

#### 4480MHz ローカルオシレーターの製作 まえがき

5.7GHz~10GHzのトランスバーターの1F周波数として1200MHz帯が使われる事が多い様ですが、従ってローカルオシレーターの周波数としては4480MHz近辺(5.7GHz用)8960MHz(10GHz用)となります。今回はこのローカルオシレーター(以下LOと略記します)を製作して見ました。LOと言っても此の周波数ともなると一度で発振出来るのはDROかガン発信器位ですが周波数安定度に問題があり、FMTV用以外にはそのままでは使えません。従ってXTALをてい倍して目的の周波数を作るか、PLL方式で作る事が考えられますが、XTAL方式ではてい倍に伴うスプリアスが多くなり、またPLLではノイズに悩まされる等の問題点がありますが、ここではXTALを使ってみました。

始めに書いた様にてい倍に伴うスプリアスを減らすにはてい倍数を少なくするのが一番です、従って原発振のXTALの周波数は出来るだけ高く選ぶ必要があります、現在日本で手に入る原発振は20MHz止まりですので、5次オーバートンで100MHz、7次オーバートンで140MHzとなります、目標の4480MHzを作るには93.333MHzから140MHzですが此処では93.333MHzを48てい倍する事にしました。

#### 回路設計について

48てい倍ともなると、発振回路の選び方で周波数安定度に大きな違いが出て来ます、第1図によく知られるオーバートン発振回路の幾つかをのせておきました。(1)此等の全部に就いて実験をして確かめれば良いのですが、今回はこの中で安定度の良さそうな(B)のButler Emitter Follower回路でゆく事にしました。この回路はベース、エミッター間に入っているXTALの直列共振周波数かその近辺で発振をしますので、他の回路の様にXTALの表示周波数に中々追いつけないと言う様な事が無く、簡単に目的周波数を取り出せる良さが有ります。第2図に4480MHzのローカルオシレーターの全回路図を示します、この回路で発振周波数を決めるのはXTALの直列共振周波数でL1とC1、C2及びVC1による同調回路がこの周波数になった時ベースからエミッターへフィードバックがかかって発振します、このVC1の調整によって+1KHz変化させることが出来ますが発振の強さは変化します、XTALにパラに入っているL2はXTALの持っているストレキャパシティ(約5p位)をキャンセルするためのもので、これに依って不要な発振を押さえることが出来ます、VC1を回して周波数が大幅に変わる時はL2の値が不適当です。

発振用トランジスターはFTの高いマイクロエープ用のものよりローノイズノトランジスターでFTが発振周波数の4倍位のものの方が位相ノイズの点で有利とされていますが、適当なものが見つからず此処では手持ちの2SC1906を3段目まで使いましたがいずれLNTトランジスターと比較してみたいと思っています。

発振の強さは周波数安定度に関係しますのでコレクタ電圧は次段のドライブに必要な限りで低く選びます、目安として5V位が適当です。出力はエミッターフォロワーで取りだし次段のベースを直接ドライブしています。

次段はバッファ兼3てい倍段でコレクターから280MHzを取り出しています、これに続く2SC1906で280MHzを10mWに増幅しています。Q4の3358で2てい倍して560MHzを、更にQ5で之を4てい倍して2280MHzを5~8mW取り出して居ます、ここでQ4はベースに入っている1Kオームによる深いCクラス、Q5はゼロバイアスのCクラスで動作しているため、前段からのドライブが不足のときはコレクタ電流が全然流れませんがこの回路構成ならば問題無く動作しQ4、Q5とも30mA位流れればOKです。VCCは78M09で安定した9Vを与えています。

2240MHzのフィルターを通った後ガリウムヒソFET 2SK571でさらに2てい倍して目的の4480MHzを取り出しています、FETは571に限らずFSC11でもNE76184でも同じ様に動作します、OST1とL7, TRL1とOST3はそれぞれゲート側とドレイン側のマッチング回路で、ドレインにあるOST2は2240

