ブロックダイアグラムが学べる　QRPトランシーバ

2024.8.22

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

書いてあ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 |

これらのブロックの間が点線で接続さ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。

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を書いていますので、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が、難しく考えずに順に作っていくと良いかもしれません。

作りながら

BPF内の検波回路

100MHz帯域ぐらいで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は、最初に検波回路を組んで下さい。

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。

そういうダイオードが手元に無い場合は、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。

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。

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。

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、そうではない場合は発振回路おT61だけで50.8Mの信号を取り出します。

また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

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

調整したら電池を外します。

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します

TP71とTP61またはTP62をジャンパ線で接続します

TP74とTP84をジャンパ線で接続します

ジャンパ線は表；部品面につけずに裏；半田面に付けた方が良いかもしれません

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

調整し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

一般的には出力側にも同調回路を入れますが、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。

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

TP71とTP11をジャンパします

可能なら100Ωと1Ω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ます

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

調整し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、RLOに合わせてしまう可能性があります

念のため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ます

VRX側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

調整し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

TP12とTP32、TP21とTP31をジャンパします

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のをテスタで確認します

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

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

その場合には元の位置あたりにしておいて下さい

調整し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

TP51とTP52をジャンパします

TP56にスピーカかイヤホンを接続します

3極あるいは4極のコネクタを使う場合は、TP57側からジャンパして配線すると良いです

4極はPCやスマホで使うタイプと、無線機で配線が違うのでGNDも未配線なので注意して下さい

Bスナップ間がショートしてないのをテスタで確認します

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

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

確認したら電池を外します。

全体の動作確認

TP45とTP55をジャンパします

TP73とECM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

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

蒼樹の切り替え

そのままでは送受の切り替えができません

このためスイッチを介してVTXとVRXを切り替えます

アンテナとの間もスイッチでも良いですし、リレーを使う場合にはK91とJ92が使えます

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

全体を整えてケースに入れれば自作無線機として完成することも可能です

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。

このため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です

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

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

この動作を見るには、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

場所の関係で空芯コイルだと厳しいかと思います

パターンとしてはT12-6かT12-10あたりを使う前提になっています

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段だけアンプを追加して0.1Wにする程度かと思います

追加した回路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

詳しくは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下さい

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

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