

IoT時代の  
キー・  
パーツ

プロ  
ロー  
グ

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

## プロローグ

デジタル・システムの心臓部！  
1 MHz以上の高精度・高安定発振回路を作る

# どうして水晶振動子？

宮崎 仁 / 志田 晟 Hitoshi Miyazaki / Akira Shida

### 位置付け

電子回路の中で、一定周期(一定周波数)の正弦波や矩形波を繰り返し発生し続けることが必要な場合は、発振回路(Oscillator)を使います。

必要な波形や周波数範囲、精度などに応じてさまざまな発振回路が使われます。

#### ● 発振回路のいろいろ

発振回路は一般的に、発振の周期や周波数を決める受動素子と、発振を継続するための能動素子で構成されます。増幅作用や帰還作用をもつ能動素子には、トランジスタ、OPアンプ、CMOSインバータなどが使われます。

周期や周波数を決める受動素子は、コンデンサ、インダクタなどのインピーダンス素子が使われます。これらの部品が使われる回路に、CR発振回路、LC発振回路などがあります。

正確な周波数が必要な場合は、受動素子にセラミック振動子や水晶振動子を使います。セラミック振動子や水晶振動子は、等価的に電気的なインピーダンス素子の性質をもち、主にLC発振回路に使われます。

高い周波数精度が要求される場合は、水晶振動子を使います。周波数の範囲は、1 M～50 MHzが一般的です。ただし、クォーツ時計では、後述するように、32.768 kHzが使われます。

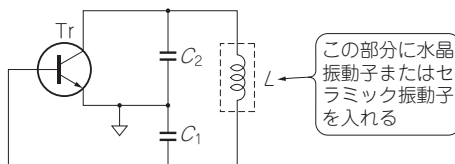
セラミック振動子の精度や安定性は、水晶振動子よりやや低くなりますが安価です。チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)などの圧電セラミックスを使っています。周波数の範囲は数百kHz程度から数十MHz程度です。

〈宮崎 仁〉

#### ● LC発振回路は安定度が悪い

実際に、図1に示すようなLC発振回路が使われています。

発振周波数 $f_0$ は、2つのコンデンサの合成値をCと



$$f \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}}}$$

図1 LC発振回路の例(コルピッツ型)

すると、教科書に出てくる次の式で表されます。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

CとLの値は、周囲の温度によっても変化します。数℃の温度変化で普通のコンデンサやインダクタでは0.1%程度から数%程度変化します。周波数もその程度変化します。

この値は、回路を発振させるための半導体部分のノイズや変動より大きくなります。コンデンサは、より温度変化が少ないものであれば比較的容易に入手できますが、変化の少ないインダクタの入手は難しいです。

LC発振回路は、高周波回路で使われますが、高安定の発振回路には使われません。 〈志田 晟〉

#### ● 1 MHz以上の高精度な周波数がほしいときは水晶振動子の出番

水晶発振回路が主に用いられているのは、1 MHz程度以上の発振回路です。マイコンやFPGAを搭載するデジタル・システム、A-D/D-A変換や音声・画像などのデジタル信号処理、有線通信や無線通信に多数の水晶発振回路が用いられています。

クロック周波数がそれほど高精度でなくても良いデジタル・システムも多いですが、次に示す3つの用途では、高精度の発振回路が必要となります。

(1) 時計…時間精度が重要な用途