MHzのリジエクション用トラップです。この定数はシュミレーションとカット アンド  
トライで決定しました( )。ドレイン電圧は78L05で5Vを、ゲートバイアス  
は7660で-5Vを作っています。この段の出力は4480MHzで8~10mW位で  
す。第3図に部品配置図を、第4図にパターン図を示しておきました。

#### プリント基板の製作について

使用したプリント基板はナショナルのガラス熱硬化PPO銅張基板で厚さ0.8mmの  
ものを使用しました、この基板はガラスエポキシ基板よりも高周波性能が良く、テフロン基  
板よりも安価で硬さもあって、この位の周波数には最適な材料ですので最近専ら愛用し  
ています、誘電率が3.35と丁度テフロンとガラスエポキシの間になっています。

パターンは例によってCADとプロッターを使ってカッティングシートをカットしてフ  
ィルムを作りました(2)、その後の感光、現像、エッチング等の工程については今まで  
に多くの方が書かれていますのでここでは省略させていただきます。

#### 組み立てについて

回路図及び部品配置図を見て間違いなく配線すれば、確実に動作する物が出来る筈で  
すが2~3組み立てについて注意する点を書いておきます。

回路図中発振用トランジスタ2SC1906のコレクタ電圧は発振の強さと周波数安定  
度に関係が有りますので後段のドライブに必要な程度で低いほうが良いので、目安として  
5V位になる様にR10の値を決めて下さい、R10をつけずに7805の出力から5V  
を供給しても結構です。XTALにバラに入っているL2はXTALのストレージャ  
クタをキャンセルする為の物ですが、インダクタの値はクリチカルではなく0.2~0.  
5uHでOKです(3)。

基板の上下を接続する為に1mmのハトメを打ますが(図中の黒丸)、忘れずに上下で  
ハンダ付けして下さい、但し数箇所はハトメの穴の中を部品のリード線が通る様になっ  
ている所が有りますので穴を埋めないように注意して下さい。間違っってハンダで埋まっ  
てしまった説きは0.8mmくらいのドリルで穴をあけてください、Q3のエミッタ、766  
0の3番ピン、半固定ボリューム10Kのアースピン、C19のナリード、C21のーリ  
ード等です。

トリマーコンデンサはセラミック型の6mm直径のものを使って、アース側の足は基板  
の上下でハンダ付けして下さい、これ以外のコイルの足やコンデンサの足等アースに落ち  
るところは出来るだけ上下でハンダ付けします。

図には書いてありませんが、必ずケースに入れて下さい、厚さ0.5~1mm位のしん  
ちゅう板を幅25x35mm、25x130mmに切った物を2枚ずつ用意します、小さい  
方一枚にSMAコネクタ用の穴と電源用の貫通コンの穴を開けておきます、コネク  
タの穴は下から10mm上がった所が適当です、ハンダ付けの順序は先ずコネクタを取り付  
けた板に基板をハンダ付けします、次に反対側の板を取り付けます、ここで基板としんち  
ゅう板との角度や平行に狂いが無い様に注意して下さい、平らな板の上で確認しておき  
ます、これが狂っていると後で修正が出来ませんので、...次に細長い方の板をハン  
ダ付けして完成です。基板のアース面とケースの接触するところは上下ともハンダ付けし  
て下さい。

#### 調整について

調整に必要なものは 1. テスター、2. 12~15V 0.5A位の直流電源  
3. 5GHz 20mWの計れるパワー計、4. 300MHz位まで計れるデュープメータ  
ーまたは吸収型波長計、5. 5GHzの計れるカウンター、(発振周波数の確認ならば1  
00MHzでも良い) 6. スペクトラムアナライザ、等ですが、この内6以下については  
必ずしも必要ではありませんが有れば確実に調整が出来ますので、持っている方にお願  
いするのめ方法かと思えます、パワーメーターは絶対値が計れなくても良ければ50オー  
ムのチップ抵抗とショットキーダイオードが有れば検出出来ますので造って置いて下さい  
、ここではテスター丈で調整する手順を書いて見ました。

