ブロックダイアグラムが学べる　QRPトランシーバ

2024.8.23

JK1MLY

　本書はハムフェア2024で頒布したQRPトランシーバ基板に関する資料です。

　この基板を作る前、作りながら、作ったあとに学ぶことができそうなことが書いてあります。

　製作、実験などに関する相談と資料提供はGitHubで行います。

　この基板は7M(40m)、28M(10m)、50M(6m)で動作実績があり下記は50Mの場合の構成例です。



QR コード

自動的に生成された説明 　　　電子機器の部品

中程度の精度で自動的に生成された説明

Discussions

または

New issue

して下さい

[https://github.com/Packet-Radio-Users-Group/  
QRP\_AM\_Transceiver\_JK1MLY](https://github.com/Packet-Radio-Users-Group/QRP_AM_Transceiver_JK1MLY)

# 作る前

## 各ブロックの動作と基板上の場所について

　基板の裏面を見ると幾つかのブロックがあり、それぞれシルク印刷されているのが分かると思います。

　ブロックを分けているのは、実際には電源の配線になっています。

ダイアグラム が含まれている画像

自動的に生成された説明

　書かれている文字はブロックの動作を簡易的に示したもので、ブロック図との関係は以下です。

　送信は水晶を発振させ、その振幅がマイクからの入力に従って大小するように動作します。

　受信はシングルスーパヘテロダインと呼ばれる構成で、受信した信号と水晶の信号でビートをとって、それを増幅・検波して信号の大小を音にしています。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| シルク | ブロック図の名称 | 機能 |
| 送信 |  |  |
| TLO | 水晶発振 | 送信する周波数の信号を発生させる |
| MOD | 低周波増幅＋高周波増幅 | マイクの入力にしたがって高周波信号の大きさを変える |
| LPF | 低域濾波フィルタ | 不要な信号を減衰させる |
| 受信 |  |  |
| AMP | 高周波増幅 | アンテナからの信号を増幅する |
| RLO | 水晶発振 | 受信する周波数より1MHzぐらい違う周波数を作る |
| MIX | 混合 | 受信信号と前項の信号を掛け合わせる |
| BPF | − | 中間周波数として低い側の信号だけを取り出す |
| DET | 増幅・検波＋低周波増幅 | 信号を増幅、検波してイヤホンを鳴らせるようにする |

## ブロック間の接続と全体

　各ブロックの間には点線が惹かれているところがあります。この部分をジャンパ線で接続することで、ブロック間の信号を伝えます。このジャンパ線はブロック間の信号を見るポイントにもなります。

　実験を行っているとジャンパ線を外したくなることがあります。このため組み立てる際には裏面で接続すると良いです。これは、表には多くの部品が実装されているので、ジャンパ線を外すことや、改めて接続する作業は行いにくいためです。

　基板のパターンを見ていくと、BPFのところには別な回路が入っていますが、これは高周波信号の大きさをテスタで測れるようにするための検波回路です。

　またブロックが書かれていないところに、マイク、コネクタ、リレーなどが実装できるパターンがあり、ランドだけのユニバーサル部があります。

　これらを使うことで実験がしやすくすることを意図した部分になります。

　大まかなイメージのみしか書いていませんので、細かいところは無線工学の教科書とかを見て頂ければと思います。ただ、難しく考えずに順に作っていくと良いかもしれません。

　いっぺんに全てを組み立ててしまうと、動作しなかった場合に原因を見つけるのが難しくなります。このため1つずつブロックを組み立て、動作確認や調整を行ない次のブロックに進めることを推奨します。

# 作りながら

## BPF内の検波回路

　100MHz帯域で500MHzサンプリングぐらいのオシロスコープが使えるとか、簡易的なもので十分なのでスペアナを持っている方は、それらを使って信号の波形やレベルを見て下さい。

　そんなの持っていない、あるいは持っているけど使わずに楽しんでみたい方のために、この基板には検波回路が組めるようになっています。この回路を使って動作を確認していきますので、ここから組み始めましょう。

　回路図でRF Detectorと書いてあるダイオードとコンデンサの回路です。使うダイオードはラジオとかの検波用として売られているものなら何でも良いです。

　そのような用途のダイオードが手元に無い、あるいは入手できなかった場合には、小信号用のショットキバリアでも今回の用途には十分です。ただ一般的なスイッチングダイオードでは少し厳しいかと思います。

