

# 水晶発振器の 選び方・使い方

## 回路とのマッチングが必要ない水晶発振器

岡 学

水晶発振回路は、システム全体の動作基準となるクロック源となるので、細心の注意を払いながら設計しなくてはならない。前章までに説明してきたように、回路定数の最適値を決めるのは面倒だという現実もある。そういった場合に、水晶振動子と帰還増幅器を一つのパッケージに入れた水晶発振器が用意されている。ここでは、水晶発振器の選び方と使い方に絞って解説する。

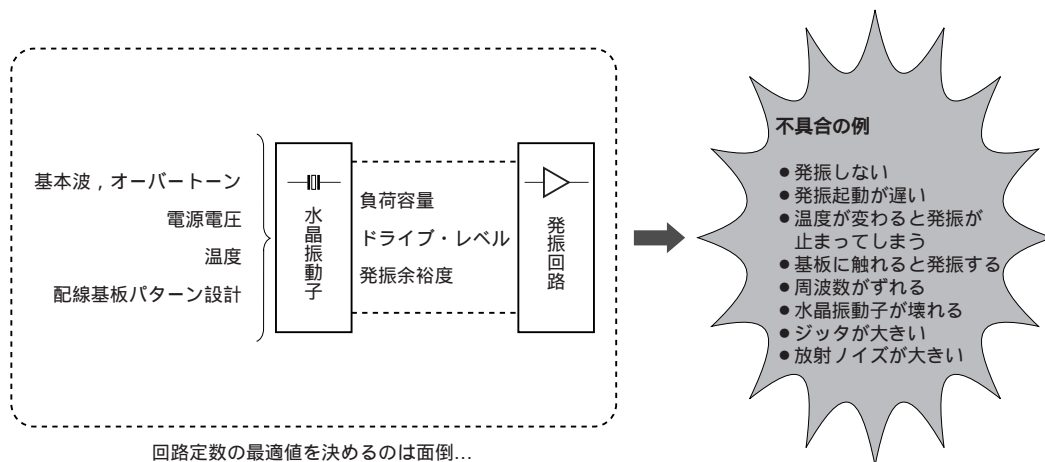
(編集部)

### こんな場合には水晶発振器が最適

第2章～第4章で水晶振動子の構造や製造工程、回路とのマッチング評価について説明してきました。水晶振動子について理解が深まったと思います。たった二つの端子しかない部品なのに使いこなすのは意外に難しい...と感じた方も多いのではないのでしょうか。

水晶振動子が生み出す安定した発振信号は、デジタル回路のクロック源としてシステム全体の動作の基準となるものです。従って、水晶振動子に適した発振回路の設計が良くないと、安定したシステム動作は望めません(図1)。

水晶振動子と発振回路のマッチングが上手くいかないと、「発振しない」、「周波数がずれてしまう」、「電源電圧で周波数が大きく変化する(電圧を下げたら止まってしまった...)」、「温度が変わったら止まってしまった」、「周波数が不安定」などの問題が発生します。水晶振動子と発振回路のマッチングは水晶振動子メーカーで評価してもらえます。しかし、これはある程度の数量を前提とした量産の場合であり、試作製作などの場合は、設計者自らがアナログ回路である発振回路を評価し、発振余裕度、励振レベル、負荷容量などを勘案しながら、回路定数を決める必要があります。



回路定数の最適値を決めるのは面倒...

