

5.7GHz レピーター対応 PLL ローカル発振器の製作 2 題

JA1EPK 大日方 悟朗

先に 1998 年 10 月号の CQ 誌にクワコム社の Q3036 という PLL IC を使った 5.7GHz レピーター用局発を発表しました、この局発は比較周波数が 5MHz と高く取れたので C/N が良く 5GHz はおろか 24GHz や 47GHz でも十分使用できる性能を持っていますが、ジャンク品なので周波数の違う幾つかのバージョンが有って欲しいものの確実な入手が難しく、記事を見て作って見ようと思われた方にご迷惑をお掛けしました

最近になってローカルの方々からレピーター用の局発が欲しいと言う話が幾つか有りましたので、モトローラ社の MC145152 という PLL IC を使って 2 種類程実験して何とか使えるような物が出来ましたので纏めて見ました

其の 1 VCO を使った 2230 / 2240MHz PLL OSC の実験

前述の Q3036 を使った局発ではストリップラインによる VCO でしたので今回も VCO で始めました、PLL ではこの VCO の C/N の良さが全体に影響しますので、出来れば既製品の VCO を使いたかったのですが適当な物が見つからず自作するのも面倒なので、此れもジャンクですが広く出回っているドレーク社の 2.4GHz コンバーターの VCO 部分を切り取って使う事にしました

この VCO は周波数範囲を変える事が簡単に出来るのと出力も 10dBm 近く有るので次段のダブラーを直接ドライブ出来るのでこの目的には最適と考えました、第 1 図に全体の回路図を示しました、以下此れに従って説明をしていきます

図中上部の点線で囲まれた部分がドレークの発振部です、基準発振器は前回はジャンクの 10MHz TCXO を使いましたが 10MHz の物は市場に少ないので入手容易な 12.8MHz の TCXO としました（回路図では省略してあります）、この発振器は規格では 0 度から 60 度の変化で 3ppm のドリフトが許容されており、此れは 5.7GHz では最大 17KHz の変化となります、此れから見るともっとドリフトの少ない TCXO が望ましいのですが、室内での使用ならば変化も僅かなので十分使えると考えました

5.7GHz レピーターの周波数は 40MHz シフトですが 1.2GHz 親機で 20MHz シフトが出来ますから、送信時に 4460MHz、受信時に 4480MHz の 20MHz シフトすれば良い事になります、私のトランスバーター内に LO の 2 てい倍回路が有りますので局発としては 2230MHz / 2240MHz の 2 周波数を作れば良い事になります

MC145152 のプログラムは次の様になります、まず比較周波数としては 12.8MHz を R カウンタで 1 / 64 にした 0.2MHz を使います、従って分周比は $2230\text{MHz} / 0.2\text{MHz} = 11150$ となりプリスケラーとして富士通の MB508 の 128 / 130 分周を使って $N=11150 / 128 = 87$ 余り 14、従って $A=14/2=7$ となり、2240MHz では $N=87$ $A=32$ となります

具体的には MC145152 の R カウンタはピン # 4 を、N カウンタは # 11, 12, 13, 15, 17 をオープンにします、A カウンタは 2230MHz の時は # 21, 22, 23 をオープン、2240MHz の時は # 10 をオープンにします、従ってこの 4 本のピンをオープンにして置き送信時には # 10

をアースし、受信時には#21 から 23 迄を纏めてアースするようにリレーを使って切り替えます、このリレーは送信時 12V が掛るようにして置き、レピーター使用時にリレーが働く様に SW を入れておきます

組み立てについて

PLL 基板は以前発表した水晶発振器を PLL でロックする方式の局発に使った物を流用しました、この基板には MC145152 や MB508、チャージポンプ用の TL082、5V 電源回路、それに TCX0 用のパターンも有りますので、この基板と VCO 基板を一つのケースに組み込みました(写真参照)、PLL IC 回路と VCO 回路を一つのケース内に組み込むのはノイズの点で問題が有るとの説も有りますが VCO 回路やコントロール回路をノイズから守る為にも十分なシールドやケースは必要です

ドレークのコンバーターを分解すると VCO 回路の基板は VCO を中心にして電源回路や PLL IC が乗っていますから発振回路に必要な物を除いて残った IC 類やチップ部品を取り外し長さ 30mm 程にカットします、出力回路のストリップラインからプリスケラー IC (MB510 又は μ PB586) への結合は 510 の抵抗を介していますがこのランドから PLL 基板の MB508 のピン # 1 へ細い同軸ケーブルを使って接続します

