

A 6 対称性を用いた能動RCフィルタの構成

寺尾 学^{*} 渡辺 弘道 菊池 久和 佐々木 重信
新潟大学 工学部

1. はじめに

フィルタの伝達関数の一つとして連立チェビシェフ特性がある。連立チェビシェフ特性は、通過域と減衰域の両方にリップルを持つことにより、鋭い遮断特性になる。また、FマトリクスにおいてA要素とD要素の等しい回路を対称回路という。対称回路は振幅自乗関数が奇関数の自乗で表わされ、対称格子回路に変換できる。

本研究では、奇数次連立チェビシェフ特性を、対称性を利用して能動RC回路として構成する方法、及び、その実験結果を報告する。

2. 対称回路について

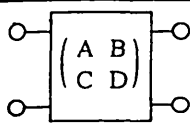


図1 四端子回路

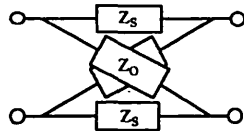


図2 対称格子回路

$$(F) = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{Z_0 + Z_s}{2} & \frac{Z_0 Z_s}{Z_0 - Z_s} \\ \frac{2}{Z_0 - Z_s} & \frac{Z_0 + Z_s}{2} \end{pmatrix} \quad (1)$$

図1の四端子回路において、A要素とD要素が等しければ対称回路となり、図2のような対称格子回路に変換できる。図1、図2の2つの回路は、Fマトリクスにおいて式(1)のような関係を満たしている。従って、与えられた振幅特性からFマトリクスを求め、式(1)を用いることにより Z_0 、 Z_s が求まる。式(1)の右項をZマトリクスに変換すれば式(2)が得られる。

$$(Z) = \begin{pmatrix} \frac{Z_0 + Z_s}{2} & \frac{Z_0 - Z_s}{2} \\ \frac{Z_0 - Z_s}{2} & \frac{Z_0 + Z_s}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{Z_s}{2} & -\frac{Z_s}{2} \\ -\frac{Z_s}{2} & \frac{Z_s}{2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{Z_0}{2} & \frac{Z_0}{2} \\ \frac{Z_0}{2} & \frac{Z_0}{2} \end{pmatrix} = (Z_1) + (Z_2) \quad (2)$$

この (Z_1) 、 (Z_2) に相当するZマトリクスをFマトリクスに変換すると式(3)、式(4)が得られる。

$$(F_1) = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ -\frac{2}{Z_s} & -1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$(F_2) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{2}{Z_0} & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

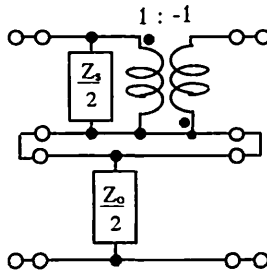


図3 直列接続した回路

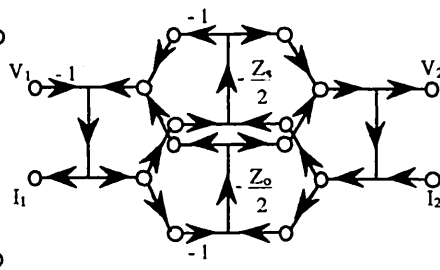


図4 図3のR-R形のSFG

従って、式(3)、式(4)より図2の回路は図3の直列接続した回路に変換することができる。図3の回路をシグナルフローグラフ¹⁾(以下SFGと略す)に変換し、R-R形(ここで始端、終端抵抗は共に 1Ω とした)で構成したものを図4に示す。

3. 対称性を用いた連立チェビシェフ特性を有する回路の構成

$$Z_0 = \frac{A+1}{C} \quad (5)$$

$$Z_s = \frac{A-1}{C} \quad (6)$$

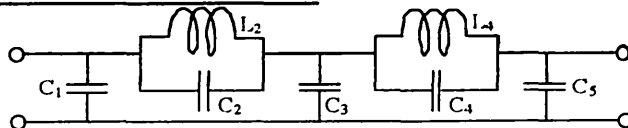


図5 5次連立チェビシェフ特性の回路

式(1)の各要素を比較することにより式(5)、式(6)が得られる。式(5)、式(6)より、Fマトリクスの各要素から Z_o 、 Z_s を導くことができる。図5の5次連立チェビシェフ特性の回路のFマトリクスを計算し、式(5)、式(6)に代入し Z_o 、 Z_s を求め各々を連分数展開すると、式(7)、式(8)になり、図6の回路が得られる。
 (尚、図5の素子値は以下で与えられる。 $C_1=2.000560$ 、 $C_2=0.399214$ 、 $C_3=2.247705$ 、 $C_4=1.188883$ 、 $C_5=1.537829$ 、 $L_2=0.830449$ 、 $L_4=0.546898$)

