

GPS Disciplined Oscillator — Test Jig
GPS 同期オシレータ — 試験治具編
 武安義幸 / JA6XKQ

GPS 同期オシレータの特性を検討するためには定量的な測定が必要と感じ、試験治具を揃えました。

製作直後は GPS 同期オシレータの CPU がシリアル・ポートから出力する VCXO への制御電圧情報(D/A 変換の値)と位相誤差情報(PLL の位相検波器出力に相当)を眺めていたので

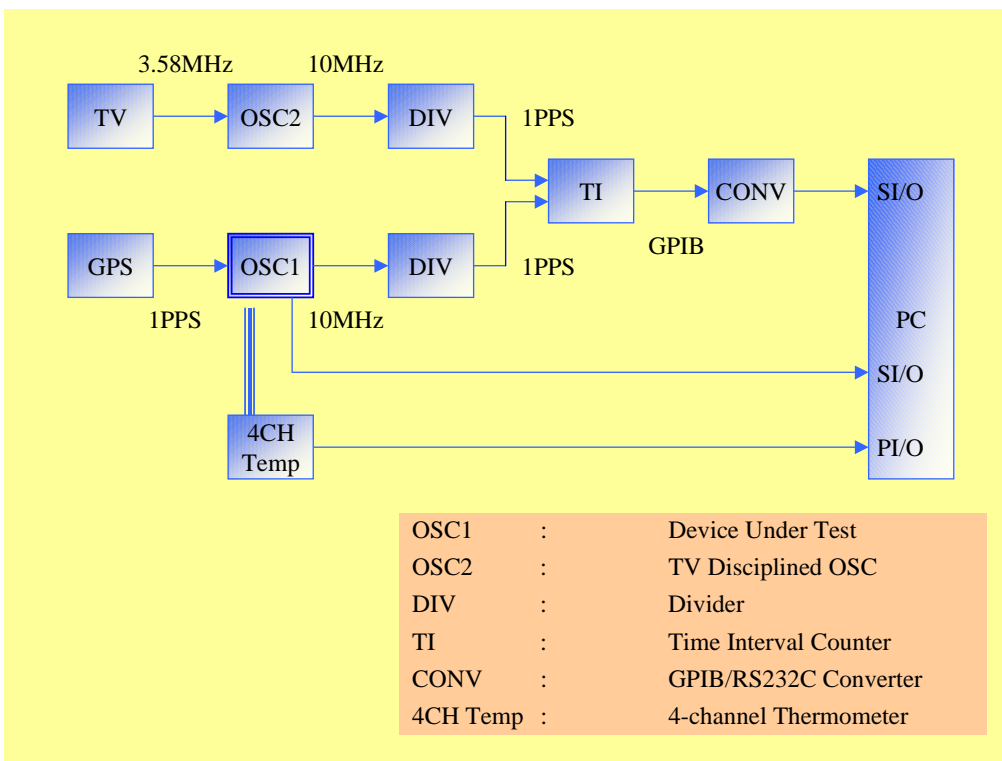


図-1 : 測定系のブロック・ダイアグラム

すが、PLL としてのループ・ゲインと帯域(フィルタ時定数)を設定するあたって、OCXO と PLL を構成するタイム・インターバル・カウンタの基準オシレータの温度特性が PLL の安定性に大きく関わっているようだと判ってくると、GPS 同期オシレータ自身が出力する情報以外に独立した測定系の必要性を認識した訳です。

また、最終的には時間軸での長期安定度を数値(アラン分散 = Allan Variance)でおさえることも、この治具の目的です。

測定系

図-1 に測定系のブロック・ダイアグラムを示します。測定系の中心を成すのは、図中で TI と示したタイム・インターバル・カウンタです。TI は二つのパルス間の時差(タイム・インターバル)を測定するもので、時差(=位相差)が時間の経過とともに大きくなれば、基準とするパルスの周波数に対して被測定パルスの周波数が低く、小さくなれば周波数が高いことを示しています。