　TP86と書いてあるところにリード線を付けておき、それを回路に当てると信号の大きさによってTP87に電圧が出てきます。それをテスタの電圧レンジで測定して使います。

## TLO；水晶発振回路

　部品番号が60番代の部品になっている箇所を組み立てます。この基板では基本的に10の位が同じ部品番号な部品は同じ回路ブロックに属しています。

　周波数を調整する回路にも対応できるようになっていますが、未実装の指定（バツ印が付いている）は付けずに単純な発振回路を作ります。はじめはシンプルに作って、あとから必要だと思ったら回路を追加して下さい。

　実際に電波を出す（免許を取る）予定のある場合はT62も使い不要な信号を減らします。そうではない場合は発振回路のトランジスタに入っているT61だけで50.8Mの信号を取り出せば大丈夫です。

　次にVTXと書いてあるところとGNDに9Vの電池を接続するためのBスナップを接続します。そしてBスナップ間がショートしてないのをテスタで確認します。手間はかかりますが、１つずつ確認していく方が失敗は少ないです。

　異常がなかったら電池を接続します。

　TP61またはTP62に検波回路をつなぎ、レベルが最大になるようT61とT62のコアを調整します。

　コアの調整は必ずコア調整用のドライバを使い、普通の−ドライバは絶対に使わないで下さい。コアを割ってしまうと、コイルを交換するのは容易ではありませんので注意しましょう。また何度も回わすと緩くなってしまい、振動とかでコアが動いてしまうことがあるので、ほどほどな調整にしておくと良いかと思います。

　調整できたら電池を外します。作業しにくいだけでなく、電池をショートさせてしまう可能性があるためです。最近はアルカリ電池が一般的かと思われます。マンガン電池よりエネルギーがあるので、ショートさせると電池の発熱も大きいので、外して電池が部品のリードでショートしたりしないよう注意しましょう。

## MOD; 変調回路　低周波増幅＋高周波増幅とLPF

　部品番号が70番台、80番台の部品を実装します。この段階ではマイクを接続しないのでTP73はオープンのままになります。

　部品が実装できたら、TP71とTP61またはTP62、およびTP74とTP84をジャンパ線で接続します。

　Bスナップ間がショートしてないのをテスタで確認し、異常がなかったら電池を接続します。

　TP85に検波回路をつなぎ、レベルが最大になるようT71のコアを調整します。

　調整できたら電池を外します。

## AMP ; 高周波増幅

　部品番号が10番台の部品を実装します。

　高周波増幅回路では出力側にも同調回路を入れることが多いですが、使用部品の中では高額なコイルを減らすため使っていません。

　もし入れたい場合は近くにコイルのパターンがあるので、そことの間で配線してください。

　部品が実装できたら、TP71とTP11をジャンパします。可能なら100Ωと1Ωなどで分圧してレベルを下げた方が良いですが必須ではありません。

　VRXと書いてあるところとGNDに9Vの電池を接続するためのBスナップを接続します。

　Bスナップ間がショートしてないのをテスタで確認し、異常が無かったらVTX側、VRX側とも電池を接続します。電池を1つで済ませる場合は、製作途中はVTXからVRXにジャンパでも良いです。

　TP12に検波回路をつなぎ、レベルが最大になるようT11のコアを調整します。

　調整できたら電池を外します。またTP71とTP11のジャンパを外します。

　いっきに部品を実装する作り方をした場合、誤ってRLOに周波数を合わせてしまう可能性があります。このためR21を外すか、Q21のベースをGNDに落とすなどして発振を止めて調整した方が良いと思います