図1 設計ノウハウが必要な水晶発振回路

**Keyword**

発振回路の設計, マッチング, 発振余裕度, 励振レベル, 負荷容量, マッチング評価, 水晶発振器, スタンバイ機能, プログラマブル発振器, スペクトラム拡散機能付き水晶発振器, EMI対策, SAW発振器, 多出力発振器

表1 水晶発振器の分類と市場分野

種類	概要	主な市場分野
パッケージ水晶発振器 (SPXO)	温度制御や温度補償をしていない一般的な水晶発振器。周波数温度特性はほぼ水晶振動子に依存する。周波数安定度は $\pm 50 \sim \pm 100 \times 10^{-6}$ 程度	有線通信機器、無線通信機、産業機器 (OA・情報端末、医療、カー・エレクトロニクス)、民生用電子機器(映像、音響など)
電圧制御水晶発振器 (VCXO)	外部からの制御電圧により、出力周波数を可変または変調できる水晶発振器	受信装置など
温度補償水晶発振器 (TCXO)	温度補償回路を付加して、周囲温度の変化による周波数変化が少なくなるようにした水晶発振器。周波数安定度は $\pm 0.5 \sim \pm 2.5 \times 10^{-6}$ 程度	無線通信機(携帯電話など)
恒温槽付き水晶発振器 (OCXO)	恒温槽によって水晶振動子の温度を一定に保ち、周囲温度の変化による出力周波数の変化量を最も少なくなるようにした水晶発振器。周波数安定度は $\pm 1 \times 10^{-7} \sim 5 \times 10^{-10}$ 程度	携帯電話基地局など

SPXO : simple packaged crystal oscillator  
VCXO : voltage controlled crystal oscillator  
TCXO : temperature compensated crystal oscillator  
OCXO : oven controlled crystal oscillator

SMD( surface mount device )タイプの小型水晶振動子はCI( crystal impedance )値が大きくなる傾向があり、電子機器の電源が低電圧化する中、安定した水晶発振回路を設計するのは難しくなっています。

早く安定した周波数が欲しい、マッチング評価は面倒...といった場合には、水晶デバイス・メーカ各社から発売されている水晶発振器(水晶発振モジュール)を活用することをお勧めします。これは水晶振動子と、これを動作させる帰還増幅器を一つのパッケージに入れたものです。一般的に水晶振動子よりも割高ですが、発振回路と振動子のマッチングを気にすることなく、欲しい周波数を安定的に得られるというメリットがあります。

この水晶発振器は、周波数は数kHzから数百MHzまで、またサイズ、周波数精度、電源電圧などのバリエーションも豊富なので、ニーズに合った発振器を探すことができます。

### 水晶発振器の種類と技術動向

表1は一般的な水晶発振器の分類および種類を示したものです。表1のように水晶発振器は精度や機能により、SPXO、VCXO、TCXO、OCXOに大きく分類されます。

これらの水晶発振器はそれぞれモジュール化されており、用途やニーズによりさまざまな仕様がありますが、コンピュータやOA、情報端末機器に使用されるクロック用発振器としては、パッケージ水晶発振器(SPXO)が使用されることが多いでしょう。

写真1は小型・薄型で自動実装可能なSMDタイプの水晶発振器です。図2はこの水晶発振器の内部構造図、図3



写真1  
表面実装タイプのSPXOの外観  
エプソントヨコムSG-310シリーズ。

は外形図です。

この水晶発振器はセラミック積層パッケージにICチップと水晶振動子を実装した後、金属の蓋(リッド)を溶接し密封したものです。外形寸法は3.2mm x 2.5mm x 1.05mm(標準)と非常に小型です。また、スタンバイ機能(制御端子により内部回路動作と発振出力を停止することができる)があり、出力はCMOSやTTLを直接駆動できる方形波です。なお、さらに小型で、外形寸法が2.5mm x 2.0mm x 0.8mm(標準)のものもあります。

最近の水晶発振器の中には、ユーザの要求に合わせたさまざまな特徴を持つものが作られています。これらは、周波数範囲や周波数精度、納期などのニーズに対応するため、性能向上や機能を付加したものであり、表2に示すように周波数をプログラム可能なものやEMI(electro-magnetic interference)対策品などがあります。

### ● プログラムブル発振器

水晶振動子は一般的に設計・試作に時間がかかり、特殊な周波数などは入手に数カ月必要であったり、入手できな