

DB6NT の基板を使ったミリ波用ローカルオッシレーターの実験

JA1EPK 大日方 悟朗

始めに

マイクロエーブもミリ波になると増幅出来るアンプの入手が難しい為、アマチュアのトランスバーターはミキサーとローカルオッシレーター、其れと IF 切り替え回路の 3 部分で構成される様になります

この等の良否がトランスバーターの性能を決め手となりますが中でもローカルオッシレーターは目的の周波数になるまで何段ものてい倍を重ねて行く為、安定度、波形の良さ (C/N) 等が悪くなって行く事は避けられません

最も多く使われる水晶発振回路は周波数安定度がよく波形も良いのですが原発振周波数が最大でも 100MHz 台と低く、高次てい倍が必要な為 C/N や安定度の悪化、それに不要なスプリアスが増える等の問題があります

水晶の温度係数は普通 10ppm 位ですから 100 てい倍もすれば 100KHz ものドリフトが出てしまいます、水晶の周波数の TCXO を使えば事は簡単ですが 1~2 個位では水晶メーカーさんが作ってくれないのが問題です

てい倍数を減らす為に VCO や DR0 による発振回路も使われますが、此れも安定度や波形の良さ等で問題があります

安定度を良くする為にこれらの回路に PLL でフィードバックを掛けて改善する方法がありますが此れも基準周波数発信器の安定度や波形の良さに左右される等の問題等があり、更に比較周波数を高くする事が好ましいのですが使う IC の限界が有って中々筋縄では行きません、今まで幾つかの回路を使ってきましたが C/N の良さではやはり水晶発振が一番でした、

DB6NT の L0 を見る

今回ドイツの Kuhne Electoronic から発売されているローカルオッシレーター (L0) をミリ波の L0 としてテストして見る機会がありましたのでレポートをします

この L0 の回路は第 1 図のように 125.25MHz の水晶をてい倍して 12.024GHz を得るようになっていますが、水晶の発振回路はトランジスタのエミッター間に水晶を入れた Butler 回路と言われる物で水晶のインピーダンスがその直列共振周波数でゼロになる為発振が起きます

この発振する範囲は割合狭くその為良く使われる並列共振回路に比べて安定度の良い発振回路なので欧米のアマチュアが愛用しているのはこの直列共振回路が殆どです

水晶は直列共振で使う場合と並列共振で使う場合で周波数が違って来ますので、この回路を使う時には水晶メーカーに直列共振モードと言って注文しないと目的の周波数にならないので注意が必要です

この発振回路に続いて SST310 によるバッファー回路があり、更にトランジスタによるてい倍回路とヘリカルフィルターの組み合わせが有って 1500MHz 台に持ち上げています、このヘリカルフィルターの効果は抜群で目的周波数以外はカットされますので特に出やすい +- 水晶周波数のスプリアスも問題になりません

続いて MGF1302 によるてい倍回路が 3 段と 12GHz 台のアンプが 2 段有って 30~40mW の出力を得ています、FET の段間にはストリップラインによるエッジ型フィルターが有りますが帯域はかなり広いので近接スプリアスの除去は出来ません、逆に 12GHz の前後 500MHz 位は無調整で行きますので水晶とヘリカルフィルターを変える事でこの L0 の周波数を 11.5GHz から 12.5GHz 位まで変更することが出来ます

安定度の向上について

この L0 では前述のように安定度の良い水晶発振回路を使っていますがてい倍数が多いためこれだけでは十分では有りません、それで安定度向上の為に村田製のサーミスターを使った簡易型のヒーターを使っています、このヒーターは HC45 型的水晶をクリップする様な形をした物で日本のアマチュアにもなじみの深い物です、更にタンク回路の一部に 18pF、温度係数 N470 のセラミックコンデンサを使っています、DB6NT はこのコンデンサの値を使用する水晶の温度特性に合わせて選ぶ事を奨めています

更にオプションとしてこの発振回路を使わずに外部のもっと安定度の良い OCXO を使える様に SMA コネクタを取り付けた物も有ります、この場合外部入力直接バッファー一段に入

