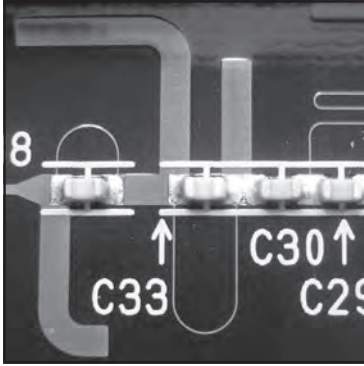


連載



真面目に数学的に考える

アナログ・フィルタは どうやって作るか

第7回 設計したLCフィルタの定数で 特性を計算する

西村 芳一 Yoshikazu Nishimura

これまで、いろいろなフィルタの設計方法を解説してきました。そうすると、設計したフィルタが本当のところはどのような周波数特性を示すのか確認したくなります。実際の応用では、理論値設計で計算した中途半端な値で実装することはなく、入手できるE12シリーズの部品などに置き換えて使わなければなりません。そのときは、理論値からのずれが出ますから、確認のために実装したLCフィルタでの特性計算が必要です。

一般的なフィルタ特性計算の方法

● 正統に伝達関数から定常解を計算する

各種フィルタの設計にあたり、まずは伝達関数を設計してきました。まず思い浮かぶのは、その伝達関数の変数 s に $j\omega$ を代入して定常特性を計算することです。式(1)に示すように [式(1)~式(6)は図1を参照]、 $G(s)$ を伝達関数として $s=j\omega$ とおくと、最終的に実数部の G_r と虚数部の G_i の2つに分解されるはずですが、しかし現実問題として、このように簡単に式をまとめ

ることができれば問題ないですが、一般的な次数のフィルタでこのような式を得ることは難しいと思います。

最初から数値計算と割り切っても、実際の ω の値での複素関数の計算を行う場面では、手計算では不可能に近いと思われます。すなわち電卓片手に計算はできません。しかし、プログラムを組んでコンピュータで計算することはできると思います。

うまくいきそうですが、ここで考える必要があります。伝達関数から特性関数を計算し、それをもとにフィルタの入力インピーダンス関数を計算して、梯子型LCフィルタに展開したことを思い出してください。このことは、伝達関数の周波数応答計算が、最後のLC回路の周波数特性になるとは必ずしも言えないということです。それに回路の入出力インピーダンス特性を無視した伝達関数の計算では、実際のLC梯子型フィルタの特性計算にはあまり意味がないように思います。また、LCの各定数はE12系列などに丸められ、設計結果の定数を使うことはなく、実際に使うLC梯子型回路の形で特性を計算できなければ、あまり意味がありません。

$$\begin{aligned}
 G(s) &= \frac{f(s)}{g(s)} \rightarrow [s=j\omega] \rightarrow G_r(\omega) + jG_i(\omega) \dots\dots\dots(1) \\
 Z_{in} &= R_{in} + Ls + \frac{1}{Cs + \frac{1}{R_{out}}} = R_{in} + Ls + \frac{R_{out}}{1 + CsR_{out}} \dots\dots\dots(2) \\
 I_{in} &= \frac{V_{in}}{Z_{in}} = V_{in} \frac{1}{R_{in} + Ls + \frac{R_{out}}{1 + CsR_{out}}} = V_{in} \frac{1 + CsR_{out}}{LCs^2R_{out} + (L + CR_{in}R_{out})s + R_{in}} \dots\dots\dots(3) \\
 V_{out} &= I_{in} \frac{1}{Cs + \frac{1}{R_{out}}} = V_{in} \frac{1 + CsR_{out}}{LCs^2R_{out} + (L + CR_{in}R_{out})s + R_{in}} \frac{R_{out}}{1 + CsR_{out}} \\
 &= V_{in} \frac{R_{out}}{LCs^2R_{out} + (L + CR_{in}R_{out})s + R_{in}} \dots\dots\dots(4) \\
 T(\omega t) &= T_r + jT_i = re^{j(\omega + \varphi)t} \left(\begin{array}{l} T_r : \text{実数部} \\ T_i : \text{虚数部} \end{array} \right) \\
 r &= \sqrt{T_r^2 + T_i^2}, \quad \omega + \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{T_i}{T_r}\right) \\
 \varphi_{\omega + \Delta\omega} &= \tan^{-1}\left(\frac{T_i \cdot \omega + \Delta\omega}{T_r \cdot \omega + \Delta\omega}\right), \quad \varphi_{\omega} = \tan^{-1}\left(\frac{T_i \cdot \omega}{T_r \cdot \omega}\right) \\
 D(\omega) &= \frac{\varphi_{\omega + \Delta\omega} - \varphi_{\omega}}{\Delta\omega} \dots\dots\dots(6)
 \end{aligned}$$

図1 フィルタの特性を計算する[式(1)~式(6)]