

## PLL でロックしたガン発振器による局発の実験

JA1EPK 大日方 悟朗

### はじめに

マイクロウェーブも 24GHz 以上になってくると局発の最終周波数もそれに従って高くなつて来て、それを作り出す為に何段ものてい倍段が必要となります、ここで問題になるのはてい倍による C/N の悪化で 2 てい倍で 6dB、3 てい倍で 10dB の様に N てい倍すれば C/N は  $20\log N$  倍悪くなって行きます、極端な時にはノイズの山から一寸頭を出したような局発になる事も有ります

今一つ厄介な事はノイズだけでなくスプリアス成分も同じ様に大きくなるので原発振では分からなかったものがてい倍するに従って目立って来ます

この様な状態になるのを避ける為には出来るだけ原発振周波数を高く取ることが望ましいのですが水晶ではオーバートンでも入手しやすいのは 100MHz 止まりで、それ以上の周波数の物はかなり高価になり結局コストパフォーマンスが悪くなります、一方 PLL 方式では比較的容易に入手できるプリスケラーを使っても 2.5 ~ 3GHz です、この二つを比べて見るとてい倍数の少ない点では PLL に分が有りますが、それでも最終 C/N ではまだ水晶をてい倍した方が勝っています

PLL 方式で必要な周波数を直接作り出す事が出来れば良いのですが、市販されているプリスケラーの最大周波数が 12 ~ 14GHz なのでそうも行きません、それにかなり高価で測定器用ならばともかくトランスバーターに組み込むには - 寸手が出ません

### ガン発振器を PLL でコントロールする

ところが今年の中ごろ富士通から FMM110VJ という 12GHz 迄のプリスケラーの廉価版が発表されました、価格は従来の FMM110HG の 1/3 との事で、これならばてい倍方式とコストが殆ど変わらずに、9 ~ 11GHz 代の発振器を作る事が出来、後続のてい倍器による C/N の悪化の影響を減らす事が出来ます、今回は手始めに実験中の 75GHz トランスバーターの局発として 9280MHz のオッシレーターの実験をして見ました

発振源としては手元にあった幾つかのガン発振器のうち電子同調機能を持っている物の中からアメリカでガンプレクサーという名前で販売されているメイコム製の 10GHz ガン発振器を使いました、これ以外にも NEC 製のレーダーの局発として作られた ND079AF というガン発振器もテストして見ましたが何れも同様な結果を得ました

全体の回路は第 1 図のブロックダイアグラムを見て傾ければ一目瞭然と思いますが、さらに説明を付け加えれば、ガン発振器の出力約 10dBm はフランジで接続されている導波管同軸変換器から取り出されて後続のてい倍器に入ります(てい倍器は省略) プリスケラーへの入力はこの変換器の導波管部分に挿入されたプローブによってプリスケラーを動かせるに必要な - 5dBm 程が取り出されます

このプリスケラーで 1/8 分周された 1160MHz は後続の PLL ユニット内のデュアルモジュラスプリスケラー MB510 と PLLIC の MC145152 で構成するスワローカウンターで 928 分周され 1.25MHz となります

一方基準周波数発振器の 10MHz は同じく 145152 のリファレンスカウンターで 8 分周さ

れ 1.25MHz の比較周波数を作り、位相比較された出力がオペアンプを介してガン発振器のバラクターをコントロールします

#### 調整について

回路さえ間違え無ければ、調整はガン発振器の周波数調整ピスを回して目的周波数になる様にするだけです、この時バラクタに掛かる電圧は 2V から 7V 位の間に入っている筈です、発振器自体の温度周波数特性はマイナスなので温度が上がって発振周波数が低くなるとコントロール電圧は上がりますから、予め低めに設定しておいた方がマージンを多く取れるので良いと思いますがその程度は使用条件によって個々に実験で決定します

#### 結果は？

ガン発振器は元来 C/N が良いと言われていまして、出来上がったこの発振器の C/N がどの位になっているかは大いに興味の有る所ですが、手持ちのスペアナが 141 なのではっきりしたレポートが出来ないのが残念です、覗いた感じでは 2GHzPLL のてい倍よりはかなり良さそうですが

