

LARCSet 取扱説明書

Ashhar Farhan, VU2ESE

GPL v.30 (GNU Public License) 準拠

V1.0 (日本語版 加藤 輝男 / JA5GHK)

始めに

2003 年に開発された BITX トランシーバにより、汎用部品で十ドルで組み立てられる SSB トランシーバを実現しました。しかし、一からの製作であり、必須ではないものの、正確に調整するためにはいくつかの試験用計測器が必要と考えられていました。振り返ってみれば、BITX はかなりの成功だったと言えます。何百台もが一から製作され、さらに複数のベンダーが提供する何千台ものキットが組み立てられました。インドネシアからブラジルまで、様々なバージョンの BITX トランシーバが開発され、販売されました。

この数年、私たちは私たちはインドの Hyderabad 周辺の学校向けに、アマチュア無線を通じて(特に)女子学生を科学へ引き込む授業を実施してきました。ダイレクトコンバージョン方式のラジオを題材としたワークショップのプロジェクトを立ち上げ、参加者がシンプルなダイレクトコンバージョン受信機を組み立てられるようにしました。このプロジェクトは成功もあれば失敗もありました。

これまでで最も成功した試みは、Dean Souleles(KK4DAS)と Bill Meara(N2CQR)が設計し普及に努めたダイレクトコンバージョン受信機でした。今日までに 100 台以上が完全にゼロから製作されています。各機は作り手の手元にあった部品を使用しているため、それぞれが独特の「美しくも醜い」外観になっています。

2003 年から現在(2025 年)にかけて、無線機製作における課題と利点は変化してきました。主な変化は以下の通りです：

- 表面実装部品は、かつてのスルーホール部品よりもはるかに安価です。
- OshoPark や JLCPCB のような試作サービスを利用すれば、少量生産であっても、自分で PCB をエッチングして無線機を手ハンダするよりも安くなります。
- 人々はより簡素な実験室しか持たず、ヒースキットの HW-101 を丸ごと自分でハンダ付けするほどの時間も持っていません。

そうした視点から、Lamakaan アマチュア無線クラブでは、HF 無線機をいかに低コストで製作・配布できるかという問いを自らに投げかけました。LARCSet はその最終的な成果です。

この課題に取り組むにあたり、いくつかの国際プロジェクトが思い出されます。1976 年、ARRL において Jay Rusgrove W1VD が「IARU グッドウィルプロジェクト・トランシーバキット」を開発しました。これは 1978 年 4 月号および 12 月号の QST 誌で取り上げられました。また「子供一人一台ノートパソコン(OLPC)」も同様の取り組みです。ラズベリーパイ Raspberry Pi やアーデューノ Arduino は、同様の取り組みの中でもより成功した最近の例です。我々の抱えた課題は、30 ドル未満で配布可能なトランシーバを製造できるか？ 可能であれば、そのような装置にどのような機能を組み込めるか？ という点でした。

我々は、極めて低コストで、無料で配布できるほど安価な無線トランシーバを製造できるかどうかを検討しました。理解しやすく、拡張や改造が容易なもの、です。Lamakanaa アマチュア無線コンベンション(LARC)を控え、参加者に表面実装基板を配布できる体制を整えました。

- 1つのバンドでCWおよびSSBで、少なくとも送信電力5Wで運用できること
- (キットが量産された場合)30ドル未満のコストであること
- 表面実装部品とユーザー組立の適切な組み合わせによりコストを削減すること
- 週末の数時間で組み立て可能なこと
- 回路設計を完全にオープンソース化し、全てをパブリックドメインとすること
- 完全なアナログ設計であること

LARCSetはこの取り組みの成果です。LARCSetの主な特徴を以下に示します：

- 5W、7MHz対応のスーパーヘテロダイン式トランシーバキットで、CWとSSBに対応
- 複数購入時(2台以上)は29ドル、単品購入時は39ドル
- 完全アナログ設計で、非常にクリーンな送信機とクリアな受信機を実現
- 比較的大きな基板上に回路が配置されています
- 拡張や実験、理解を深めることが可能です
- ユーザーが実装する部品はごくわずかです
- 電源、スピーカ/イヤホン、マイク、CWキーはユーザーが別途用意してください

回路の説明

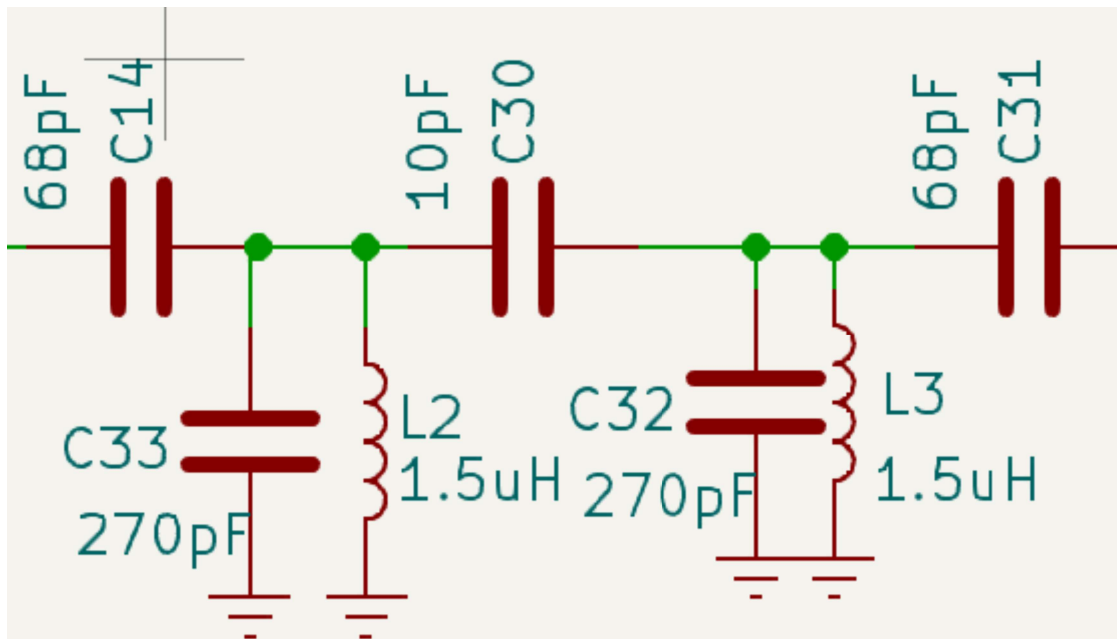
この無線機は、40m帯(7MHz帯)用に改良されたオリジナルBITX40無線機の更新版です。コストを抑えつつ組み立てを簡単にするため、現在の回路は低コストの表面実装部品を最大限活用し、スルーホール部品は大型部品のみに限定しています。シンプルながら、回路の簡素化と低コスト化という制約の中で可能な限りの性能を引き出すよう最大限の努力が払われています。

BITXは双方向回路を採用した無線機ファミリーです。信号は同一の回路段を通過し、受信時と送信時で信号の流れの方向を反転させます。

双方向フィルタ

図1のバンドパスフィルタを検証しましょう。対称構造であることがわかります。両側に68 pFの結合キャパシタが2つずつ配置され、両端の節点容量は270 pF、中央に10 pFの結合キャパシタが配置されています。その目的は、7MHz付近の信号を最小限の減衰で通過させ、他の周波数の通過を大幅に減衰することです。このバンドパスフィルタは、信号がどちら側から反対側へ流れても同等に機能します。興味深いことに、両方向から同時に流れる信号にも対応可能です！

このフィルタは GPL08.exe(Qucs ?)および LTSpice でシミュレーションしました。ご興味のある方はお好みの回路シミュレータでお試ください。



GPLA08.exe でのこのシミュレーション結果を図 2 に示します。

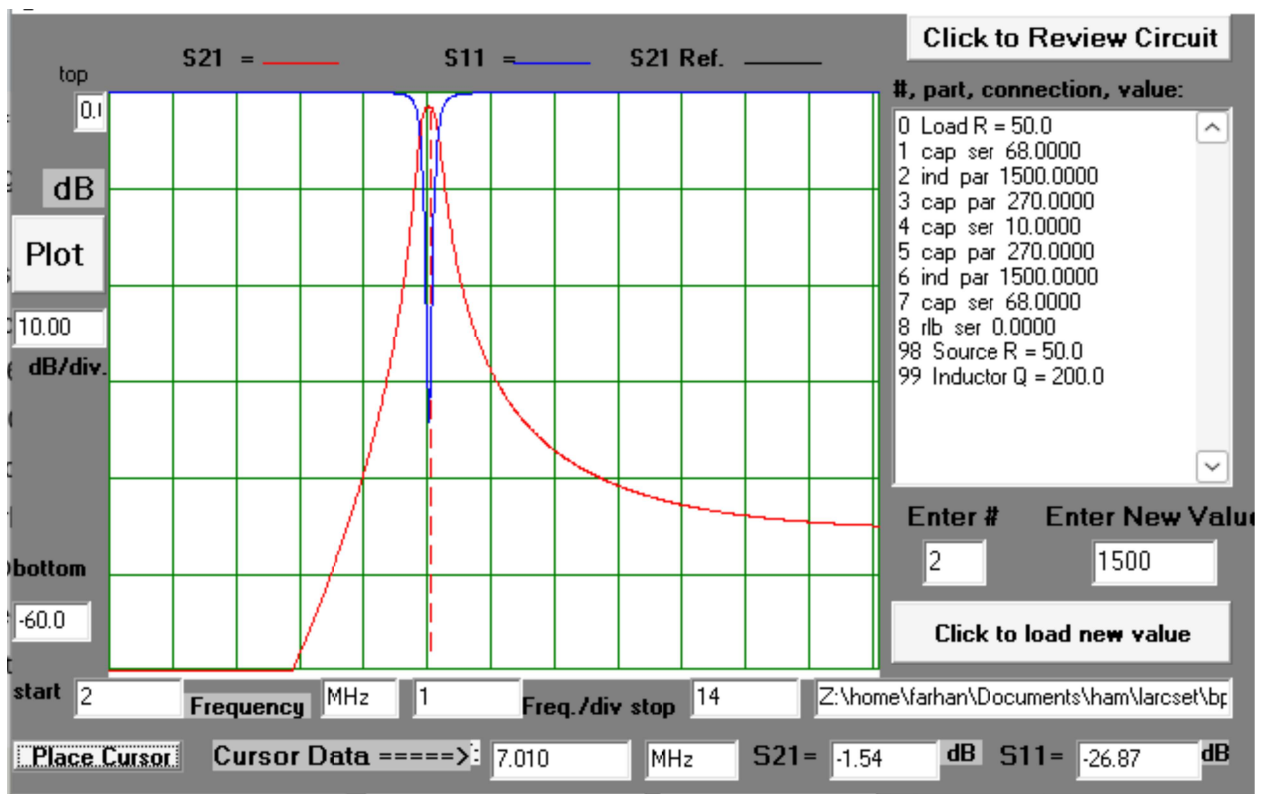


図2にはいくつかの興味深い特徴があります。左側(低周波数側)の「スカート」が右側(高周波数側)よりも急峻であることに気付くでしょう。これは異常ではなく、全体的にローパス特性を持つこの種のバンドパスフィルターの「特徴」です。この背後にある数学的背景に関心のある読者は、https://w7zoi.net/filters/mixed_form_n=3_lc_filter.pdf および <https://w7zoi.net/qststuff.html> のその他の優れた資料をご覧ください。

なお、高周波応答が低周波応答よりも鋭くなる代替形式を選択することも可能でした。しかし、この無線機では局部発振器が4MHzであるため、その帯域通過フィルタを用いて送信する際には、この周波数を減衰させることが極めて重要でした。

このバンドパスフィルターの2つのセクションは、我々の目的に十分です。このスーパーヘテロダイン方式のイメージ周波数は11MHz(中間周波数)+4MHz(局部発振器)=15MHzです。イメージ応答は-45dB減衰します。非アマチュア(およびアマチュア)バンドにおける高周波スペクトルの使用頻度が低い現状では、最高とは言えないが十分です。三重同調回路であれば、イメージを-70dB未満まで低減できたでしょう。しかし三重同調回路は「設置後放置」可能な回路ではありません。ピーク調整が必要であり、初心者向けプロジェクトでは避けた要素でした。この弱いバンドパスフィルタには別の弱点があります。ミキサで生成される7MHzの2次高調波が、FCC規則に適合しないレベルで通過してしまうのです。後述する通り、パワーアンプ出力にローパスフィルタを配置することでこの問題を解決します。