周波数の安定度が測定対象なので周波数カウンタで直接測定することをすぐに思い浮かべますが、タイム・インターバル・カウンタによる手法が周波数安定度の測定では常套手段です。測定対象は 0.01Hz 以下の変動であり、周波数カウンタでは長時間のゲート時間が必要となり、例えば10秒から100秒での周波数変動を捕らえることができません。詳細は資料 [1] ~ [5] が非常に参考となります。

測定の基準としては、テレビ放送のカラーバースト信号に同期した発振器を使用しています。ルビジウム・オシレータや GPS 同期オシレータを用いたところですが、それらがあればそもそも苦労しない訳ですから、、、

以下に各要素について記述します。

タイム・インターバル・カウンタ

HP 製の 5334A Universal Counter を使用しています。当初はタイム・インターバル・カウンタ(以下 TI カウンタ)も自作しようとしていましたが、タイミングよく安価に5334Aを入手することができました。

TI カウンタの自作は悩むことはありません。何故なら、自作した GPS 同期オシレータが TI カウンタを利用しているので、もう一台同じものがあればよいのです。幸い、プリント基板を2枚購入していたので途中まで製作していました。測定値として絶対値を必要としていないこと、また、TI カウンタ部分のみの流用であるため測定目的の PLL の不安定性とは無関係となること等の理由から、GPS 同期オシレータを流用しての TI カウンタ自作は良い選択だと思えます。

TV 同期オシレータ

TV 同期オシレータは以前に秋月電子通商で販売されていたも

のです。残念なことに、現在では販売されていません。その代替手段については資料 [6] にあります。アナログ放送終了が迫っていますが、まだまだ有用な小道具だと思えます。

利用にあたっては、ジッタが大きいと言われている 10MHz の VCO を VCXO に置換しました。外観を 写真-1 に、VCXO 周辺の回路図を 図-2 に示します。

オリジナルの VCO の発振を止めるために、VCO 調整用の可変抵抗器を取り外しました。また、VCO 出力のカップリング・キャパシタを取り外し、そこに新たに追加した VCXO 出力を接



写真-1 : TV 同期オシレータ

続します。位相検出器であるTC5081 からの出力電圧は、オリジナルの CX20032 への配線をカットして、VCXO のバリキャップに印加します。クリスタル周辺のキャパシタは、使用するクリスタルとバリキャップに応じて定数の決定が必要です。バリキャップに約3Vの電圧が印加された状態で、フリーランの周波数が 10MHz になるようにキャパシタンスを調整します。

