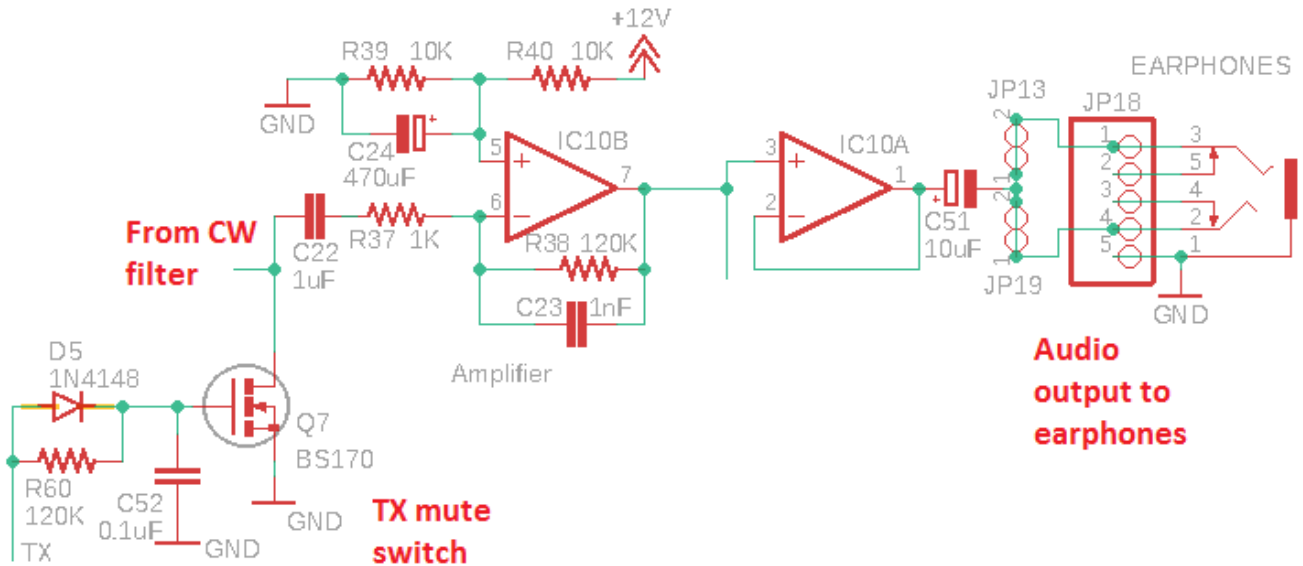
これが不快なリングングを防止するために特別に設計された高性能回路です。



3つのステージのローパスフィルタリングと1ステージのハイパスフィルタリングがあります。最初の3ステージは、入力トランス T1 からすべての道を通して 2.5V の“midrail”バイアスを保持します。最終ステージの IC9A は、5V 電源を使ってバイアスされています。（供給電源の半分で6 V の mid-rail 実電圧を作り出す幾つかの特定部品は避けましょう）CW フィルターは、また 18dB の測定されたゲインをも提供します。サイドトーン（モニター音）は CW フィルターへの入力点に注入され、700Hz サイドトーンを離れた矩形高調波をカットオフすることで聞きやすいクリーンな音を作ります。

## 5.8 オーディオ増幅器（オーディオアンプ）

受信信号パスの最後のステージは、オーディオ増幅です；聞きやすいレベルのイヤホンを駆動します。フロントパネルに 5KΩ の可変抵抗器がついており、ゲインコントロール（音量調節）として使います。時計回りにフルに回すと受信機はフルボリュームとなります。反時計回りに回すと、CW フィルター出力からのオーディオ信号を減衰させる一時的な分割器を形成します。このポテンションメーターはフロントパネル PCB 上に配置されており、この回路図上では見えません。（下図）



また、送信側にも、**Q7**、もう一つの **BS170 MOSFET** によって形成されるミュートスイッチもあります。これは後になって設計に追加されました；にもかかわらず、送受信スイッチの不快なクリック音を捨てきれません。ミュートスイッチは、クリック音の減衰にも役立ちます。スイッチはマイクロコントローラーによって作動します。

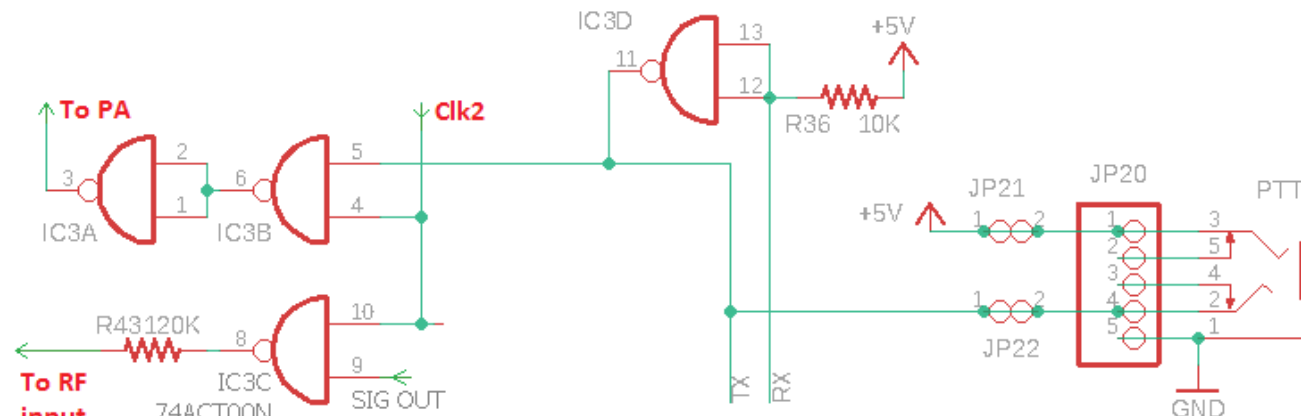
受信/送信スイッチ出力。 **BS170** スイッチが入ると、グラウンドに対して低い抵抗を持ち、それがオーディオ信号を大きく減衰させます。トランシーバーが送信から受信に切り替わる時の、オーディオの“バシッ音”を減らすには、ミュートスイッチは、受信機に切り替わった後の短時間、オンの状態のままである必要があります。バシッ音が鎮まるまで少し待ちます。この遅延は、**R60** と **C52** が形成する **R-C** ネットワークによって達成されます。このことはまた、ミュートスイッチのスイッチ - **On** の遅延を導入することにもなります。その場合、送信に切り替わる時にバシッ音は聞こえることとなります。これを避けるために、ダイオード **D5** が追加されました。それが受信 - 送信切り替え時に抵抗 **R60** をバイパスします。受信 - 送信切り替え時にミュートスイッチが即座に有効化されるのを確実にします。が、送信 - 受信の切り替え時には多少の遅延が発生します。 **C21** と **C22** は元は **10μF** の電解コンデンサでした。或る製作者が実験して白鍵したところによると、これらのキャパシタを **0.1μF** に減らしたところ、残存送信/受信切り替え時のクリック音が更に減衰したということです。しかしながら、**0.1μF** は、受信チェーンのゲインをも **14dB** だけ現象させることとなります；全体的に受信機が高いゲインであるにもかかわらず、**14dB** のロスが大きく、特にノイズレベルが比較的低い、高い周波数バンドでは大きすぎます。したがって、現行キットでは **1μF** のキャパシタを供給することとしました。クリック音の減衰を可能とするが、ゲインについては無視できる影響にとどめています。 **IC10B** は **14dB** のゲインのための単純な増幅器です。  $\frac{1}{2}$ -V mid-rail バイアスが **R39**、**R40**、**R24** によって生成されます。

**5V** 電源ラインを **mid-rail** として使うことは、大きすぎるノイズを付加することが分かりました。最終的に、**IC10A** は単なる **unity-gain** (増幅率=1) のバッファーとなります。それは単なるオペアンプであるにもかかわらず、標準のイヤホンをドライブするのに完璧に十分であることが分

かりました。 **5K $\Omega$**  のリニアなボリューム制御と、 **IC10b** 入力の **1k $\Omega$**  の負荷抵抗、 の効果は、 全体的に対数的特性を作り出します。 対数的特性を更に知りたい、 更なる分析、 この命題についての議論は、 下記のサイトにて見る事が出来ます。

<http://www.qrp-labs.com/qcx/qcxmods/qcxvolume.html>

## 5.9 送信信号の経路とパワーアンプドライバー



**74ACT00** は、 **quad NAND logic gate** です。

バイナリの **1** を表す電圧閾値は **2.4V** です。 それは、ゲートは、 **Si5351A** からの **~3.3V** までのピーク-ピーク矩形波出力によって容易にスイッチ **On** されるということを意味します。

**74ACT00** の出力は **5V** のピーク-ピークであり、クラス **E** パワーアンプの **BS170 MOSFET** を飽和するまで駆動するのに十分です。 **Si5351A** からの **Clk2** 信号は、以前に述べたように、送信振動として使われます。 **Si5351A** チップ設定中のソフトウェアで **Clk2** 出力を活性化/不活性化することは簡単な筈でした。 しかし、このトランシーバー設計は、 **BPF** 調整、 **I** バランス調節、位相調節制御のための内蔵シグナルジェネレーター機能も含んでいます。 そこで、 **74ACT00** 中のいくつかのゲートを使って、シグナルジェネレーターの **On/Off** と **RF** パワーアンプ信号の **On/Off** を別個に行います。 マイクロコントローラーからの **SIG OUT** 制御ラインが **High** の時、 **Clk2** 信号がシグナルジェネレーターとして活性化され、 **120K $\Omega$**  抵抗を経由してトランシーバーの **RF** 入力に直行します。

**TX** 信号は **IC3D** を単なるインバーター（位相反転回路）として使って作られます。 マイクロコントローラーからのロジックレベル **RX** 出力をインバート（位相反転）して **TX** 信号を生成します。

**TX** 信号は回路のどこでも使われます。（ **TX** 中のオーディオミューティングでも）。 **R36** は、パワーアップ時の **1** 秒の何分の **1** かの間に **RX** 信号を **High** に引き上げます。 その時は、マイクロコントローラーは起動するがまだ **RX** 信号を **High** に活性化またはスイッチしていない状態です。 **TX** シグナルが **High** となった時、 **Clk2** シグナルが **PA** に導かれます。

最後の反転ゲート **IC3A** が追加され、 **TX** ゲート **IC3B** が **Off** の時、 **BS170** ゲートに現れるドライバー電圧を低くし、したがってトランジスターが **Off** となることを確実にします。

## 5.10 クラス E パワーアンプ (出力増幅器)

クラス E パワーアンプは素晴らしいです。 高い効率で、**90%以上**となるときもあります。 これには重要な利点があります：

- a) 多くの電力を消費しないので小さな (そして安い) トランジスタを使うことができます。
- b) 電力を熱としてほとんど消費しないのでヒートシンクへの要求が少なくなるか不要となります。
- c) 送信中、無線機は少ない電流しか必要としないので、バッテリーの消費が少ない—ポータブル運用したい人々にとっては重要です。

クラス E パワーアンプには、運用周波数での共振回路を含みます。 従ってシングルバンドの使用に最適です。 クラス E については多くの文献があり、多くが非常に技術的で数学的です。

優れた読み物としては **Paul Harden NA5N** の下記の 2 つの文献を紹介します；

[http://www.aoc.nrao.edu/~pharden/hobby/\\_ClassDEF1.pdf](http://www.aoc.nrao.edu/~pharden/hobby/_ClassDEF1.pdf) および

[http://www.aoc.nrao.edu/~pharden/hobby/\\_ClassDEF2.pdf](http://www.aoc.nrao.edu/~pharden/hobby/_ClassDEF2.pdf)

**Paul NA5N** はクラス E の機能について 2 つの定義を述べています；

- 1) スイッチングロスを減少させるために矩形波ドライブを使用する：トランジスタが **On** か **Off**、中間に損失のある領域が無い。
- 2) トランジスタキャパシタンス効果を減少させる。 クラス E は共振調整された回路を持つ。トランジスタのキャパシタンスは、通常は不快な損失の側面だが、いまやチューンされた回路の一部となっている。

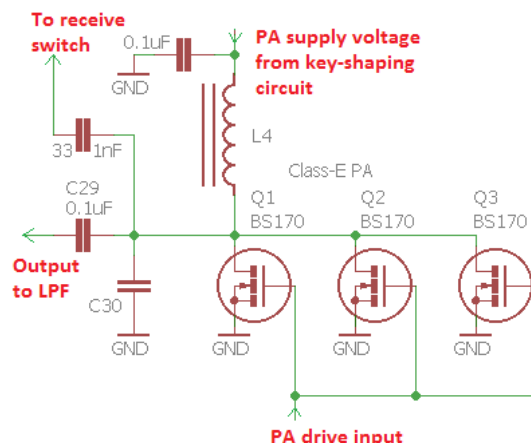
クラス E は達成が困難との評判もあります。

これらの強烈な数学については **Google** が見つけるには便利ですが、助けにはならないでしょう。 実際問題、秘密を一度理解すれば - それほど難しくはありません。

共振回路のインピーダンスの計算は単純です。 また、沢山のオンライン計算がその作業をしてくれます。 たとえば、<http://toroids.info/T50-2.php> では、運用周波数と希望する共振回路インピーダンスを入力します。 すると、計算機が、必要なインダクタンス、キャパシタンス、特定のトロイダルコアと巻き数 (我々のケースでは **T50-2** を使っています) を計算してくれます。 クラス E デザインは単純です。 出力インピーダンスを選べばいいのです。

我々は **50Ω** を選びます。 なぜならこれは使おうと思っているローパスフィルターの入力インピーダンスだからです。

オンライン計算機は必要なインダクタンスと、トロイダル上に何回巻けば良いのかを教えてください。 また、オンライン計算機は、それを運用周波数で共振させるのに必要なキャパシタンスも教えてください。 ここで我々は実験にたよります。 なぜなら、トランジスタの出力キャパシタンスを知