電源に11~13.5Vを加える前に最終段の2SK571を駄目にしない様にジャン  
パー線を外して置いて下さい、電源に直列にテスターを250mAレンジにしてLOに接

続します、配線に間違いがなければL1, C1を93.333MHzに同調させれば確実に発振する筈です、XTALの第3高調波をバッファのC1906のコレクタに取り出し、次段の1906で増幅しています、従ってL3~L6迄が280MHzに、ストリップラインのL7, L8, L9が560MHzに同調する様トリマーを回して下さい、トリマーの同調範囲から見て外の周波数になる事はない筈です、3358のコレクター側に入っている50オームの両端の電圧が1V以上になる様、前段のチューンを取ります、次にC3019の段も同じ様にVC6~VC8を調整します、各段ともCクラスかゼロバイアスが動作するのでこの調整が巧いかわからないと、このLOは動作しません、此処までの調整が完全な時には電源の総電流は120mA位流れる筈でトリマーの回転で電流が大きく変化すればOKです。L5とL6の結合はL結合になっていますが、あまり密結合にするよりも5mm位間隔をあけたほうがQが高くなってスプリアスが少なくなります。カウンターがあれば格段の周波数を確認しておきます。

ここまで出来れば先に外したジャンパー線を繞いて最終段の調整をしますが、ドレイン電源の+5Vとゲートの-5Vが出ているのを確かめて下さい、この段の調整はVR1とVC9だけですが前段の調整が取れていれば問題なく4480MHzが8~10mWは出て来る筈ですが、この段の調整はパワーメーターがないと完全には出来ませんが目安として571のドレイン電流が30mAになる様にVR1を回して下さい。571のドレインにあるオープンスタブは2240MHzのリジクション用で、パターンの儘でも-30dB位になっていますが、スペアナを見ながら細かく長さを調整すれば40dB以上落ちる筈です。最終的に総電流は150mA~200mA位になります、各段の電圧電流の目安は次の様です、Q1 5V5mA, Q2 8.5V5mA, Q3 8.5V5mA, Q4 7V40~50mA, Q5 6V50~60mA, Q6 3V30mA。

以上テスター丈で出来る調整の要領を簡単に書いて見ましたが、はじめは中々Q4, Q5の電流が流れないと思いますが周波数さえ合えば確実に流れる筈ですから、どうしても流れない時はトリマーの容量不足も考えられますのでコイルを増やすかトリマーにバラに5p位のコンデンサをハンダ付けして下さい。勿論スペアナがあれば各段の出力が最大になる様調整するのは簡単ですし、又スペアナをお持ちの方なら調整の要領はお分かりだと思いますので省略します。第5図にJARLの測定室で測定して頂いた本機のスペクトラムを示しておきました。4480MHz前後の近接スプリアスは-60dB以下ですし、+1120MHzに-30dBのものがありますが之はトランスバーターノフィルターで十分カット出来ます。周波数安定度は室温28度でSWオン後30分で10KHz程下がりましたがその後の変動は+1KHz以内に納まって居ました。

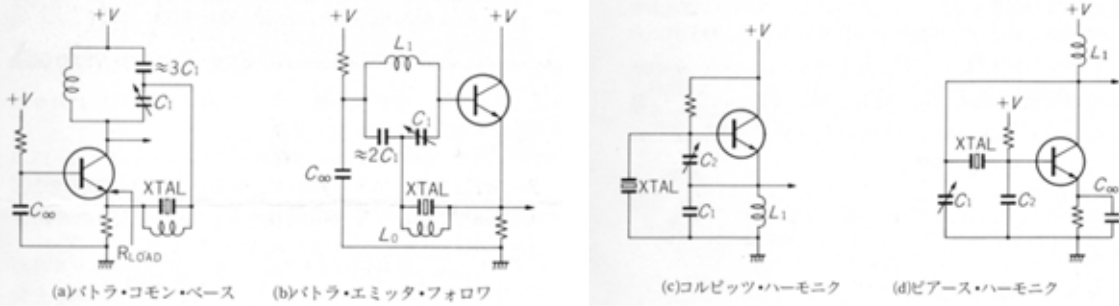
いま一段温度特性をよくするのはC2の47pを温度係数の違うものに交換して見る事も考えられます(3)。

