

## はじめに

今年のはじめに 10GHz 帯用トランスバータを本誌 No. 95 で紹介したところ、多くの読者の方がたからお問い合わせのお手紙をいただき、マイクロウェーブに関心を持っている人の多いことに驚くとともに、たいへん嬉しく思いました。

ただ残念なことはその節に発表した局発ユニットに使用した 2240MHz のフィルタが特製でその後製造中止になり、局発についてのご要望にお答えすることができなくなったということでした。その後その代替品をあれこれと探していましたが、なかなかこれといった回路や部品を見つけることができませんでした。

ところが思いもかけず海の向うからニュースが伝わってきました。というのは種村氏 (JG1QGF) が持ってこられた「73」誌に「ジャンク PLL ユニットの改造と 10GHz 1W のパワー・アンプ」の記事があり、“希望者にはこのジャンク基板を頒布する・・・”とあったのです。さっそく取り寄せることにして田村氏 (JH1MOY) に手配をお願いし、著者と連絡をとっていただきました。そんなことは忘れたころになって送られてきた基板を、さっそく同記事を基に改造したところ、思いもかけず良好なデータが得られたので紹介します。

ジャンク品を使った記事は今まで本誌でもいくつか見かけますが、同じ物が手に入らない人にとっては「絵に書いた餅」で、ただ指を咥えて見ているだけ・・・ということになるので筆者としてはあまり好きではありません。しかし、今回ばかりはかなり大量に出回っていて現在でも入手可能とのことです (万がいち品切れのときはお許しください)。

ここで紹介するジャンク基板は米国で衛星を使った 2 ウェイ通信や基地とトラック間の連絡に使用された物のように送信は 14GHz 帯で 1W、受信は 12GHz 帯が使われ Lo は 13GHz となっています。したがって IF は 1000MHz 帯になります。これがジャンクとして出た理由はわかりませんが、相当数出回ったようでこれを利用した PLL の改造記事や 10GHz のアンプの記事が「73」誌や ARRL の「Microwave Update」などにいくつか発表されましたから [文献 (1) ~ (3)]、ご覧になった人も多いのではないかと思います。

でも日本では現物に接する機会が少ないせいか、案外知られていないようです (入手した基板のうち電源基板には、なんと日本のマスプロのロゴが印刷されていました。他の基板も同社製かどうかは不明ですが・・・)。

## PLL ユニットについて

前置きはこれくらいにして本題に入ることにします。PLL ユニットの外観は写真 1 を見ていただくとして、回路は第 1 図のようになっています。この回路は実物を見ながら書き起こしたため、コンデンサやインダクタの値は実測してありません。

VCO は  $1/4$  波長の誘電体とトランジスタで構成されています (以後 DR0 と略記)。プリスケータは MB510 (富士通)、本体の PLL IC は MC145152-2P (モトローラ社)、ループ・フィルタには OP アンプ (TL072) が使われています。これらが 1 枚の基板にまめられています。基準発振は 10MHz となっていますが、これは別ユニットになっているようです。PLL をマイクロウェーブの局発回路に使いたいといくつかの実験をしていた私にとって、プロの設計した PLL 回路は大いに興味のあるところでした。調べてみると回路自体にはとくに目新しいところは見当りませんが、気づいたところを書き出してみるとつぎのようになります。

① DR0 の Q を上げるためにか、バリキャップは DR0 の周波数を直接コントロールするのではなく、発振回路のトランジスタのベース回路に入っています。このためバリキャップの電圧を 0~7V まで (OP アンプの供給電圧) 変えても、発振周波数は 20MHz くらいしか変化しません (実用的には 10MHz 程度)。

② 位相比較周波数は 10MHz の基準周波数を MC145152 のリファレンス・カウンタ RA で  $1/8$  分周した 1.25MHz となっています。この比較周波数については以前から各誌に発表されている PLL 回路のうちマイクロ波用としているもので、ステップ・コントロールを考えていないものでも 5kHz とか 10kHz という低い周波数を使っていることに疑問を持っていました (これが低いほど分周比 N が大きくなり結果として雑音が多くなるので、比較周波数は IC の許す範囲でできるだけ大きくしたほうがよいはず)。