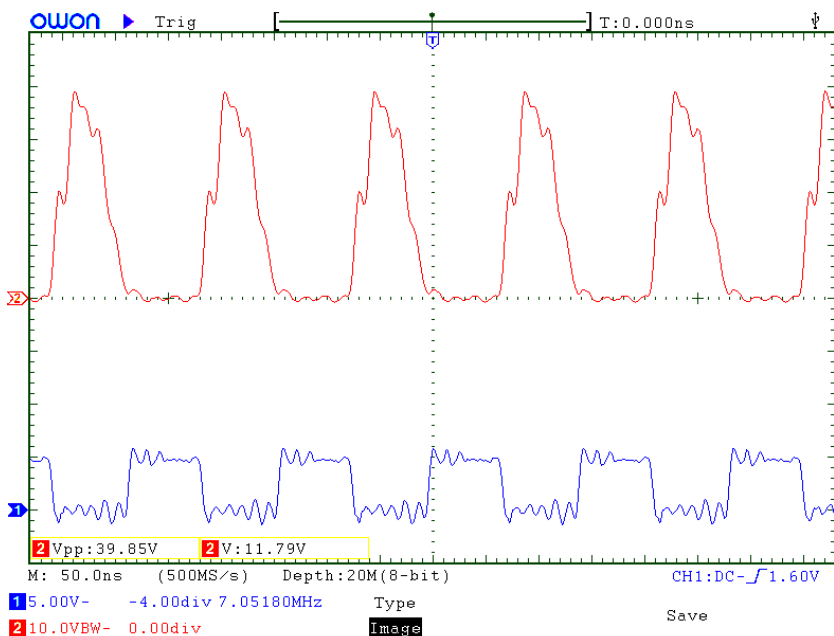


ることが少々困難だからです。デバイスのキャパシタンスは電源電圧と、それが **On** か **Off** の状況にも依存して変化します。簡単な実験が必要です。異なる小さなキャパシタンスを回路に追加し、効率を測定します。（測定項目は、供給電圧と電流からパワー入力を計算；次に **RF** パワー出力を測定；両者を割り算し、効率を得る。） 効率をピークにするのに必要な追加のキャパシタンスを見つけるのは簡単です。共振は全く広範囲で重要ではありません。この導入では、**3** つの **BS170** トランジスタが並列で使われています。 **BS170** は安価で小さいですが、**500mA** の消費電流と **830mW** までの消費が評価されています。デバイス **1** つに付きです。 **3** つ並列では、シングルバンドでの **5W** 出力を達成するためには、十分なキャパシティーを提供します。トランジスタには各個体のデバイスによって、特性の間に常にマイナーな相違があります。もしこれらがバイポーラの **NPN** トランジスタであった場合、このように並列で使うことはできないでしょう。

もし、一つのトランジスタがより多くの負荷を受け、ヒートアップし始めたら、その抵抗値は更に下がり、それが原因で更に熱くなることでしょう。この現象は、“**thermal runaway**”として知られており、トランジスタが（速攻で）破損する結果となります。エミッタ抵抗が負荷の平滑化を助けるために使われます。が、**MOSFET** に関しては、抵抗値は温度上昇とともに増加するので—複数のデバイスを並列で使う時固有の自己バランス特性があります。それには、部品数を増やし、パワーを浪費するような追加のバランス抵抗は必要ありません。

このオシロスコープのスクリーンショットは、クラシックのクラス **E** の波形を示しています。スコープのプロブ等のセットアップがまずなかったため、リングングが出ているのは無視してください。

下部（青）のトレースは、**BS170** トランジスタのゲートでの **5V** の矩形波です。上（赤）のトレースは **BS170** のドレインの電圧です。それは、



この例では、概ね **40V** でピークになっています。この測定は、**12V** 電源で **40m** (**7MHz**) に関して実施したものです。

注目すべき要点は、**BS170** がスイッチ **On**（ゲート電圧が **5V**）となる時、ドレイン電圧はゼロであること。 **BS170** が **Off** の時に、ゲート電圧は大きな振幅に綺麗に脈打つ、ことです。

クラス **E**!

要約： クラス **E** は、実際に達成するのは実に全く容易である！

おそらく、すべての複雑な計算は効率についての別の一つ二つの%を捻りだすには役立つのでしょ

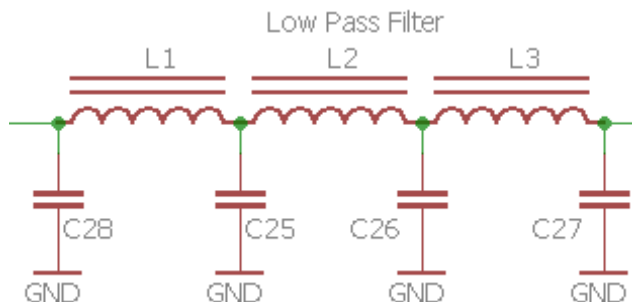
う。 が、実用目的のためには、シングルバンド CW の中で使というのが素晴らしい基本要素でしょう。

### 5.11 ローパスフィルター (Low Pass Filter)

送信出力は高調波が多いので、高調波を減衰させ法的な順守のために、良いローパスフィルターを後に取り付けなければなりません。標準的でよく証明された **QRP Labs** のローパスフィルターキットをここでは使っています。

<http://qrp-labs.com/lpokit>

スペースとコストの節約のため、部品は、プラグインボードではなく、**PCB** に直接取り付けられています。それは、**7** エLEMENTのフィルターで **Ed W3NQN** が最初にデザインし、**G-QRP** クラブ **Web** サイトのテクニカル頁に何年間も発表されていました。



### 5.12 Key-shaping 回路

ハードキーの **CW** 送信機は、送信信号から何百 **Hz** も離れたところでクリック音を生成して近隣の周波数に迷惑をかけます。これは単にフーリエの送信についての計算結果であって、しかも不可避です。信号を突然 **On** や **Off** にするときにはいつでも、あなたはエネルギーを、近傍の周波数にまき散らすのです。希望もしていないのに。これと戦うには、良い **CW** トランシーバーというものは、**RF** エンベロープ形成回路を内蔵するべきなのです。そしてキーダウンとキーアップの移行を和らげるのです。理想的なエンベロープ形成は、二乗余弦 (**raised cosine**) ですが、

**koreha**

**kairono** 複雑性をかなり増大させることなしには導入が困難です。

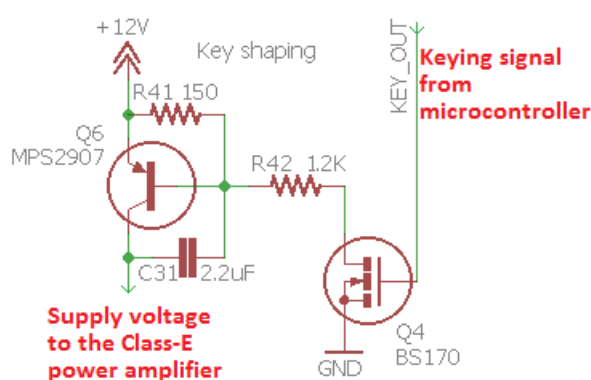
ここで使う簡単なキー形成回路は、数個の部品のみを使って良い結果をもたらします。この回路は、**Don Huff W6JL** によって発表されたものです。

<https://www.qrz.com/db/W6JL/>

彼は次のように謙遜します；

“この積分タイプのキーイング回路は多くの公表された過去 **40** 年以上にわたる自作デザインの中で見つけたものです。だから何も新しいものではありません。”

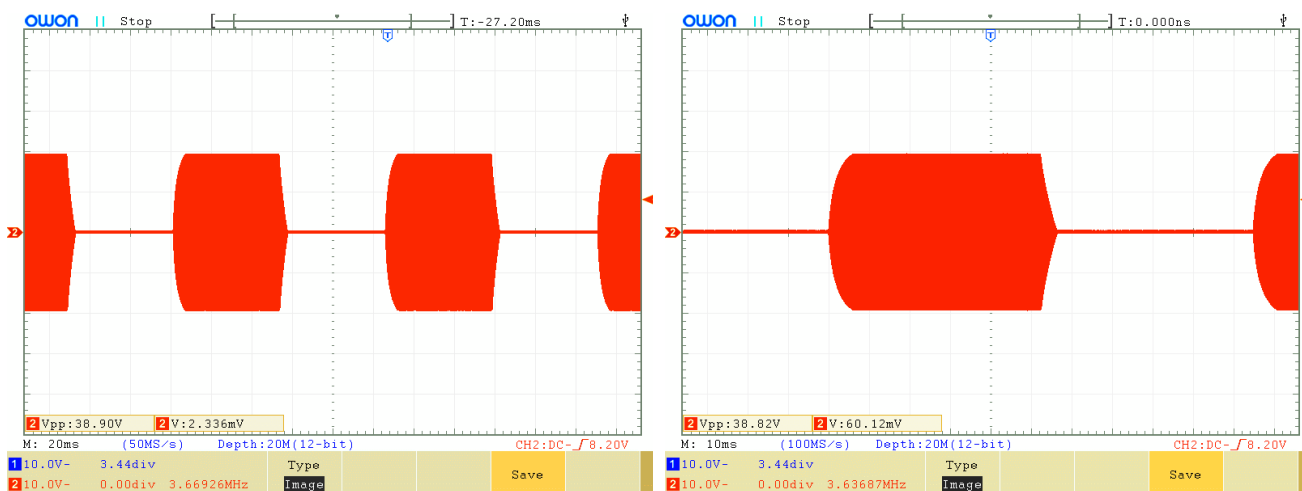
それは **PNP** トランジスタ (**Q6**) と **R-C** 積分回路を使います。 **Don W6JL** はこのキー形成回路を使って **600W** パワーアンプを駆動させています。



キーダウン時、Q4 スイッチは、マイクロコントローラーからくる **High** シグナルによって“閉じられます”。 本場に単純な送信機では、Q4 はストレートモールスキーによってグランドへと置き換えられます。しかし、我々の場合、マイクロコントローラーは、自動メッセージ送信、ビーコンモード、**lampic** キーヤー、などを導入しており、したがって、マイクロコントローラーがすべてのボスとなる必要があるのです。マイクロコントローラーは、ストレートキーまたはパドルの状態を読み取り、そしてキー出力を生成するためにそれを処理します。ストレートキーモードの時には、マイクロコントローラーは信号をキー入力からキー出力制御ラインにまっすぐに送出しますが、他のモードの時には、プロセッサがキーイング信号を生成しなければならないのです。

成分の値が、上昇時間と下降時間をセットします。

下記に示す成分では、ライズとフォール時間は約 5 ミリ秒です。 下記のおシロスコープのスクリーンショットは、40m バンド (7MHz) 送信で、CW のドットを約 24wpm で連続してキーイングしたものです。 振幅は、概ね 3.8W です。 これば、50Ω のダミーロードを接続し、12V 電源で駆動させています。

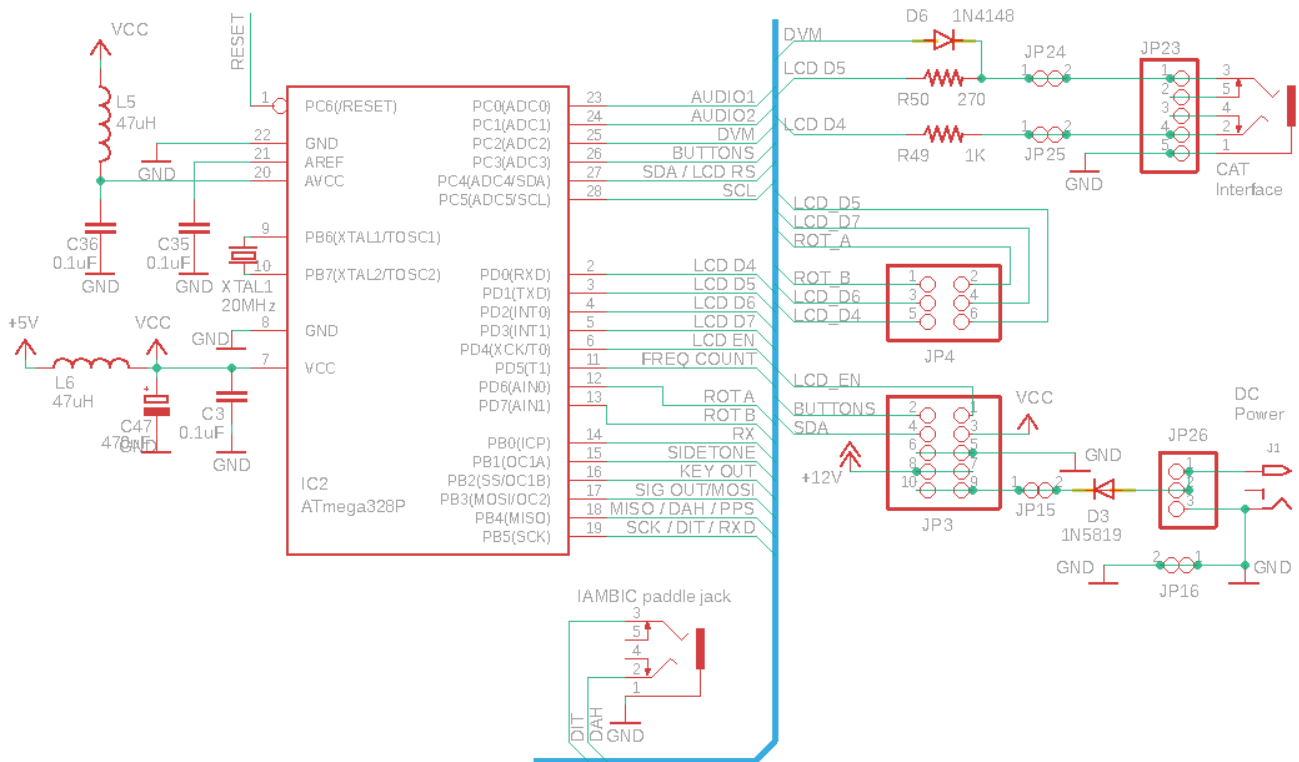


### 5.13 マイクロコントローラー

**ATmega328** マイクロコントローラー回路は、トランシーバーの多くの局面を制御します。

下記はトランシーバー回路です。 幾つかの点について議論が必要です。





## ATmega328P プロセッサ

**ATmega328P** を選んだのは、ここで必要なすべてのタスクを扱うに十分な処理パワーと I/O があるからです。それはよく知られ、安価で **QRP Labs** の多くの製品が既に使っていて、キットの準備とコーディングの両方にとって経済的なスケールメリットをもたらします。プロセッサはその最大レートである **20MHz** のシステムクロックスピードで作動します。コードはすべて **C** 言語で書かれ、オープンソースではありません。同じ **ATmega328P** プロセッサが一般的な **Arduino Uno** 製品で使われていますが、**Arduino** 環境で書かれたコードと、この **CW** トラシーバーのために書かれた特注のコードの間には何の関係もありません。