#### 参考資料

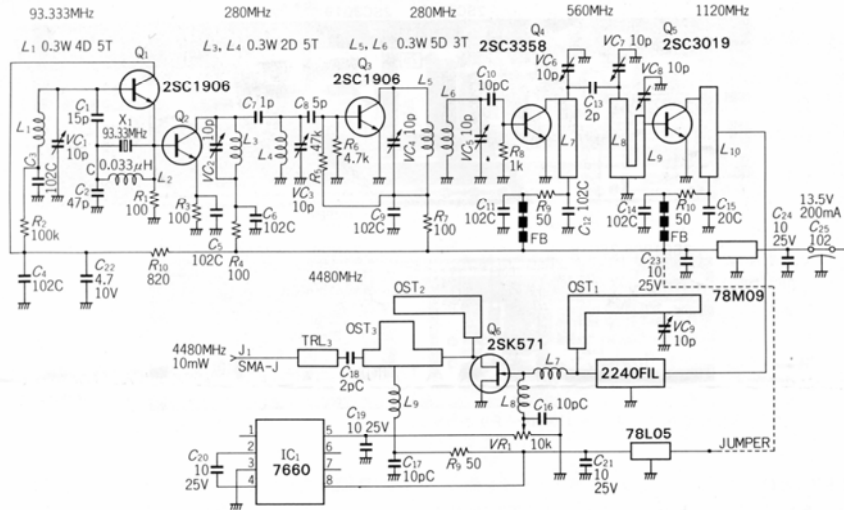
- 1 R.J.Matthys "Crystal Oscillator Circuits for VHF" RF Design. p.62-75  
May/June 1983
- 2
- 3 Zack Lau KH6CP "Mode-S Receive Converter" QEX p.25-30 July 1994

J A 1 E P K 大日方悟朗  
350 埼玉県川越市府川281-3  
TEL 0492-24-5699

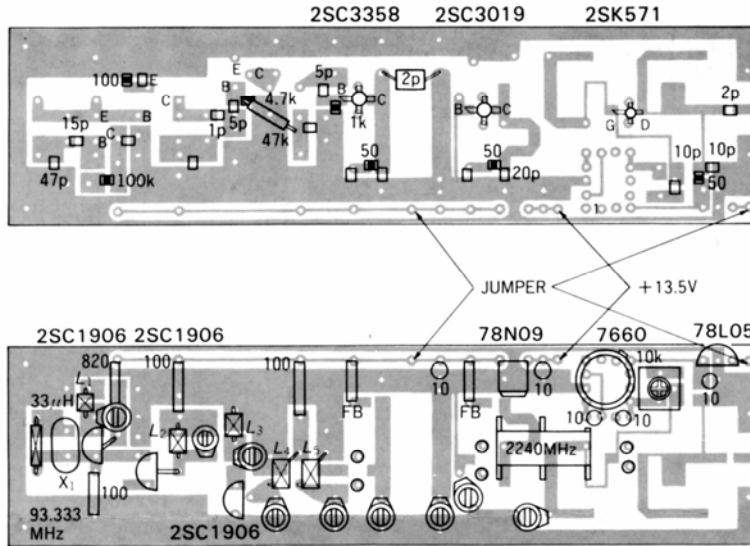
第1図 オーバートーン発振回路の例(RF Designより)



第2図 4480MHzローカル・オシレータ全回路図



第3図 部品配置図



指定なきチップ・コンは1000pF トリマ・コンは10pF

第4図 プリント・パターン