#### おわりに

この方式は使われ無くなった 10GHz のガン発振器をリサイクルして局発を作る事が出来るのがミソと始めていたのですが、その前に既成のガン発振器のうち手持ちの幾つかをテストして見たのが第 2 図です、此れを見ると夫々の発振器は目的周波数では良い特性を持っていますが、局発のような離れた周波数では調整ピスによるチューニングだけでは必要な周波数に追いこめず、共の尽で使える物は少ない事がわかります、流石にメイコム製のガンプレクサーは 9GHz から 11.5GHz の間で使えます、NEC の ND079AF は 10GHz の局発用には適当ですが、数多く出回っているレーダーセンサー用の ND751AM は残念ながら改造無しでは使えません、今後その改造方法や入手しにくいバラクタダイオードの代わりにミキサーダイオードが使えるか等の問題が残って仕舞いました

またこの方式は DRO を使った発振器にも応用出来ますが、適当な周波数の DRO の入手が難しいのと、バラクタとの結合がクリチカルとの事で実験出来ずにいます

最後に 10GHz、24GHz、47GHz のローカル用に 8960MHz、8910MHz (10G レピーターアップリンク用)、11370MHz、11375MHz(24G の 1/2)、11450MHz(47GHz の 1/4)の計算をして置きましたので参考にして下さい

---

10GHz ローカル用	8960MHz / 8 = 1120MHz
比較周波数 R = 64	10MHz / 8 = 0.15625MHz
プリスケラー	MB508 1 / 128 (MB501, MB506, MB510 にても可)
1120 / 0.15625 = 7168	N = 7168 / 128 = 56

---

10GHz アップリンク用	8910MHz / 8 = 1113.75MHz
比較周波数 R = 64	10MHz / 64 = 0.15625MHz
プリスケラー	MB508 1 / 128 1 / 130 デュアルモジュラス
1113.75 / 0.15625 = 7128	N = 7128 / 128 = 55 アマリ 88
	A = 88 / 2 = 44

---

24GHz ローカル用 1 / 2	22740MHz / 2 / 8 = 1421.25MHz
比較周波数 R = 64	10MHz / 64 = 0.15625MHz
プリスケラー	MB505 1 / 128 1 / 130
1421.25 / 0.15625 = 9096	N = 9096 / 128 = 71 アマリ 8
	A = 8 / 2 = 4

---

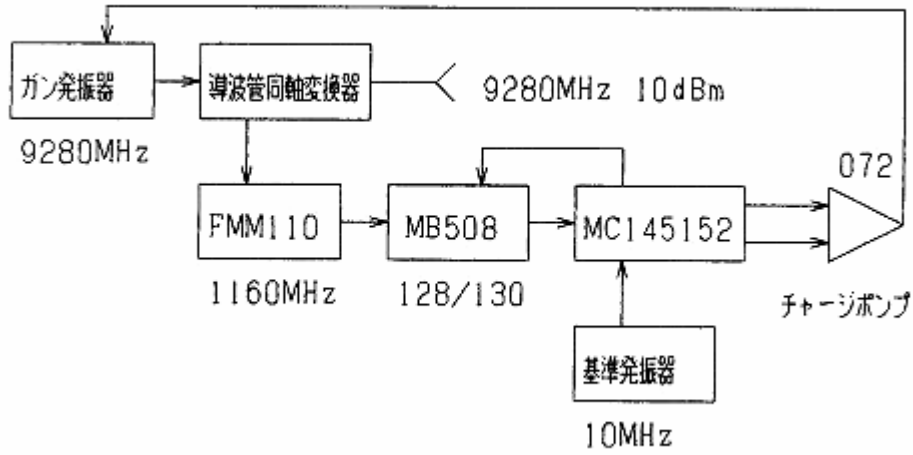
24GHz ローカル用 1 / 2	22750MHz / 2 / 8 = 1421.875MHz
比較周波数 R = 64	10MHz / 64 = 0.15625MHz
プリスケラー	MB508 130 シングル
1421.875 / 0.15625 = 9100	N = 9100 / 130 = 70 A は任意
(プリスケラーは 130 にて固定、M ピンは H とし 145152 とは接続しない)	