このフィルタは、設計の容易さと性能のバランスが取れた優れた妥協点です。比較的損失が低く、拡張性に優れています。

フィルターの周波数調整に関する補足： 部品の値を割り算または掛け算することで、別の周波数に調整できます。例えば、7MHzの半分の3.5MHzのバンドパスフィルタを作成するには、全ての値を2倍にします(120pF、560pF、22pF、560pF、120pFのキャパシタ、3μHのインダクタ)。28MHz(7MHzの4倍)のようなより高い周波数に調整するには、値を4で割ります(15pF、68pF、2.2pF、68pF、15pFのキャパシタと0.35μHのインダクタ)。

クリスタルフィルタ

わずかにオーバーカップリングした4素子クリスタルフィルタを選択しました(図3)。これにより、低域(300Hz～600Hz)および高域(1200Hz～1800Hz)のオーディオ帯域で応答特性が向上します。この微妙な二峰性応答特性は、音声信号だけでなくCW信号(600Hzトーン)にも効果的です。周囲のデジタル電子機器内部で動作するクロック回路から発生する10MHzなどの切りのよい周波数帯域による無線周波数干渉を回避するため、11.0592MHzの周波数を選択しました。

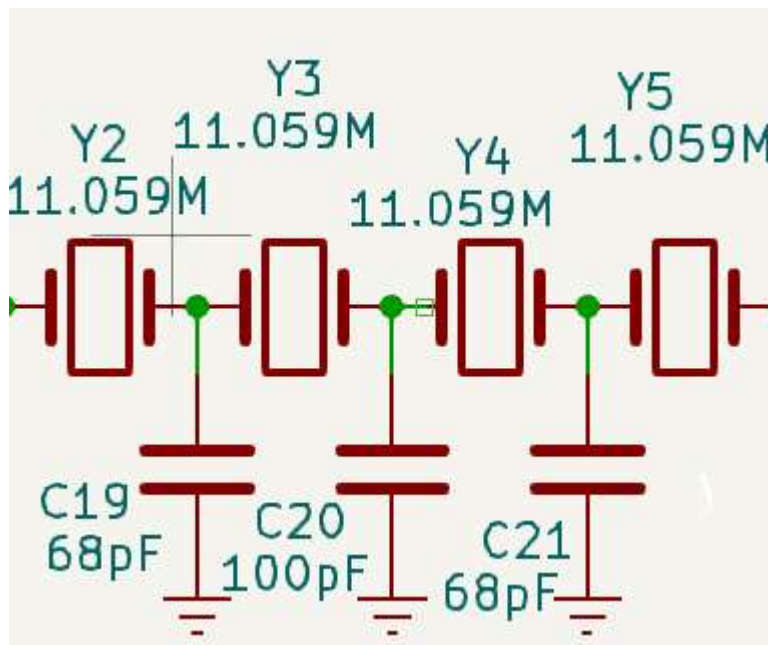
4つの水晶発振子により、40dBを超える反側波帯の減衰が実現されます。この反側波帯の減衰はSSB(単一側波帯)に十分です。これは、送信機が両側波帯の信号周辺で歪みを生じさせますが、その歪みは通常、ピークレベルからわずか約25dB低い程度に留まるためです。40dBを超える減衰はSSBにとって極めて優れています。

この無線機をCW専用に使いたいオペレーターは、フィルターの容量を変更して狭帯域(例えば300Hz

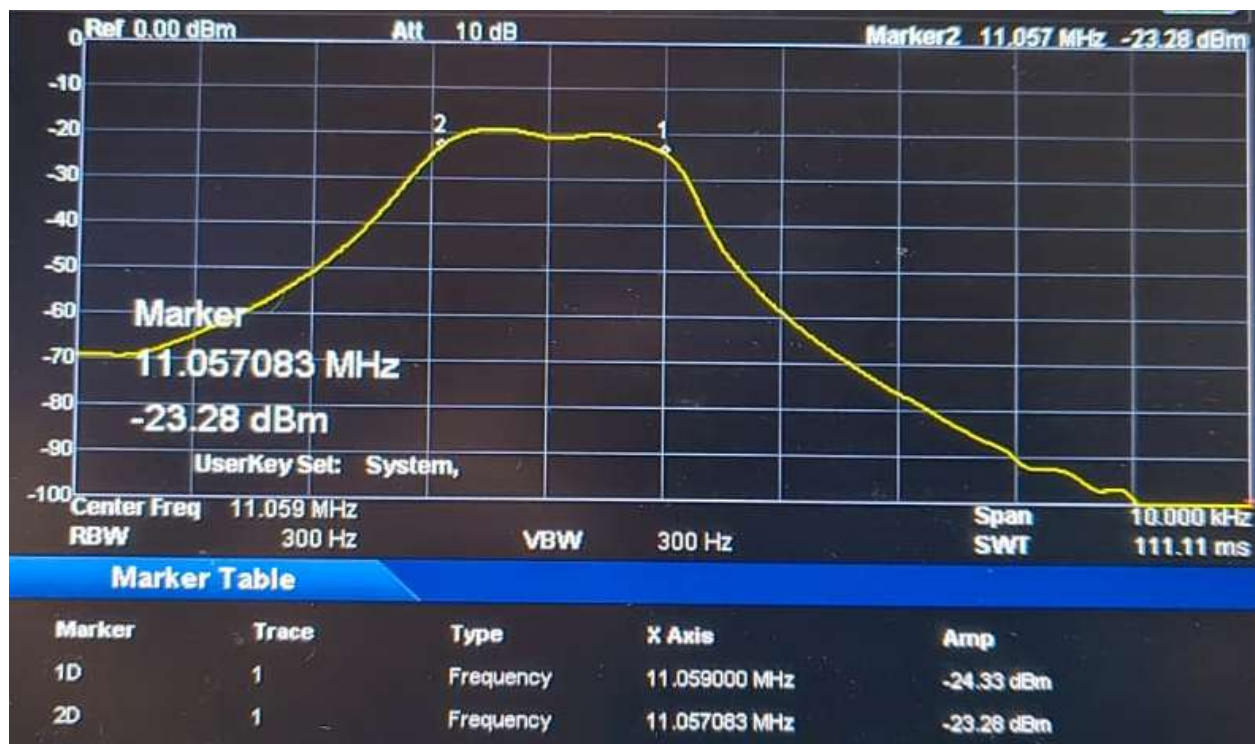
幅)フィルタにすることを検討するとよいでしょう。Wes(W7ZOI)による狭帯域フィルタに関する論文(<https://w7zoi.net/filters/9megxfils.pdf>)には、こうしたフィルタを設計するための優れた、そして簡単な方法が記載されています。

クリスタルフィルタも、バンドパスフィルタと同様に対称構造であり、信号が双方向に流れます。このフィルタはラダーフィルタと呼ばれ、並列接続されたキャパシタと直列接続された水晶振動子で構成されます。この構造は従来のローパスフィルタに似ているだけでなく、直列インダクタをキャパシタに置き換えたローパスフィルタそのものです。前述のバンドパスフィルタとは異なり、全体としてローパス特性を示し、上側波帯を鋭く減衰させます。これは本用途において非常に望ましい特性です。

4 個の水晶発振子はフィルタに容易に適合し、中心周波数の 200Hz の偏差さえ許容範囲です。工学とは性能とコストの妥協の技であり、このクリスタルフィルタは優れた妥協点です。性能は良好で、最も要求の厳しい CW コンテストを除けば十分です。



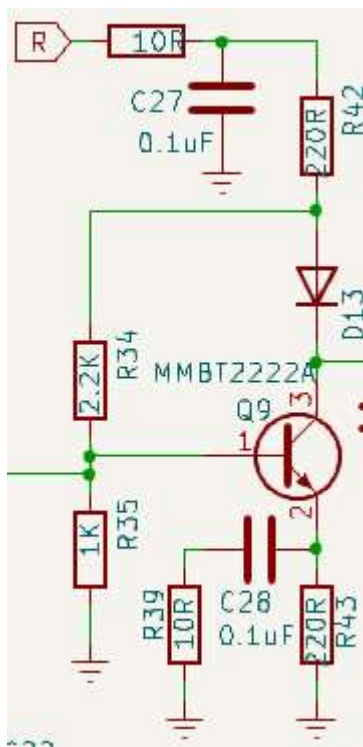
フィルタの周波数応答は図 4 に示す通り、Rigol DSA-815 スペクトラムアナライザで取得したものです。リップルの拡大表示のためスパンを 10kHz に縮小しているため応答が浅く見えますが、2 番目のマーカーの右側 2kHz 地点で 50dB の減衰を示しており、これは最良の SDR と同等の性能です。



フィードバック増幅器

低電力フィードバック増幅器を4つ使用しています。各増幅器にはMMBT2222(2N2222AのSMD版)トランジスタを1個ずつ使用しています。2N2222は2N3904に比べて比較的優れた信号処理能力を有するため、本設計ではこれらを採用しました。

図5のこの単純な回路を直感的に分析することは役に立ちます。フィードバック増幅器に関する私のYouTube動画(https://youtu.be/j3Xf_SpK7qc?si=jE-tzMaxRncqB8DO0)およびWesの論文(https://w7zoi.net/transistor_models_and_the_fba.pdf)を参照してください。



増幅器のコレクタには興味深いダイオードが配置されてます。予想される信号レベルにおいて、『R』ラインから増幅器に電源が供給されると、このダイオードは負荷抵抗 R42 と R34 をトランジスタのコレクタに接続する導線のように振る舞います。しかし増幅器がオフになると、ダイオードは逆バイアスされ、220Ω 抵抗と 2.2kΩ 抵抗の両方をコレクタから切り離します。この動作自体は無意味ですが、本回路では増幅器が 2 段直列接続されている点が重要です。このダイオードがオフ時に遮断しなければ、2.2K フィードバック抵抗 (図 5 の R34) は逆方向に動作する増幅器の R44 と並列に接続された状態となっていたでしょう。

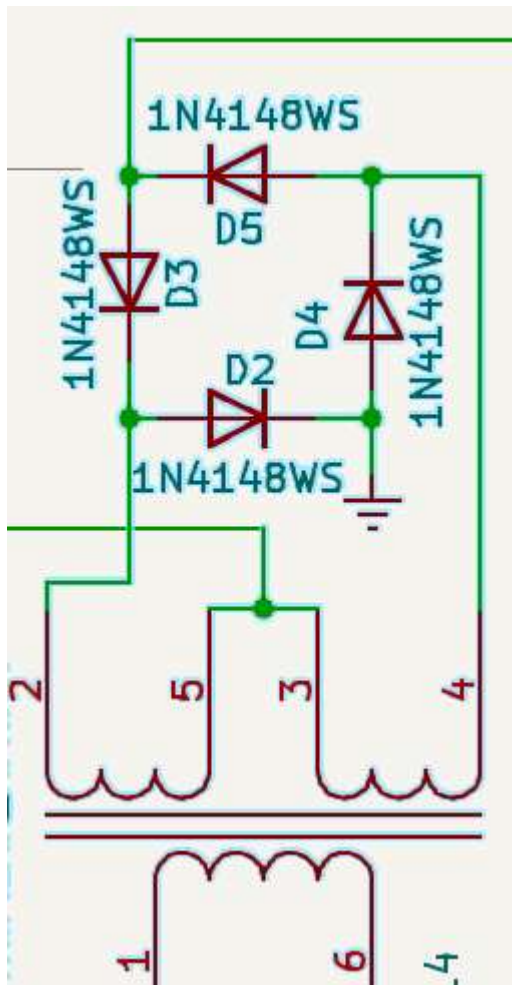
抵抗負荷の増幅器を使用することで設計が簡素化され、段間の意図しない誘導結合の可能性がなくなり、無線機の製作時間が短縮されます。当回路の R42 をインダクタに置き換えた場合、信号処理能力がわずかに向上する可能性があります、これは本無線機の設計目標ではありません。