③ DR0 周波数をプリスケータで分周した後、基準周波数の入力回路に波形整形のためか 10MHz のバンドパス・フィルタが挿入されています。またこれによる損失をカバーするためトランジスタ・アンプが入っています (ただし効果のほどは不明)。

全体としてこの PLL 回路は固定周波数用 (スイッチで周波数を変えることを考えていない) の設計のようです。また原形での発振周波数は 2620MHz となっており、このプログラムを解析すると比較周波数は前述

のように 1.25MHz ですから、 $2620/1.25=2096$  分周となり、MB510 の分周比は  $128/134$  と  $256/272$  のデュアル・モジュラスですが、ここでは

$256 \times 5 (N) + 272 \times 3 (A) = 2096$  という構成になっています。

参考のために N カウンタと A カウンタの差は 16 で、基準周波数は 1.25MHz ですから A カウンタの 1 ステップは  $1.25 \times 16 = 20\text{MHz}$  となって、DR0 のコントロール範囲を超えてしまうので、この点から見ても固定周波数用の設計となっていることがわかります。

#### 周波数の変更について

本誌 No. 95 で紹介の 10GHz トランスバータに使用した局発ユニットの出力周波数は 4480MHz でしたので、この PLL ユニットはその  $1/2$  の 2240MHz を発振するように改造することを考えてみます。外誌にもこの周波数変更についていくつかの記事がありましたが、ここでは種村氏の実験した方法を紹介しておきます。

この方法は非常に簡単で第 1 図の回路図中、DR0 と発振用トランジスタを結合している C の容量を変えるだけです。

用意する物はチップ・コンデンサ 1~5pF のものを各種、10MHz の基準発振器（これはなるべく正確なものが望ましい）、2.5GHz の測定できるカウンタ、テスタなどです。この中でチップ・コンは全容量を揃える必要はありませんが少なくとも 0.5pF、1pF、2pF、3pF くらいは用意しておきたいところです。これらが揃ったところで改造にかかります（第 2、3 図参照）。

#### PLL 基板の改造手順

この基板の出力は 2620MHz になっているので、5.76/10GHz のローカル・オシレータ用に 2240MHz 出力とするための改造法を下記に示します。

##### ●部品面の改造

- ① TL072CP の出力に接続されている抵抗 [102] を取り外す
- ② そのすぐ隣の空きランドに直流可変電圧 1~5V を接ぐ
- ③ ケースの中の誘電体のセンタに接がっているチップ・コンデンサ (0.5pF) を外し、②の電圧が約 3V 前後で 2240MHz が出力されるよう 1~5pF でカット&トライしてチップ・コンの容量を決め挿入する
- ④ ①で外した抵抗 [102] を元に戻す

##### ●裏面の改造手順

- ① 裏面はほとんどの面積がグラウンドになっているので、MC145152p のピン 14、21、23 の周囲のグリーン・レジストを削り剥がし、このピンをグラウンドへ落とす
- ② ピン 11、12、13 回りのグラウンド・パターンを削り、このピンをグラウンドから浮かせる

以上で改造は終了です。出力周波数の調整はリファレンス用発振器の周波数を微調して行います。特殊な希望周波数への改造はプリスケラ MB510、および MC145152 の資料を見てデュアルモジュラス・プリスキングで行ってください。ちなみに現在の PLL の比較周波数は 1.25MHz に設定されています。

蛇足になりますが私の気がついた点を三つほど付け加えておきます。

- ① 発振部分のカバーをかぶせると DR0 の発振周波数が高くなるので、カバーなしの状態でもコントロール電圧を高めに (4V くらい) して調整し、カバーをかぶせて最終的に 3~3.5V になっていることを確認
- ② 出力は 10dBm (10mW) くらい出るはずだが、PLL ユニットに付いている灰色のケーブルはどういうわけかロスが多いようなので、このケーブルやコネクタは使わず基板上の出力から直接他のケーブルで取り出したほうがよい