れられます

75GHz L0 としての実験

以上でこの L0 の解説は終わりますが、Kuhne ではこの基板を発売していますのでこれを使って 75GHz トランスバーターの L0 を作って見ました

この基板は厚さ 0.5mm の Ultralam 2000 というナンバーの物で誘電率は 2.5 とテフロンと殆ど同じですが色は白色で PP0 の様な硬さです、値段はドイツマルクで 43DM でしたので日本円に直せば¥2,500 程になります

ミキサーがダブルミキサーなので最終周波数は 37.2GHz ですが L0 周波数としては 1/3 の 12.4GHz となります、原設計では 96 倍なので XTAL としては 129.1666666MHz が必要ですが手持ちの XTAL が 96.875MHz でしたのでバッファ一段で 2 倍して 193.75MHz、続くトランジスタで 2 倍して 387.5MHz、2 倍で 775MHz、更に 2 倍で 1550MHz を得、MGF1302 で 3100MHz、6200MHz、12.4GHz のラインナップとしました

この為ヘリカルフィルターとして 385MHz、775MHz、1550MHz の 3 種類が必要です、DB6NT は前の二つは東光製、最後の物は Neosid 製を使っていますが何れも日本では入手が難しかったり、市販されていない物です、それと使用しているトランジスタ類もシーメンス製で国内では相当品が見当たらなかったのがケースを含めてドイツの Kisch-Kafka へ注文する事になりました

組み立てについて

組み立てについては特に難しい所は有りませんでした、ケースは厚さ 0.5mm 幅 30mm 長さ 110mmx55mm の L 字型の側板 2 枚と上下の蓋で出来ています、順序としては始めに基板をはんだ付けする位置をケガいて置く事と SMA コネクタの取り付け穴を明ける事が必要です、次に側板と蓋を組み合わせてケースを組み立て、側板の重なり合った所を仮はんだして置きます、次いで基板をケースにはんだ付けしますがケースの上下面と平行になる様に底から基板までの厚さの木片を台にして位置を出す様にします、基板の周囲をはんだする時電源用の 3 端子 IC の位置にはんだが盛り上がっていると 3 端子取り付けの邪魔になりますので注意して下さい

あとは部品をはんだ付けすれば終わりですがバッファ回路で 2 倍する為原回路にあった 8.2p のチップコンは使わず、0.1uH と 6p のトリマーで 193.75MHz に同調する様にしました、また原設計では 3 端子は 9V と 6V が 1A タイプで中でも 9V の物は発熱が大きいので外部に取り付けました

調整について

回路に間違いが無ければ電源を接続して各部の電圧をチェックします、回路図に電圧が記入されていますので其れに近い電圧になっていれば OK です、MGF1302 の電圧はバイアスポリュームによって変化することをお確かめおきます

カウンターを使って水晶発振回路の発振を確認します、次にバッファ回路のトリマーを回して 2 倍の周波数が出ている事をお確かめします

ヘリカルフィルターの調整はクリチカルなので次段のベースにパワーメーターを接続して最大出力になる様にコアを回します、この時周波数を取り違える事は有りませんがコアの位置が左右で大きくずれる時は回路定数を確認します

1550MHz まで調整できれば出力の SMA コネクタから僅かですが 12.4GHz の出力が確認できる筈ですから、スペアナやパワーメーターで最大出力になるように MGF1302 のバイアス電圧を調整します、これで出力が 30~40mW になれば終わりです

場合によってはスタブの再調整も必要になります、また各段の出力は使用するデバイスやバイアス値によって変わりますが回路図の定数ではどうしても出力が少ない時はデバイスやバイアスを変えて見て下さい

安定度の改善について

以上で DB6NT タイプの L0 は出来上がりですが、ミリ波用としては簡易オープンを付けてもちょっと物足りません

そこで以前紹介した事の有る PLL による XTAL 発振周波数の安定化方法を使って見ました、使用した PLL IC はモトローラの MC145152 と富士通の MB504、オペアンプの TL082 で何れもサーフェスマウント型の物です、基準周波数発振器には三田電波の 10MHz TCXO を使いました XTAL 周波数は 96.875MHz で比較周波数を 10MHz の 1/64 の 0.15625MHz に取り MB504 を 32/33

分周のモードで使えば N=19、A=12 になります

これには MC145152 のピンの #4, 11, 12, 15, 22, 24 をオープンにする事で出来ます、MB504 は #3 ピンを +5V に接続します、この時の発振回路の変更図を第 2 図に、PLL IC のピン配置図を第 3 図に示しました