ダイオードミキサ

ダイオードミキサは 3 ポートデバイスです。1 つのポートは局部発振器で駆動され、いずれかのポートへの入力、他方のポートからの信号と局部発振器の信号の積となります。この説明は分かりにくいかもしれませんが、単純な概念で容易に理解できます：2 つの信号を乗算すると、乗算された信号の周波数の和と差の周波数を持つ 2 つの信号が出力されます。例えば、ミキサのポート A に入力される 7MHz 信号と 4MHz の局部発振器信号を混合する場合、ポート B からは $(7+4)=11\text{MHz}$ と $(7-4)=3\text{MHz}$ の出力が出力されます。送信時には、ポート B から入力される 11MHz 信号は 4MHz の局部発振器信号と混合され、 $(11-4)=7\text{MHz}$ と $(11+4)=15\text{MHz}$ の出力信号を生成することが可能です。

ダイオードミキサは完全ではなく、他の周波数も多数生成します。そのため、必要な周波数を選択し、他の周波数を減衰するためにフィルタを追加する必要があります。これらの不要な出力が生じる一つの理由として、混合出力としてポートから出力された信号が後続回路で吸収されない場合、ミキサに再び入力として

戻り、もう一方のポートに到達して信号を再度混合する現象が挙げられます。この信号はミキサ内で反射し続け、さらなる不要な出力を生み出すのです。



このダイオードミキサはシングルバランス方式です。つまり、4つのダイオードが各ポートにおいて局部発振器信号を約45dB減衰します。この減衰がなければ、4MHzの出力信号が送信機出力に混入することになります。前述のRFバンドパスフィルタは、7MHzの正しいイメージ信号を選択的に通過させると同時に、15MHzのイメージ信号や局部発振器及びその高調波が増幅・送信されるのを減衰します。

適切な高周波フィルタリングを施せば、シングルバランスミキサは一個のトリファイラー巻きトランスを使用するため、本目的に十分適しています。図6において1番と6番の巻線は局部発振器によって駆動され、これによりダイオードペアD3+D5とD4+D2が交互に導通します。D3+D5が導通すると、リード線5と3の接点でRF入力が出力へ結合されます。このスイッチング動作が所望の混合を生成します。ダイオード対D4、D2は入力信号を交互に接地し、バランスを改善します。

この無線機には2個のダイオードミキサが使用されています。1個は7MHzのRFと11MHzの中間周波数(IF)間の変換に、もう1個のミキサは音声信号と11MHzの中間周波数(IF)間の変換に使用されています。

これらの双方向回路を理解したところで、次に受信部の検討に進みましょう。

受信部

アンテナに到着した RF 信号は受信経路リレー K1 により切り替えられます。2 つの MOSFET(Q16 および Q17)が追加の RF スイッチとして機能し、信号を直接 RF 帯域通過フィルタに結合します。7MHz 信号は 4MHz の局部発振器と混合され、受信方向のミキサ出力は Q6 増幅器でバッファリング・増幅された後、クリスタルフィルタへ供給されます。精密に調整された信号を除く全ての信号はラダーフィルタで除去され、Q9 で増幅された後、第 2 のダイオードミキサにより音声周波数へダウコンバートされます。

0.1 μ F の C67 は、第 2 ミキサ(現在は復調器として機能)のオーディオポートにおける高周波エネルギーを減衰することに注意してください。

Q10 の単純なエミッタ接地方式のオーディオ増幅器が、信号を LM386 オーディオパワーアンプが要求するレベルまで引き上げます。LM386 のピン 1 と 8 間に接続された 1 μ F のキャパシタは、無線機をスピーカで使用する場合にのみ必要です。イヤホン使用時は、このキャパシタを削除することで利得が低下し、ノイズの少ない受信が可能になります。

SSB 信号の生成

SSB の送信部は信号の流れが逆になります。単一トランジスタによるマイク増幅器 Q18 は 50mV の信号を 10 倍に増幅します。第二のミキサはここで変調器として機能し、約 200mV の信号を必要とします。R77 が、現在主流のエレクトレット型マイクロホンに必要なバイアス電圧を供給している点に注意してください。

ダイオード変調器は両側波帯(DSB)信号を生成し、Q8 によってバッファおよび増幅された後、上側波帯を除去するクリスタルフィルタに入力されます。Q7 はクリスタルフィルタの出力を増幅・バッファ処理し、11MHz 信号を 7MHz に変換する第 1 ミキサへ供給します。

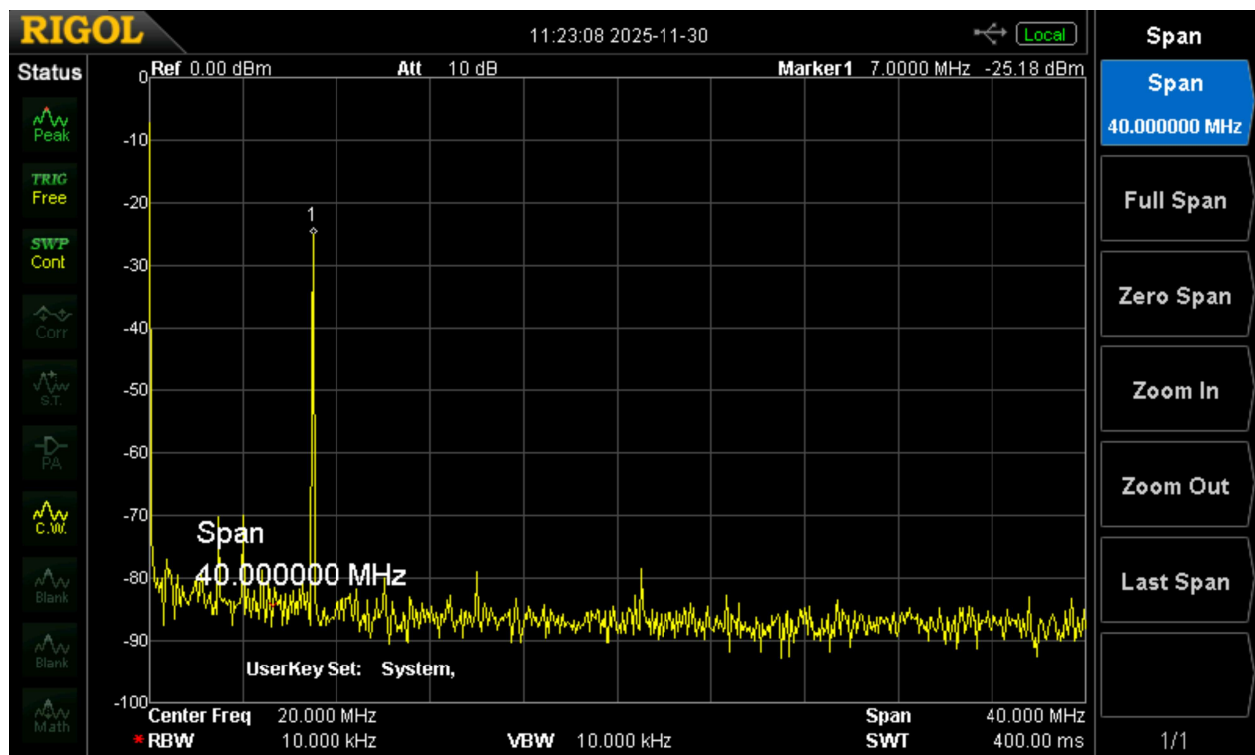
既に述べたように、ミキサ出力には目的の 7MHz 信号に加えて多くの不要な周波数が含まれています。それらはバンドパスフィルターによって除去されます。

パワーアンプ

3.5MHz から 30MHz まで拡張可能な低歪・広帯域パワーアンプを設計しました。出力段には一種類のトリファイラー巻キトランスを採用しています。プリドライバ段とドライバ段には 2N2222 トランジスタを使用しています。ドライバ段には約 250mW の電力(+24dBm)が必要であるため、ドライバには SMD タイプではなくスルーホールトランジスタを採用しました。

IRF510 は QRP 増幅器の主力素子であり、パワーアンプとして 5 ワットの出力を発生させる優れた性能を発揮します。14MHz における 7MHz の 2 次高調波は、単純なローパスフィルタでは FCC の制限値を上回っていました。ローパスフィルタの第一段を改造して減衰量を増やした結果、非常にきれいな出力信号が得られました。

出力スペクトルを図 7 に示します。



VFO

ここ数年、自作愛好家たちはローカル発振器を生成するために Si5351 とデジタルコントローラーを組み込むことだけに専念してきました(まさにその通りです！)。可変周波数発振器(VFO)を構築し使用する技術を失ってしまったようです。これは残念なことです。簡素な VFO でも、シンセサイザロックではなかなか実現できない受信性能を発揮します。わずかな費用で何時間もの楽しみを提供してくれるのです。

低コスト無線機的主要な課題の一つは局部発振器です。優れた無線機を決定づける最も重要な要素は VFO 性能です。優れた VFO の特徴は以下の通りです：

- 低位相雑音
- 低ドリフトによる安定した周波数出力
- 調整の容易さ

低位相ノイズと低ドリフトは相反する可能性があります。比較的容易に位相ノイズを低減する方法は、発振エネルギーを増加させることです。これには VFO トランジスタに高電流を流す必要があり、これによりトランジスタが発熱し、部品の加熱による周波数ドリフトが生じます。

安定性と消費電力の妥協点として、アイドル時の消費電流 Q1 を 4mA に設定しました。

良質の可変キャパシタ(バリコン)は入手困難となっています。低速駆動装置はさらに入手が難しくなりました。多くの自作プロジェクトでは透磁率調整発振器(PTO)が採用されています。真鍮製のネジを VFO インダクタが巻かれたシリンドラにねじ込み・引き抜く仕組みです。PTO は多回転調整機構を提供し、バック

ラッシュゼロで 1 回転あたり 50kHz 未満の微調整を実現できます。

しかしながら、このような PTO では機構部を完全にシールドした筐体が必要となります。なぜなら、空芯インダクタは調整ノブからの静電容量の影響を受けやすく、インダクタ自体をシールドしない限り引きずられるためです。適切に機能させるには銅張基板によるシールドが必須でした。より高性能なシステムでは、調整要素として真鍮製ネジを用いた可変インダクタに戻すことも可能でしょう。

この時点で、Jitendra(VU3BEO)がバラクタ(可変容量ダイオード)の使用を提案しました。以前 BITX40 で得た経験から、VFO のドリフトには対策しました。チューニング用バラクタとして逆バイアスした 1N4007 を選択しました。1N4007 と C0G キャパシタの組み合わせにより、VFO は非常に安定しています。最初の 5 分間で約 300Hz ドリフトした後、極めて安定します。可変抵抗は帯域の 150kHz 幅を選択・同調します。大型ノブで十分な同調が可能です。微調整用にメイン調整用可変抵抗の接地端子に直列で 1k Ω の可変抵抗を追加すると操作が容易になるかもしれません。

VFO の安定性確保には相当な努力が注がれました。初期バージョンでは透磁率調整型発振器を採用し、驚くほどドリフトのない性能を実現しました。ただし、インダクタを固定する 3D プリント部品と、真鍮ネジの出し入れを可能にする 2 つのナットが必要でした。また、無線機のチューニング時に手の静電容量が VFO 周波数を変動させるのを防ぐため、強力なシールドが不可欠でした。

表面実装型 C0G キャパシタとエッチング配線の組み合わせにより、VFO は非常に安定しています。その理由を調査する必要があります。おそらく FR4 基板が、熱による配線の寸法変化を防止しているのかもしれない。

VFO はフロントエンドのミキサをかなりの電力でドライブします。これによってミキサ内のダイオードが完全にオン状態と完全にオフ状態の間でほとんど時間を費やさずに、適切なスイッチング動作を実現します。

この VFO は基本原理を示しています：高品質なインダクタとキャパシタを適切な出力で用いることで、VFO はクリーンで安定した動作を維持します。適切な VFO を構築するのに高価なトランジスタや JFET さえ必要ありません。安価で一般的な 2N3904 や 2N2222 でも、安定した低ノイズ性能には十分です。J310 のような JFET はより優れた位相ノイズ特性を提供し、おそらくこの回路では R1 を除去し R2 を 1M Ω に増やすことで直接使用できるでしょう。これはまだ未検証です。

