

SCF를 위한 PRE-FILTER 설계에 관한 연구

o 조성익, 조해풍, 김석호, 김동용
전북대학교 전기공학과

A Study on Pre-filter Design for SCF

o S.I. Cho, H.P. Cho, S.H. Kim, D.Y. Kim
Dept. of Electrical Eng. Chonbuk National Univ.

ABSTRACT

Because Filters do both the sampling or Sampled-and-Hold(S/H) operations, it result in the replication of the spectrum of input signal and (unless Nyquist's criterion is satisfied) induce aliasing distortion.

In this paper, therefore, we designed AAF(Analog Anti-aliasing Filers) so as to remove high-frequency components from input signal for aliasing distortion prevention before input signal had been processed frequency seletion by filters. and then, researched characteristics of it.

I. 서론

현대의 다량의 정보전달로 인하여 최근 신호처리는 PCM 통신, 인공위성통신, 디지털(Digital) 영상처리등에 있어서 필수적인 분야이고, 송수신단의 이상적인 신호를 무왜전송(distortionless transmission) 시키기 위해선 필터(filter)의 사용이 불가피하게 되었다.

필터는 샘플링(sampling)이나 S/H(sample-and-hold) 동작을 하므로 입력신호의 스펙트럼(spectrum)이 되풀이 되고 나이퀴스트(Nyquist) 조건을 만족시키지 못한다면 혼성왜곡(aliasing distortion)을 일으켜 원하는 입력신호를 전송할 수 없다.

그러므로 본 논문에서는 이러한 혼성왜곡을 방지하기 위하여 필터에 의하여 주파수 선별되기전에 연속시간 AAF(analog antialiasing filter)를 설계하여 입력신호의 고주파(high frequency) 성분을 제거하고자 한다.

II. AAF 설계

2-1. 입력신호 선별을 위해 S/H 동작을 하는 SC 필터회로

현재 입력신호의 baseband 필터링(filtering)을 위하여

널리 이용되는 SCF는 S/H 동작에 의하여 입력신호의 스펙트럼이 반복되므로 나이퀴스트 조건을 만족하지 못한다면 혼성왜곡을 초래하므로 그림2-1의 SC 필터 회로에 의하여 baseband 필터링 전에 저역통과(low pass) 연속시간 AAF가 요구된다.

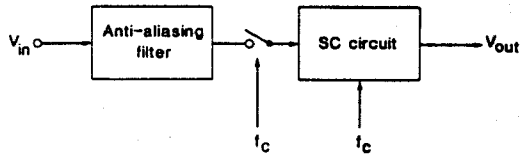


그림 2-1. 혼성왜곡을 방지하기 위해 AAF를 첨가한 SC 회로

그림2-1에서 간단히 하기 위하여 S/H 응답(sin x/x response)을 무시하면 SCF에 의한 입력신호의 baseband 필터링과 SCF의 혼성왜곡을 방지하기 위한 AAF의 주파수 응답은 그림2-2와 같다.

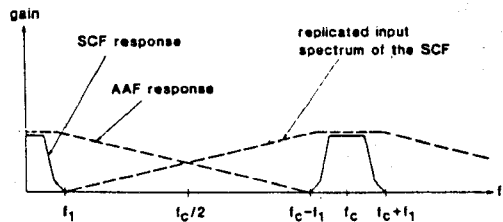


그림 2-2. SCF와 AAF의 주파수 응답

그림2-2의 f_1 은 SCF의 stopband 제한(limit) 주파수이므로 SCF의 입력 스펙트럼은 $f_c/2 \leq f \leq f_c - f_1$ 범위에서 에너지를 함유하고 있고 그것은 $f_1 \leq f \leq f_c/2$ 범위와 겹쳐진다. 그러나 $f_1 \leq f \leq f_c/2$ 주파수 범위는 SCF의 stopband 범위에 존재하여 결과적으로 SCF 응답범위

넘어있는 AAF 응답은 SCF에 의하여 억제되어 전체 시스템의 출력에는 나타나지 않는다.