## チューニング時のクリック音の削減

無線受信機プロジェクトで **Si5351A** を使う何人かの製作者たちは、周波数が変わるたびに大きなクリック音がすると報告しています。これらのクリック音の原因は、以下の 2 つの問題のいずれかまたは両方です；

a) **Si5351A** を設定するソフトウェアの欠陥

b) 電源ラインまたは照射ノイズがマイクロコントローラー/LCD から繊細な受信機に帰っている

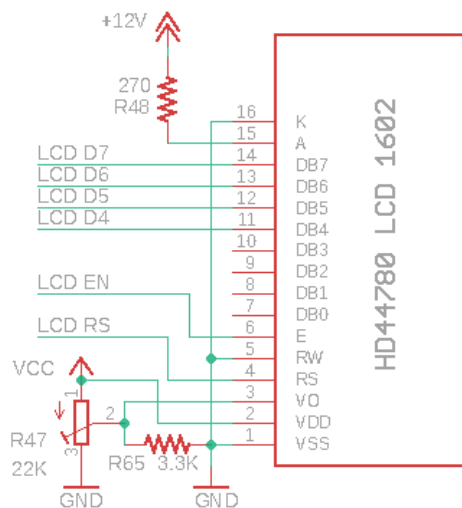
最初の問題はイシューではありません。なぜなら、我々は既に **Si5351A** 使用の広範な経験があり、その設定は完璧にしているからです。

2 番目の問題は重要です：マイクロコントローラーが **SI5351A** の設定を変更して周波数を変えようとする時にはいつも、新しい周波数を **LCD** にも書きます。そこではマイクロコントローラー内と、**SI5351A** と **LCD** に対するデジタル制御シグナルについては、多大のアクティビティーがあります。LCD コントローラーチップもまた、変更される画面を有効にするために多くの作業を行います。これらすべてのデジタルトランザクションが、受信機の前頭にノイズを照射している可能性があります。電力消費の変更は電源ライン上のノイズの原因になります。また、受信機前頭でも探知されるノイズに変換され得ます。照射問題と戦うには、**ATmega328P** マイクロコントローラーを、**RF** とオーディオシグナルパスから離れたところ、**PCB** のフロント右側に設置し、プロセッサと **LCD** モジュール、マイクロコントローラー間の接続を可能な限り短くし、照射ノイズを最小にすることです。ノイズを電源から離すために、マイクロコントローラーと **LCD** への **5 V** 電源は、**47 $\mu$ H** のインダクター **L6** と **470 $\mu$ F** のキャパシタ **C47** によってフィルターされます。

組み合わせて、これらの測定結果は、受信機の調整中にオーディオにクリック音が無いことを確認しています；名付けて小さなはためきは聞こえます。それは突然の周波数変更の自然の帰結といえるでしょう（フーリエの法則）

### LCD (Liquid Crystal Display) モジュール

トランシーバーは、**HD44780** 互換の **LCD** モジュール、**16** 文字 **2** 行、を使います。LCD は使用する **I/O** ピンを最小とするため **4** ビットモードで作動します。LCD からのデータの読み出しは有りません。これは、**Read/Write** ピンをグランド出来ることを意味します。6 つの **I/O** ピンが **LCD** への書き込みのために使われます。LCD はフロントパネル **PCB** 上にマウントされ、回路セクション (右) はフロントパネル **PCB** の一部となります。通常のコントラスト調節用トリマーポテンションメーターは **R47** で、読み取り可能な画面が得られるように設定が



必要です。LCD バックライトは、**30** から **35mA** の電流を消費します。バックライトは直接 **5V** 電源に繋ぐことはできますが、そうすると、**7805** レギュレーターの電力消費を多少増やすこととなります。レギュレーターのオーバーヒートを防ぐため、このバックライトは直接 **+12V** レールから **R48** の **270 $\Omega$**  抵抗を介して供給されます。この抵抗値は、供給電圧が **7V** から **20V** のレンジでバックライトの明度が合理的となるように選択されました。画面の明るさを減らしたい場合は、**R48** の値を増やせばいいです。

### サイドトーン

このトランシーバーの初期のファームウェアバージョンでは、サイドトーンは **ATmega328** のタイマー 1 周辺機器を使ってパルス幅変調によって生成されていました。サイドトーンの周波数と音

量は、設定メニューを通してソフトウェア内で設定可能でした。

音量調節のために、マイクロコントローラーはデューティーサイクルを **50%**（最大音量）から **1%**以下（最小音量）まで調節しました。ファームウェアバージョン **1.02** 以上では、サイドトーン生成方法を変更されました。以前の 방법은、単純な矩形波と可変のデューティーサイクルによる音量変更でした。しかし、この方法もまた、平均レベルが変化し、低音量で **DC** バイアスに誘導されました；送信から受信（または逆のばあいも）に切り替わる時に、オーディオチェーンを通して **DC** バイアスが、突然名目 **2.5V** に戻り、大きなクリック音がでました。この解決策は、**PWM** デューティーサイクル変更を重ね合わせることでサイドトーンを生成する方法でした：例えば、

**51%**から **49%**までは、より高い周波数の矩形波を（例えば、**42kHz** が **700Hz** で使われた）；より高い周波数では、**60 x** サイドトーン周波数だけ与えられる）

このデューティーサイクル変更、**1** 秒間に **700** 回のレートでは、小さな **700Hz** の矩形波が作られ、フルサイズの **42kHz** 矩形波に重ね合わされました；平均のデューティーサイクルは **50%** で **R X T X** 切り替え中にはクリック音は無くなりました。音量は、例えば、デューティーサイクルの変化を大きくすればするほど大きくなりました；例えば、**51/49%** よりも **60/40%** の方が音量は大きくなります。サイドトーンは **CW** フィルターへの入り口で **3.3K $\Omega$**  の抵抗を介して受信機のパスに注入されます。マイクロコントローラーによって生成されたサイドトーンは矩形波で高調波が豊富です。ボリュームが減少すると、デューティーサイクルの%が下がり、**700Hz** の基本トーンの振幅も下がります。もちろん、多くの高調波があり、**CW** フィルターが大きな仕事をしてこれらを取り除きます。そしてイヤホンに残されるものは気持ちの良い純粹の **700Hz** の正弦波です。

これがサイドトーンが **CW** フィルター入力に注入されるかの理由です。送信中、サイドトーンが作動しているとき、ミュートスイッチ **Q7** もまた閉鎖されます—しかし、このスイッチの欠陥を通して十分な漏れがあり、サイドトーンはどこにでも通過します。**3.3K** サイドトーンフィード抵抗 **R59** が選択され、十分なシグナルを送り込みます。それはミュートスイッチの減衰に打ち勝ちます。ミュートスイッチが無いと、**R59** はさらに高い値となるでしょう。

### キーパドル、ロータリーエンコーダースイッチボタン

マイクロコントローラーは、キーパドルの入力、ロータリーエンコーダースイッチ、すべてのボタンを注視しています。オペレーターがコントロールを活動化させ、ボタンやスイッチが閉鎖されると、マイクロコントローラーは必要に応じて即座に反応します。パドル入力、とロータリーエンコーダースイッチは、マイクロコントローラーの専用 **I/O** シグナルを使って読み込まれます。

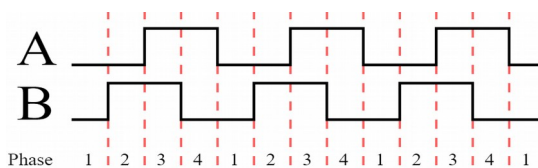
すべての機械的なスイッチは、スイッチのはずみ（電氣的接触によるリップル信号）を示します。そこでは、スイッチの接点が複数のトランザクションを、スイッチが活性化される短い時間の間に生成します。多くのプロジェクトによく見られることですが、抵抗—キャパシタは共同してスイッチのはずみ（リップル信号）を（**debounce**）抑えます（ロータリースイッチも含まれます）。

抵抗とキャパシタを含む簡単なデバウンス回路は、RCのタイム定数を選ぶ際に、必然的に妥協を含みます。計算を誤ったり、タイム定数を短くしすぎたり（バウンスノイズが通過する）、あるいは、長くしすぎたり（スイッチの素早い閉鎖が行われない）することはよくあります。これら2つの両極端の間のスイートスポットを見つけられないということは、よくあります。

私見ですが、抵抗/キャパシタによるデバウンスは、回路がマイクロコントローラを含んでいる時には、この問題に対して貧弱な解決策です。ソフトウェア内でスイッチの端をデバウンスすることは容易です！これは、あなたが時間の制約や他のデバウンスロジックをもっと精密に制御可能にします。もちろん、それはこれらの余計な抵抗やキャパシタも節約します。キットのコストと複雑性の削減に役立ちます！これがキット内に抵抗やキャパシタによる制御機構のデバウンス回路が見つからない理由です。すべてがソフトウェアの中で実行されるのです。

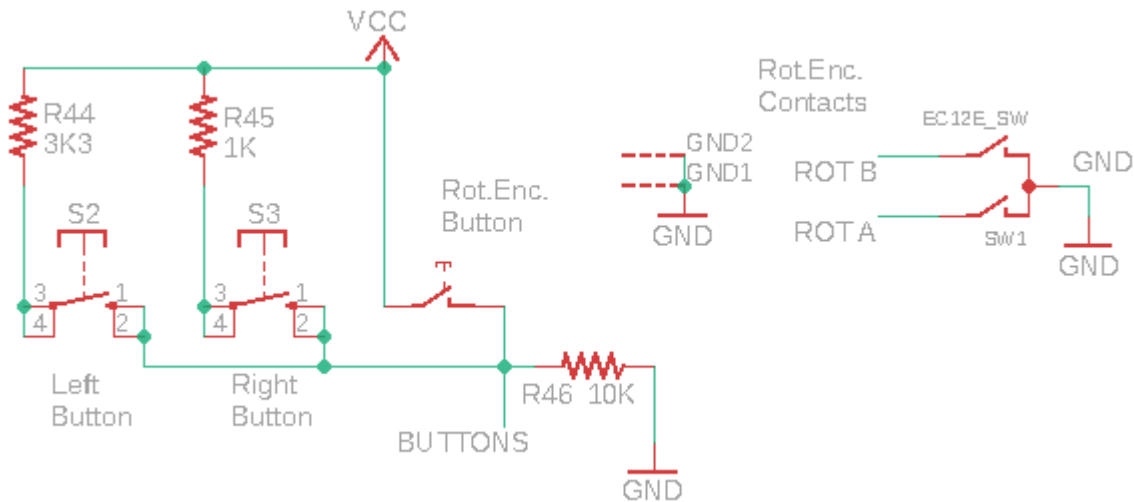
ロータリエンコーダは、タイミングループよりもステートマシンを使ってデバウンスされます。

ロータリエンコーダは、90度（ここでも4分割）位相シフトを持つ、2つのスイッチ閉鎖出力を作り出します。マイクロコントローラはこれらの移行をモニターすることが出来、ロータリエンコーダのクリック



回数、つまみが回された方向、を決めることが出来ます。同時にスイッチ移行のデバウンスも行えるのです。もう一つよく見られる不必要な部品は、マイクロコントローラへのスイッチシグナルについてのプルアップ抵抗です；スイッチがオープン（押されていない）な時に、マイクロコントローラはHigh電圧をみることになります。これは不必要です。なぜなら、ATmega328Pのような最新のマイクロコントローラはすべて設定可能なプルアップを内部に持っているからです！

**Select**、**Rotary**（エンコーダーのシャフト）、**Exit**、の押しボタンに関して問題を抱えたことがあります。マイクロコントローラには十分なI/Oシグナルがあると思っていたのですが、いざ考慮中のすべての機能を導入しようとした時になって気が付きました。ボタンを読むために十分なI/Oシグナルが無い！解決策は、アナログ多重化することでした。3つのボタンすべてをマイクロコントローラへの単一の入力シグナルにするのです。これはアナログからデジタルへの変換（ADC）チャンネルです。マイクロコントローラの内部プルアップは使っていません。なぜなら電圧レベルについて精密な制御が必要だったからです。



回路図の一部（上）はボタンの回路です。 フロントパネルにあるロータリエンコーダと 3つのボタン（2つのタクトスイッチボタン、と PCB 内部にあるロータリーエンコーダシャフトボタン）入力シグナルは 10K 抵抗 R46 によって Lowpin 引張られます。 3つのボタンの方側は I/O ピンに接続されています。

ボタンの他の端はそれぞれ異なる抵抗を介して 5V に接続されています；左（Select ボタン）3.3K (R44)、右（Exit ボタン）1K (R45)、そして中央（Rotary ボタン）直接接続（抵抗無し）。

ボタンの 1つが押されると、抵抗が一時的なディバイダーを形成し、どのボタンが押されたのかによってマイクロコントローラへの電圧を設定します。 下の表は、押されたボタンによって誘起される電圧を計算した結果です；

Button pressed	Voltage
None	0.00V
“Select”	3.76V
“Rotary”	5.00V
“Exit” .	4.55V

3つすべてのケースでボタンを押した時の電圧は、マイクロコントローラのロジック 1 の閾値である 3V よりも高くなっています。 私は、pin-change interrupt を使うことができ、ボタンが押されたことを検出できます。 そして ADC チャンネル 3 を読み、測定された電圧を表と比較してどのボタンが押されたのかを決定します。

3つのボタンを 1つの ADC 入力で判別するのは面白いトリックでしょう。 これはもっとたくさんのボタンにも適用できます！ それぞれは異なる抵抗値を必要とするだけですが、注意も必要になります。 電圧の違いが信頼して読み込めること、ADC ノイズや部品の精度によってマスクされないこと、です。 3つのボタンについては、これらの問題は発生していません。



## 送信/受信切り替えスイッチ制御 と キーアウト信号

すでに議論したように、キーアウト信号は次の3つのいずれかを反映しています。それは、ストレートキーモードでストレートキー状態であるのか、または、それは **lambic** キーヤーモードで処理されたキーヤー信号自体であるのか、それともトランシーバーのビーコン機能であるのか。

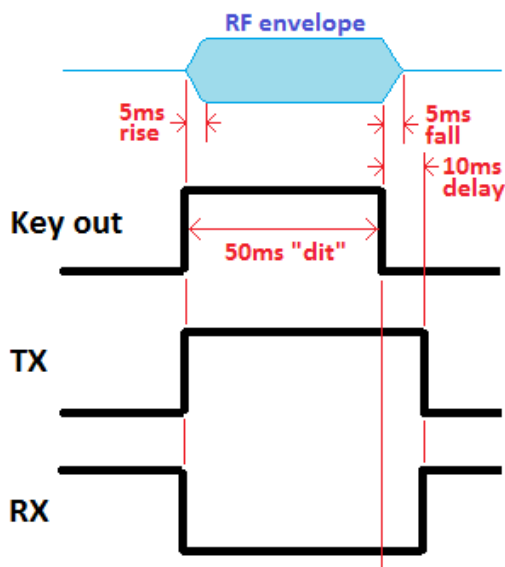
キーアウト信号は、マイクロコントローラによって、ビーコンモードと **lambic** キーヤーモードでは、精密なタイミングをもって生成されます。そして、既に述べたように、**RF** エンベロープキー形成回路に渡されます。

