

なんとなく  
は  
ダメ!

## 第6章

周波数がピタッと決まって動かない!

# 発振回路の信頼性を高める 3大チューニング・パラメータ

大川 弘 Hiroshi Ookawa

本章では、水晶発振回路の発振マージンを考慮した周波数別の負性抵抗の設計目標値や、それによって予想される市場不良の発生率の見積もり方を示します。これらから、水晶発振回路の負荷容量を何pFに設計すべきかがわかります。

また、厚みすべり振動モード水晶振動子のドライブ・レベル依存不良(DLD)や、過大なドライブ・レベルによる音叉振動子の破壊など、水晶振動子の特徴的な不具合モードについて解説します。水晶発振回路が不具合に見舞われた場合の判断材料になるかと思えます。

### 最適化すべき3つのパラメータ

図1のように3種類の重要な要素に注意して設計すると、水晶発振回路の安定性が良くなり、水晶発振回路の信頼性が高くなります。

#### ■ 最適化パラメータ①「負性抵抗」 …発振マージンを増す

水晶発振回路の信頼性は、基板の設計時に決まります。基板を設計したセット・メーカ(企業)や水晶発振回路設計メーカが水晶発振回路の信頼性を保証するこ

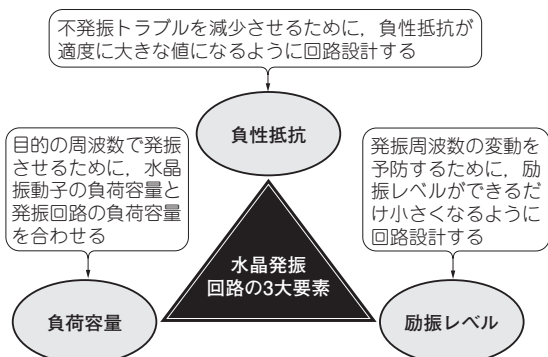


図1 水晶発振回路設計の3大要素  
これらの3つを満たすように設計すると信頼性の高い発振回路になる

とになります。

市場における不発振トラブルの発生を予防するには、発振マージンを適切な範囲に設計することが重要です。

#### ● 発振マージンとは

発振停止に対してどれだけ余裕がある状態で動いているかを発振マージンという値で評価します。発振マージン $M$ は発振回路の負性抵抗 $-R$ を水晶振動子の負荷時共振抵抗 $R_L$ で割った値です。

$$M = \frac{-R_{\text{typ}}}{R_{L\text{typ}}} \dots \dots \dots (1)$$

過大な負性抵抗は異常発振の原因になる。逆に過小な負性抵抗は起動不良や周波数不安定の原因になる

ただし、 $M$ : 発振マージンの設計値、 $-R_{\text{typ}}$ : 負性抵抗 $-R$ の平均値、 $R_{L\text{typ}}$ : 負荷時共振抵抗 $R_L$ の平均値

設計時に、負性抵抗の平均値を負荷時共振抵抗の平均値で割り算して発振マージンを決定します。これが発振マージンの設計値です。

同じ設計で製作された水晶発振回路は、基板毎に発振特性にばらつきを持ちます。それらを発振マージンの実力値と呼びます。

#### ● 負荷時共振抵抗 $R_L$ の求め方

発振マージンの計算式の分母、すなわち水晶振動子の負荷時共振抵抗 $R_L$ の数値に、以下の2通りの考え方があります。

▶ ① 実力値の平均値を周波数ごとに設定する方法  
水晶振動子の形状や回路負荷容量別に負荷時共振抵抗値のデータを用意します。

準備した負荷時共振抵抗値を図2に示します。

低周波数帯ではリード・タイプ水晶振動子、高周波数帯では3225サイズ表面実装型水晶振動子の $R_1$ の平均値を周波数毎に測定し、一般的に多く使われる8pFと12pFの負荷容量で計算した負荷時共振抵抗値です。

▶ ② 水晶振動子の等価直列抵抗 $R_1$ の最大値(水晶振動子のカタログ値)を使う方法は使えない