これで安定度は 0 度から 50 度の範囲で 1ppm に収めることが出来ました。これは 10MHz の TCXO に依って決まりますので、更に安定させたい時はオープン入りの OCXO を使えば改善されます

第 4 図、第 5 図にこの LO のスペクトラムを示しました

写真は #1 にこの LO の製作に使った基板、#2 にヘリカルフィルター、#3 にケース、基板、#4 にパターン面の部品配置、#5 に上面の部品配置、#6 に XPLL 部分のクローズアップ、#7 に 75GHz トランスパーターの外観を、#8 にフィードホーンと副反射器を示しました

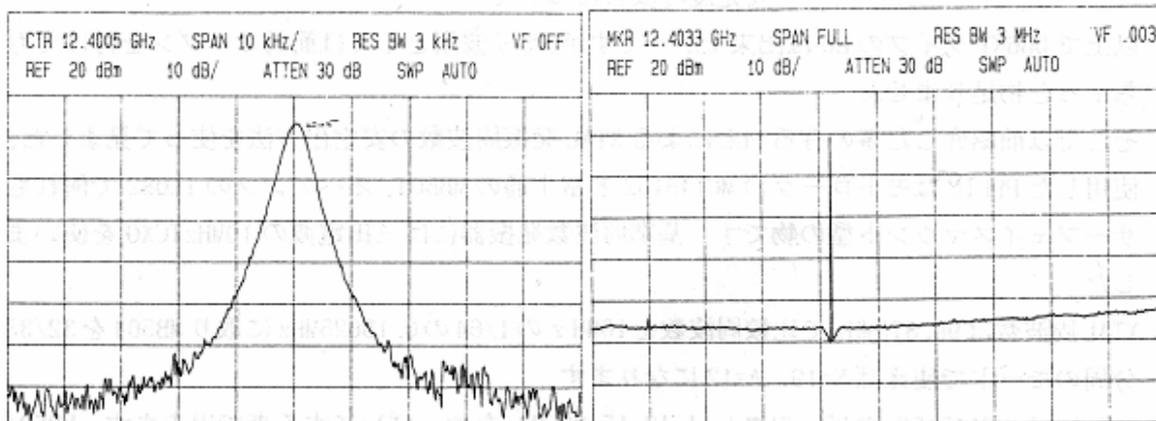
終わりに

以上で DB6NT 型のローカルオシレーターの紹介を終わりますが、ここで使用した部品内 PLL IC の MC145152 はすでに製造中止になっていますので代わりに PIC を使った PLL 回路を開発中です、その他の部品については下記で入手できます
以上