## RLO；水晶発振回路

　部品番号が20番代の部品になっている箇所を組み立てます。

　受信側も本当は発振させた信号の純度は高い方が良いのですが簡略化して1段での同調になります。

こちらも周波数を変えられるパターンですが、バリキャップを使いVRで可変する回路です。ただ最初はTLOと同じで未実装な指示のところは使わない回路として下さい。

　Bスナップ間がショートしてないのをテスタで確認し、VRX側のみに電池を接続します。

　TP21に検波回路をつなぎ、レベルが最大になるようT21のコアを調整します。

　調整できたら電池を外します。

## MIX; 周波数混合回路 ＋ BPF

　部品番号が30番台と40番台の部品になっている箇所を組み立てます。

　BPFは色々と試験できるようにパターンが用意されていますが、まずはシンプルな状態で組みます。

　部品が実装できたらTP12とTP32、TP21とTP31をジャンパします。

　さらにTP85とTP11にジャンパ線を接続し、それを撚って高周波的に結合させます。

　Bスナップ間がショートしてないかテスタで確認し、異常がなければVTX側、VRX側とも電池を接続します。

　TP45に検波回路をつなぎ、レベルが最大になるようT21のコアを調整します。ただ、あまりQが高くないので、レベルの差は小さいかもしれません。

　このためコアを半回転させても差がない場合、元の位置あたりにしておいて下さい。やたらとコアを回さないことも大切です。

　調整できたら電池を外します。あとで使うのでTP85とTP11の結合は残しておいて下さい。

## DET ; 増幅・検波＋低周波増幅

　部品番号が50番台、90番台の部品を実装します。

　D91のLEDはラジオ用のICが低い電圧で動かすために使っています。このため極端に純方電圧が大きい、あるいは小さいLEDを使うと、感度が落ちてしまいます。その場合には定数を変更して下さい。

　TP51とTP52をジャンパします。またTP56にスピーカかイヤホンを接続します。

　イヤホンなどを接続するため3極あるいは4極のコネクタのパターンが用意されています。これらを使う場合は、TP57側からジャンパして配線すると良いです。

　4極のコネクタはPCやスマホで使うマイク付きイヤホンと、無線機で使うスピーカマイクではピン配置が違います。このためGNDも未配線なのでコネクタを使う際には注意して下さい。

　Bスナップ間がショートしてないのをテスタで確認し、異常がなかったらVRX側のみに電池を接続します。

　R54を回して適当にノイズが聞こえる大きさに音量をして下さい。

　TP55に適当な線を接続してAMラジオが聞こえれば問題ありません。ただラジオが入らない環境の場合は、ノイズが聞こえることの確認までとなります。

　確認できたら電池を外します。

## 全体の動作確認

　ここまでのステップで必要な部品は実装されたハズです。このため最終的な確認を行います。

　TP45とTP55をジャンパし、50MHz帯の電波がラジオ用のICに入るようにします。

　TP73とECM（マイク）のパターン、あるいはコネクタとの間をジャンパします。

　もしTP85とTP11の結合を外してある場合は、あらためて撚って結合させて下さい。

　念のため改めてBスナップ間がショートしてないのをテスタで確認します。

　異常がなかったらVTXとVRXともに電池を接続し、送受信とも回路を動作させます。

　マイクに向かって話したことが聞こえれば成功です。

## 送受の切り替え

　動作は確認できましたが、そのままでは送受の切り替えができていないので、トランシーバにはなっていません。

　このためスイッチを介してVTXとVRXを切り替えます。

　送信回路あるいは受信回路とアンテナとの間の切り替えもスイッチで十分ですが、もしリレーを使う場合にはK91とJ92が使えます。この場合は送信時にK91へ電圧がかかるように配線し。NC（電源をかけないで世導通）側とTP11、NO側とTP85をつなぎます。0.8D-QEVなどの同軸で配線する前提で、GNDになっているランドがありますので、これらを活用して下さい。

　この基板にはPTTスイッチで送受を切り替える仕組みは実装していません。無線機用のスピーカマイクのPTTで制御しようとすると、2ないし3つのトランジスタが必要なので、無線機の回路に対して豪華すぎるためです。どうしても必要な人は、ユニバーサル部に組むか、外に回路を追加して下さい。

　全体の配線ができたら、送受どちらの状態でもショートしていないことを確認して電池を接続します。

　この状態では送信または受信しかできませんから、ほかの無線機と動作を確かめる必要があります。

　ちゃんと動いたら、全体を整えてケースに入れれば自作無線機として完成です。

　ただ実験を主眼に置いていますので、その場合にはケースに入れる必要はありませんし、電源も切り替えるのではなく、送受ともにONすることもできるようにスイッチを付ける方が良いかもしれません。

# 作ったあと

## 電流を測る

　各ブロックへの電源は10または100オームの抵抗を介して供給されています。

　例えばR11の両端の電圧を測れば、Q11を用いた高周波増幅回路の電流がわかります。もしテスタで測った電圧が0.5Vであれば、オームの法則からI=E/Rで5mAになります。

　送受ともトータルすると約30mAになっているかと思います。

## トランジスタの動作点

　エミッタの電圧を測ることで、どのぐらいコレクタ側に電流が流れているかが分かります。またベースの電圧も測ることで、どのあたりでトランジスタが動いているか分かります。