PLL 基板の組み立てはパターン上に IC やチップコン、チップ抵抗をハンダ付けすれば OK です、特に難しい所は有りませんが IC のピン間隔が狭いので隣のピンとブリッジしない様に注意が必要です、またオープンにするピンは間違ってもアースパターンにハンダされない様予めピンセット等で持ち上げて置きます

配線は VCO からチップコンを介して MB508 の入力端子迄と、同じく VCO から出力コネクタへの同軸ケーブル、電源回路の配線、TL082 からバリキャップへの配線、145152 の A カウンタから周波数切替え用の貫通端子までの 2 本の配線等で終了です

調整について

始めに VCO の周波数を目的の 2230 ~ 2240MHz になる様にします、この時 PLL 回路の電源と TL082 からバリキャップへ行く線は外して置きます、バリキャップへは 10K 位の抵抗を介して 4 ~ 5V を加えて発振周波数をチェックします、発振周波数が高い時は発振回路のストリップラインを長くするか、バリキャップへの結合コンデンサの位置をバリキャップから遠ざけて見ます、発振周波数が高い時は其の逆を試みて下さい、最終的にはバリキャップの電圧が 3 ~ 6V で 2230 ~ 2240MHz をカバーすれば OK です

前に外しておいたバリキャップの線を接続して周波数をチェックします、A カウンタからの 2 本の線の何れかをアースして周波数が 2230MHz か 2240MHz になれば OK ですが違う場合は部品の間違えやハンダブリッジ等を調べて下さい、デジタル回路は間違えさえ無ければ働きます、周波数が僅かに違う場合は TCX0 が 12.8MHz からずれているので TCX0 のトリマーを回して下さい

おわりに

以上で 2230 / 2240MHz PLL 局発が完成ですが、スペアナを使った観測では比較周波数の

0.2MHz が目的周波数の上下に-50dBc 程の大きさで出ていたのと、C/N が思ったより悪く-20dBc 位なのが問題として残りました、色々やってみましたがあまり変わりませんので取りあえずこれで終わりにしました、第2図にスパンを5MHzに取った時の波形を、第3図にスパンを100kHzに取った時の波形を示しました、第2図では比較周波数の状態が、第3図ではC/Nの状態が観測できます

其の2 DR0を使った局発の実験

1号機の実験でC/Nの良い発振回路を探している内に以前ハムジャーナル#100号に紹介したDR0によるPLL基板が有るのを思い出しました、この基板はマスプロ製でこれもジャンク出身でクワコム社のQ3036PLLに代わる前のバージョンです、これを使っている方の話では10GHzのSSBでも十分なC/Nが有るとの事でした、あの時は2240MHzオンリーでの使用でしたがバリキャップのコントロール電圧を3.5V+-1V位に収めるのに苦労した思い出が有ります

これはチャージポンプのオペアンプの電源電圧がMC145152と共用の為7Vと低いので動作範囲が少なく、その上発振回路のQを高く取った設計なので、バリキャップの電圧を0Vから7Vまで変えても周波数は20MHzも変化しないのが原因でした

それでも今回の様に10MHzの変化ならばなんとかカバーできるのではないかと考えて実験してみました、第4図に改造前の回路図を、第5図に改造後の回路図を示しました

比較周波数を出来るだけ大きく取りたかったのですが計算の結果0.625MHzになりました(この比較周波数が低いと全体の分周比が大きくなってC/Nを低下させます)

基板の改造について

MC145152のRカウンタの最小は1/8ですので5MHzの基準発振器が有れば良いのですが生憎10MHzしか手持ちが有りません、従ってMC145152の前に74HC393を使った1/2分周回路を増設しました、この為原形の基準周波数入力回路についている10MHzフィルターの最終部分のチップコンを取り外し、74HC393の出力をMC145152の#27ピンに接続されているトランジスタのベースにチップコンを介して接続します(この1/2分周のICは74HC393に限らず何でも値用出来ます)