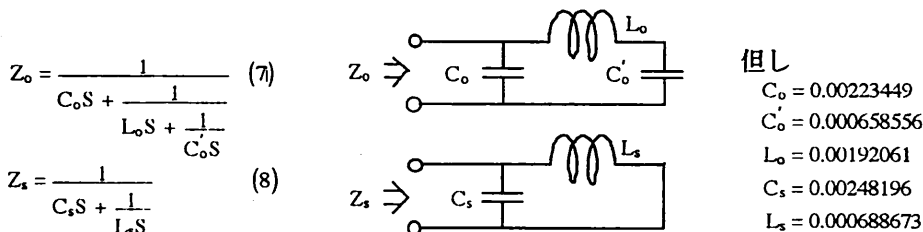


図6 Z_o 、 Z_s の回路

ここで、図4を変形し簡略化したSFGを図7に示し、 Z_o 、 Z_s のSFGを図8に示す。

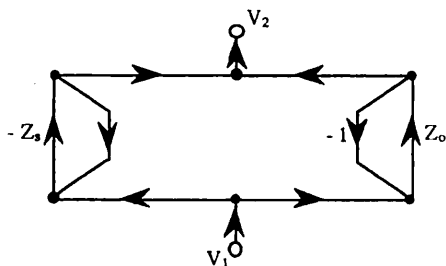


図7 図4を簡略化したSFG

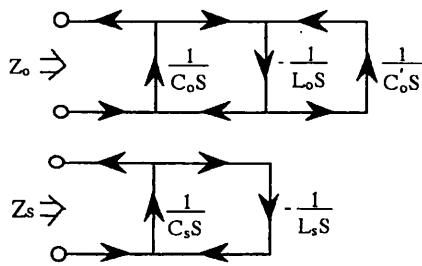


図8 Z_o 、 Z_s のSFG

4. 実験結果

図7のSFGに図8の Z_o 、 Z_s を挿入し、能動RC回路で実験を行った結果を図9、図10に示す。実験回路の基となった図5の回路のリプル幅は $\alpha_0=1.25$ dBである。カットオフ周波数 $f_c = 1.0$ KHzとしたときの全体の振幅特性を図9、通過帯域の拡大図を図10に示す。図9、図10共にほぼ理論通りの特性を示している。

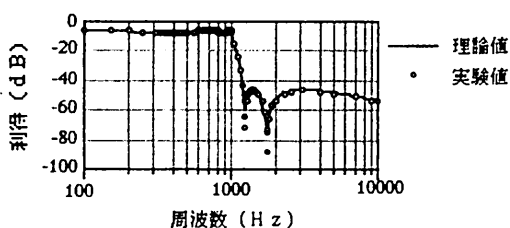


図9 全体の振幅特性

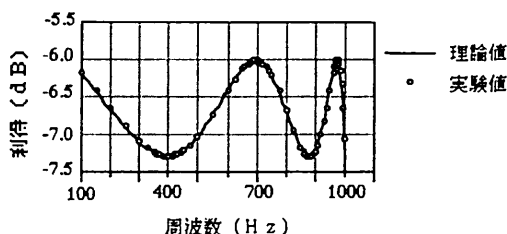


図10 通過帯域の振幅特性

5. まとめ

今回、対称回路について述べ、5次の連立チェビシェフ特性を持つ回路を対称性の性質を利用して、能動RC回路で構成し実験を行った。図9、図10の結果から見て、ほぼ理論通りの結果が得られた。今後の課題としては、カットオフ周波数を上げていった時に、どの程度の周波数まで理論通りに動作するのか、またその時、振幅特性にずれが生じた場合どのように補償していくかなどが挙げられる。

6. 参考文献

[1] 渡辺弘道 : "マトリクスとシグナルフローグラフによる受動LCR回路の能動化"
 信学技報, CST76-81 (1976-10)