　オシロで波形を見ることができると、どの範囲で動いているかも分かります。ただQ71はエミッタ接地であり、さらに音声でコレクタの電圧が変わるので見にくいかと思います。このため代わりにR73両端の電圧を測ると良いかと思います。

## ユニバーサル部にツインT発振回路を組み込む

　歪みが多いことバレますが、2現象オシロが使えるなら振幅の変化をみることができます。

　CとRでノッチフィルタを構成していて、この働きにより1kHz程度で発振します。この信号をTP73に入れ、オシロのトリガとしてTP85を見ます。

　さらにTP85と検波器のTP86をつないでTP88を見るとダイオードでの検波が見られます。

　この回路についてはgithub内のcaddata/twintのファイルを参照して下さい。

## 電源電圧を変える（落とす）

　実験だけなら10mWでも出力は大きいです。

　このため3Vでも動かせるように設計して、定数を変えて動かしてみるのも良いと思います。

## ミキサの方式を変える

　参考用の回路は少しでもゲインを稼げるようベースで混合しています。ただ一般的にはローカルはエミッタに入れて周波数を変換しています。

　エミッタに入れた場合の動作を見るには、TP21とTP31の代わりにTP21とTP33をつなぎます。

　初期状態ではC38が未実装なので取り付けるのを忘れないで下さい。

## 同調回路のQ

　オシロがある場合、TP21の信号をR28とR29どちらを実装するかで波形を比べてみて下さい。

　スペアナがあると、もっと良いですオシロでも波形の差、歪みの差が分かるかもしれません。

　T61とT62を実装している場合は、TP61とTP62の比較もしてみると良いかと思います。

　さらにC64の値を少し変えると、それだけでTP62の出力が変わるかと思います。

## バリキャップ

　D21ほかの部品を実装すると周波数を変えることができます。

　周波数カウンタでTP21を測るか、TP21に短いリード線をつけて受信機で聞いて確認します。

　受信帯域幅が広いので周波数を変えても受信状態は変わらないかと思います。

## 受信フィルタ

　T41とT42を使って、受信信号の帯域を狭くすることができます。

　1段の場合はT41を使いC41は10p、C95は1000p程度で試すと良いかと思います。C41が大きいとLPF側との結合が強くなり正常に動作しません。

　2段の場合はC41を未実装、C95,C96,C94は10p程度で試すと良いかと思います。

　フィルタで減衰が生じますが、AMラジオ用のICのゲインに救われて何とかなるかと思います。

　X21とX61の差が455kHz前後の水晶が使える場合、ラジオ用のフィルタが使えます。この場合はU41を実装してTP34とTP41、TP42とTP55を接続して下さい。

　本来はマッチングを取ってフィルタは使いますが、簡易的な実験用の回路のため省略しています。

## LPFを変える

　普通ならトロイダルコアを使ったコイルにしますが、マイクロインダクタを使っています。このためロスが大きいので、フィルタの設計をし直して回路を変更すると良いかと思います。

　パターンとしてはT12-6かT12-10あたりのトロイダルコイルを使う前提になっています。このためT25以上のサイズや、空芯コイルだと厳しいかと思います。

## パワーアップ

　さすがに10mWでは良い条件が揃わないと交信できることは難しいです。ただ、あまりキレイな電波ではないので1段だけトランジスタを追加して0.1Wにする程度が良いかと思います。

　追加したトランジスタで変調した方が良いので、C75とR73を外し、L71は電源に接続します。そしてC75かR73のランドからトランスを介して追加したトランジスタのコレクタに供給します。

　詳しく書くに至ってないので、適当にAM送信機の回路を探して真似してみて下さい。ほかの人の回路を真似するところから入るのも大切です。ただ本当に動いた実績のありそうな回路を探す必要はあります。

# 免許申請

　電波を出して交信するには無線機を追加する申請（届出）をしないとなりません。

　「平成 17 年 12 月に施行された新スプリアス規格により設計・製作」していることを明記し、ブロック図と実測したスペクトラムを添付すれば保証認定を受けられると思います。

　JARDの保証認定に払う金額の方が、この無線機の部品代より高いかもしれませんが、趣味のためとは言え公共の電波を使うので遵法の精神で電波は利用し、アマチュア無線を楽しみましょう。

以上