またプリスケラーMB510とMC145152との間に有る10MHzフィルターは取り払い、代わりに細い同軸ケーブルで接続します

金属ケースのカバーを外しますとDR0発振回路とプリスケラーが有ります、プリスケラーはMB510で原形は256/272分周の設定になっています、これをピン#2と#3をハンダで接続して128/144分周としました、その結果 $2230\text{MHz}/0.625\text{MHz} = 3568$ となり、 $N=3568/128=27$ 余り112 従って $A=112/16=7$ となります、2240MHzの時も $N=27$ は変わらず $A=8$ となります、MC145152のピンは#11, 12, 14, 15が常時オープン、#21, 22, 23のグループと#24を切り替えてアースします、この辺の要領はVCOの時と同様です、チャージポンプの時定数は原形のままでOKでした

調整について

この基板の唯一の調整は DR0 の発振周波数です、DR0 と発振トランジスタを接続しているチップコンデンサの上に 2 ~ 3pF の物を追加して目的周波数に追い込むのですが、今回はコントロール電圧が 2.5V 付近で 2230MHz に、4.5V で 2240MHz にさせる必要が有ります、此の調整は前回よりもクリチカルで僅かなハンダの量も大きく周波数を変化させます、しかもケースの蓋を被せた時と取った時では 10MHz 位の差が出ますのでこの調整には根気が必要です、一つの方法としてはチップコンの代わりに小型のトリマーを使う事も出来ませんが温度による容量変化でコントロール範囲を外れる心配が有ります

オペアンプの電源電圧を上げて動作範囲を広げてやれば、この調整はかなり楽になると、温度特性に依るドリフトも問題にならなくなるので、電源電圧を 10V に上げる事で解決しました、具体的には現在の 7V の 3 端子からオペアンプへ行っているチョークを取り外し、新しく 10V の 3 端子を増設してこれから基板全体とオペアンプへ供給する事にしました

おわりに

以上の改造と調整が終われば完全に動作する筈です、スペアナでの波形を第 6 図と第 7 図に示しました、比較周波数のスプリアスは -50dBc と VCO と同じレベルでしたが C/N は -30dBc と良くなっている事が分かります、参考に Q3036 を使った PLL の波形を第 8 図と第 9 図に示しました、流石に 3036 の波形は格段に綺麗なのが分かります

最後に二つの局発をトランスバーターに組み込んで働かせて見ました、スペアナによる C/N の違いは 10dB 程ですが実際に運用した結果 1 号機はノイズがかなり耳障りでしたが、2 号機は殆ど問題にならず其の差はかなり有りました

今後の問題として 1 号機の基準周波数を 10MHz にして 2 号機と同じ様に比較周波数を 0.625MHz にした場合どのくらい C/N が改善されるか調べて見たいと思っています、又チャージポンプの時定数を変えて比較周波数の回り込みを改善する事も考えています

更に 2 号機はチャージポンプの電源電圧を 10V とした為 2240MHz から 2220MHz の 20MHz シフトも可能になりましたので 10GHz レピーター用の局発も出来ると思います、この場合局発を 4 倍しますから局発だけで 80MHz のシフトとなります、10GHz レピーターは 70MHz シフトですので親機で -10MHz シフトさせる必要が有ります

参考の為に MC145152 のプログラムを計算すると次の様になります、まず比較周波数は 10MHz の 1/8 の 1.25MHz に取る為 74HC393 は必要有りません、MB510 は 128/144 に変更の為ピン # 2 , 3 はショートします、従って MC145152 の N カウンタは 13 となってピン # 11 , 13 , 14 をオープンにします、A カウンタは # 21 , 22 , 23 がオープンの時 2220MHz で # 24 がオープンの時 2240MHz となります (A カウンタは 5.7GHz の時と同様です)、また基準周波数用の 10MHz フィルターは原形のままで済みますが MB510 の出力と MC145152 の入力へは同軸ケーブルで接続します

この回路で何台かの基板を改造した結果バリキャップへ掛る電圧が 2230MHz と 2240MHz で 3V 以上の開きが有る物も出てきました、温度が上がると発振周波数は下がり、従って

コントロール電圧は上昇しますので最初の設定電圧によっては温度が変わるとどちらかの周波数がアンロックになる危険性が有ります、この対策としては電圧の変化に対して周波数の変化分を大きくすれば良い訳で、具体的にはバリキャップと発振回路との結合コンデンサに 0.5p ~ 1p のチップコンを追加しました、但しこの容量が大きい方が調整は容易ですが C/N 比が悪くなりますので兼ね合いを考えて出来るだけ少ない容量にします

これで周波数を切り替えてもコントロール電圧の差は 1V 以内に納める事が出来ましたので調整は非常に簡単になりました（特に 10GHz 用の物ではこの効果は絶大でした）

以上