CW の動作

SSB は地元の仲間との気ままな雑談や時折の遠距離交信に最適なモードです。しかし POTA 活動や遠距離交信(DX)などにおいては、CW に勝るものではありません。この無線機で CW が実現可能であることは必須条件でした。

Q18 のシンプルな 1 石のオーディオ発振器が役目を果たします。これは位相シフト発振器で、クリアな音声信号で知られています。モールスキーを介して R82 をグランドに短絡することでキーイングされます。これによりマイクラインに 700Hz のトーンが注入され、CW が生成されます。R89 を介して少量のサイドトーンがオーディオ増幅器にも流入します。100K の値を変更することで CW サイドトーンを増減できます。

C74、C75、C76、C84、C86 の値を変更することで、好みの周波数に合わせてサイドトーンを調整可能です。

CW の送受信切り替えは興味深い仕組みです。キーが押されると、C77 が D18 経由で急速に充電され、Q20 をオフにします。これにより Q21 がオンになり、PTT を短絡させて無線機を送信モードに切り替えます。同時にキーは R82 を接地し、サイドトーンから変調信号を生成します。

キーを放すと、C77 は R85 を介してゆっくりと放電します。これによって受信状態への復帰が遅れ、次のキーダウンで C77 が再び充電されます。前回のキーダウンから十分な時間が経過し、C77 が放電されて Q20 がオン状態となり、その結果 Q21 がオフ状態になることで PTT が解放され、受信状態に戻ります。

重要な注意点として、CW 信号は LSB で単一トーンとして生成されます。したがって、LARCSet はクロスモードの LSB-CW 交信が可能です。CW 操作時には必ずマイクを取り外してください。

結論

LARCSet を通じて、自作無線機の製作や実験を通じてより多くのアマチュア無線家に電子工学の理解を深めてもらいたいと考えています。Pete Juliano(N6QW)は、二組のフィルターと VFO を切り替えるだけで LARCSet を異なるバンドに対応させられると述べています。LARCSet によって、自作無線機の興奮を胸に多くのアマチュア無線家が電波に乗る姿を見られることを願っています。基板は、将来的な改造や拡張を想定して設計されています。

何よりも、受信・送信時の「臨場感」あるクリアな音声、この無線機の使用と受信を喜びに満ちたものとしています。皆様にも同様に満足していただければ幸いです。

回路図や組み立て説明書を含むすべてのファイルは、<https://github.com/afarhan/larcset> で入手可能です。

LARCSet の組み立て

次に示す工具が必要です：

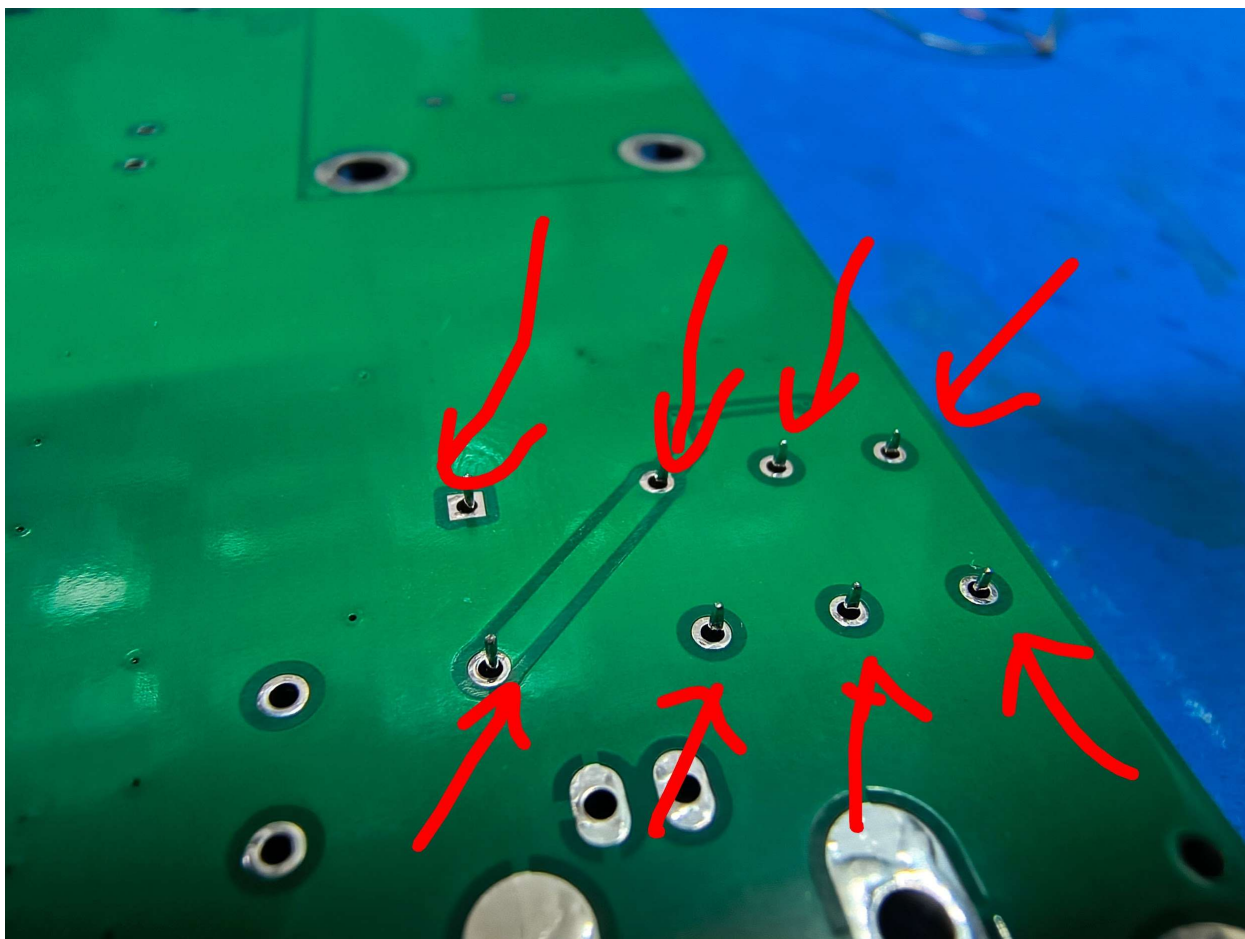
1. 電流測定機能付き標準的な電圧・抵抗計(テスタ)
2. 電流容量 1.5A 以上を供給可能な、クリーンな 12V 直流電源。
3. 小型のロングノーズプライヤー(ラジオペンチ)
4. 小型のワイヤーカッター(ニッパー)
5. エナメルを剥がすための刃物
6. ワイヤーストリッパー
7. 25 ワットのハンダごて

全体的な手順として、無線機を段階的に動作可能にしながら進めます。

1.DC 回路部品の取り付け

1.1 **DC ソケットを基板にはんだ付けします。** 正しく行うには、DC コネクタを基板に挿入し、基板を裏返しにして押さえつけ、DC ジャックの 3 本のリード線がすべて基板内に完全に収まった状態で、リード線をはんだ付けします。これらのピンは高電流を扱うため、十分な量のはんだを周囲に流してください。

1.2 リレー K1 を基板にはんだ付けします。リレーを慎重に挿入し、リレーのすべてのピンが挿入されていることを確認してください。リレーピンが誤って曲がってしまい、取り付け穴に滑り込む代わりに外側に曲がってしまうことがよくあります。はんだ付け後はこの手順を元に戻せません。そのため、はんだ付け前にリレーのすべてのピンが反対側に見えることを慎重に確認してください。

