

B1 微分器を用いた能動RC回路の構成

青木 秀樹

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

受動LCRフィルタを模擬する方法の一つにリーブフログ回路がある。一般に、リーブフログ回路で高域通過回路を加算器、積分器を用いて構成する場合、構造が複雑になることや⁽¹⁾、使用している演算増幅器の有限GB積により、高い周波数になると利得が減衰することが知られている。そこで我々は、高域通過回路を広帯域の帯域通過回路として構成することを考えた。また、微分器を用いて能動RC高域通過回路を構成すると発振しやすいことが知られているが、広帯域の帯域通過回路として微分器を用いて構成することにより回路は発振せず、構造も簡単になる。

本報告では、高域通過回路を広帯域の能動RC帯域通過回路として、演算増幅器の周波数特性を考慮した微分器を用いて構成する方法、及び、その実験結果を示す。

2. 能動RC帯域通過回路の構成

微分器を用いた能動RC回路の構成法を示す。

図1に3次R-R型受動LCR低域通過回路を示す。図1において終端抵抗 r_2 の両端の電圧は、終端抵抗 r_2 に流れる電流に等しい。ここで、図1をシグナルフローグラフに変換すると図2になる⁽²⁾。さらに、帯域通過回路に変換するために、

$$p \rightarrow \frac{1}{\Delta} \left(p + \frac{1}{p} \right) = \frac{1}{\Delta} \left(\frac{s}{\omega_0} + \frac{\omega_0}{s} \right)$$

但し、 $\Delta = \frac{\omega_H - \omega_L}{\omega_0}$, $\omega_0 = \sqrt{\omega_H \omega_L}$

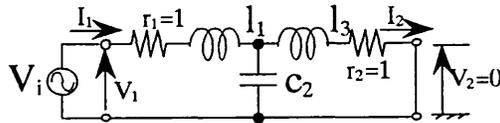


図1 R-R型受動LCR低域通過回路

と置き換えたシグナルフローグラフは、図3になる。

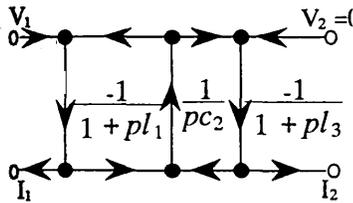


図2 図1のシグナルフローグラフ

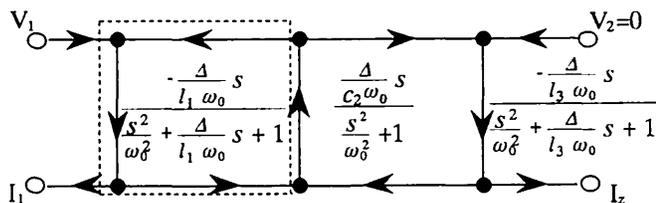


図3 周波数変換したシグナルフローグラフ

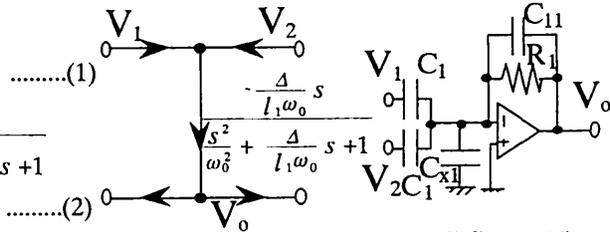
図3において、まず破線で囲まれた部分について考える。この部分のシグナルフローグラフ(図4(a))と等しい伝達関数を持つ回路を、演算増幅器の周波数特性を考慮した微分器を用いて構成すると、図4(b)のようになる。図4(a)、(b)の伝達関数は演算増幅器の利得を GB/s とすると、それぞれ式(1)、(2)で表される。このとき、式(1)、(2)の係数を比較して素子値を定める。但し、 ω_H は式(3)の範囲で定めなければならない。同様に、残りの部分もこの構成法を応用して能動化する。

$$\frac{V_o}{V_1+V_2} = \frac{-\frac{\Delta}{l_1\omega_0}s}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{\Delta}{l_1\omega_0}s + 1}$$

$$\frac{V_o}{V_1+V_2} = \frac{-R_1C_1s}{\frac{R_1(2C_1+C_{11}+C_{x1})}{GB}s^2 + \left(\frac{1}{GB}+R_1C_1\right)s + 1}$$

$$\omega_H \leq \frac{GB + 3\omega_L}{l_1}$$

$$\omega_H \leq \frac{\omega_L + 3}{GB l_1}$$



(a)シグナルフローグラフ (b)能動RC回路

図4 微分器を用いた能動RC回路

図3のシグナルフローグラフを能動RC回路で構成すると図5になる。図5における C_{x1}, C_{x2}, C_{x3} は、式(3)の ω_H を定めるのに関係している素子である。

