

B4 アンチエイリアスフィルタに関する考察

清水 隆之 渡辺 弘道 菊池 久和 佐々木 重信
新潟大学 工学研究科

1. はじめに

入出力信号がアナログ信号で、この信号を離散時間システムで処理するには、信号をサンプリングしてから、離散時間システムでの処理を行う。このサンプリングの際に、サンプリング周波数の半分の周波数より高い周波数帯域に信号成分が存在すると、エイリアス現象が起こり、必要とする信号成分に影響を及ぼす。従って、このエイリアスの影響を小さくするため、サンプリングする前に、サンプリング周波数の半分の周波数より高い周波数帯域の信号成分を減衰させる必要がある。このためのフィルタをアンチエイリアスフィルタという。従来の逆フィルタが構成可能なアンチエイリアスフィルタの構成法^[2]では、希望の特性が得られなかった。そこで本研究は、逆フィルタが構成可能なアンチエイリアスフィルタの構成法を変えて回路構成し、希望の特性が得られたので報告する。

2. 信号処理システムについて

アンチエイリアスフィルタには、通常、無限に減衰するローパスフィルタを用いる。しかし、理想的なローパスフィルタを構成するのは不可能なので、取り出したい信号成分の特性に影響を及ぼす。また、従来からアンチエイリアスフィルタとして用いられているローパスフィルタは、最小位相推移回路ではない。そのため、逆フィルタを構成できないのでこのローパスフィルタによって影響を及ぼされた取り出したい信号成分の特性を元に戻すのは難しい。本報告では、アンチエイリアスフィルタとして、逆フィルタを構成できる伝達関数を用いる。そして、離散時間信号処理後に逆フィルタを用いて、変化した振幅、位相特性を元に戻すシステムについて述べる。信号処理システムについて、従来から用いられているシステムを図1、我々の考案したシステムを図2に示す。

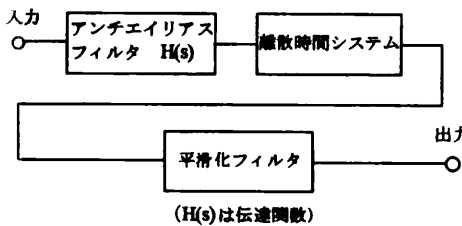


図1 従来からのシステム

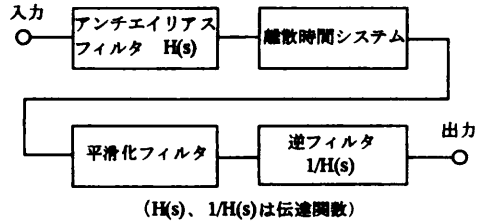


図2 考案したシステム

3. 逆フィルタの構成可能な特性式とその回路の実験結果

次の特性式が知られている。

$$\left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right|^2 = \frac{Y_{min}^2}{\alpha^4} \frac{\alpha^2 + X^{2n}}{1/\alpha^2 + X^{2n}} \quad (1)$$

$$\left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right|^2 = \frac{\alpha^4}{Y_{min}^2} \frac{1/\alpha^2 + X^{2n}}{\alpha^2 + X^{2n}} \quad (2)$$

(但し、 $0 < \alpha < 1$ 、 $X = j\omega S$ 、 $S = j\omega/\omega_0$ 、 ω_0 は中心角周波数)

式(1)と式(2)は互いに逆数の関係になっている。式

(1)と式(2)を最小位相推移回路として能動RCフィルタで構成する。従来は、B I Q U A D形回路を接続する回路構成で構成した。その実験結果を図3~5に示す。(図5は式(1)と式(2)の回路を接続したときの特性)いずれもほぼ理論値どりの結果が得られた。従来の構成法では、アンチエイリアスフィルタにおいて低周波数で理論値より減衰した特性になり、逆フィルタにおいて40 dBの利得がとれていなかったが今回の構成法ではいずれも理論値どりに得られた。また、素子数も一つ少なく構成できた。(フィルタの仕様は $\alpha=0.1$ 、 $Y_{min}=1$ 、 $f_0=5\text{kHz}$ 、 f_c は中心周波数、次数は3)