2-2. SCF를 위한 AAF 설계

SC 시스템에서 AAF는 시스템의 나머지와 함께 MOS 칩위에 집적화되어야 하므로 AAF 칩 면적을 감소시키기 위하여 아주 낮은 차수 AAF는 thin-oxide capacitors와 poly-silicon resistor를 함유하는 그림2-3와 같은 능동 RC 필터를 본 논문에서 사용하고자 한다.

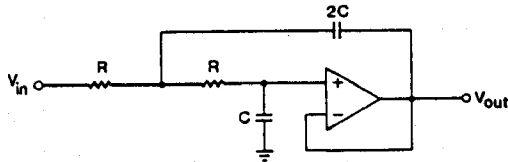


그림 2-3. AAF 실현을 위한 능동 RC 필터

그림2-3의 전달함수는 식(2-1)과 같고,

$$H(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{1}{2R^2C^2s^2 + 2RCs + 1} \quad (2-1)$$

극점주파수 ω_0 와 극점 Q를 도입하여 다시쓰면 식(2-2)와 같다.

$$H(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2} \quad (2-2)$$

그림2-3의 회로에서 두개의 저항이 서로 같고, 두개의 커패시터가 배수관계를 이루는 한 극점 Q는 R과 C에 무관하므로 극점주파수 ω_0 및 극점 Q를 나타내면 아래와 같다.

$$\text{극점주파수 } \omega_0 = 1/\sqrt{2} RC$$

$$\text{극점 } Q = 1/\sqrt{2}$$

1) AAF 설계조건

(1) 그림2-3의 AAF는 R, C 값이 그림2-4와 같은 최악(worst-case-tolerance)의 조건하에서도 만족하도록 설계되어야 한다.

2) f_{stop}/f_{pass} 비는 커야만 한다.
(전형적인 값은 10 - 수백)

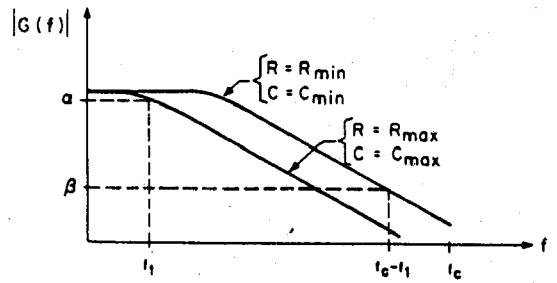


그림 2-4. AAF의 주파수 응답에 대한 제한

AAF의 설계조건인 1), 2)를 만족시키기 위해 설계될 AAF의 설계 사양은 표2-1과 같다.

표 2-1. 음성대역에서 입력 신호를 선별하기 위한 SCF의 혼성왜곡을 방지하기 위한 AAF 설계조건
(단 SCF의 $f_c = 128K$ 일때)

필터종류	저역통과 능동 RC 필터
차단주파수	6 KHz
차수	2 차

표 2-1에 의해 그림2-5의 주파수 변환된 R과 C의 소자값은 표 2-2와 같다.

표 2-2. 주파수 변환된 소자값

R	750 K Ω	C	25 pF
---	----------------	---	-------

식(2-1)에 표2-2의 주파수 변환된 소자값을 적용하여 시뮬레이션하면 설계된 AAF의 특성은 그림2-5와 같다.

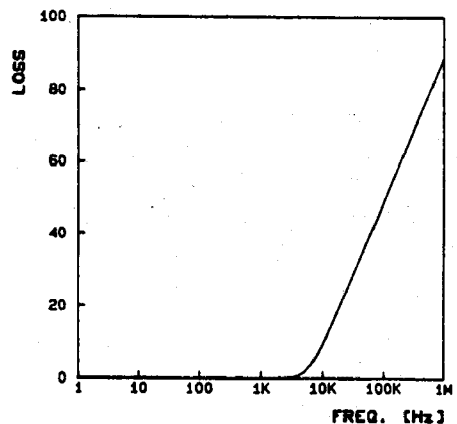


그림 2-5. AAF의 주파수 특성

III. AAF 시뮬레이션

參 考 文 獻

CMOS 연산증폭기의 등가회로를 이용하여 AAF를 아날로그 시뮬레이션 프로그램인 SPICE 2G를 통하여 시뮬레이션한 주파수 특성을 조사한후, 주파수 변환된 표2-2의 소자값을 식(2-1)에 적용하여 컴퓨터(HP-9816) 시뮬레이션한 결과를 비교한 주파수 특성은 그림 3-1과 같다.