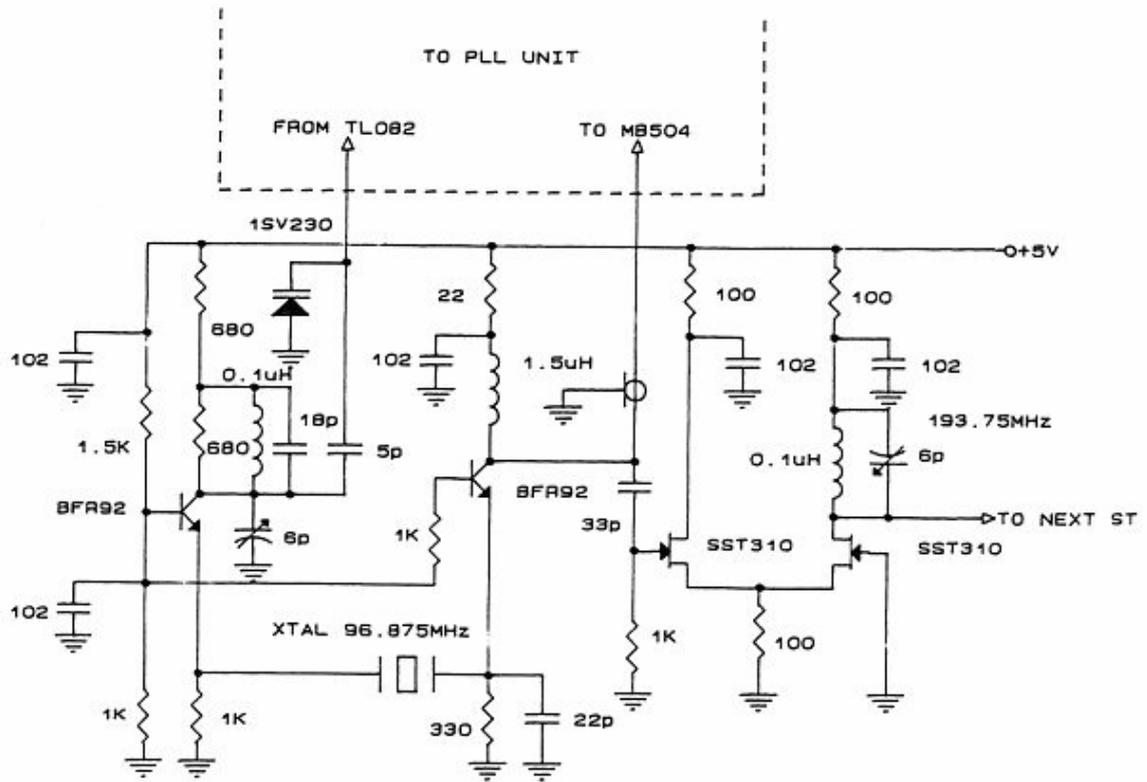
参考文献、参考資料

- 1 12GHz LO Michael Kuhne DB6NT DUBUS 2/96
- 2 LO 基板購入先 Kuhne electronic <http://www.db6nt.com>
- 3 ヘリカルフィルター、その他パーツ購入先 Eisch-Kafka-Electronic GmbH
<http://www.eisch-electronic.com>
- 4 同上 Digi-Key Corporation
<http://www.digi-key.com>