分周器 - 1

基準と測定対象の各 10MHz を直接比較せず、図-1 に示すよ

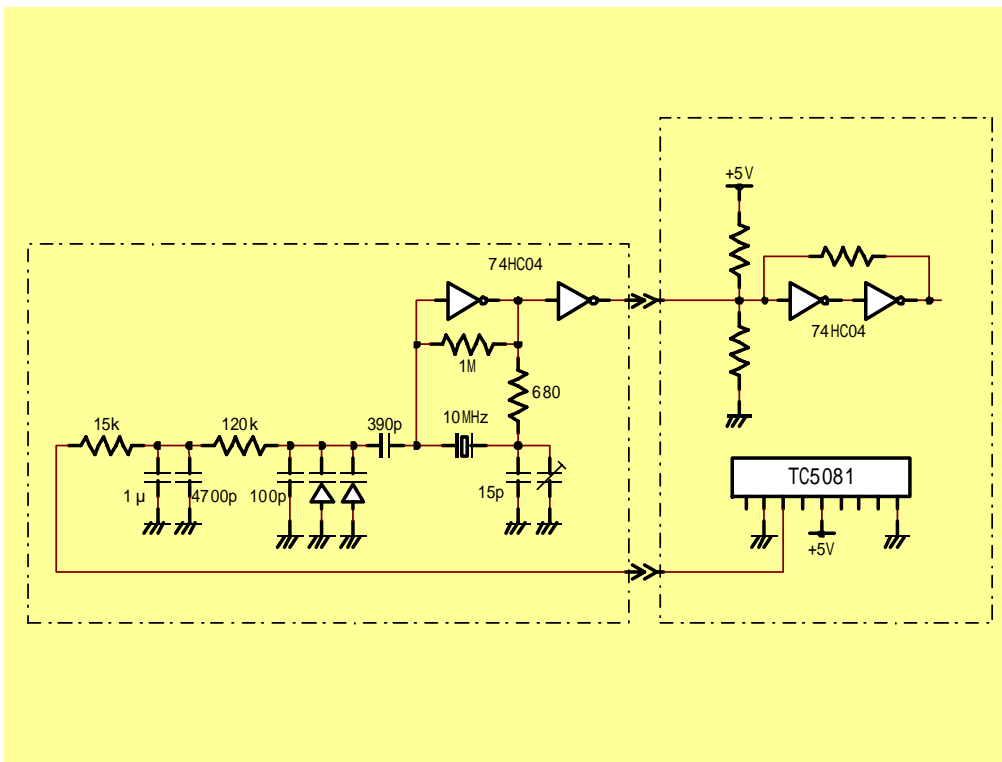


図-2 : TV 同期オシレータの VCXO 部の回路図

(C) 2006, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

うにそれぞれを 1PPS まで分周して比較します。まずは、文献 [7] にあるディスクリートICによる製作例を真似てみました。製作方法がプリント基板を含めて詳細に記述されていますので、ここでは写真-2 に外観を示すだけにとどめます。

分周器 - 2

分周器 - 1 を作ってみると、6個の DIP IC を手配線でまかなうのは少々面倒で、それをもう1台作る元気が失せてしまいました。目先が変わると多少の手間はいとわれないもので、工作が簡



写真-2 : 分周器 - 1

(C) 2006, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

単な分周器に着手した次第。CPLD で分周器を作るのも一案かもしれませんが、ここでは、資料 [8] からのリンクで紹介されている資料 [9] の PIC CPU による分周器を製作してみました。

マイクロコントローラである PIC16C84 を用いて、ソフトウェアで 1PPS を生成するものです。プログラム上の命令文(インストラクション)の実行に要するクロック・サイクル数はあらかじめ判明しているので、分周動作を実行する全クロック・サイクル数を正確に 1PPS の周期にあわせ込んでプログラムをするという、目から鱗が落ちるアイデアです。クロック源として分周対象である 10MHz を供給します。