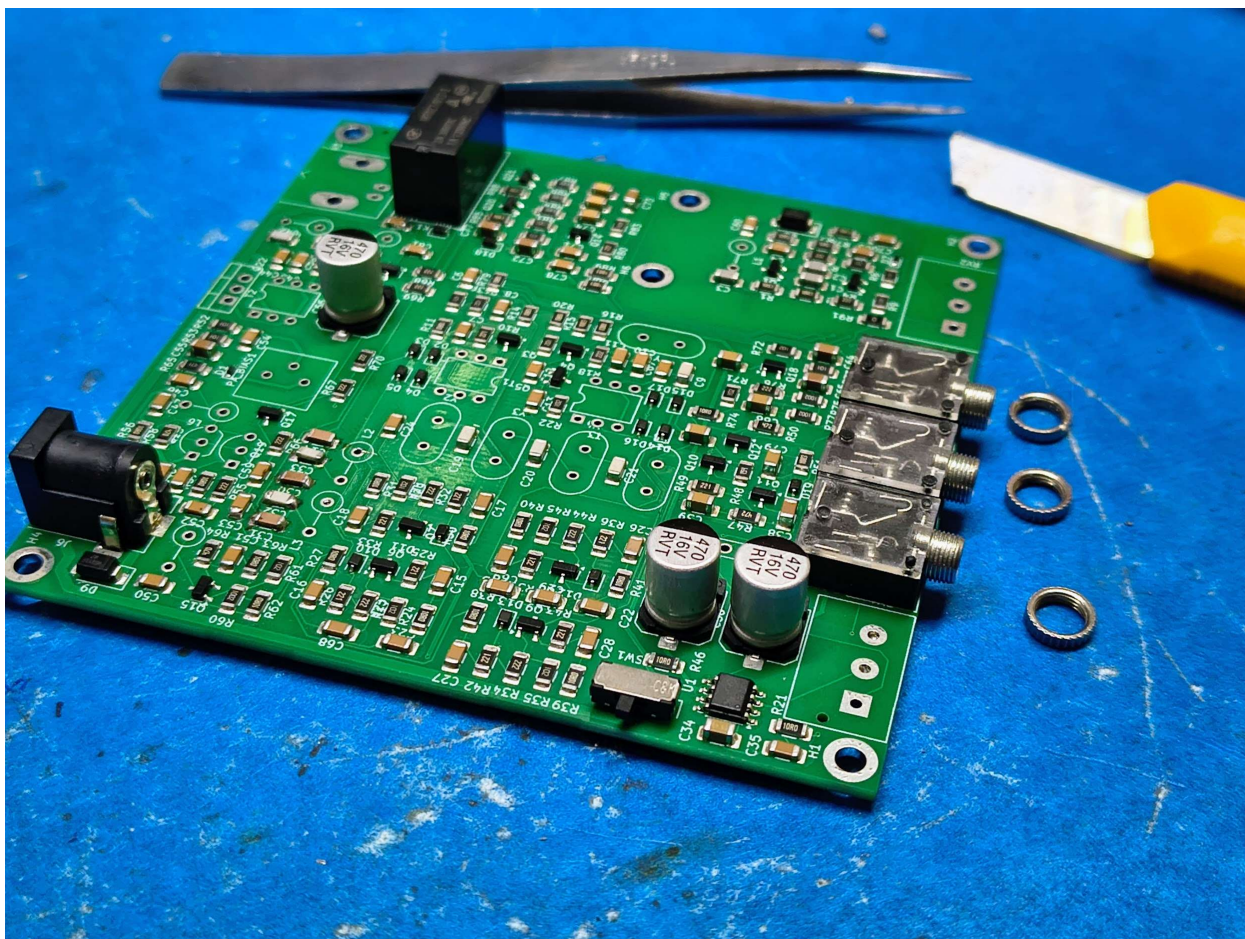


2. フロントパネルの組み立て

前面パネルはオーディオジャックによって支えられています。

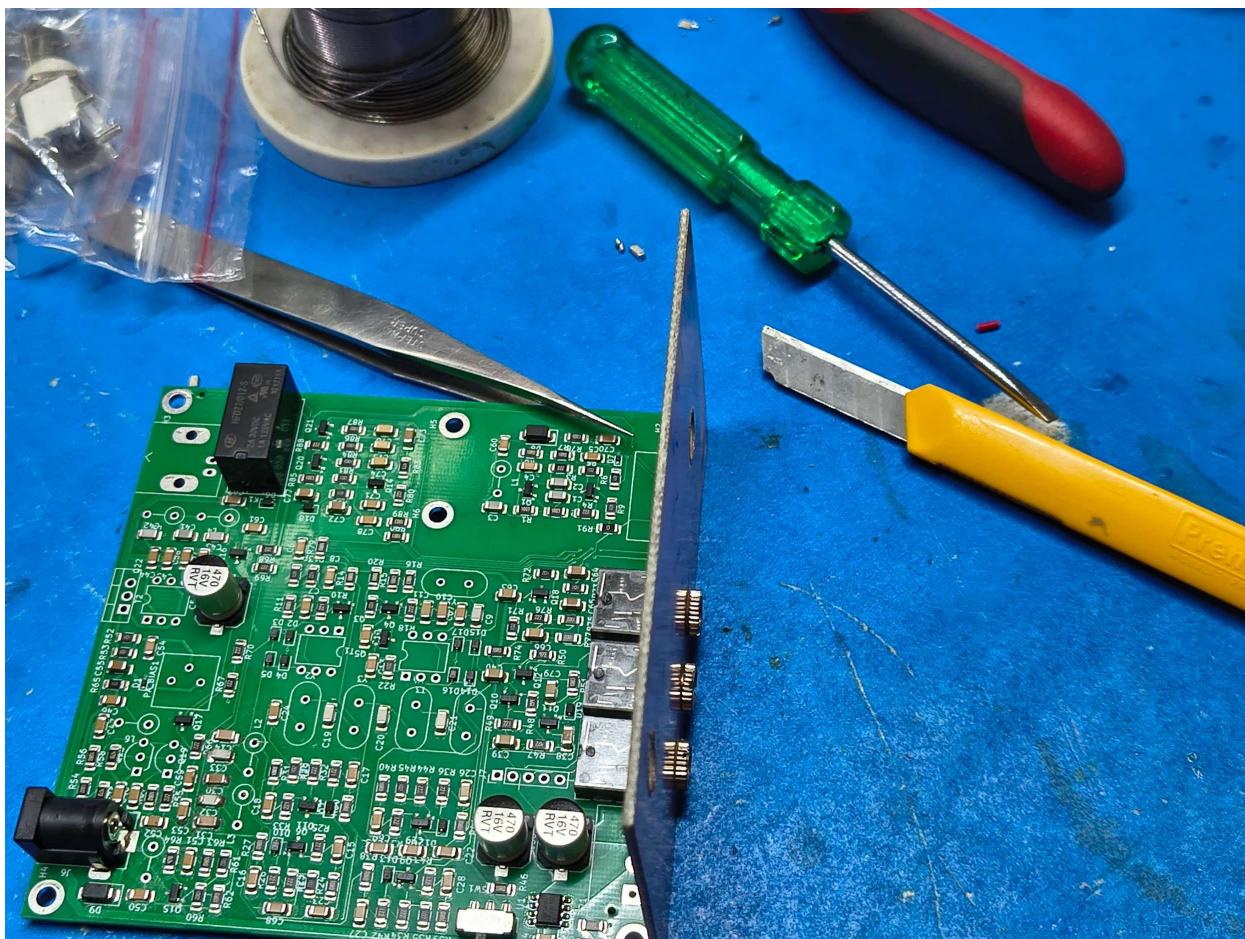
オーディオジャックの取付け

- オーディオジャックを基板に挿入する前に、取り付けナット(リング状のもの)を外します。これらのリングは後でフロントパネルを取り付ける際に必要となるため、大切に保管してください。
- 3 個のオーディオジャックを挿入します。3 個のコネクタそれぞれのリード線をすべて点検し、正しく挿入されていることを慎重に確認してください。オーディオコネクタを基板に押し付けるだけでは、リード線を挿入せずに基板に押し付けて曲げてしまう可能性があります。はんだ付け前の正しい状態は下図を参照してください。
- 3 個のオーディオジャックのリード線がすべて正しく固定されていることを確認したら、コネクタを押し込んで基板に確実に固定します。
- オーディオジャック 3 個をはんだ付けします。



(オーディオコネクタの取り付けリングは、取り付け前に取り外されていることに注意してください。)

2.2 フロントパネルを、フロントパネルを保持する 3 個のオーディオジャックの穴に挿入します。コネクタ取り付けリングをねじ込み、フロントパネル PCB がオーディオコネクタにしっかりと固定されることを確認します。なお、下図は試作フロントパネルのものです。キットに同梱されるフロントパネルは通常のプリント基板となります。



2.3 チューニング用可変抵抗をフロントパネルに挿入し、付属の取付ナットで固定します。この時点ではナットを手で締めて、可変抵抗をしっかりと固定してください。

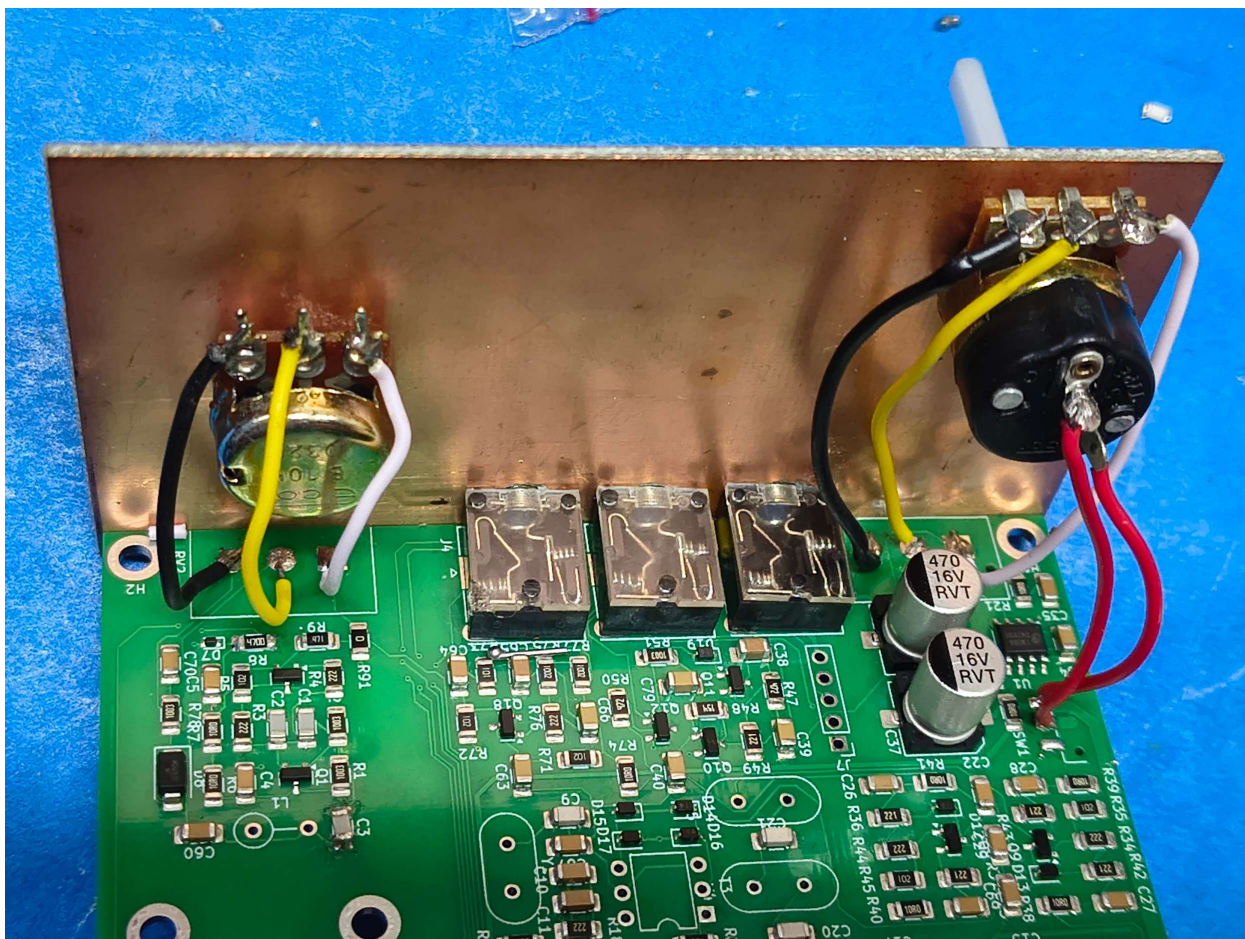
2.4 音量用可変抵抗をフロントパネルに挿入し、リード線が上向きになるように固定します。この時点ではナットを手で締めて、可変抵抗をしっかりと固定してください。

2.5 色の異なる3本の配線を使用して、ボリュームをPCB上のタブにはんだ付けします。間違いを防ぐために以下の点に注意してください：

- ボリュームやPCBにはんだ付けする前に、配線に下はんだ処理をしておいてください。
- ワイヤの長さは短くしますが、短すぎないようにしてください。これらは主にオーディオ信号または直流を伝送します。高周波エネルギーは含まれていません。
- PCBの中央タブは、可変抵抗の中央タブに接続します。必ず再確認してください。
- 左右の端子を逆につなぐと、チューニングが逆方向に動作したり、音量調整を反時計回りに回すと最大音量になったりします。正しく動作させるには接続を入れ替える必要があります。

2.6 J8(電源スイッチ)から音量調節用可変抵抗の背面にあるオン/オフスイッチへ2本の配線を追加してください。ここでの極性は問いません。

フロントパネル背面の完成イメージは下図を参照してください。各配線の接続位置に十分注意してください。



(注：この写真は唯一のプロトタイプ前面パネルを示しています。キットに同梱される前面パネルは、FR4 基板にプロ仕様で印刷されたパネルです。)

3. DC ブロックとオーディオアンプのテスト

3.1 DC 電源を準備し、中心ピンに+12V、外側スリーブにグラウンドを接続してください。

3.2 音量用可変抵抗を反時計回りに、軽くカチッと音がするまで回して電源を切ります。

3.3 DC 電源をジャックに差し込みます。

3.4 電源を投入し、音量用可変抵抗を時計回りに回します。この時点では無線機の消費電流は40mAから70mAの間です。それ以上の電流が流れている場合は、直ちに電源を切り、ショートの有無を確認してください。全く電流が流れていない場合は、電源スイッチとDC電源コネクタのはんだ付け箇所を確認してください。

3.5 電話用ハンドフリーヤホンを左端のオーディオジャックに挿入してください。音量用可変抵抗を回すと無線機のノイズフロアが滑らかに増減するはずです。音量調節が逆方向に動作する場合は、音量用可変抵抗の両側端子をつなぐ配線を逆にしてください。