- ③ 出力周波数の安定度および確度はリファレンス周波数の基になっている 10MHz 基準発振器に一義的に負っているため、できるだけ周囲の環境に影響されない超安定なものを使用する

以上で 2240MHz への改造は終わりますが、参考のために N カウンタはそのまま A カウンタの設定を変えることによって、つぎのような周波数を取り出すことができます。ただしこの場合も前記の要領でチップ・コンの容量を調整する必要のあることはいうまでもありません。

|     |           |     |           |
|-----|-----------|-----|-----------|
| A=0 | F=2240MHz | A=1 | F=2260MHz |
| A=2 | F=2280MHz | A=3 | F=2300MHz |
| A=4 | F=2320MHz | A=5 | F=2340MHz |
| A=6 | F=2360MHz | A=7 | F=2380MHz |

これ以外の周波数が欲しいときには基準周波数や RA、N、A の組み合わせによって、いろいろな周波数を取り出すことができますので実験してみてください。ただし DR0 の発振可能周波数範囲は 1.8~2.7 GHz くらいです。なお比較周波数を下げたときは、ループ・フィルタの定数も変更する必要があります。

### 2240MHz から 4480MHz への 2 通倍について

これはここで紹介しているジャンクの基板とは直接関係はありませんが、10GHz トランスバータの局発入力に 4480MHz になっているため、この PLL を使うと 2 通倍しなければなりません。ここでは参考として本誌 No. 96 に発表した通倍器をこれ用に再設計したものの回路と実体図を第 4 図、第 5 図 (a) に示します。この通倍器は効率がよいので、第 5 図 (b) のように 1 台で 5.7GHz と 10GHz のトランスバータをドライブすることが出来ます。

### 10GHz 1W パワー・アンプについて

前述のようにこのパワー・アンプは 14GHz 帯で 1W の出力が得られるように設計されたもので、使用されているデバイスは MGF1302+MGF1423+MGFK25M4045+MGFK30M4045+MGFK304045 (すべて三菱) の 5 段構成となっています。入力は -10dBm で 1W 出力となっていますが、今回はトランスバータ出力が 20~30mW (13~15dBm) あることを考えて、K25 以下の 3 段アンプとして使うことにしました (写真 2)。ケースはこのアンプ専用のアルミくり抜きケースをつくりました。

第 6 図にこのアンプの回路図を、第 7 図にケースの加工図を、第 8 図と第 9 図に K25M と K30M の規格を示します (編註: 最近のデータ・ブックでは K25V, K30V となって多少規格が違っている。図は後者を掲げ)。

### プリント基板の改造および調整について

- ①はじめにプリント基板から K25M および K30M のゲートとドレインのハンダをはずして其板から取りはずしておきます。この際デバイスに接着されている黄色い線はバイアス用ジャンパ線ですから、両端のハンダを取って FET と一緒にしておきます
- ②基板がケースに納まるよう、長さ 92mm にカットします。ケースとの間にガタのないよう、はじめ少し長めに切っておき、後から目の細かいヤスリで削ります。取付穴 (第 10 図中央右側の 2 個) も開けておきます
- ③不必要なスタブをカットします。第 10 図の上の図は原型のスタブですが、これを中図のように不必要なところをカットします。このときハンダがついている部分はハンダ吸い取り線でハンダを取っておくと楽にカットできます。カットにはカツタ・ナイフか彫刻刀のような切れる刃物を使って慎重に行います。とくにバイアス回路や電源回路のパターンは細いので、誤って切らないように注意します。
- ④こうしてでき上がった基板を 2mm のビスでケースに取り付けます。外してあった FET も取り付けます。このときケースの取付面や基板の裏側にゴミなどの異物が入り込まないように注意します。この基板とケースの接触が悪いと十分な性能が出ない原因になりますから、できれば導電性塗料か接着剤を薄く塗っておくとよいのですが、塗布量が多すぎるとハミ出してきてショートの原因になり、あとで除去に苦労するので、むずかしいところです (基板を押さえてパワーが上がるようなときは、この接触不良が原因です。このような場合、上から基板ごとタップを立ててビス止めするのも一法です)
- ⑤入力側ストリップ・ラインを切ったところに、0.5~1pF のチップ・コンを出力側のストリップラインの足りないところに幅 1.5mm くらいの裏面に糊の付いた鋼箔を貼りつけ、ストリップラインをつくります
- ⑥写真 2 のように入・出力に SMA 型コネクタを取り付けます。このコネクタはテフロン部分の長さがケースの厚みと同じ物を使ってください (私のケースでは 4mm です)。貫通コンや定電圧 IC を取り付け、おのおのに配線します (全電流は 1A 弱なので 7810 をケースに取り付けました)。基板についているリード線の色分けは赤色が +10V, 黄色が -5V, 茶色がモニタ出力です

