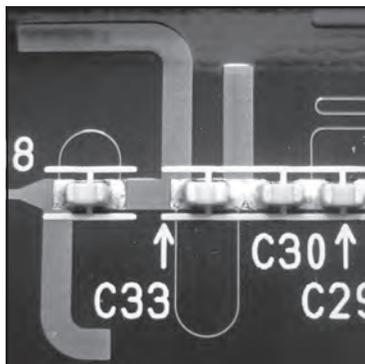


連載



アナログ・フィルタは どうやって作るか

第3回 連立チェビシェフ・フィルタと 双対回路

西村 芳一 Yoshikazu Nishimura

基本的なフィルタの伝達関数を前回いくつか紹介しました。アナログ・フィルタで振幅特性に注目すると、連立チェビシェフ・フィルタというものがあります(注1)。チェビシェフ・フィルタと同じように、信号通過域はある一定範囲の誤差に入る等リプル特性を示します。さらに、より急峻(きゅうしゅん)に信号を減衰させるために、ゼロ点を導入して信号をノッチさせ、減衰領域でも等リプル特性を目指します。最も急峻に不要信号を落とせる特性をもつフィルタです。

もう1つの基本フィルタ… 連立チェビシェフ・フィルタ

● 連立チェビシェフ・フィルタの基本特性

話だけだとわかりにくいので、具体的に私のLCフィルタ設計ソフトウェアを使って、連立チェビシェフ・フィルタを設計してみた結果を図1に示します。5次のフィルタで、カットオフ周波数10 MHz、遮断周波数14 MHzで設計してみました。通過域のリプルがわかりやすいように、リプルは大きめの1 dBとしました。

設計されたフィルタの特性から、通過域、阻止域と

注1：連載第1回(2022年8月号)の表1で示した「動作パラメータによるフィルタの分類」を参照。

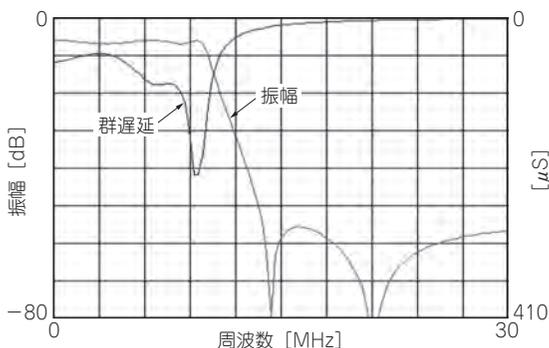


図1 5次の連立チェビシェフ・フィルタの特性例(カットオフ周波数：10 MHz、遮断周波数：14 MHz、通過域リプル：1 dB)

もに等リプル条件で設計されていることがわかります。とても急峻な減衰特性を示しています。入力パラメータとしては、カットオフ周波数と遮断周波数がありますが、その間を狭くすればいくらかでも急峻に落とせます。ただしその副作用として、リプルが大きくなり、阻止域の減衰量が減ってきます。リプルに自由度をもたせ、その代わりにカットオフ周波数と阻止周波数を固定して設計しています。互いにトレードオフの関係です。

ここで、振幅特性だけを見れば、究極のフィルタ特性を示していますが、波形伝送で問題となる群遅延特性は、目をおおいたくなるような醜い特性です。とくに、カットオフ周波数付近で信号の遅延がかなり大きくなっています。そのため、このフィルタに矩形波の信号を通すと、かなり大きな非対称のオーバーシュートが現れます。デジタル変調などの波形成型にはとても使えません。

そこで、アナログ・フィルタとして振幅特性も究極で、群遅延特性もフラットの究極のフィルタを得るためには、連立チェビシェフ・フィルタの後にオールパス型のフィルタを接続して位相特性の補償を行い、群遅延特性を補償してフラットにしなければなりません。

海外では、このフィルタのことを楕円(だえん)フィルタもしくはエリプティック・フィルタと呼ぶようなので、最近ではこの名称のほうになじみがある方が多いかもしれません。しかし、国内でのフィルタ関連の文献を見ると、ほぼ連立チェビシェフ・フィルタで統一されていますので、私はそれを使っています。

通過域と阻止域がそれぞれチェビシェフ特性になることから、連立チェビシェフ・フィルタといわれているようです。この連立チェビシェフ・フィルタを具体的に実現させるためには、ヤコビの楕円関数を使わなければならないことから、楕円フィルタとも呼ばれているようです。

● 伝達関数と自乗振幅特性

ここで連立チェビシェフ・フィルタの逆伝達関数を