これで、無線機の最も重要な部分の組み立ては完了しました。

4. VFO の調整

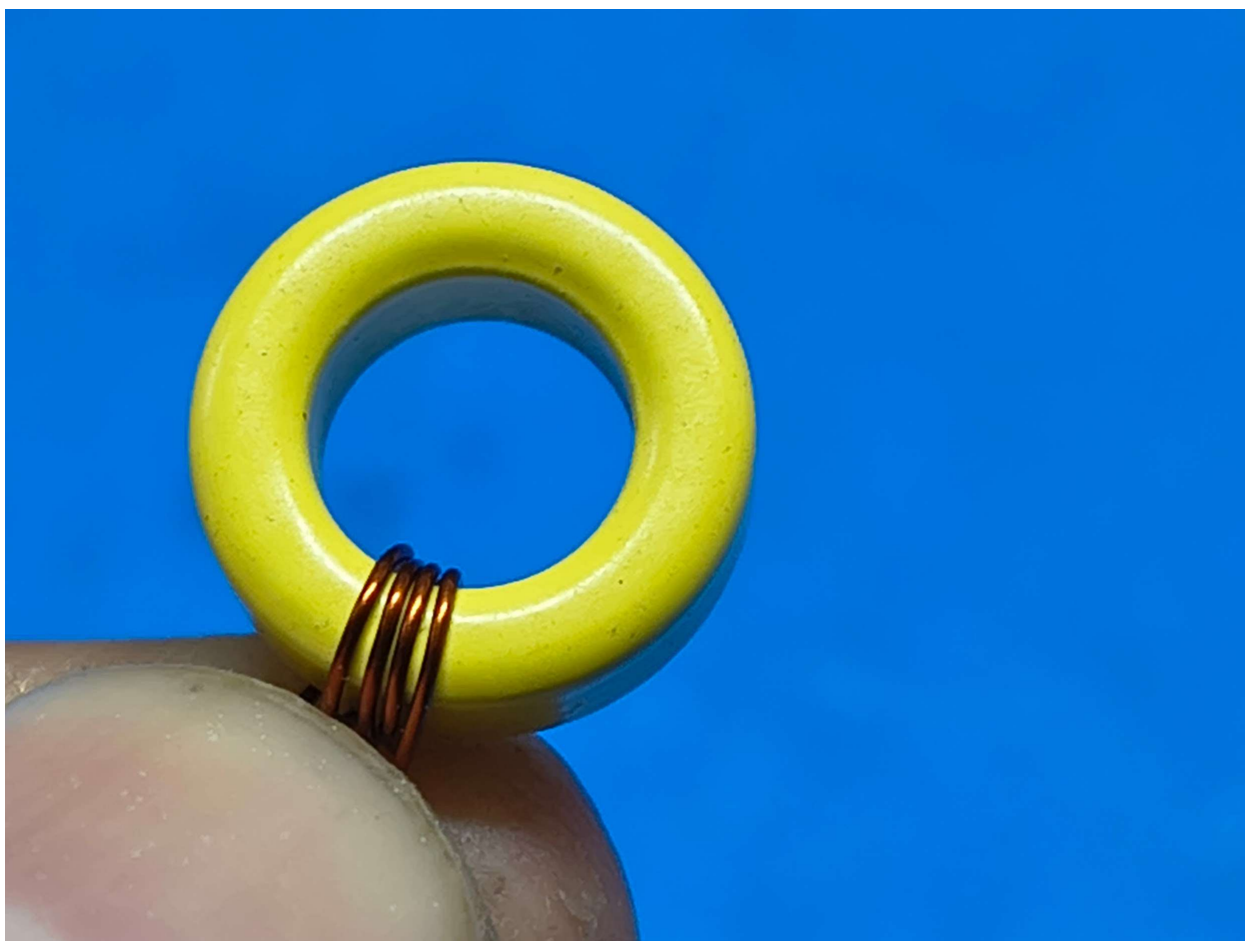
従来、無線機はチューニングに VFO を使用してきました。これらはクラス最高の位相ノイズ性能を提供します。VFO を動作させるには以下のようにします。

4.1 まず、無線機の電源を切ります。はんだ付け作業は必ず電源ジャックを外した状態で行ってください。

4.2 大きな黄色のトロイダルコアを取り出します。これはマイクロメタル社の T50-6 トロイダルコアです。ここにエナメル線を 33 回巻きます。

4.3 エナメル線を約 60cm に切り、トロイダルコアをその中心に通します。コアが線の両端の中間に来るようにします。

4.4 トロイダルコアを通す 1 回毎に 1 巻と数えます。片側から巻く際は線を張った状態を保ち、巻線が重ならないよう注意してください。



(4 回巻きの VFO トロイダルコイル。巻線が互いに接近しているが重ならず、密に巻かれている点に注意)。

4.5 T50-6 のコアに 35 回巻き終わったら、両端のワイヤーを 1/2 インチ(約 1.3cm)残して切断します。ワイヤーの両端にあるエナメルを削り取り、ワイヤーの全方向から白い金属が露出するまで処理してください。下図を参照してください。



4.6 トロイダルコイルの両端を L1 に並列に半田付けします。

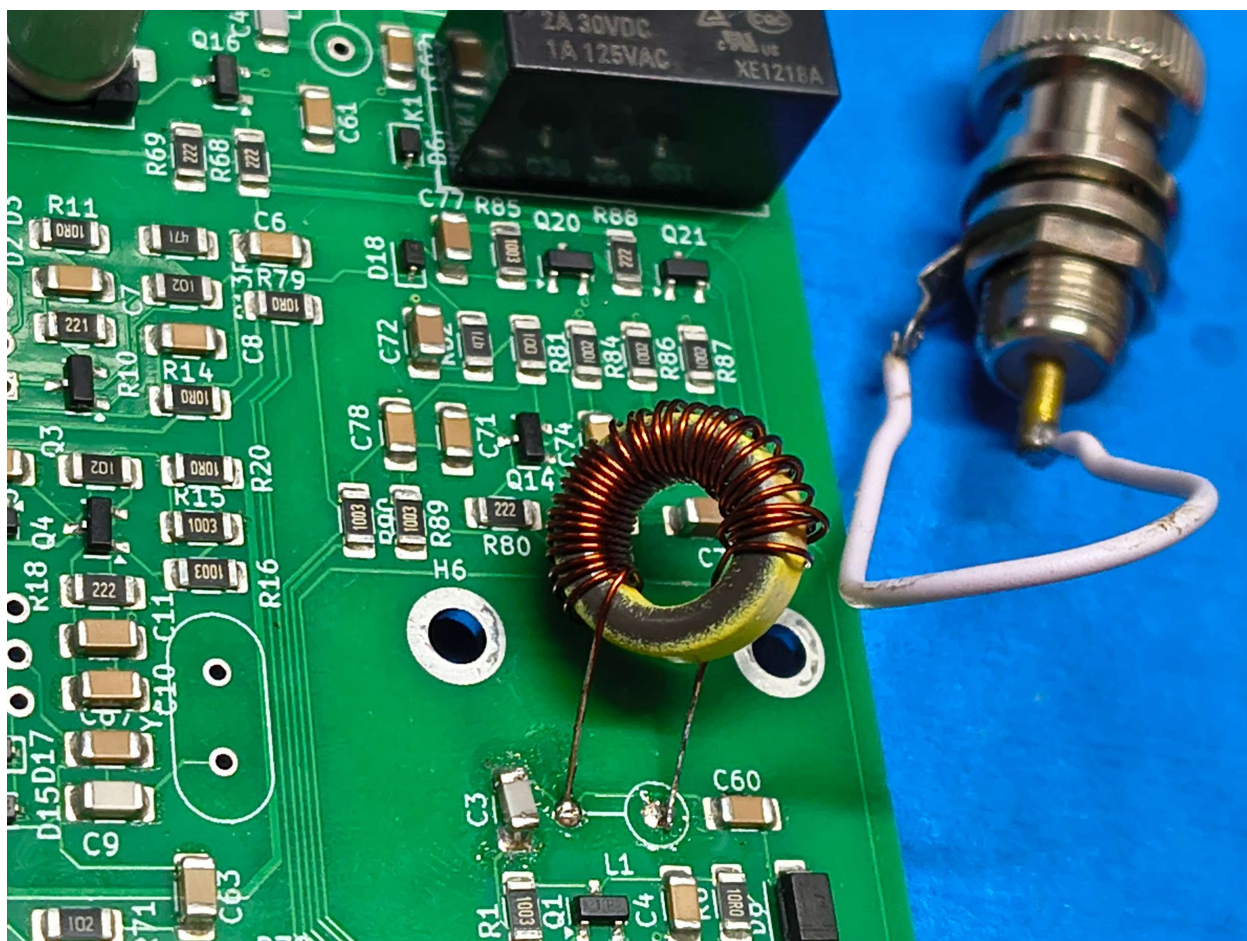
4.7 傍に置いた受信機に小さなループを取り付けます。

4.8 LARCSet の電源を入れ、チューニング用可変抵抗を全て時計回りに最大まで回した後、80m バンド全体で受信機の周波数を合わせます。強力な VFO の信号が聞こえるはずで、VFO の周波数をメモしてください。

4.9 チューニング用可変抵抗を時計回りに回すと、VFO の周波数が低下することに注意してください。

4.9 周波数の下限値(チューニング用可変抵抗を完全に時計回りにした状態)を 3.85MHz から 3.9MHz の範囲内に設定してください。周波数が 3.65MHz を下回る場合は、VFO トロイダルコイルの巻線を 1 巻分外す必要があります。巻線を広げると周波数が上がり、巻線を寄せると周波数が下がります。

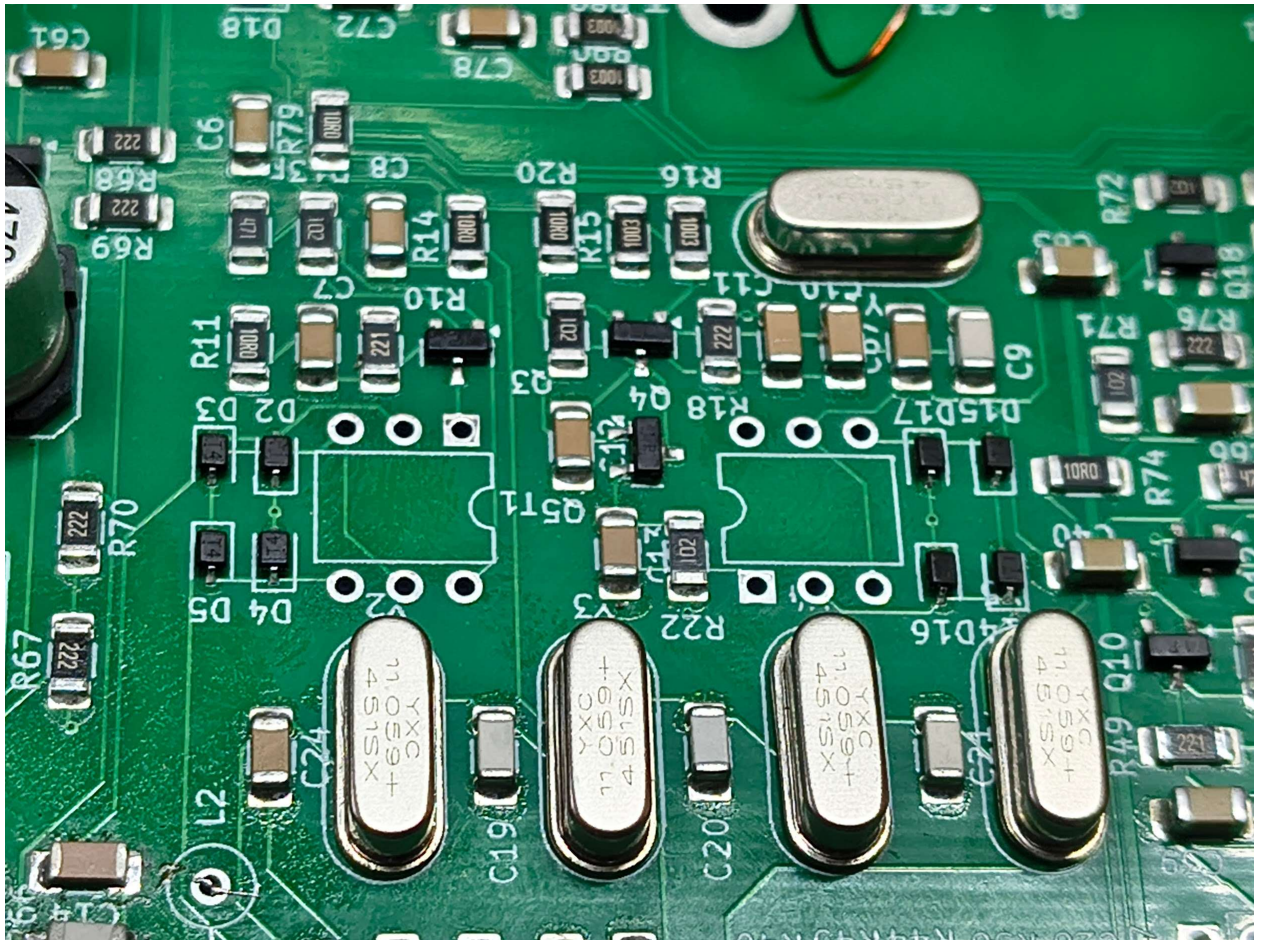
4.10 この時点で、VFO がわずかにドリフトしているようにみえます。これは予想される現象で、トロイダルコイルが宙に浮いた状態で周囲ではんだ付け作業が行われているためです。調整中に VFO がどのように半田付けされるかは下記を参照してください。3.8MHz に調整された近くの受信機に接続されたカップリングループに注意してください。