### 調整について

調整に必要な物は

- ①10.24GHz で 20~30mW 出力の高周波電源、またはトランスバータ
- ②10GHz 帯で 1W の測定できるパワー・メータ
- ③10V, 1A の直流電源 (7810 組み込みのときは 12V 以上, 1A)
- ④-5V 電源

ここで高周波電源の周波数を 10.24GHz としたのは、このアンプは帯域が意外と狭く、最大から 1dB ダウンの幅が 100MHz くらいしかありません (デバイスが 14GHz 内部整合型なので、10GHz で使うと回路全体の Q が高くなるため?)。したがって実際に使用する周波数で調整をする必要があるためです。

調整はまず -5V 電源をバイアス回路に接続し、つぎに + 電源を接ぎます。このとき全電流が 1A 以下な

らば OK ですが、それ以上になるときはどこかにミスがあるので、手早く電源を外してチェックします。電源のみのとき各 FET のゲート電圧が -5V 近くあれば OK です（基板取り付けビスでバイアス回路がショートしていたことがありました）。トラブルさえなければ、このままでも入力 20mW 時出力 100mW くらいは出てくるはずですが、出力が少なくても調整でカバーできます。

調整箇所は主として入力回路のスタブ、および出力回路のスタブです。このスタブの位置や大きさ、枚数などは基板によってそれぞれ違って来るので、回路図には表せません。方法としてはまず爪楊枝の先に 1×3mm くらいの金属片を付けたものを、ストリップライン上を移動させながら出力の大きくなる点を探します。見つかったらその点へ同じ大きさの金属片をハンダづけします。

この作業を何回か繰り返して出力が最大になるようにしていくわけですが、出力が出るにしたがって、はじめに付けたスタブの位置が必ずしも最良点ではなくなるので（S11 と S22 が互いに影響しあうため）、根気よく繰り返す必要があります。

私が何台か手がけた経験からは、入力 20mW で出力 800mW 出てきました。発表されているデータでは 1W 以上は出るとのことなので（10.368GHz でかナ？）、まだ努力する余地はありそうです。入・出力の直線性は割合よく、0.7W くらいまではリニヤに伸びています。

#### おわりに

以上で 10GHz の PLL ローカル・オシレータと 1W アンプの紹介を終わりますが、この基板はまだ入手可能とのことなので（9 月現在）、ご希望の方は筆者までご連絡ください（ケースその他の部品についても）。最後にこの基板の入手についてお世話になった種村陽亜（JG1QGF）、および田村潤司（JHIMOY）両 OM に多大の感謝の意を表します。

（おびかた ごろう）

#### 参考資料・引用\*文献

- (1) WB6IGP, "ABOVE & BEYOND", 「73」, June, July, and Nov. issue, 1994
- (2) N1LIV, "UP, UP, & AWAY TO 10GHz"
- (3) N2LIV & WA2AQQ, "PROGRAMMING SURPLUS SYNTHESIZERS"

（以上「ARRL MICROWAVE UPDATE 1994」）

- (4) MC145152-2, 「MOTOROLA DATABOOK」, DL130
- (5) MB510, 「通信用 IC データブック」, 富士通, 1994
- (6) MGFK25M4045/MGFK30M4045, 「GaAs FIELD EFFECT TRANSISTOR DATA BOOK」, 三菱, 1989\*