---

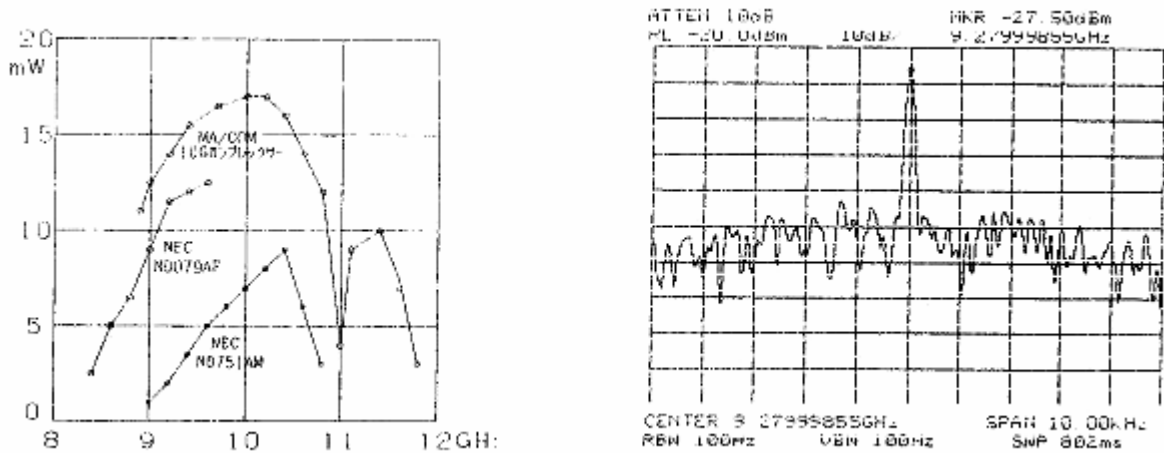
47GHz ローカル用 1 / 4	4580MHz / 4 / 8 = 1431.25MHz
比較周波数 R = 64	10MHz / 64 = 0.15625MHz
プリスケラー	MB508 1 / 128 1 / 130
1431.25 / 0.15625 = 9160	N = 9160 / 128 = 71 アマリ 72
	A = 72 / 2 = 36

---

第 1 図 PLL ロックガンオシレーター ブロックダイアグラム



第 2 図 ガン発振器周波数出力特性



## PLL でロックしたガン発振器による局発の実験その 2

JAIEPK 大日方 悟朗

前回の実験では有り合わせのパーツを使ったバラックセットでした、此の俥では何とも纏まりが悪いので基準周波数の部分を除いて一つのケースに収めて見ました

構成は第 1 図の組み立て図の様にガン発振器と導波管、同軸変換器を一体として作り、プリスケラーと PLL 部分をその上に取り付けました、発振器部分は導波管の一端にガンとバラクタ、それに周波数調整ビスを纏め、他端に導波管同軸変換器を設置しました

プリスケラー入力基板から導波管に挿入したプローブで導波管内のエネルギーをピックアップしています、この後の回路構成や動作に就いては前何と同じですので省略します

今何ではこの様に一体化するに当たって幾つかの問題点がありました、先ず始めにぶつかった事はガン発振器でした、ガンダイオードやバラクタは既製品から外した物を使えますが、発振器は新しく作らねばなりません、此れを設計する資料が全く見当たりません、とにかくカットアンドトライで行く他有りませんので、だめもとで作ったのが第 1 図です  
目標は 9GHz 近辺と 11 ~ 11.5GHz を安定に発振させる事でしたが、これが全く上手く働いてくれません、同じ 10GHz 用のガンダイオードでも発振状態が違う物が有り分りました、外見上では区別は着きませんので結局セレクトして使う事にしました

周波数は前回と同じ 9280MHz にしました、この周波数ではプリスケラー IC の FMM110VJ は - 5dBm でも働きます、PLL 回路の動作も実験済みですので問題は有りません、全体として簡単に目的周波数をクリアしてくれました

しかしランニグテストで幾つかの問題点がハッキリしました、その一つはこの様な Q の低い発振回路では調整ビスによる周波数変化が大きくて目的周波数に合わせるのがクリチカルな事でした、これは 4mm という大きな調整ビスを使ったのが原因と思われます

それに温度に依る周波数ドリフトが予想外に大きかった事でした、これは温度が上がった状態でチューニングを取ると冷えた時に発振周波数が上がってロック範囲を外れ再スタートが出来ない事でした、これを防ぐ為に容量変化の大きいバリキャップを使わねばなりません、これがまた Q を下げる結果となり C/N を悪くします

ガン発振器はマイナスの温度特性を持っていますので、温度が上がるに従ってバラクタに掛かるコントロール電圧が高くなります、さめた状態でこの電圧が出来るだけ低く設定しておく必要が有る事は前何にも書きましたが、今回も同様な結果となりました

今一つの問題点はこの発振回路では負荷の影響で周波数が変化し易い事でした、この対策としては出力側にサーキュレーターを取り付ければ解決しますが、複雑な上コストアップになります

これらの結果から発振回路を Q の高い、温度特性の良い物で、負荷の影響を受け難い物の再検討が必要となって来ました、とは言う物の此れが難問です

以上 前回につづく第 2 報ですが問題続出でまだまだ解決には至りません

# GUNN - PLLOSC 組み立て