購入の手順としてはインターネットでオンラインカタログを見て下さい、注文は FAX で、支払いはカードによるのが確実で便利です、詳細についてはお問い合わせください



第 1 図 12GHz ローカルオシレーター DB6NT MK3



第 3 図 XPLL コントロール回路図

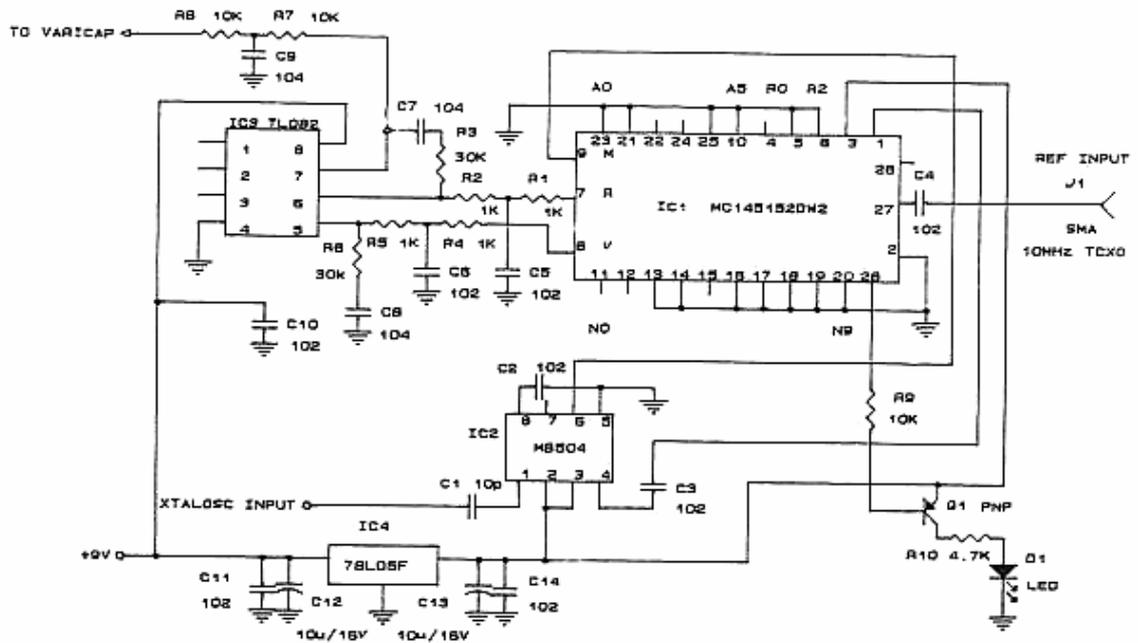


写真 #1

写真 #2

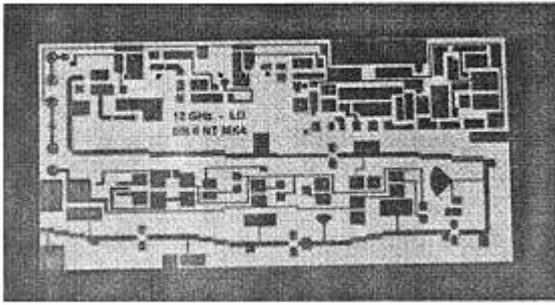


写真 #3

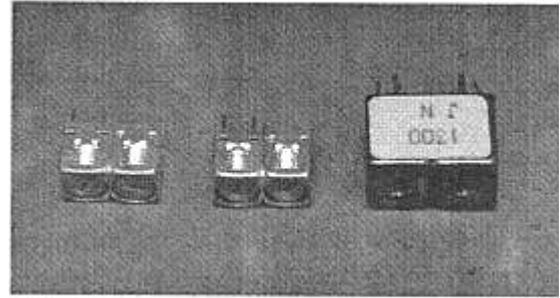


写真 #4

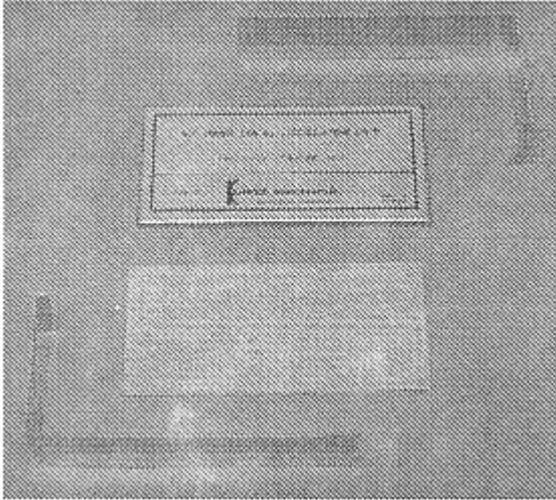


写真 #5

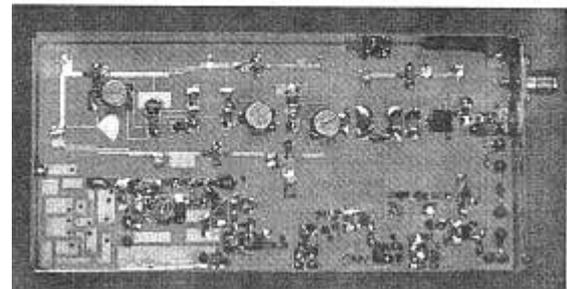


写真 #6

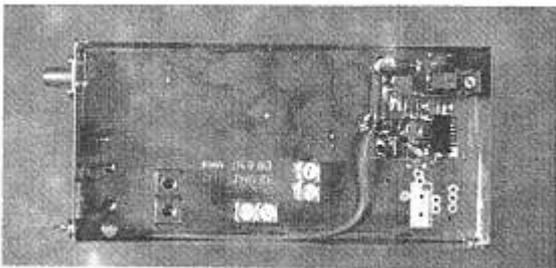


写真 #7

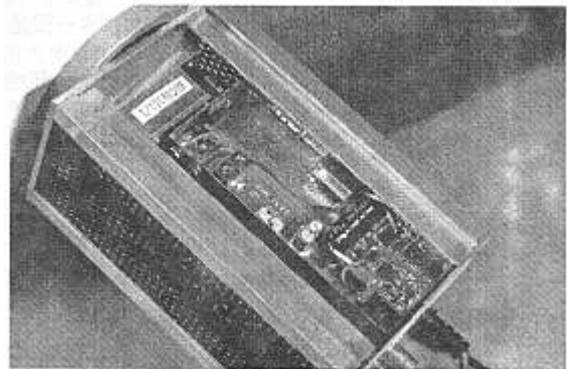


写真 #8

