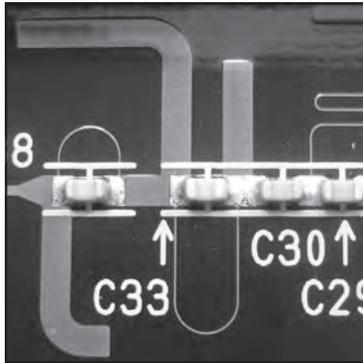


連載



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6回 連立チェビシェフ/ チェビシェフの定数計算

西村 芳一 Yoshikazu Nishimura

今回は、チェビシェフ・フィルタと連立チェビシェフ・フィルタについて、その計算方法を解説します。

フィルタを設計するためのパラメータ

● 各種フィルタのLC段数

最初に、具体的な設計の第1条件として、フィルタの段数 n を指定しなければなりません。これは、伝達関数の多項式の次数と直接関係あるパラメータです。別の表現を用いれば、LC梯子型フィルタの場合は、各LCのノードの数の合計になります。

n が大きければ大きいほど、急峻なフィルタを設計できます。しかし、大きすぎると問題もあります。LCフィルタで実際に実装されるインダクタやキャパシタは、設計されるときに理想特性を得ることができません。すなわち、現実的な素子は損失があり、定数のばらつきがあります。

n が大きいと確かに急峻なフィルタを設計できますが、急峻であるがために、素子のばらつきに敏感になり(素子感度が高い)、特性実現のための致命的要因になりかねません。また、 n が大きいと数多くのインダクタやキャパシタを信号は通過し、素子自体の損失で、通過域の周波数の信号でもかなり減衰することになります。

設計したLCの素子を基板上に配置する場合、空間

的な電磁結合は避けられません。とくに、扱う周波数が高いほど顕著です。インダクタはアンテナになり、また近くのインダクタと相互インダクタンスをもってしまいます。そのため、阻止域が -80 dBのフィルタを設計することはできても、実際の回路にするのは至難の技です。よほど厳密にシールド処理をしないと、実現は難しいと思います。

1つのLCフィルタで現実的な減衰量の限界は、 -50 ~ -60 dB程度です。それ以上の減衰をもつように n を決めても、実現できない場合が多いことを頭において決める必要があります。周波数にもよりますが、現実的なところでは5次~7次が限界という感じです。

● カットオフ周波数とリップ特性

フィルタ設計に際して、次に必要な入力パラメータがカットオフ周波数とリップ特性です。

特性に大きく効く重要なパラメータはカットオフ周波数です。バターワース・フィルタでは、図1(a)のように、振幅特性で通過電力が -3 dB(半値)になるころの周波数です。書籍などに記載されている標準化フィルタの数表では、ここの周波数は1 rad/s。入出力インピーダンスは 1Ω に固定され、そのときのLCの定数がコンピュータで計算されて、印刷された表になっています。それを現実のカットオフ周波数、インピーダンスに変換して使用します。

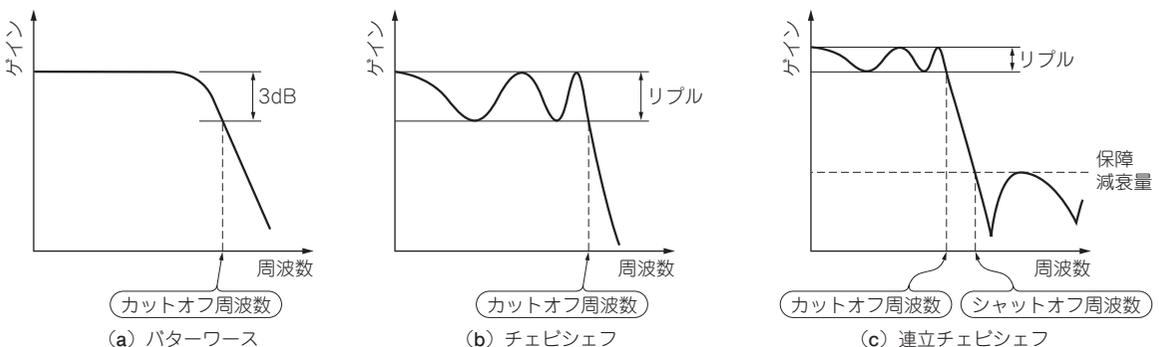


図1 各種フィルタのカットオフ周波数の定義

- 第1回 周波数によって変わるフィルタの種類(2022年8月号)
- 第2回 コンピュータ設計の基本…動作パラメータ法と伝達関数(2022年12月号)
- 第3回 連立チェビシェフ・フィルタと双対回路(2023年1月号)