送信/受信切り替えスイッチは、キーアップ後の短時間の間、送信状態を維持していなければなりません。

キー形成回路の **RF** エンベロープがゆっくりとゼロに落ちるまでです。それは約 **5ms** です。このため、マイクロコントローラは、キーアップと受信モードへの切り替えの間に **10ms** の遅延を想定しています。右の図がこれら信号のタイミングを図示しています。信号は、**24wpm** でドットを打った場合の例です。キーアウト信号は正確に **50ms** の **High** 期間を持ちます。**RF** エンベロープの上りと下りは **5ms** (約) です。マイクロコントローラによって生成される **RX** 制御ラインは、それが **High** であるときに、受信機のスイッチを **On** にします。(RF が受信検波に流します)

キーアップが完了すると **10ms** の間 **Low** (送信) 状態が保持されます。**TX** 信号は **RX** 信号の反転です。送信中、オーディオミュートスイッチ **Q7** のゲートにスイッチを入れます。

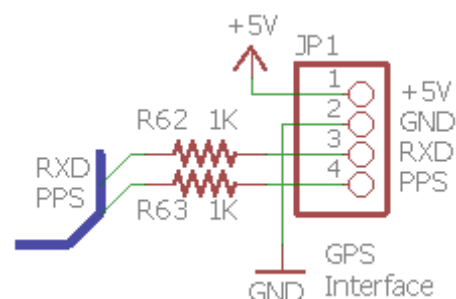
**NAND** ゲートの1つ、**IC3D** が、インバーターとして使われ、**TX** 信号をマイクロコントローラの **RX** 出力から作成します。



## 5.14 GPS インターフェース オプション

**GPS** は後になって設計に追加されました。下記の機能が  
あります:

- **27MHz** 基準周波数発振の較正
- **20MHz** システムクロックの較正
- **WSPR** 周波数の規律 (ドリフトの訂正)
- **WSPR** リアルタイムクロックの設定と規律
- **WSPR, Maidenhead Locator square** の設



定

この **GPS** インターフェースオプションは **4** ピンヘッダーによって提供されます。ボードの底部右側、**3.5mm**のキーヤーソケットの隣にあります。**4** ピンヘッダーのピンアウトは **QRP Labs** の **Ultimate3S QRSS/WSPR** 送信キット、および、**QRP Labs QLG1 GPS** 受信キットのピンに正確にマッチします。無線機を **QLG1 GPS** キットに接続するのが簡単になります。



しかい、他の **GPS** モジュールも使えますが、以下の要件が必要です；

□ 先進の（先端の）1秒1パルス信号、合理的なパルス幅、

注：古い **GPS** モジュールは 1us パルスで、これは十分に長くありません。 **QLG1 GPS** 受信機は 100ms (0.1s) パルスを提供します。 より短いパルスでも作動します。

□ **9600** ボーシリアルデータ送信標準 **NMEA0183 GPS** 規約

□ “**TTL**” 電圧レベル 即ち、**0V “low”** と **5V “high”**

(さもなくば、最低でも **1.5V** 以下と **3.5V** 以上)

**GPS** からの **1pps** とシリアルデータ信号あ **1KΩ** 抵抗を介して、マイクロコントローラのドットとダッシュ入力に接続します。 ですから、**GPS** は、パドルと並列で直接配線されます。 **GPS** はパドルと同時に使ってはいけません。 使うと送信機が **1pps** とシリアルデータ信号によってキーイングしてしまいます。 **1KΩ** 抵抗は、うっかりパドルがグランドされるような場合に、**GPS** 出力を防止します。 **誤ってパワーアンプを飛ばしたくなかったら、GPS を繋ぐ前に、常にキットを練習モード（メニュー 4.7 を参照）にしておくことです。**

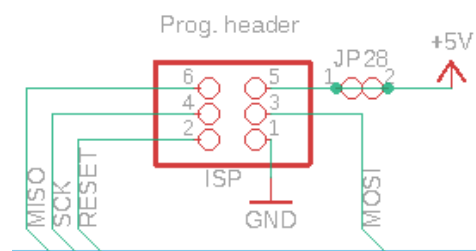
**ATmega328P** が **USART** シリアルデータ周辺機器を持っています。 が、**GPS** 受信機オプションを入れる時には、設計プロセス段階では、ピンアサインは既に終わっていたのです。 さらに、**I/O** ピンが入手困難でした。 したがって、2つの **GPS** 信号はパドル入力と同じ **I/O** を共用することになりました。 ソフトウェアエミュレータの **USART** 周辺モジュールが **GPS** シリアルデータを **9600** ボーで読みこみます。

**GPS** を接続したが、キットを練習モードにし忘れた場合は、パワーアンプを保護するために、自動的にパドル入力としてシリアルデータを認識し、一時的に練習モードを稼働させます。（**P** が液晶画面に表示される）

### 5.15 In Circuit Programming (ISP) インターフェース

**2x3** ピンヘッダーが **PCB** に設置されていて、将来新たなファームウェアバージョンが入手可能になった場合に、**ATmega328P** マイクロコントローラの回路内プログラミングを使うことが出来るようになっています。

ファームウェアアップデートは、**eBay** で送料込みで \$ で手に入る、**2USBISP AVR** プログラマーによって可能ます。



**2x3** ピンヘッダーピンアウトは標準の **AVR** プログラマーケーブルに合致します。 **ISP** インターフェースは、**GPS** インターフェースやパドルと同じ **I/O** ピンを使います。 ファームウェアアップデートの際には、**GPS**（もし既に接続していたなら）を取り外すことを確実にしてください。 そして、ファームウェアアップデート注にはパドルキーを押さないようにしてください。 幾つかの

AVR プログラマーは、目標プログラミング電圧をセンスするために 5V の接続を必要とします；そうでないものもあります；+5V は 2 ピンヘッダー Pad JP28 を介して、ISP ヘッダーのピン 5 に接続します。

特定の場合でこの接続を必要としない場合、2 つの Pad 間の配線をカットして +5V 接続を解消することができます。

## 5.16 Test 装置

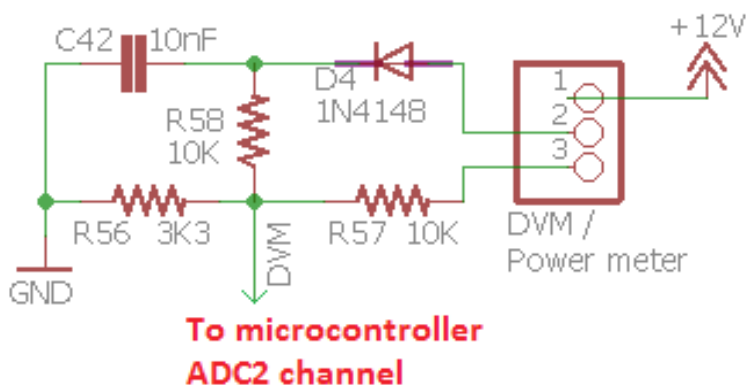
内蔵のテスト装置と調整装置は、この CW トランシーバーの実に素晴らしい機能です。

### DVM (Degiral Volume Meter) と RF パワー計

DVM (電圧計) と RF パワー計は、マイクロコントローラへの 10 ビット ADC チャンネル 12 入力を使って導入されています。

電圧を測定したい時には、3 ピンの DVM/RF パワーコネクタのピン 3 に、電圧測定対象をつなぎます (右図)。電圧は、R56 (3.3K) と R57 (10K) によって一時的に形成されるディバイダーによって低下します。

これが、ファクター 4.03 による除算を適用します。



ADC が 5V までの電圧を測定できる以上、このことは、DVM 機能は 0V から最大 20V までの範囲を持ち、ADC の各ビットは 0.02V の解像度を持つ、ことを意味します。

RF パワーを測定したい場合は、測定したい RF を、3 ピン DVM/RF パワーコネクタのピン 2 に接続します。(上図) この場合、D4 と C42 が簡単な RF 検出器となります。RF は D4 によって整流され C42 によって平滑化されます。R56 (3.3K) と R58 (10K) は再び、一時的ディバイダーを形成して整流された電圧をファクター 4.03 で除算します。パワー計の結果レンジは、概算で、0 から 5W となります。無線機の通常の運用のために、バッテリー残量を画面上のバッテリー icon

で見たい場合、3 ピンヘッダーのピン 1 に繋がります。これは電圧計入力を無線機の 12V 供給につなぎます。めったにおきないことですが、誤って RF パワー入力や、DVM 入力に過大な電圧を入力してしまった場合、10K 抵抗 R57 と R58 が ATmega328P プロセッサのダメージを制限し、おそらく破損も防ぎます。おそらくです (内部でやってみようなんて思わないこと)

## オーディオ ADC (Analog Digital Conversion)

受信信号チェーンからマイクロコントローラへは、2つのオーディオ接続があります。1つが I-Q バランス調節ポテンションメーターの出力に接続されています。言い換えれば、CW フィルター入力に接続されます。

2つ目のオーディオ接続は、ファイナルのオーディオ増幅ゲインステージの後ろに接続されます。

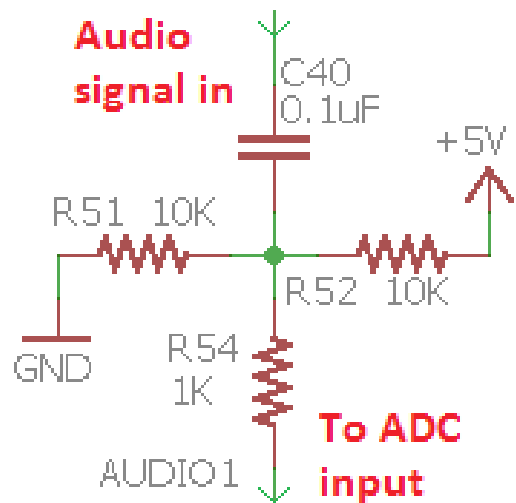
これらオーディオ信号チャンネルは、両方とも、マイクロコントローラのアナログ-デジタル変換 (ADC) 入力へとフィードされます。右の図は、オーディオアンプ出力に接続される **AUDIO 1 (ADC チャンネル 0)** の回路を示しています。

この回路の目的は、オーディオ信号から DC バイアスを取り除き、**2.5V** の新バイアスを適用し、ADC 入力レンジの中央にバイアスすることです。ADC ピンと **1K** の直列抵抗は、電圧が **0** から **5V** レンジの外に落ちた場合に、或る程度の限られた範囲でマイクロコントローラを保護します。より単純な回路が **AUDIO 2** チャンネルでは使われません。DC バイアスは既に **2.5V** になっているので信号は **0-5V** の範囲にあるからです。ATmega328P 内の ADC は、**10** ビット解像度です。約 **5mV** に相当します。

ADC 変換の結果は、**0-1023** の範囲になります。**512** はゼロを表します。

**+/-2.5V** のオーディオ電圧は、したがって測定可能です。実際、オーディオ信号はこれよりはるかに小さいのです。フル ADC レンジは実際に使われることはありません。

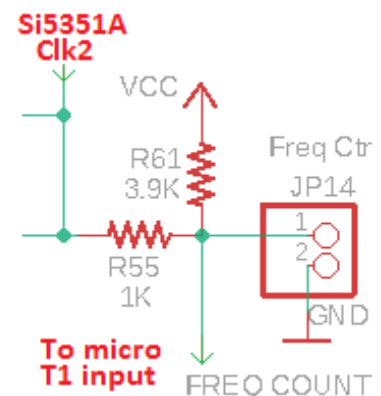
**AUDIO 2** チャンネル (CW フィルター入力に接続) は、より小さな振幅を持ちます。だから、**BPF** 調整手順 (これは非常に強い信号です) 以外では使われることはありません。



## 周波数カウンター

周波数カウンターのテストピン入力は、マイクロコントローラの **16** ビット **Timer1** 入力ピンに直接接続されています。

**1K** の直列抵抗 (**R55**) が接続され、**Si5351A** の **Clk2** 種強くにも接続しています。これは、オプションの **GPS** 規律である **27MHz** 基準水晶発振周波数の測定でも使われています。この機能では、**Si5351A** は、その生の **27MHz** 出力を **4** で除算して **Clk2** 出力に導くように設定されています。これは **1K** 抵抗 **R55** を通過してマイクロコントローラにいきます。**1K** 抵抗の目的は



**Si5351A** を問題のあるイベントから保護するためです。例えば、誤って **FREQ** 入力ピンに何かを繋いでしまった場合で、**Si5351A** がその時同時に **Clk2** 出力を動作させている、ような場合です。**Si5351A** からの **3.3V** のピーク-ピーク信号は、**Timer1** 入力の作動にはむしろ限界です。**3.9V** のプルアップ抵抗がそのセンターポイントを増やします。今、**Low** は **1.02V** で **High** が **3.65V** で、**Timer1** 入力を安定してトリガーするには十分です。周波数カウンターは、理論的に、**0** から **8MHz** まで動作できます。前提は、十分な振幅の **50%** のデューティサイクルの矩形波信号であること。上限の **8MHz** は **AVR** プロセッサの制限です。それは同期タイマー入力を持ち、システムクロック周波数の **40%** までしかカウントできません。（**20MHz** の **40%** が **8MHz**）

カウントすべき信号は、**ATmega328P** のロジック閾値を満足させねばなりません。すなわち、**Low** または "**0**" は **1.5V** で **High** または "**1**" は **3.5V** 以上です。

### シグナルジェネレーター

シグナル出力は単純に **Si5351A** の **Clk0** または **Clk1** 出力から取り出します。

これらのピンから過大な負荷（回路のショート）を引き出さないように特別な注意を払うべきです。**Si5351A** を破損する可能性があります。壊れた **Si5351A** を取り替えるのは非常に難しいです。

### シグナルジェネレーターと周波数カウンターのセルフテスト

注意： シグナルジェネレーターメニュー項目をスクロールし、**Select** ボタンを押して一旦アクティブにするとシグナルジェネレーターは、**Exit** ボタンを押すか、テスト装置メニューから離れるまで、設定された周波数でアクティブのままになります。