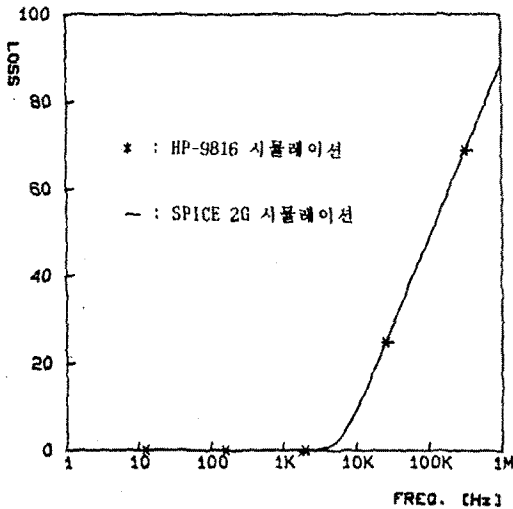


그림 3-1. AAF의 주파수 특성 비교

IV. 결 론

SCF는 MOS 스위치와 커패시터 그리고 연산증폭기로 이루어진 편지로 집적화가 용이하고 커패시터 비(ratio)에 의하여 저항을 정확하게 모의할 수 있으므로 현재 주파수 baseband 필터링을 위하여 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 SCF는 S/H 동작에 의하여 입력신호를 선별하므로 나이퀴스트 조건을 만족시키지 못한다면 혼성왜곡을 일으킨다. 이러한 혼성왜곡을 방지하기 위하여 입력신호가 필터에 의하여 주파수 선별되기 전에 저항, 커패시터, 연산증폭기로 구성된 AAF를 SCF 앞에 삽입하여 입력신호의 고주파 성분을 제거하여야 한다.

그러므로 본 논문에서 설계한 AAF를 집적화 하여 이용할 경우 S/H 나 샘플링 동작을 하는 필터에 의하여 입력신호를 선별할 경우 혼성왜곡방지를 위해 유용하게 사용될 것이다.

앞으로 설계한 AAF의 R, C의 소자값이 다소 크므로 AAF 필터를 3 차로 실현하는 방법에 대하여 고려하여야 할 것이다.

- [1] Robert W. Brodersen, Paul R. Gray and David A. Hodges, "MOS Switched-Capacitor Filters", Processing of The IEEE, vol.67, No.1, Jan. 1987
- [2] S. A. Boctor, "Single Amplifier Functionly Tunable Low-Pass Notch Filter", IEEE Trans. on CAS., vol. CAS-22, No11, pp.875-881, Nov. 1985
- [3] B. J. Hostica, R. W. Brodersen and P.R.Gray, "MOS Sampled Data Recursive Filter Using Switched Capacitor Integrator", IEEE J.Solid Circuit, vol. SC-12, pp.600-608, Dec. 1977
- [4] Ken Mattin, "Improved Circuits for the Realization of Switched-Capacitor Filters", IEEE Trans. on circuit and systems, vol. CAS-27 No. 4, April 1980
- [5] J. Mavor, M.A.Jack, and P.B.Denyer, Introduction to MOS LSI Design, Addison-Wesley, 1983
- [6] P. R. Gray, D.A.Hodges and R.W.Brodersen, Analog MOS Integrated Circuits, New York:IEEE Press, pp 28-49, 1980
- [7] R. Gregorian and G. Temes, Analog MOS Integrated Circuits for Signal Processing, New York :Wiley, 1986
- [8] P.E.Allen and E.Sanchez-Sinencio, SWITCHED CAPACITOR CIRCUITS, Van Nostrand Reinhold co., 1984
- [9] P.R.Gray and R.G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, New York:Wiley, 1984