

バトラ水晶発振器の位相雑音におけるコレクターフィルタの影響

Effect of Collector Filters on Phase-Noise Characteristics of Butler Crystal Oscillators

首都大院 ○辛宇風、渡部泰明、馬昀灝、王景、佐藤隆幸

Tokyo Metro. Univ.、○Yufeng Xin, Yasuaki Watanabe, Yunhao Ma, Jing Wang and Takayuki Sato

E-mail : y.watanabe@ieee.org

1. はじめに

水晶発振回路は、低コストで低位相雑音の周波数源を構築できるため、広く使用されている。水晶発振回路の重要な性能指標の1つに位相雑音がある。これまで水晶発振器の位相雑音低減については多くの努力がされている。最近ではデジタル無線通信網の普及に伴い、低位相雑音かつ不可欠な技術となっている。中でも、Driscoll等による発振器は、群を抜いて、優れた低位相雑音を持つものがある¹⁾。

本文では、バトラー水晶発振器においてコレクター側に水晶振動子を用い、その性能向上を実装器にて提案するものであり、共振周波数は125MHzを用いた。実装器でバトラー水晶発振器を構築するために、ある程度共振周波数が離れた2個の水晶振動子を用いなければならない、直列抵抗を出来るだけ低くする必要がある。まず実装器では1個の水晶振動子をバトラー発振器に接続し、その位相雑音を測り、続いて2個の水晶発振器を同様にして測った。実装器結果では、フロア周波数で約-6dBc/Hzの低減ができることが分かった。

2. バトラー水晶発振器の測定方法

図1は通常のパトラー水晶発振回路のコレクター端子に、新たに水晶を加えたものである。単純に言えば、コレクター側に水晶共振器を入れることでフロアの位相雑音をさらに減らそうと考えた訳である。

ここで用いる水晶振動子を丹念に調べ、2個の水晶振動子を共振周波数がある程度離調したものを用い、かつ直列抵抗を揃える必要がある。

そこで題意に沿って5次のオーバートーン水晶振動子125MHzを用いて回路を構築した。これより分かることは、共振周波数が X_1 に比べ X_2 が低いことが分かり、その差分は約2KHzである(水晶振動子の $Q \approx 80000$ および $R_1 = 52\Omega$ は共通である)。

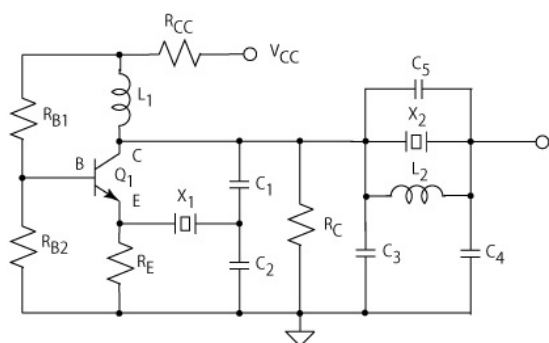


Fig.1. Narrow band Butler quartz oscillator

3. 位相雑音測定システムについて

図2は、システム全体のブロック図を表したものである。発振回路出力に対し信号ソースアナライザを接続し、その位相雑音の測定を行うものである。

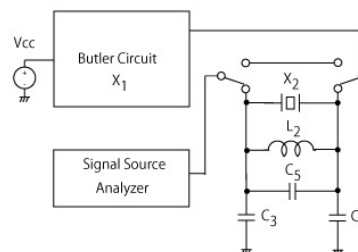


Fig.2. Phase noise measurement set up

なお信号ソースアナライザは、Keysight 社製のE5052Bを用いた。

4. 測定結果

X_2 を挿入したバトラー水晶発振器のフロア雑音特性を図3に示す。なお、図1の回路定数は、 $C_3 = 1\text{pF}$, $C_4 = 2\text{pF}$, $C_5 = 20\text{pF}$ であり、今回は L_2 は使用していない。これより解る様に、近似では位相雑音が約-6dBc/Hz以下に下がっていることが分かる。

この結果は、バトラー発振回路においてコレクター側に水晶振動子を追加挿入することで、相対的にフロア位相雑音を低減可能できるということが分かった。

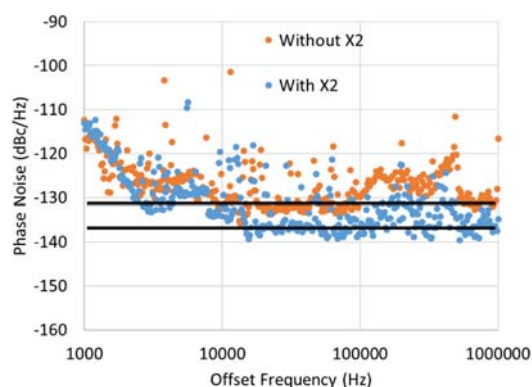


Fig.3. Measured results of phase noise

5. まとめ

水晶発振器の高周波化・低位相雑音へのニーズに応ずるために、バトラー発振回路に水晶振動子を挿入することによるフロア雑音の改善検討を行った。

今回使用した125MHz帯のように高周波数になるほど Q を維持するのが困難となる。そこで、本研究のように、いくつかの水晶振動子を回路に収めることにより Q を改善させる方法は、これから有用になると期待出来る。シミュレーションは今後の課題である。

謝辞：NDKの坂元克明氏に深謝いたします。

参考文献：M. Driscoll, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control 39, 774 (1992).