**Select** ボタンを押すとシグナルジェネレーターをアクティブになります；アンダーラインカーソルが、ロータリーエンコーダによってチューンできる桁の下に現れます。シグナルジェネレーターを調節して

**8MHz** 以下の周波数、例えば **6MHz**、を生成するようにします。**Edit** モードを離れるとカーソルは画面から消滅します；**Edit** モードから離れるには、**Select** ボタンを何度も押し、右端の **1** の桁から消えるようにする、あるいは、**Exit** ボタンを押します。

ロータリーエンコーダを反時計回りに回しながら **1** クリックすると、メニュー **9.5** の周波数測定が表示されます。いま、**FREQ** 入力から **Clk0** 出力にワイヤを接続すると、シグナルジェネレーターの周波数を測定することになります。この状態が右の写真で分かります。（この写真は元の **QCX** で **QCX+** ではありません）明らかに **2kHz** 低い表示です。私はまだ、**27MHz** 基準値も **20MHz** システムクロック値も較正していません！写真では、白いワイヤがロータリーエンコーダ周辺を回って **FREQ** ピンにつながっています。（写真では、ちょうど **MHz** の **M** のあたり）ワイヤのもう一方は **Clk0** 出力ピン（ちょうど **MHz** の **Z** の下あたり）

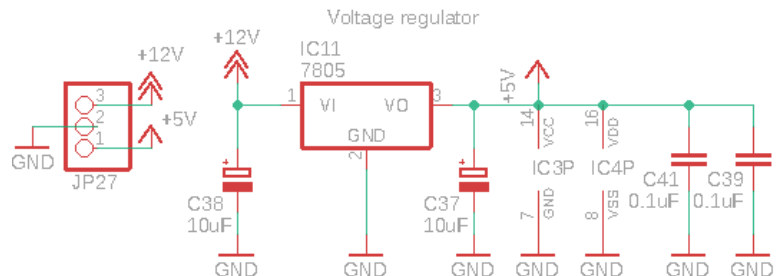




これは周波数カウンターを、シグナルジェネレーター（したがって **Si5351A** の）の正しい動作を検証するには便利な方法です。シグナルジェネレーターの出力は、**Clk0** と **Clk1** ピンで使用可能です。これにより両者をテストすることが出来ます。

### 5.17 5V 電圧レギュレーター

マイクロコントローラ、直角位相サンプリングデテクターチップ、LCD モジュール、**IC3**（quad NAND ゲート）に必要な **5V** 電圧は、**IC11 7805 5V 1 A** 電圧レギュレーターによって提供されます。



注意：入力は逆極性（電流の逆流）

から、**D3** のショットキーダイオード、タイプ **1N5819** によって保護されています。これは、また、電圧を **0.3V** から **0.4V** だけ降下させ、出力パワーを減少させる効果があります。**D3** は既述の回路図のマイクロコントローラの項に記載されています。（前項参照）

貴方が勇敢で、絶対にパワーを無線機に逆方向につながないという自信があるのでしたら、このダイオードを省略してジャンパーワイヤでその上を結んでも構いません。

スイッチングとレギュレーター回路をパワーがどう通るかについては下記の通りです；

- パワーは **QCX+** のリアパネルにある **2.1mm** のパワーコネクタに入る
- **3** ピンヘッダー **Pad** コネクタを **JP26** に取り付けても良い。  
例：追加のボードにスイッチされないパワーを提供する  
他の方法でパワースイッチングを管理したい。
- **3** ピンヘッダーのピン1とピン2の間の細い配線はカットしてもよい。
- **D3** (**1N5819**) が逆極性保護を提供する。必要ならこれは省略しても良い。ジャンパーワイヤでバイパスすればよい。ダイオードの **0.3~0.4V** のロスが除去できるので、幾ばくかのパワー出力の利得がある。が、あなたの **QCX+** は逆パワー自己に対しては何らの保護もないことになります。

- **2** ピンヘッダー **Pad** コネクタ **JP15** も、極性保護、他の **PCB** へのスイッチされないパワーの提供に使えます。Pad 間の配線はカットしてスイッチング制御を他の場所で行うこともできます。
- **2x5** ピンコネクタ **JP3** が **12V** パワーをフロント **PCB** に供給する。
- フロントパネルのラッチングプッシュスイッチが **QCX+** の **On/Off** スイッチとして働く
- スイッチの入ったパワーは **QCX+** メイン **PCB** に再び **2.5** ピンコネクタ **JP3** を経由して戻る
- スイッチの入った **+12V** パワーは **7805** に接続され他の回路につながる。 **3** ピンヘッダー

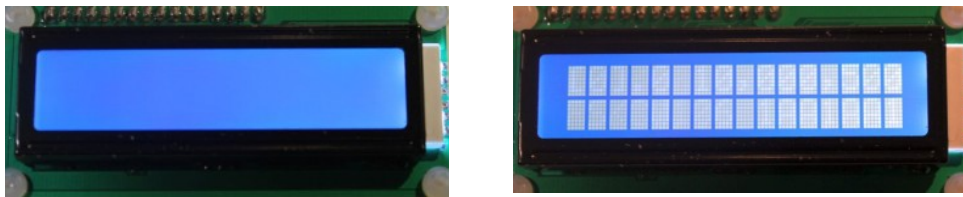
JP27 は、このスイッチの入ったパワーを追加の PCB（回路変更・修正など）に接続して使うことができる。

## 6. こんな時はどうする？

Refer to <http://grp-labs.com/qcx/qcxtrouble>  
and the groups.io discussion group for more tips!

### 6.1 LCD がブランク または 四角い箱が表示される

LCD 画面が下のいずれかの場合、間違いなく、あなたはコントラストトリマーポテンションメーター R47 を調節していません。



### 6.2 LCD のバックライトが点灯しない

LCD バックライトがまったく点灯しない場合は、R48 を取り付けているかチェックしてください。LCD コネクタをメイン PCB と LCD モジュールの間に正しく取り付けているかチェックしてください。

### 6.3 ブロックの行が上段に表示される

LCD モジュールの上段に 1 行のブロックが見え、下段は空白の場合、マイクロコントローラーが LCD モジュールと会話していないことを意味します。

IC2 マイクロコントローラーが 28 ピンソケットに正しく挿入されているか、正しい方向をむいているか、チェックしてください。（チップ上のディンプルがソケット、PCB シルクスクリーン上のディンプルに合っていること）

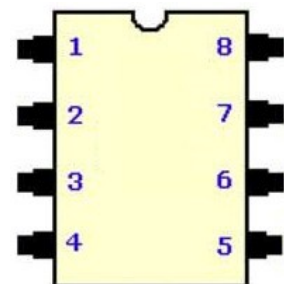
IC2 の全てのピンが正しくソケットに挿入されているか、曲がっていないか、チェックしてください。

### 6.4 DC 電圧の読み

下記の表は回路の様々なポイントでの DC 電圧の読み（値）をリストしています。トラブルシューティングに役立つかもしれません。

電圧の測定には、内蔵の DVM（Digital Voltage Meter）、メニュー項目 9.1 を使います。これらの測定は 12V の電源を使って行いました。

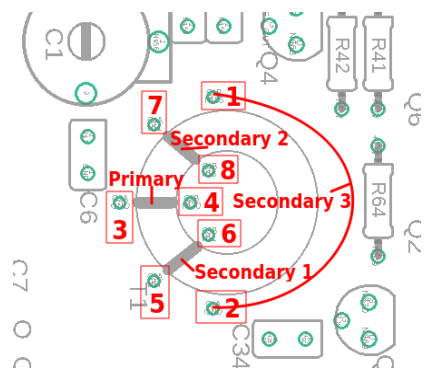
IC ピン番号を参照する場合は、（右図 8 ピンの例を参照）ピン番号は左上からスタート（ディンプルの左でチップの端）し、反時計回りに数えていきます。“左”、“右”、“上”、“下”、等と言う場合、PCB はディンプルを上にした、正





常位を前提しています。すべての測定は、基板の上側にプローブを当てて測定しました。

ケースによっては、特定のキャパシタや抵抗の Pad にタッチするためワイヤでつづきます。トランス T1 のピンアウトを参照するには、右にある図の表示を使ってください。多くの場合、これらの測定結果は、あなたの結果と厳密に合わない場合があります。特に、あなたが 12V 以外の電源を使用している場合、回路上の 12V 電源供給ラインから派生する電圧は違う結果となるでしょう。例えば、オペアンプのバイアス電圧は供給ラインの半分にバイアスされます。覚えておいてください、これらの測定結果の一部においては、測定行為自体が測定結果を変えてしまうことがあるということです。



この DVM の“入力抵抗”は、たったの 13.3KΩ です。（直列の R56 と R57、マイクロコントローラピンの高入力抵抗を想定している）

もし、この無線トランシーバーに内蔵の DVM ではなく、高入力抵抗の“real”DVM を使ってこれらの DC 測定を行う場合、ここでの結果とは違でしょう。

再度注意：あなたの測定が基本的に適切であるのなら、結果がここのもっと違ってても心配はありません。

これらの測定を行う時には、非常に注意して、回路を探索するために使ういかなるワイヤも、近隣のピンや部品にショートの原因にならないようにすること。さもないと故障の原因になります。私のサジェスションは、Si5351A チップピンに直接プローブを当てるのは避けること。ピンは小さく、近隣のピンにショートするリスクは高いです。代わりに、Si5351A ピンに接続されている近くの部品にプローブの方が簡単です—PCB 配線図を参照のこと。同様に、FST3253 ピンについてもピンへの直接のプロービングはお勧めしません。何度も言います。これらのピンにつながる近隣の部品にプローブの方が簡単であり、不注意による回路のショートが原因となる破損のリスクを減らします。

Location	Voltage	Comment
+ supply terminal	11.98	As I already mentioned: a 12V supply
Clk0 test pin	~1.70	The Clk0 pin in normal operation has a 3.3V peak-peak squarewave with 50% duty cycle. The DVM is measuring the average of that. Measuring here makes a lot of nasty noise in the audio.

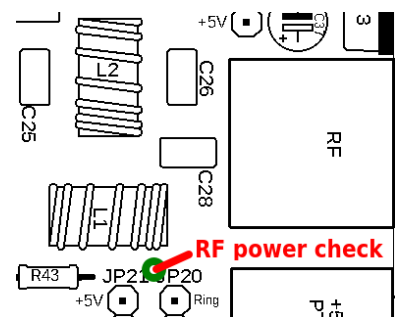
Clk1 test pin	~1.70	The Clk1 pin in normal operation has a 3.3V peak-peak squarewave with 50% duty cycle. The DVM is measuring the average of that. Measuring here makes a lot of nasty noise in the audio.
Left side of C2	3.40	This is the voltage of the Si5351A supply, pins 1 & 7
Right side of D	2 4.96	This is the +5V regulated supply
T1 pins 1, 2, 3 & 4	0.00	
T1 pins 5, 6, 7 & 8	2.36	
Top side of C43	2.28	C43-46 are the QSD integrating capacitors. The voltage across each one differs slightly. The following measurements show these small differences.
Top side of C44	2.44	
Top side of C45	2.42	
Top side of C46	2.30	
IC5 pin 1	2.64	IC5a output, the pre-amp I output
IC5 pin 2	2.46	
IC5 pin 3	2.26	
IC5 pin 4	0.00	
IC5 pin 5	2.28	
IC5 pin 6	2.46	
IC5 pin 7	2.44	IC5b output, the pre-amp Q output
IC5 pin 8	11.6 7	This is the supply voltage minus the voltage drop caused by the reverse polarity protection diode D3
IC6 pin 1	2.44	IC6a output
IC6 pin 2	2.44	
IC6 pin 3	1.63	
IC6 pin 4	0.00	
IC6 pin 5	1.55	

IC6 pin 6	2.44	
IC6 pin 7	2.44	IC6b output
IC6 pin 8	11.6 7	
IC7 pin 1	2.64	IC7a output
IC7 pin 2	2.64	
IC7 pin 3	1.99	
IC7 pin 4	0.00	
IC7 pin 5	1.89	
IC7 pin 6	2.64	
IC7 pin 7	2.64	IC7b output
IC7 pin 8	11.6 7	
IC8 pin 1	2.46	IC8a output
IC8 pin 2	2.46	
IC8 pin 3	0.65	
IC8 pin 4	0.00	
IC8 pin 5	0.67	
IC8 pin 6	2.48	
IC8 pin 7	2.48	IC8b output
IC8 pin 8	11.6 7	
IC9 pin 1	4.84	IC9a output
IC9 pin 2	4.84	
IC9 pin 3	0.65	
IC9 pin 4	0.00	
IC9 pin 5	0.67	
IC9 pin 6	2.44	
IC9 pin 7	2.44	IC9b output
IC9 pin 8	11.6 7	
IC10 pin 1	5.83	IC10a output
IC10 pin 2	5.83	
IC10 pin 3	5.83	
IC10 pin 4	0.00	
IC10 pin 5	4.21	
IC10 pin 6	3.94	

IC10 pin 7	5.83	IC10b output
IC10 pin 8	11.67	
LCD pin 1 (leftmost)	0.00	LCD VSS supply pin
LCD pin 2	4.94	LCD VDD supply pin
LCD pin 3	0.57	LCD Contrast
LCD pin 4	4.92	LCD RS pin
LCD pin 5	0.00	LCD RW pin
LCD pin 6	0.00	LCD E pin
LCD pin 7	1.08	LCD DB0 pin
LCD pin 8	1.08	LCD DB1 pin
LCD pin 9	1.06	LCD DB2 pin
LCD pin 10	1.04	LCD DB3 pin
LCD pin 11	0.00	LCD DB4 pin
LCD pin 12	4.94	LCD DB5 pin
LCD pin 13	4.92	LCD DB6 pin
LCD pin 14	0.00	LCD DB7 pin
LCD pin 15	4.41	LCD backlight anode
LCDpin16 (rightmost)	0.00	LCD backlight cathode

### 6.5 RF パワー出力のチェック

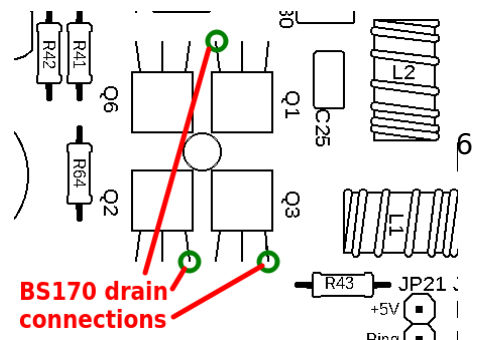
メニュー 9.2 RF パワーに行けば、あなたの RF パワー出力をチェックできます。RF 出力はダミーロードに繋ぐことが望ましいです。RF パワーの計算は、電圧が 50Ω の負荷にかかることを前提としています。PCB の右上の領域に、L1 ワイヤが半田付けされた PCB 上の Pad が見つかるはずです。この Pad は BNC コネクタの RF 出力ピンに直接つながっています。(右図参照)