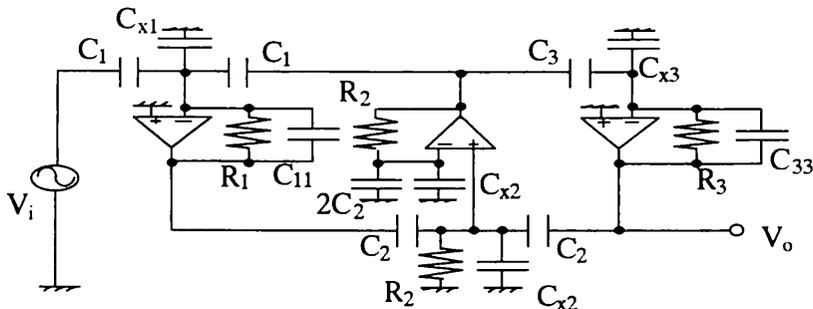


図5 能動RC帯域通過回路

3. 実験結果

実際に図1の低域通過回路を振幅平坦特性で設計して ($l_1=1, c_2=2, l_3=1$)、図5の能動RC帯域通過回路を作り実験を行った。また、 $GB=2\pi \times 4.5 \times 10^6$ [rad/s]として ω_H は式(3)の範囲内で決定した。

遮断角周波数を $\omega_L=2\pi \times 1 \times 10^3$ [rad/s], $\omega_H=2\pi \times 500 \times 10^3$ [rad/s], $\omega_L=2\pi \times 1 \times 10^3$ [rad/s], $\omega_H=2\pi \times 1 \times 10^6$ [rad/s]としたときの振幅特性をそれぞれ、図6、図7に示す。高周波と上側遮断周波数付近以外は、図6、7共に理論通りの平坦な特性を示している。

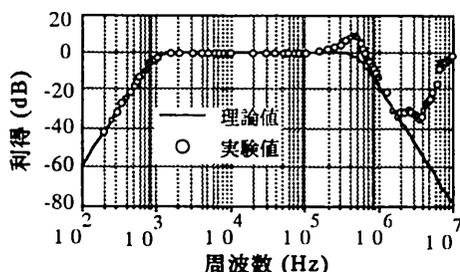


図6 振幅特性1

($\omega_L=2\pi \times 1 \times 10^3$ [rad/s], $\omega_H=2\pi \times 500 \times 10^3$ [rad/s])

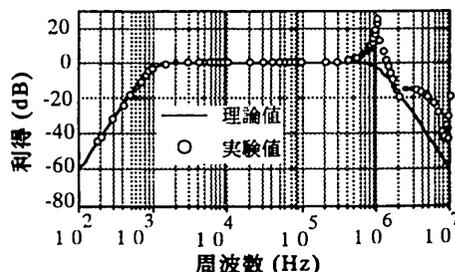


図7 振幅特性2

($\omega_L=2\pi \times 1 \times 10^3$ [rad/s], $\omega_H=2\pi \times 1 \times 10^6$ [rad/s])

4. まとめ

今回の報告では、高域通過回路を広帯域の能動RC帯域通過回路として、演算増幅器の周波数特性を考慮した微分器を用いる構成法について述べ、実際に6次の能動RC帯域通過回路(3次の高域通過回路)を構成し、その実験結果を示した。

図6、7の実験結果から、本構成法の高域通過回路としての有効性がわかった。今後、上側遮断周波数付近の持ち上がりに対する補償法と、高次の能動RC回路の構成法について検討する必要がある。

5. 参考文献

- (1) 渡辺弘道、菊池久和：“演算増幅器の有限GB積を考慮した能動RC高域通過回路の構成”
信学技報, CAS88-30 (1988-7)
- (2) 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)