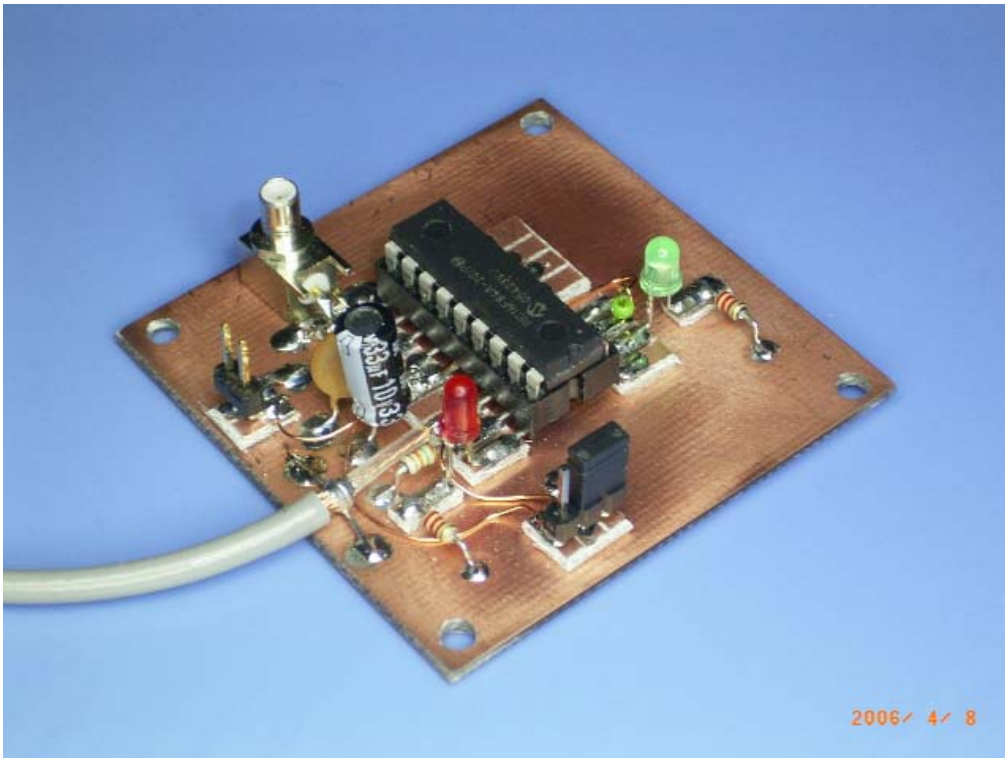


写真-3 : 分周器 - 2

(C) 2006, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

表示器さえもつけなければ、PIC16C84 を1個とパソコンだけで済んでしまう簡単さに驚いてしまいます。写真-3 に外観を示します。回路図は資料 [9] のソースコードに書かれている説明文そのものであり、PIC16C84 のピン配置を示したものが全てです。

PIC の開発環境を持っていなくても、¥1,000 も掛けずに製作可能な PIC プログラム(写真-4)と Microchip Technology Inc. 社が提供するフリーの開発環境 MPLAB IDE を揃え、分周器までを週末の二日間で製作することが可能です。PIC プログラムは PC のシリアル・ポートに接続するもので、資料 [10] に詳細が



写真-4 : PIC プログラム

(C) 2006, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

参考資料

- [1] “Characterization of Clocks and Oscillators“, NIST Technical Note 1337, 1990, National Institute of Standards and Technology, United States Department of Commerce
<http://tf.nist.gov/timefreq/general/pdf/868.pdf>
- [2] “An Introduction to Frequency Calibrations“, Appendix A from the Operator's manual (NISTIR 6610), a tutorial on frequency calibrations, 2001, National Institute of Standards and Technology, United States Department of Commerce
<http://tf.nist.gov/timefreq/service/pdf/calibrations.pdf>
- [3] “Fundamentals of the Electronic Counters“, Application Note 200, Electronic Counter Series, 1997, Hewlett-Packard Company
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7660E.pdf>
- [4] “Fundamentals of Time Interval Measurements“, Application Note 200-3, Electronic Counter Series, 1997, Hewlett-Packard Company
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7663E.pdf>
- [5] “METHODOLOGIES FOR TIME DOMAIN FREQUENCY STABILITY MEASUREMENT AND ANALYSIS“, W.J. Riley, Hamilton Technical Services
<http://www.wriley.com/paper6ht.htm>
- [6] “TV のカラーサブキャリアを使った高精度信号発生器の製作“, 高木 誠利 (JJ1GRK), 2002, HAM Journal NO.104
- [7] “GPS Disciplined 10 MHz Oscillator”
<http://www.jrmiller.demon.co.uk/projects/freqstd/frqstd.htm>
- [8] “Brooks Shera's GPS-Controlled Frequency Standard”
http://www.rt66.com/~shera/index_fs.htm
- [9] “PIC16C84 frequency divider code”
<http://www.rt66.com/~shera/ppsdiv.zip>
- [10] “シリアルポート接続PICライターの製作”
<http://cgi.biwa.ne.jp/~jr3roc/pic/>
- [11] “IC-Prog Prototype Programmer”
<http://www.ic-prog.com/>
- [12] “Dick Moore's version of Brooks Shera's GPS-Disciplined Master Oscillator”
<http://moorepage.net/page1.html>
- [13] “簡易アンテナ・ポジショナ用 A/D コンバータ”
http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/Ad4AntPos_1.pdf