もしここからワイヤを繋ぐ場合、4 ピンの DVM/RF パワーヘッダーのピン 2 に繋ぎ、それからキーダウン、画面にはパワー出力がワットで読み取れます。

最も簡単な方法は、トランシーバーをストレートキーモードにし、パドルをスクイーズすることです。

注意：簡単なダイオード RF 検出器は特に正確とは限りませんが、数ワットの表示がある場合、トランシーバーは正



常に作動していると自信をもって良いでしょう。キーダウンしてもパワー出力が表示されない場合は、パワーアンプに何らかの欠陥があると思われます。共通の失敗は、前にも言いましたが、組み立て手順中にあります。トロイド上に巻いた銅線のエナメルメッキを剥がす、または焼き取ることの失敗です。 **BS170** のドレインにタッチしている **RF** パワーワイヤを最初にチェックしてください。(図参照) これらの **BS170** ドレインにはボードの上側からワイヤをタッチできます。キーダウンしてワット表示をチェックしてみてください。この時点で、表示されたパワーは、ダミーロードを通過するよりも信頼性が低いでしょう。が、少なくとも、何らかのワット数が見られます。

もし、**BS170** ドレインにパワー出力が見られるが、全般のトランシーバー **RF** 出力ではワット数が見られない場合は、ローパスフィルターに欠陥があることを意味します。これらのトロイド上のエナメルの状態、半田付けをチェックしてください。

**BS170** ドレインでパワー出力が見られない場合、おそらく、パワーアンプ内の **L4** ドレインインダクタが正しくワイヤの半田付けがされておらず、電気的結合がなされていないと思われます— **L4** ワイヤをまずチェックして、エナメルが正しく剥がされているか、焼き取れているかを確認し、正しく接続してください。

## 7. 測定結果

この章の測定は組み立てられたキット上で行われました。キットごとの相違は、部品の耐性、調節の違い、トロイドの巻き方、等、の差によって常にあります。従って、この章であなたが読んだものはすべて、兆候として理解されるべきです。あなたの実際の結果は違うことがあり得ますし、おそらく違うでしょう。下記の情報は、あなたが見たいと期待するものについてのガイドをおおまかに与えるものです。

### 7.1 器具

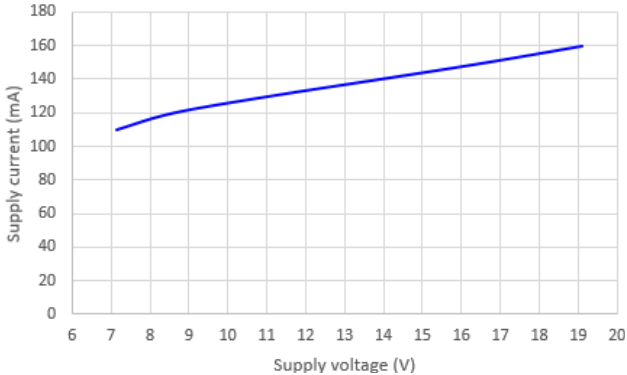
参考として、また、全面的開示として、以下の器具がこれらの測定に使われました：(器具名訳さず)

- **OWON XS3102A 12-bit 100MHz Digital Storage Oscilloscope**
- **ADVANTEST R3361C 2.6GHz Spectrum Analyser with 50-ohm tracking generator**
- **QRP Labs 50-ohm Dummy Load kit <http://qrp-labs.com/dummy>**
- **XONAR U5 24-bit external USB sound card**
- **Argo and Spectran audio analysis software from <http://weaksignals.com>**
- **QRP Labs Ultimate3S for test signal generation <http://qrp-labs.com/ultimate3/u3s>**
- **Simple 14.000MHz battery-powered crystal oscillator signal generator**
- **Two generic yellow DVMS**
- **12V fixed power supply, and variable voltage bench supply**

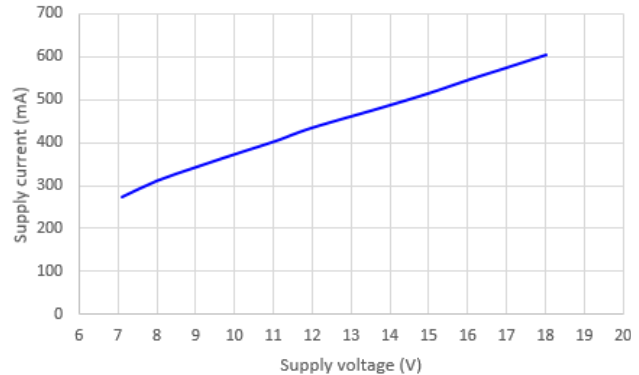
## 7.2 トランシーバーの電流消費

あなたの無線機の電流消費量は、ポータブルバッテリーによる運用を考える場合に重要な事項となります。電流消費量は供給電圧によって異なります。これらの測定は、キットの **40m** バージョンについて実施されたものです。他のバンドでも大きな差はないでしょう。たとえば **13.8V** 電源を使った場合、電流消費量は、受信時 約 **140mA**、送信時 約 **500mA** です。

Receive current vs Supply voltage (40m)



Transmit current vs Supply voltage (40m)



### 13.8V 以上の電源の場合、7805 電圧レギュ

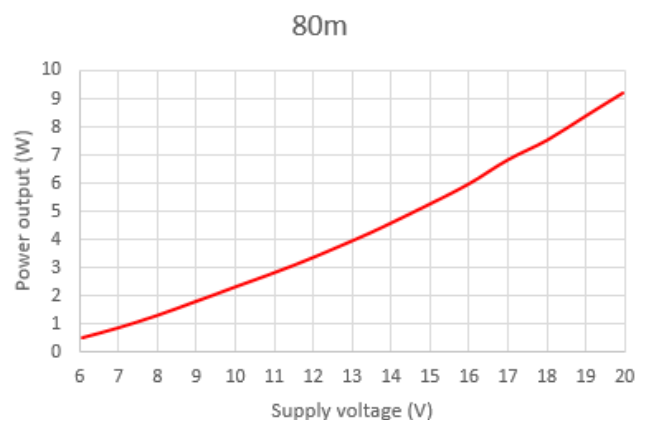
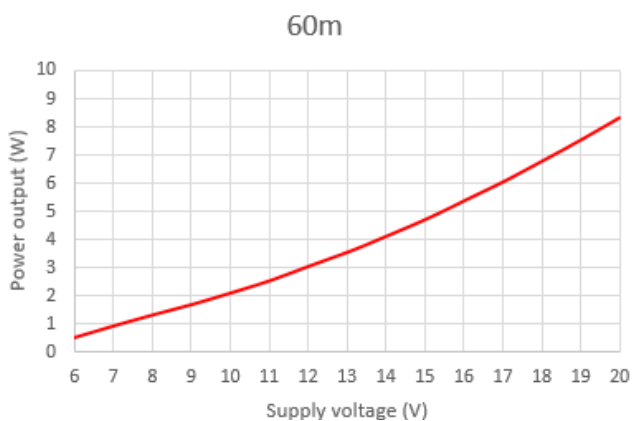
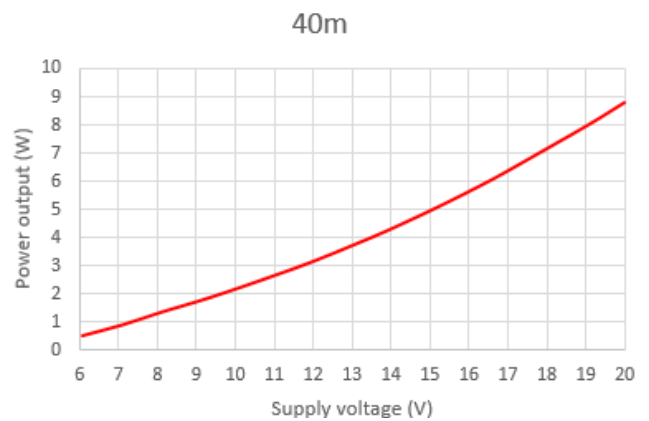
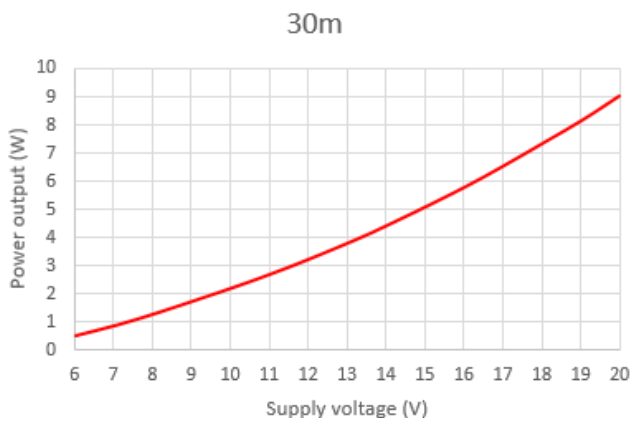
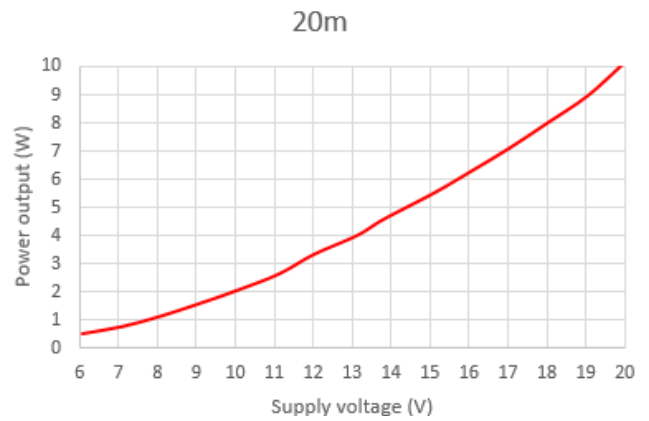
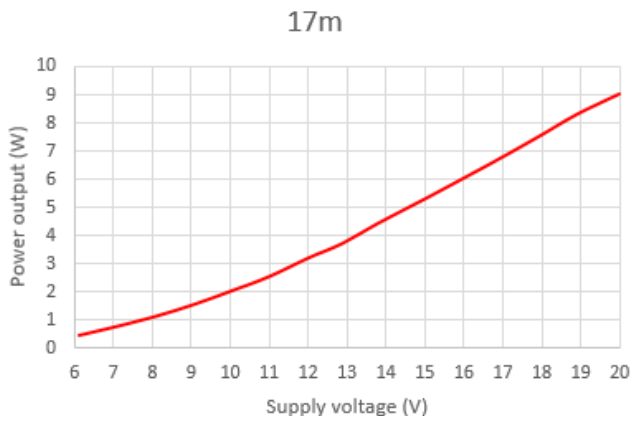
レーターを温度をチェックしてください。QRP Labs の公式 QCX+エンクロージャーを使わない場合、レギュレーターをヒートシンクにボルト留めしていない場合、電圧レギュレーターは、高い電圧供給時に、より多くの熱を放散するためのヒートシンクを必要とします。

## 7.3 送信パワー出力

送信パワー出力は供給電源によって変わります。また、バンドによっても違います。ローパスフィルターの構成によっても結果は変わります。カットオフ周波数が低すぎる場合、減衰を動作周波数から開始できます。この場合、各トロイドから **1** 回から **2** 回、巻き線を取り除きます。以下のチャートは、**50Ω** のダミーロード上でピーク-ピーク振幅をオシロスコープを使ってパワー測定をした結果です。出力パワーレベルが **5W** 以上での運用はお勧めしません。**BS170** への負担が大きすぎるので、誤動作の原因になります。この理由から、**15V** 又は **16V** を超えない制限電圧が推奨されます。

注：これらの測定では、**D3 1N5819** 逆極性保護のダイオード電圧降下 (約 **0.3~0.4V**) は考慮に入れておりません。言い換えると、測定は **D3** をワイヤリンクでバイパスしたトランシーバーで実施しました。

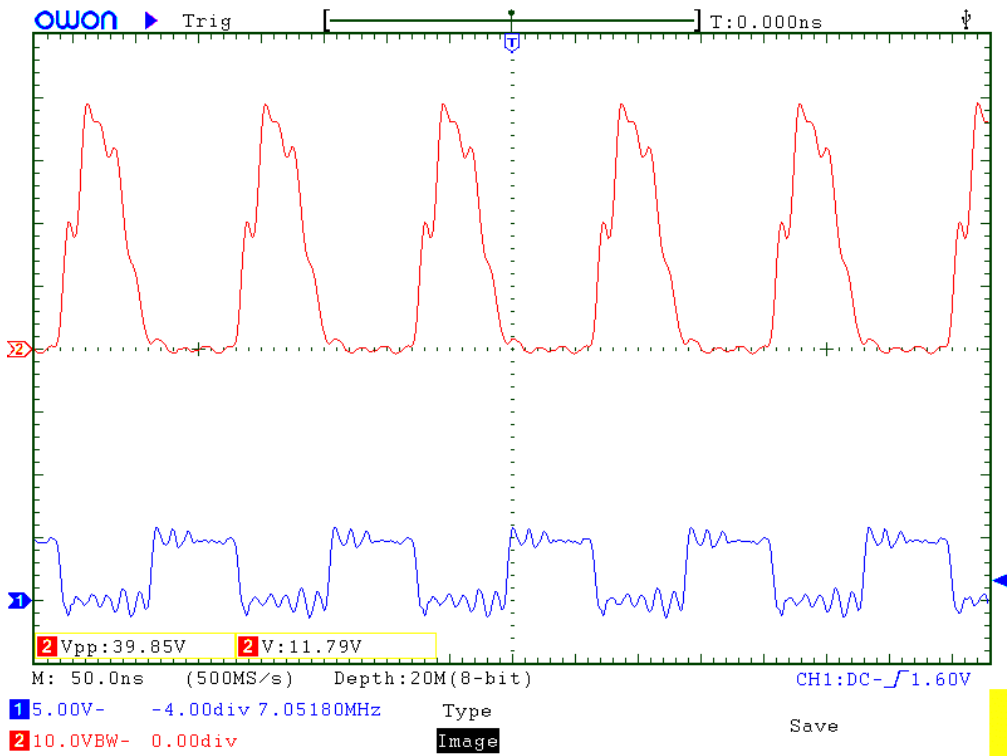




#### 7.4 クラスエパワーアンプ Class ドレイン波形

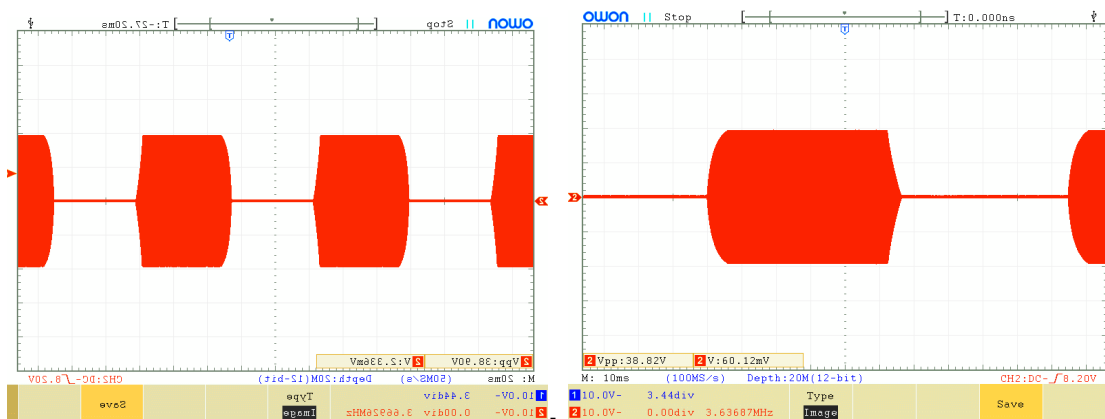
このオシロスコープチャートは、**BS170** ドレイン波形（上、赤線）と、**5V** ピーク-ピーク矩形波（下、青線）の入力ドライブ波形を表示しています。 **40m** バンドが表示されています。