4.11 VFO が範囲内にある場合、4.059MHz から少なくとも 3.9MHz までチューニングできるはずです。

4.12 この時点で、VFO の周波数範囲が問題なければ、トロイダルコイルに瞬間接着剤を数滴垂らし、コイル全体に流れ広がるようにします。その後、基板にそっと押し当て、1 分間押さえたままにして接着剤を固めます。

基板に接着された VFO のトロイダルコアの写真です：



6. トリファイラー巻きトランスのはんだ付け

トリファイラー巻きトランスのはんだ付け作業は極めて慎重に行う必要があります。作業は頭が冴えている時に行うのが最適です。深夜にやらないでください！

理由は単純です。トリファイラー巻きトランスの「tri」は、トランスに三つの巻線があることを意味します。各巻線のワイヤーには二つの端があります。したがって、トリファイラー巻きトランスからは六本のリード線が出ています。

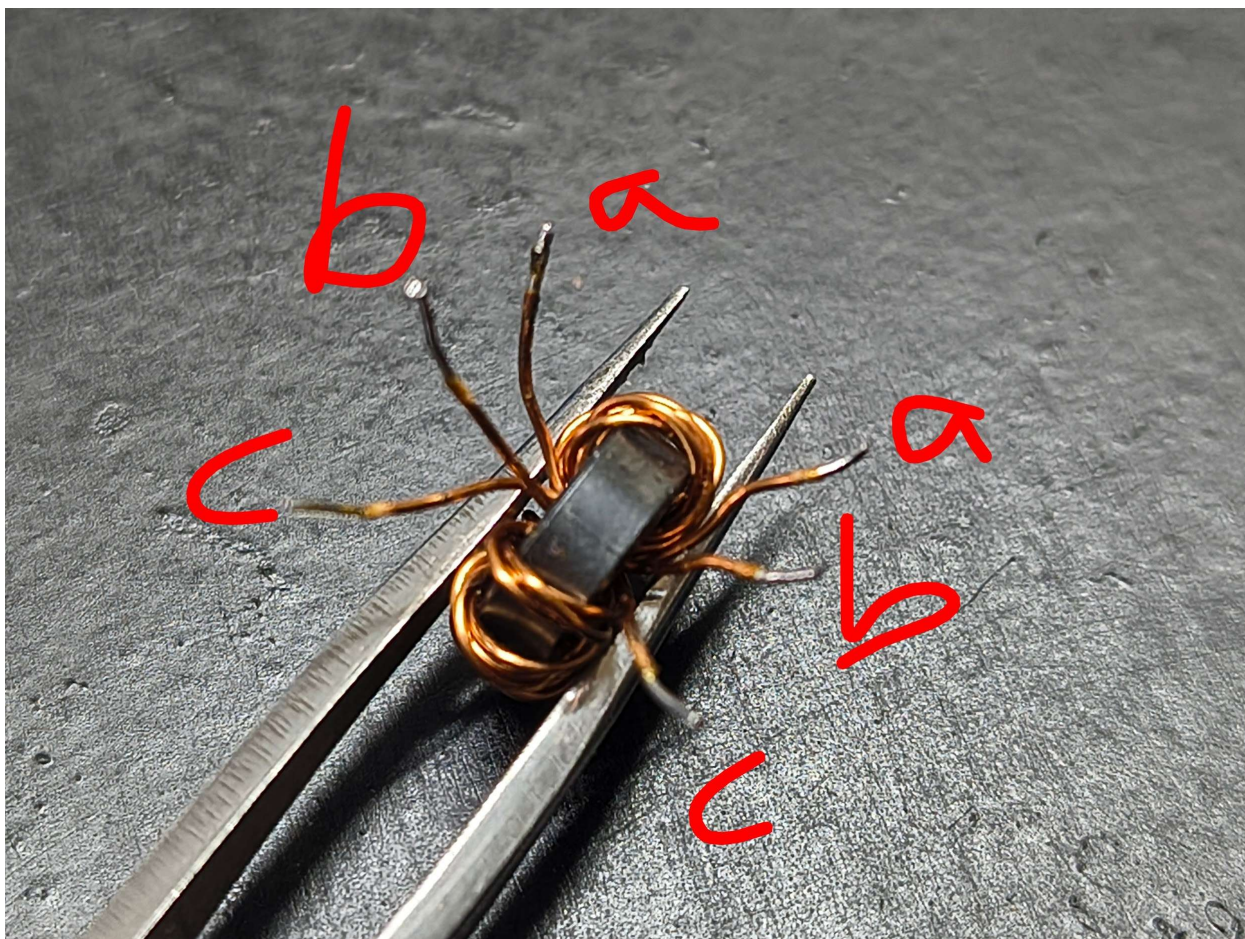
各端を慎重に分離し、挿入してはんだ付けする前に必ずマルチメータで導通をテストしてください。作業は頭が冴えている時に行い、できれば友人に作業を見守ってもらいましょう。

6.1 トランスは、3本の導線を強く撚り合わせてトロイダルコアに巻いたものです。

6.2 撚り合わせた導線の両端を突き止め、それぞれの導線を両側で分離してください。

6.3 トリファイラー巻き用の線は端部がすでにはんだ付けされています。

6.4 マルチメータの導通テスト機能を使用し、下図のようにトランスの3巻線を識別してください：



配線を識別する際には、以下の条件を満たすようにしてください：

- a-a、b-b、c-cの間には導通があること
- a-b、b-c、c-aの間には導通がないこと

6.5 トランスは、a、b、cの配線をピン上で互い違いに配置して挿入する必要があります。リード線をそれぞれ 1/4 インチに切断しておく作業が容易です。

下図を参照してください：

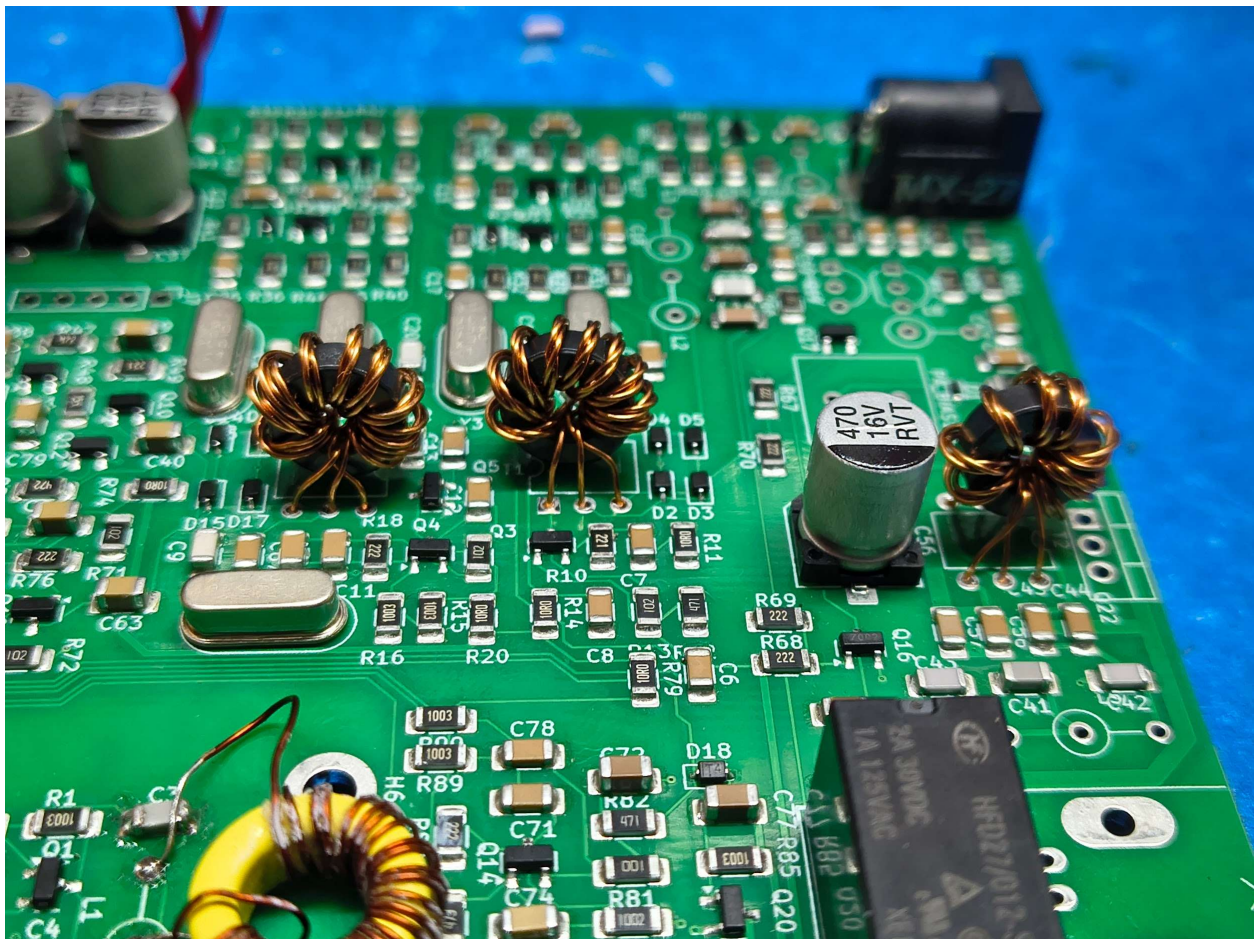


6.6 上の図のように、a-a、b-b、c-cの巻線を慎重に穴に挿入してください。ピンセットを使って各線を穴に押し込むとよいでしょう。

6.7 リード線のはんだ付け部分は、はんだ付け面のみが基板に接触していることを確認してください。絶縁された銅色の部分(エナメル被覆)にはんだ付けしてしまうのはよくある間違いです。見た目ははんだ付けされているように見えますが、実際にはエナメル被覆が基板とトランスリード線を絶縁したままにしています。

6.6 T1、T2、T3トランスのはんだ付けが完了しました。

今、ボードは次のようになっているはずです：



これでトリファイラー巻きトランスは完成です。

7. RF バンドパスフィルタ

小さな黄色の T30-6 トロイダルコアに、L2 と L3 をそれぞれ巻く必要があります。各インダクタには 19 回巻きます。

7.1 各 L2 および L3 について、12 インチ(約 30cm)の長さのエナメル線を切り取ります。L1 を巻いた方法と同様にこれを巻きます。線材の長さが短いため、これらはずっと巻きやすくなっています。

