

共振器並列形 BPF の伝送線路等価回路を用いた簡易設計法

C-2 A Simple Design Method Using Transmission Line Equivalent Circuit of Transversal Resonator BPF

鈴木 瞭太[†]

Ryota Suzuki[†]

馬 哲旺[†]

Zhewang Ma[†]

王 小龍[†]

Xiaolong Wang[†]

大平 昌敬[†]

Masataka Ohira[†]

[†]埼玉大学大学院理工学研究科

[†]Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

1. はじめに

近年, 回路合成理論より阻止域に伝送零点を生成し, 急峻な遮断特性を実現できる共振器並列形バンドパスフィルタ(BPF)が注目されている^[1]. しかし, 結合行列から BPF の寸法を決定するには構造の調整が煩雑になるという設計上の問題があった. そこで本報告では, 伝送線路等価回路を用いた共振器並列形 BPF の簡易設計法を提案する.

2. BPF の伝送線路等価回路と設計公式

図 1 に 2 段共振器並列形フィルタ回路を示す. 本回路は, 共振周波数 $f_{0,i}$ と外部 Q 値 $Q_{ext,i}$ (奇モード $i=1$, 偶モード $i=2$), 入出力直接結合 $m_{s,L}$ で表される. この回路を実現する構造例を図 2 に示す. 本報告ではこの BPF を設計するために図 3 に示す伝送線路等価回路を用いる. 図 3 は結合線路の偶奇モードインピーダンス Z_{0ei} , Z_{0oi} と電気長 θ_{ci} , その間の伝送線路の特性インピーダンス Z_i , と電気長 θ_i で表される. さらに設計公式導出の簡単化のために図 4 のように結合線路を J インバータ J_{0i} で置換する. 図 4 より共振周波数と外部 Q 値の設計公式は以下のように得られる.

$$F_{1i}(J_{0i}, Z_i, \theta_i) = 0 \text{ at } f_{0,i} \text{ (共振周波数)} \quad (1)$$

$$F_{2i}(J_{0i}, Z_i, \theta_i) = 0 \text{ at } f_{h,i} \text{ (電力半値の高域側周波数)} \quad (2)$$

$$F_{3i}(J_{0i}, Z_i, \theta_i) = 0 \text{ at } f_{l,i} \text{ (電力半値の低域側周波数)} \quad (3)$$

ただし, θ_{ci} は事前に与える. 偶奇モードについてそれぞれ上記の方程式を解けば図 4 の回路パラメータが決定できる.

3. 物理寸法の決定手順

次に, 物理寸法の決定手順について説明する. まず, 設計仕様から結合行列を求め, その要素から共振周波数 $f_{0,i}$ と外部 Q 値 $Q_{ext,i}$ を得る. そして, 外部 Q 値より電力半値の周波数 $f_{h,i}$, $f_{l,i}$ を求める. これらを式(1)~(3)に代入し解くことで図 4 の回路パラメータを算出する. 次に, J_{0i} , Z_i から Z_{0ei} , Z_{0oi} を求め, 図 3 の回路パラメータが得られる. ただし, 入出力直接結合を考慮するため, 図 3 より $f_{0,i}$ と $Q_{ext,i}$ の設計公式 6 式を立て, 2 個の伝送零点の条件式を加えた 8 つの連立方程式を最適化手法により回路パラメータを求める. ただし, 初期値は式(1)~(3)の解を用いる. 最後に図 3 のパラメータより図 2 の回路の物理寸法を決定する.

4. 設計例

上記の設計法に基づき, 図 2 のマイクロストリップ BPF の設計を行った. 設計仕様は, 中心周波数 2GHz, 帯域幅 50MHz, 反射損失 20dB, 伝送零点周波数 1.8GHz, 2.2GHz とした. 設計した回路パラメータを図 5 に, BPF の寸法を図 6 に示す. また設計した BPF の解析結果と理想特性の比較を図 7 に示す. 設計した BPF は通過域特性と所望の位置に伝送零点を有することから, 提案手法の有効性が確認できた.

5. まとめ

共振器並列形 BPF について伝送線路モデルを用いた設計手法を提案し, その有効性を設計によって実証した.

参考文献

[1] R.J. Cameron, IEEE Trans. MTT, vol.51, no.1, Jan. 2003.

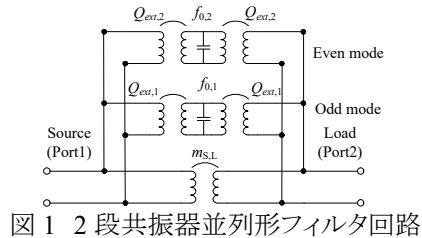


図 1 2 段共振器並列形フィルタ回路

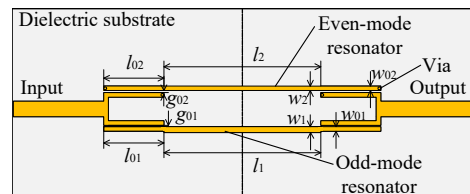


図 2 2 段半波長共振器並列形マイクロストリップ BPF

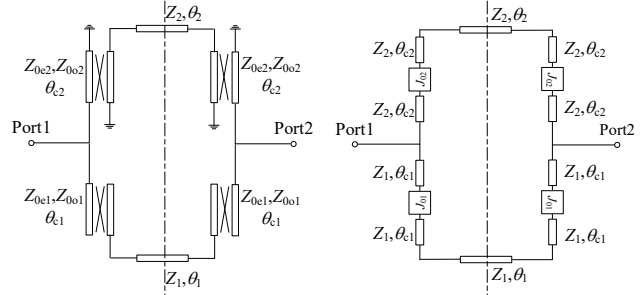


図 3 伝送線路等価回路 図 4 結合線路を J インバータで置き換えた等価回路

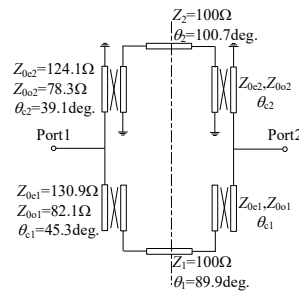


図 5 設計した BPF の伝送線路等価回路

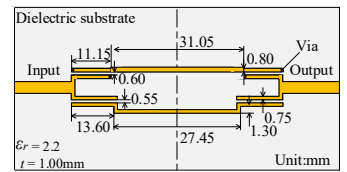


図 6 図 5 より設計した BPF の寸法

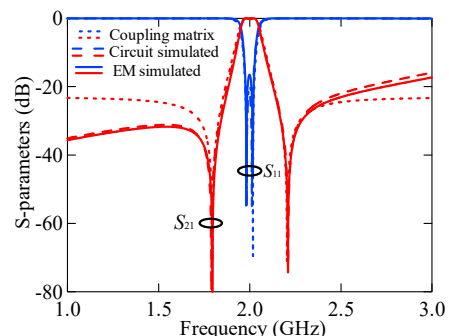


図 7 設計した BPF の電磁界解析結果と理想特性の比較