貧弱なオシロスコーププローブの故の“ringing”効果が無視すれば、波形はまさしくクラス **E** 動作です。



## 7.5 RF エンベロープ key-shaping

下記のオシロスコープイメージは、**24wpm (50ms 期間)** 一連のドットをキーイングした時の、**RF エンベロープ**を表示しています。前に述べたように、簡単なキーシェイプ回路は、**5ms**の上昇/下降タイム、かなり減衰したクリック音、という結果を示しています。



## 7.7 バンドパス入力フィルターの特性

の測定結果です。各バンドにつき、1つのイメージがクローズインレスポンス、他のイメージは0から**30MHz**までのレスポンスを表します。

注：回路中、バンドパスフィルターは、ローパスフィルターの後ろに位置しています。従って、ローパスフィルターの結果がバンドパスフィルターの結果に追加されます。これらのチャートでは、パスバンドの上の減衰は比較的貧弱ですが、問題ではありません。この領域ではローパス

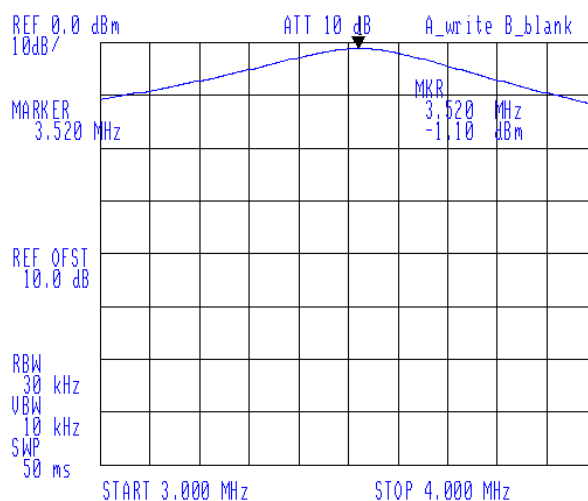
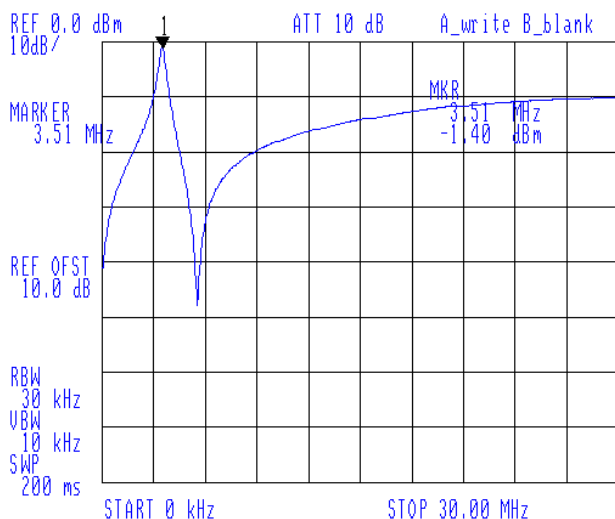
フィルターが高い減衰を提供しています。 各バンドについて、**3dB** のバンド幅を測定しました。 使用可能なチューニングレンジも測定しました。（**C1** トリマーキャパシタプレートを右一杯、左一杯として） また、中央周波数での減衰も示しています。

### 80m band

**3dB bandwidth: 343kHz**

**Insertion loss: 1.10dB at 3.520MHz centre**

**Tuning range: 3.320MHz to 4.03MHz**

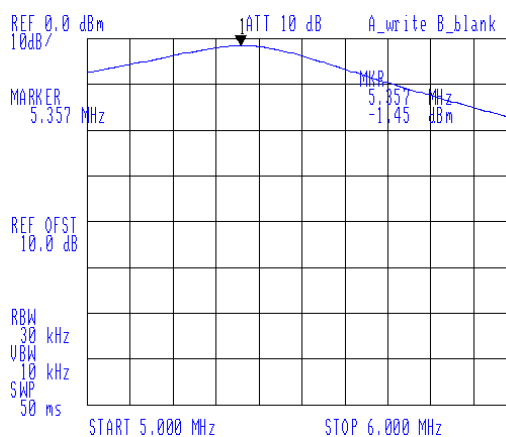
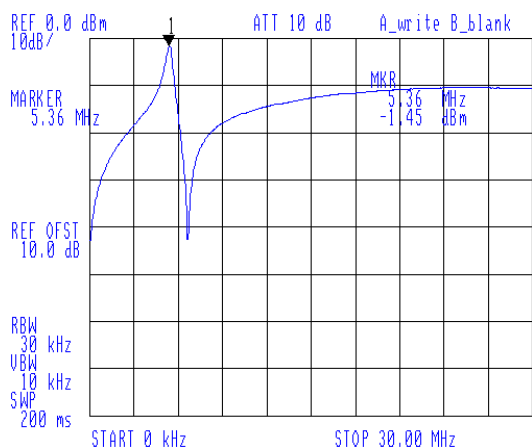


### 60m band

**3dB bandwidth: 367kHz**

**Insertion loss: 1.45dB at 5.357MHz centre**

**Tuning range: 4.63MHz to 5.91MHz**

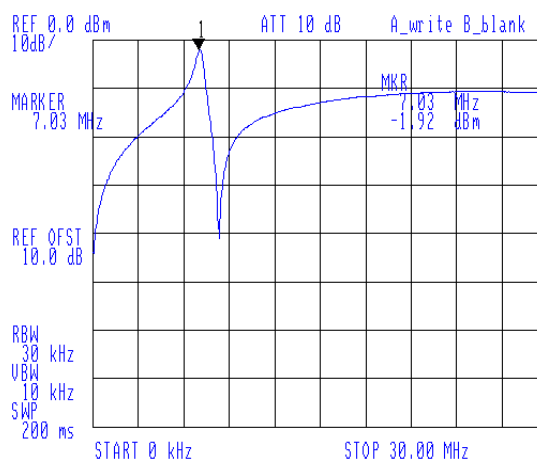
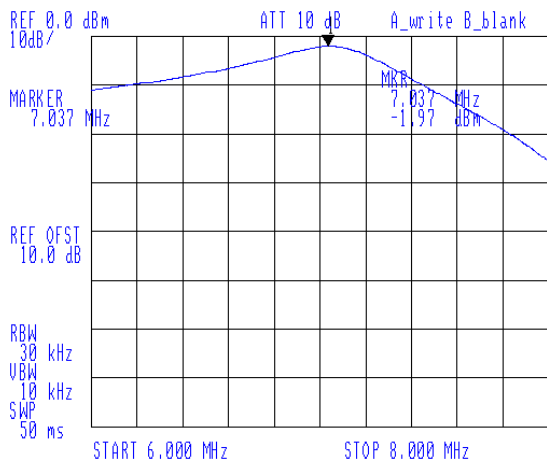


### 40m band

**3dB bandwidth: 514kHz**

**Insertion loss: 1.97dB at 7.020MHz centre**

**Tuning range: 6.04MHz to 8.36MHz**

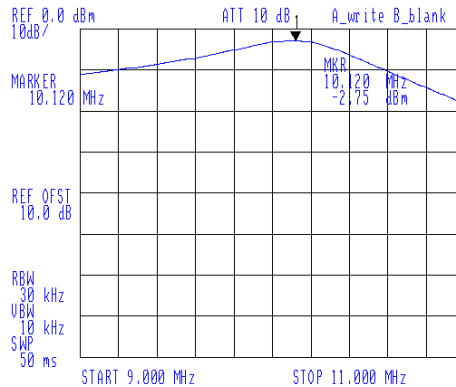
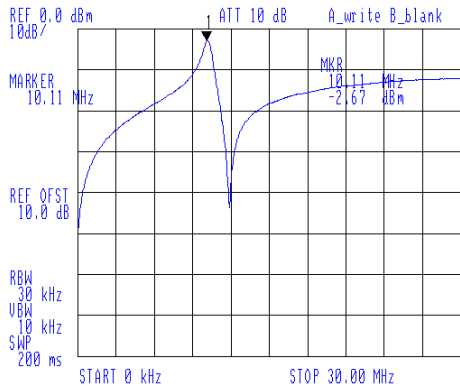


**30m band**

**3dB bandwidth: 645kHz**

**Insertion loss: 2.67dB at 10.120MHz centre**

**Tuning range: 7.93MHz to 12.47MHz**

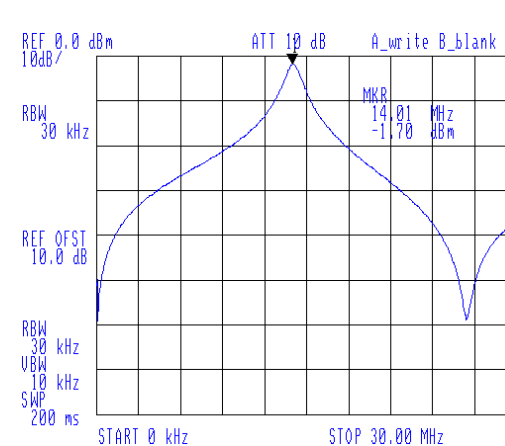
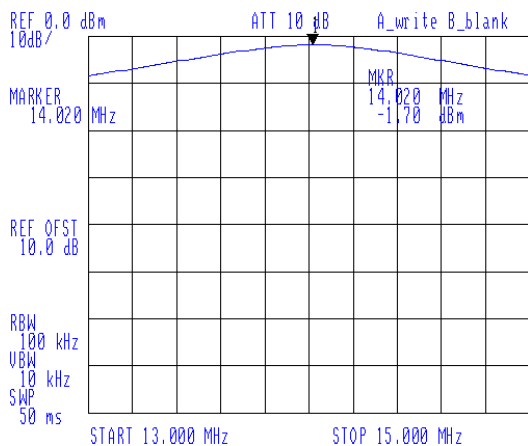


**20m band**

**3dB bandwidth: 1,083kHz**

**Insertion loss: 1.30dB at 14.020MHz centre**

**Tuning range: 9.69MHz to 22.54MHz**

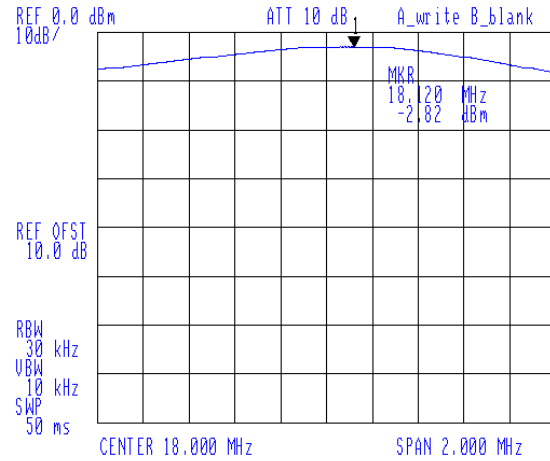
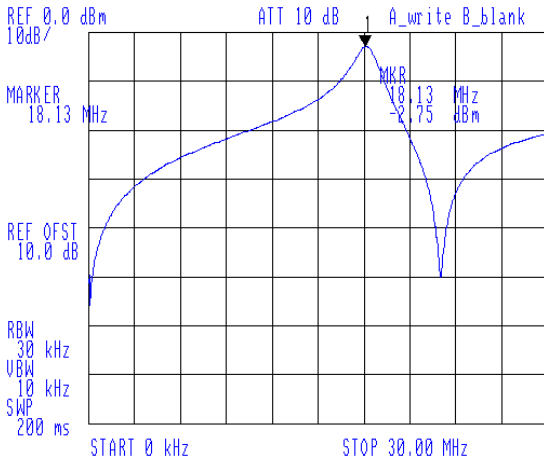


## 17m band

3dB bandwidth: 1,352kHz

Insertion loss: 2.77dB at 18.120MHz centre

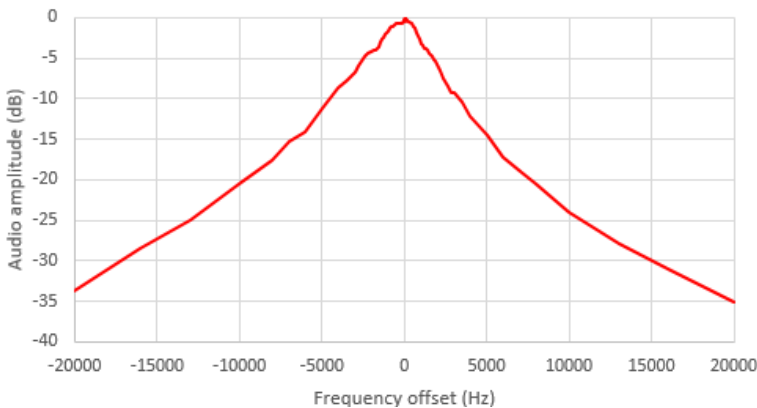
Tuning range: 12.64MHz to 35.0MHz



## 7.8 直交位相検波のバンド幅

以下のチャートは、**-20kHz** から **+20kHz** までの局部発振周波数の、直交検波によって自然に提供される減衰について示しています。この回路の狭帯域特性は有利です。なぜなら、追加の狭帯域 **RF** バンドパスフィルターを受信機に効果的に付加するからです。それは、強い近隣の信号がオーディオ増幅ステージに到達するのを防ぎます。このことは相互変調の効率を高めます。回路パラメーターは、このトランシーバーでの **CW** オペレーションのために最適化されています。**IC5** からコンピュータ **SDR** にフィードするために **I-Q** 出力を使いたいと望むキット製作者は、この応答を平坦化したいと思うでしょう。これを行うには、**4** つの **470μF** キャパシタ **C43~C46** の値を減らせばよいのです。