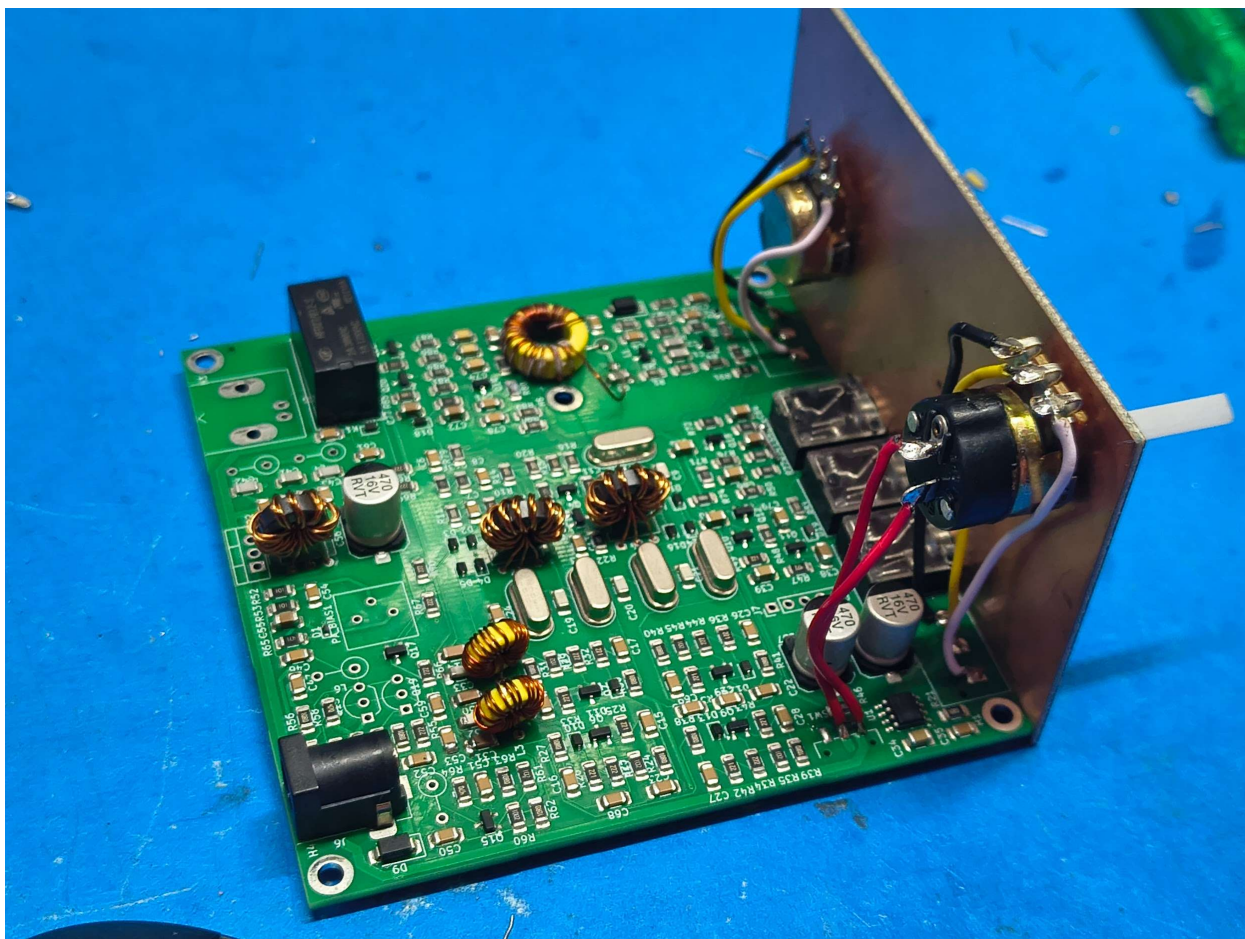
7.2 巻線を重ねないように注意し、互いに密着して隙間なく巻いてください。巻線が完成すると、トロイダルコアの表面のほぼ全体を占めることになります。

7.3 リード線をはんだ付けしたら、マルチメーターでリード線間の導通を確認します。

これが、両方のインダクタが取り付け準備完了時の状態です：



L2、L3 の位置に取付けると、無線機は次のようになります：



8. BNC コネクタの取付け

受信部はほぼ完成です。無線機の電源を入れる前に、BNC コネクタをはんだ付けするだけです！

BNC コネクタの取り付けは簡単です。いつものように、RF ピンが基板から外れないように注意してください。

9. 受信部のテスト

受信部のテスト準備が整いました。BNC コネクタにアンテナを接続し、無線機に電源を投入してください。約 80mA の電流が流れるのを確認します。周波数を変えると、活動中の局があればそのバンドの交信をキャッチできるかもしれません！

受信機が動作しない場合：スルーホール部品を慎重に再度加熱し、はんだ付けをやり直してください。ほとんどの場合、インダクタやトランス線材のエナメル被覆部分周辺のはんだ不良が原因です。回路を軽く叩いて、緩んでいる箇所がないか確認してみてください。

10. 送信部のドライバ

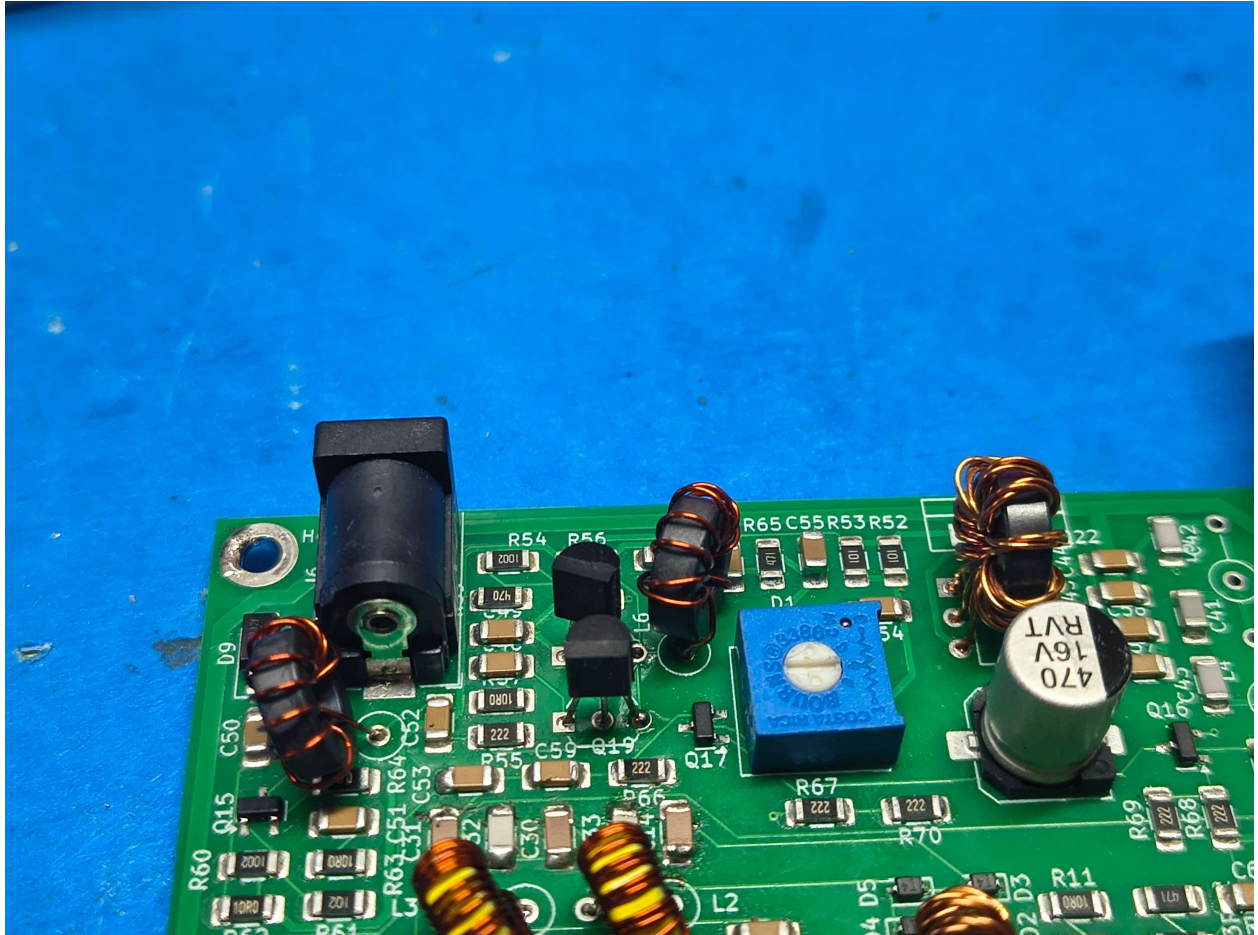
10.1 エナメル線から 7 インチ(約 17.8cm)の長さを 2 本切り取り、黒色の FT37-43 トロイダルコアに L6 と L7 をそれぞれ 10 巻ずつ巻きます。線端のエナメルを削り取り、ハンダメッキをします。

10.2 L6とL7をはんだ付けします。

10.3 Q19、Q13、PN2222A(キットに同梱されている場合は 2N3905 でも可)のスルーホールトランジスタをはんだ付けします。これらの平らな面は基板の後端から離れる方向に向けます。

10.4 青い PA BIAS 半固定抵抗をはんだ付けします。時計回りに完全に回します。

これらの部品を取り付けた後の、基板のドライバ部分は次のようになります：



11. パワーアンプ

パワーアンプ段では、IRF510 をヒートシンクと送信機出力フィルターのインダクタと共に取り付ける必要があります。

11.1 付属の M3 ネジで IRF510 をヒートシンクに固定します。適切な熱伝導のため、ネジはしっかり締めてください。締めすぎると IRF510 のケースが割れる恐れがあるので注意！

11.2 ヒートシンクに取り付けた IRF510 を基板に半田付けします。半田付け前にヒートシンクを IRF510 に取り付けておく必要があります。

11.3 L4 と L5 は値がわずかに異なります。両方を巻いて一緒に半田付けしようとせず、まず L4 を巻いて半田付けし、次に L5 を巻いて半田付けするのが最善です。

11.4 12 インチ(約 30cm)のエナメル線を切り取り、2 個の T30-6 黄色トロイダルに 17 回巻きます。エナメルを削り取り、リード線をはんだ付けします。このインダクタを L5 に挿入します。基板端側にあるインダクタのフットプリントです。

11.5 別の 12 インチ(約 30cm)のエナメル線を切り取り、残りの最後の T30-6 黄色トロイダルコアに 19 回巻きます。エナメルを削り取り、リード線を錫メッキし、基板端から離れた位置にある唯一の残りのインダクタ実装穴 L4 にはんだ付けします。

これで無線機の組み立ては完了です。

12. PA のバイアス設定

12.1 ダミー負荷または 7MHz に適切に整合されたアンテナを無線機に接続します。

12.2 無線機の中央のオーディオジャックにマイクを接続します。先端がマイク、リングが PTT、スリーブが共通グラウンドです。

12.3 PA_BIAS 半固定抵抗を完全に時計回りに回します。

12.4 マイクの PTT を押します。変調は行ないません。電流消費は約 170mA となるはずです。

12.5 定常電流が 350mA に増加するまで、PA BIAS 半固定抵抗を反時計回りにゆっくり回します。

12.6 マイクに向かってはっきりと話し、母音を伸ばして送信機の平均出力を増加させます。ピーク時における直流電流消費量は 0.6A に増加するはずです。

12.7 最右端のジャックにモールスキーを接続します。キーダウン時に、アンテナソケット間にオシロスコープを接続している場合、45V のピーク間電圧の搬送波が測定されるはずです。キーダウン時には 0.8A から 1A の間を消費しているはずです。

13. ダイアルの校正

LARCSet はアナログ無線機です。チューニングした周波数を読み取るために周波数カウンタを追加するのは簡単ですが、ダイヤルに直接マーカーで周波数を記入する方がはるかに簡単です。以下に、私たちが推奨する方法をご紹介します。

7MHz 帯で CW の送信が可能な別の無線トランシーバを用意します。

13.1 別に用意した無線機を以下の状態に設定します：

- アンテナ、またはできればダミー負荷に接続されていること
- 正確に 7.000 MHz に合わせ、モードを CW に設定します

13.2 LARCSet のアンテナソケットに数インチ(数センチ)の細いワイヤーを挿入します。これにより、他機からの校正信号の強度が低下します。

13.3 他機の CW キーを押します。LARCSet で信号をチューニングします。LARCSet のチューニングノブ指針が「00」を示す位置に、フロントパネルに線を引きます。

13.4 他機の周波数を 10kHz 移動させて 7.010MHz に合わせます。他機の CW キーを押しながら LARCSet で信号をチューニングし、ダイヤルを「10」の位置で再度マークします。

13.5 バンド内の 10kHz 間隔ごとにこの手順を繰り返します。

13.6 LARCSet の校正方法は他にも多数存在します。最も重要なのは、常にアマチュア無線バンド内であることを確認することです。

LARCSet の使用方法

LARCSet は非常に使いやすくシンプルです。最高の受信品質を得るには、イヤホンまたは外部に 8Ω スピーカを使用してください：

- 適切にマッチングされたアンテナを使用してください。LARCSet は不整合で故障することはありませんが、低出力のため、漏れる RF は少しでも少ない方が受信に有利です。
- SSB：前面パネル中央のソケットにマイクを接続してください。3.5mm ステレオジャック(キットに同梱)を使用し、マイク端子を TIP とスリーブ間に接続、PTT ボタンをリングとグラウンド間に接続してください。
- CW：中央ソケットにマイクが接続されている場合は外し、モールスキーを右端ソケットに接続してください。キー端子をジャックの TIP とスリーブ間に接続します。送信時はキーを押してください！