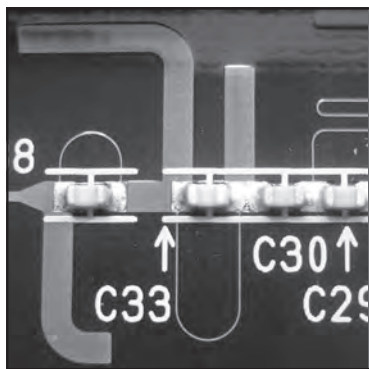


連載



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13回 配線パターン形状を利用した 今どきフィルタ設計あれこれ

西村 芳一 Yoshikazu Nishimura

今どき高周波回路は配線パターン形状 を利用したフィルタ設計が当たり前

これまで、複同調フィルタの構成でマイクロストリップ・ラインを使用したフィルタを紹介しました。これ以外にもさまざまな形状のマイクロストリップ・ライン・フィルタがあります。私が実際に設計し、使ってきたフィルタをいくつか紹介したいと思います。

マイクロストリップ・ラインを使ったフィルタは、プリント基板さえあれば、必要な特性の高性能フィルタを作ることができます。特注フィルタのように、専門メーカーに設計/製作を依頼したりする必要がありません。基板の空き地があればそこで実装することができます。大変ローコストに使えるフィルタです。1つ難しいところと言えば、設計の問題が上げられます。ただし、マイクロ波に対応した回路シミュレータや電磁界シミュレータを使えば、カット&トライなどの試行錯誤をしなくても設計できるようになりました。

その1：CQフィルタ

まずは、図1に示すようなかなり複雑な構造のCQフィルタ(CQ：Cascaded Quadruplet)です。左端上

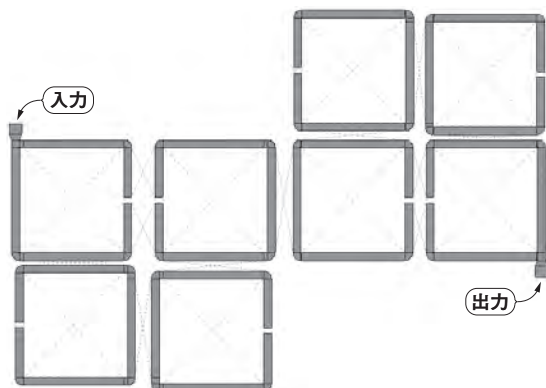


図1 配線パターンの形状を利用したフィルタ①…CQ (Cascaded Quadruplet)回路によるバンドパス・フィルタ

に信号入力があります。そのあと1カ所が切れた四角いマイクロストリップ・ライン共振器が8個並んで、バンドパス・フィルタを構成しています。1つの共振器について見てみると、ギャップの部分がキャパシタに該当します。四角いマイクロストリップ・ラインの長さが、バンドパス・フィルタの目的周波数の波長と整数関係にあれば共振します。このギャップを入れることでマイクロストリップ・ラインの長さを短縮することができ、短い長さで、波長が長めの周波数でも共振が可能です。

このギャップがあることで、ここがハイ・インピーダンスになり、電界が集中します。また、四角いマイクロストリップ・ライン上の共振周波数近くで定在波の電界と磁界の分布が決まります。それにより、隣り合う別の四角い共振器との間の結合が生まれます。この結合の強さで、信号が伝搬します。そうして右下の出力フィードに信号が出力されることとなります。

共振器間の結合により、フィルタの特性が決まってきます。これはある程度計算でも設計できますが、非常に複雑になり、難しいと思われます。しかも入出力のインピーダンスは50Ωに設計する必要があります。

● 回路シミュレータによる設計

そのため設計は、回路シミュレータもしくは電磁界シミュレータを使います。電磁界シミュレータのほうが正確な設計ができます。しかし、途中で最適化設計のための繰り返し計算が必要となり、それに膨大な時間を要するため実質的に使えません。そこで、最適化設計には回路シミュレータを使います。回路シミュレータとはいっても、線間電磁結合のモデルを組み込んだマイクロストリップ・ラインの部品を使いますから、結構正確な設計が可能です。

図2は、図1の右上の1つの共振器のシミュレーション回路です。実際には、同様のものが8個あります。AWR Microwave Office(ケイデンス・デザイン・システム)で使うためのモデル回路です。

基板材料はMegtron6(パナソニック)を使いました。

- 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)