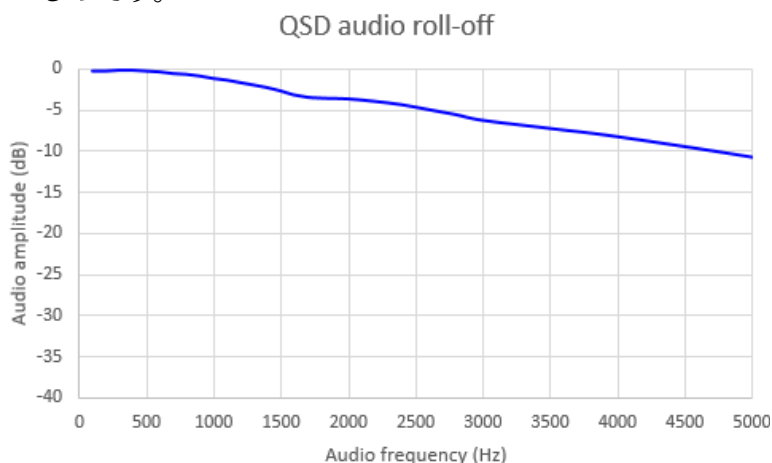
QSD bandpass characteristic



次のチャートは、さらに狭帯域である **0** から **5kHz** レンジでの直交検波の **roll-off** (切れ)を示しています。 **CW** 運用周波数 **700Hz** での減衰は大きくありません； **QSD** の **roll-off** は **CW** フィルターの選択性を大きく向上させていません。しかし、それが受信機の相互変調特性を向上して



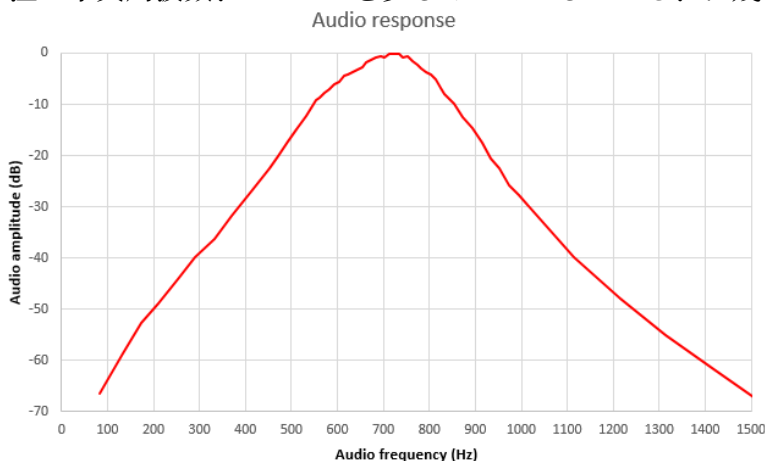
いるのです。



### 7.9 CW フィルターのレスポンス

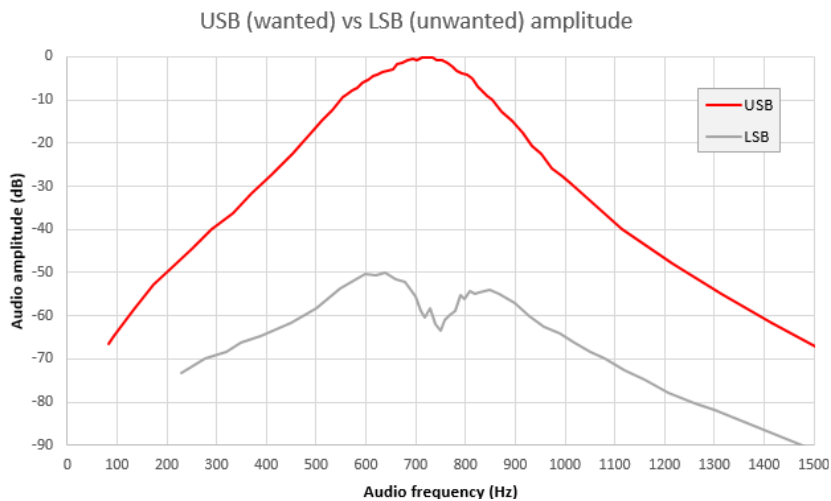
このチャート **CW** フィルターレスポンスの測定結果を示しています。（受信チェーンにおける他のフィルター効果も含む） テスト信号に受信機を調整して測定されました。

注：中央周波数、**700Hz**を少しオーバーしている、は幾つかの部品値を変えれば変更できます。

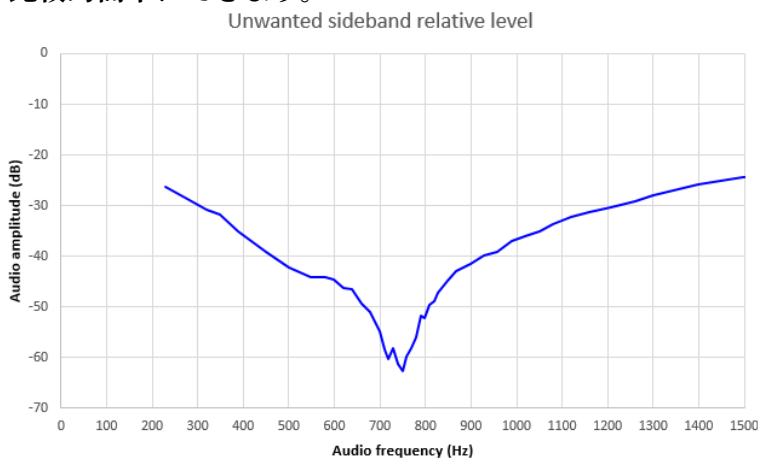


### 7.10 不要サイドバンドの拒否

次のチャートは、強いテスト信号に受信機をちゅんしたときの、**USB**（上のサイドバンド）と不要な**LSB**（下のサイドバンド）の信号のレベルを表しています。カーブは、**I-Q** バランスとオーディオフェーズシフトの調節とに大いに依存します。このカーブは、プロトタイプを測定したものです。



これら 2つのカーブを引き算すると、次のチャートで示すように、不要なサイドバンドレベルとなります。通常、40dB 以上であれば、**Good** とされます；50dB 以上なら **Excellent** です。このキット内蔵の調節機能を使えば、不要サイドバンド拒否を実に **Excellent** に達成することができます。





## 8. QCX+操作参照カード“cheat sheet”

5. QCX+ 操作参照カード “cheat sheet”		
Main Control Functions		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Select”1回押し: キーヤー速度・エンコーダで表示               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 再“Select”で選択</li> <li>- “Exit”でキャンセル.</li> </ul> </li> <li>• “Select”2度押し: RIT 調節,               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 再“Select”で選択</li> <li>- “Exit”でキャンセル.</li> </ul> </li> <li>• “Select”長押し: 構成メニューに入る(下記参照)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Exit”1回押し: VFOモード変更: A / B / Split</li> <li>• “Exit”2回押し: 周波数プリセットを選択.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- “Select”VFOをプリセットにsave</li> <li>- “Exit”プリセットをVFOにload</li> <li>- “Rotary”キャンセル</li> </ul> </li> <li>• “Exit”長押し: スワップVFO A / B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• エンコーダー回す:メニュー選択、編集</li> <li>• “Rotary”押す:チューンレート変更 1 kHz→500Hz→100Hz→10Hz</li> <li>• “Rotary”2度押し、長押し:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-エンコーダーでメッセージ選択</li> <li>- “Select” 繰り返し送付</li> <li>- “Rotary” 1回送付</li> <li>- “Exit” キャンセル</li> </ul> </li> </ul>
構成メニュー項目		
1 プリセット 周波数 Preset 1 ~ Preset 16: 周波数をメモリー	5 デコーダー 5.1 ノイズブランカー: period in ms 5.2 スピード平均: for speed detection 5.3 振幅 平均 : for ampl. detection 5.4 Enable Rx: enable Rx decoder 5.5 Enable Tx: enable Tx decoder 5.6 Enable Edit: enable CW decoding during menu editing (useful!)	7.9 時計 : enable real time clock 7.10 デリミター表示.: set delimiter 7.10 Backlight: enable QCX-mini LCD module backlight LED 7.11 工場出荷にリセット: if set to value 17 - use with caution
2 メッセージメモリー 2.1 メッセージ間インターバルの指定 秒で指定 2.2 反復回数の指定 1~99 または 0 2.3 メッセージメモリ 1~12 のメッセージ: 最初の4つ 100文字 残り 50文字	5.7 VA enable VA prosign (not SK) 6 ビーコン 6.1 Mode: OFF, CW WSPR, FSKCW 6.2 周波数: beacon frequency 6.3 フレーム frame duration in minutes 6.4 開始時刻 Start: minutes past the start 6.5 WSPR コールサイン to encode in WSPR message 6.6 WSPRロケーター 4-character Maidenhead square 6.7 WSPR パワー dBm power level to encode in WSPR message 6.8 時刻設定 Set time: set real time	8 調整 8.1 調整周波数 frequency for BPF alignment 8.2 I-Qバランス周波数: audio freq. for I-Q balance adjustment (700Hz) 8.3 フェーズ調整 Low freq for low audio phase adj (600Hz) 8.4 フェーズ調整 High freq for high audio phase adj (800Hz) 8.5 基準周波数.: 27MHz synth ref. frequency used for synthesiser 8.6 システム周波数.: 20MHz system frequency used for system timing 8.7 ピーク BPF: do the actual BPF peaking alignment 8.8 I-Q バランス調節.: do the I-Q balance adjustment 8.9 フェーズ Low do low audio phase adjustment 8.10 フェーズ High: do high audio phase adjustment 8.11 Cal ref. osc: do GPS calibration of 27MHz osc if GPS is connected 8.12 Cal sys. osc: do GPS calibration of 20MHz osc if GPS is connected
3 VFO 3.1 VFO モード: A, B or Split 3.2 VFO A: スタートアップ周波数 3.3 VFO B: スタートアップ周波数 3.4 チューンレート スタートアップレート 1kHz, 500Hz, 100Hz or 10Hz 3.5 RIT: 受信 インクリメンタル チューニング 3.6 RIT レート: 1kHz to 1Hz 3.7 CW-R: Enable CW-R mode 3.8 CW オフセット: default offset (700Hz)	7 その他のメニュー 7.1 ダブルクリック delay time in milliseconds (300) 7.2 バッテリー icon on the display top right 7.3 バッテリー-Full: set millivolts for a battery icon indication 7.4 バッテリー-millivolts for each battery bar step level in the icon display 7.5 カーソル blink: Enable blinking cursor 7.6 S-メーター: enable S-meter display on the screen 7.7 S-メーター step: set value of each S-meter bar (in amplitude units) 7.8 カーソル点滅 splsh: enable custom splash screen	9 テスト装置 9.1 電圧計 : measure voltage 9.2 RFパワー計: measure RF power 9.3 Audio Ch.0: measure audio channel 0 amplitude 9.4 Audio Ch.1: measure audio channel 1 amplitude 9.5 周波数カウンタ: frequency 9.6 シグナルジェネレーター enable&adjust signal generator output
4 キーヤー 4.1 キーヤーモード: Straight, Iambic A/B, Ultimatic 4.2 キーヤースピード wpm 4.3 キーヤースワップ swap paddle inputs 4.4 キーヤーウエイト : alter dit:space ratio 4.5 キーヤー自動スペーシング: enable keyer autospacing (default OFF) 4.6 セミ QSK: default: full QSK ブレークイン 4.7 練習モード keys but no RF output 4.8 サイドトーン周波数 normally set to same as CW offset (700Hz) 4.9 サイドトーン音量 volume, 0 to 99 4.10 ストレートキーモード: both/dip/ring allows use of 3.5mm mono plug		9.1 Cal ref. osc: do GPS calibration of 27MHz osc if GPS is connected 9.2 Cal sys. osc: do GPS calibration of 20MHz osc if GPS is connected 9.3 Audio Ch.0: measure audio channel 0 amplitude 9.4 Audio Ch.1: measure audio channel 1 amplitude 9.5 周波数カウンタ: frequency 9.6 シグナルジェネレーター enable&adjust signal generator output
		Saveすること!: save current VFO etc settings to be the default on power up “Select”で save, “Exit”で cancel
	QCX operating manual, firmware 1.07, manual edit 0.03	

## 9. 資料

□ 当キットに関するアップデートは、**QRP Labs CW transceiver kit page** を訪問してください

[http://qrp-labs.com/qc\\_xp](http://qrp-labs.com/qc_xp)

□ 当キットの組み立て、操作に関する質問については、**QRP Labs group** に参加してください

[http://qrp-labs.com/group\\_for\\_details](http://qrp-labs.com/group_for_details)

## 10. ドキュメント改定ヒストリー (以下翻訳せず)

**0.01 17-Jun-2020 First draft version for QCX+, with firmware version 1.05; created from**

**QCX manual 1.21.**

**0.02 18-Jun-2020 Numerous edits based on feedback for 0.01**

**1.00 24-Jun-2020 First official version 1.00 - includes final edits and QCX+ photos**

**1.01 24-Jun-2020 Further typos**

**1.02 25-Jun-2020 Correction to 3.72 diagram and some further edits**

**1.03 05-Aug-2020 Corrected colour code of R46 in step 3.59**

**Corrected T1 instructions step 15, which should read hole 1 (not 2)**

**Correction to step 3.56, which referred to R46 but should be R65**

**Parts list on page 7 said 680pF caps for 30m: should be 560pF**

**IC11 (7805) was missing from the parts list on page 8**

**T1 step 7 “ loop on the third” should be “loop on the fifth”**

**Added clarification about the 2x3-pin MALE header in section 3.46**

**Additional text in step 1 in section 3.72**

**Corrected typo in final paragraph of 5.4 (change “receive” to “transmit”)**

**1.04 02-Nov-2020 3.74: added note about TWO peaks per rotation**

**3.60: Added that higher iron temperature may be useful for the headers**

**Split operating instructions out into a separate document**

**3.66: Change to use connection of three wires from PCB to gain pot**

文書の終わり