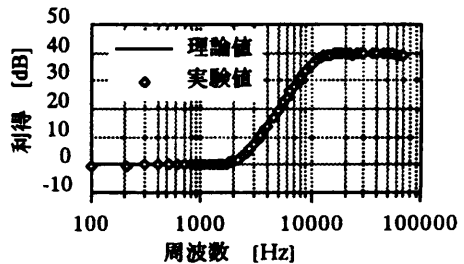


図3 (1)式の回路の振幅特性

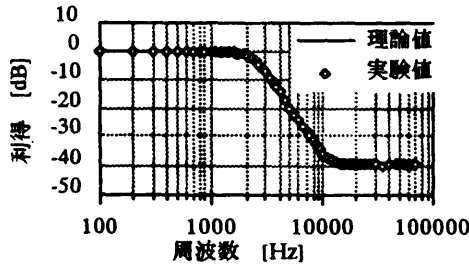


図4 (2)式の回路の振幅特性

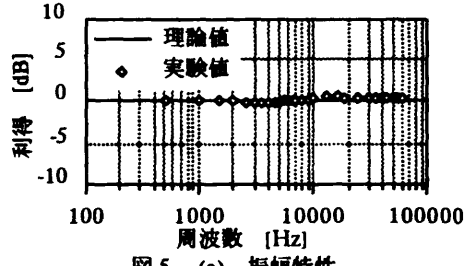


図5 (a) 振幅特性

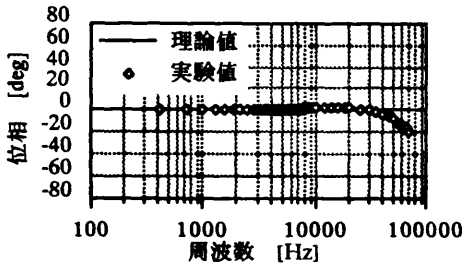


図5 (b) 位相特性

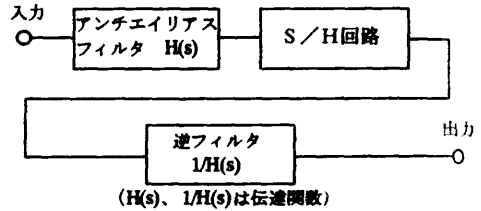


図6 実験方法の概略

4. 実験結果

実際に式(2)をアンチエイリアスフィルタ、式(1)を逆フィルタとして用いたときの特性を確認するために、図6の実験方法で実験を行った。S/H回路は、信号を標本化し保持する回路である。図6の入力から正弦波を入力し、そのときの出力のスペクトルを測定した。(サンプリング周波数は10kHz)正弦波の入力周波数が0~5kHz(サンプリング周波数の半分の周波数)までと、5~10kHz(サンプリング周波数)までのスペクトル(デシベルに換算)の変化を実験結果として図7に示す。図7に示したエイリアス成分は、入力周波数が5~10kHzのときの出力周波数が50~5kHzの成分である。実験結果は、理論値に近い値が得られた。

5. まとめ

今回、逆フィルタが構成可能なアンチエイリアスフィルタの構成法を変えて回路構成し、ほぼ理論値どりの特性が得られた。図5と図7の結果から、本報告で述べた信号処理システムは、アンチエイリアスフィルタによる振幅、位相特性の変化を元に戻すことに対して、有効であることがわかった。今後の課題は、実際に離散時間処理システムにおいてスイッチトキャパシタフィルタを入れての考察などが挙げられる。

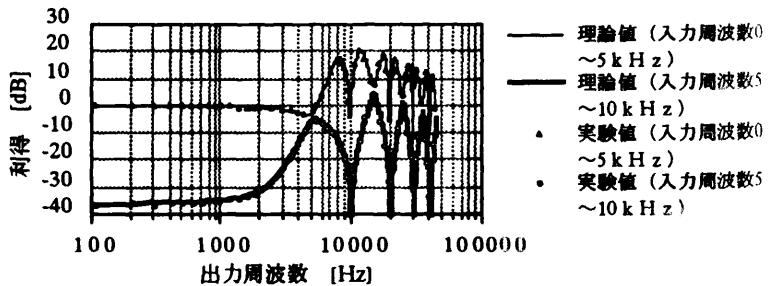


図7 実験結果

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)
- [2] 武田 博 清水隆之 渡辺弘道 菊池久和 佐々木重信: "アンチエイリアスフィルタについての一考察" 電子情報通信学会信越支部大会 (1994-10)