

스위치드 캐패시터 회로를 이용한 PCM CODEC
필터 회로 설계에 대한 고찰

○
김 석 호 * 김 동 용 **
전북대학교 전기공학과 * **

Investigation about the Design of PCM CODEC
Filter Using Switched Capacitor Circuits

Kim Seok Ho * Kim Dong Yong **

** Dept. of Electrical Engineering, Chonbuk National University

ABSTRACT

This paper will review one approach to the design of PCM CODEC filter. The filter is synthesised using Switched Capacitor integrators, which are used to simulate the classical LC ladder filters which exhibit low component sensitivity.

1. 서론

Digital 통신방식에 있어서 CODEC과 CODEC filter는 PCM 방식을 이용한 전자 교환기의 중요한 부품으로 사용되어지고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 주파수 선택 특성이 우수한 CODEC Filter를 설계하기 위하여, 먼저 RLC로 구성된 수동 복중단 재자형 회로망을 이용하여 필터를 설계한 후, 수동회로망으로부터 직접 SC(Switched-Capacitor) 회로망으로 변환 시킬 수 있고, 수동 회로망의 저감도 특성을 그대로 유지할 수 있는 Leap-Frog 방법을 채택하여 CODEC Filter를 SC 회로망으로 설계한다.

SC 회로망을 이용하여 CODEC filter를 설계할 경우, MOS (Metal Oxide Semiconductor) 기술을 이용하면, CODEC과 CODEC 필터를 1 chip상에 집적화 하는데 유리하다는 장점을 가진다.

2. CODEC 필터

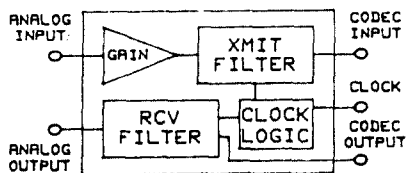


그림 1 (a) CODEC 필터의 block diagram

Block diagram of CODEC filter

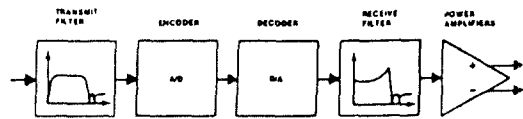


그림 1 (b) CODEC 필터의 응용 예

Application of CODEC filter

CODEC 필터는 그림 1(a)와 같은 block diagram 으로 나타낼 수 있으며, 응용 예는 그림 1(b)와 같다.

표 1 기존 제품 사양서 비교

The comparative specification of filters

FILTER	2912A	MC14413	TP3040
MAKER	Intel	Motorola	National Semi.
IC Technology	N-ch MOS	CMOS	CMOS
Filter type	Transmit & receive	Transmit & receive	Transmit & receive
Power Supply	+5 V -5 V	1V to 14V(single- ler) (typ. 12V)	+5 V -5 V
Transmit filter transfer feature(dB)	60Hz: -26 200Hz: -1.8 to -0.125 300Hz: -0.125 to +0.125 3400Hz: -1.4 to +0.1 4000Hz: below -14	(Pass band) below +0.15 below -0.15	A flat respon- se in the pas- sband and rejection of signals below
Receive filter transfer feature(dB)	200Hz: +0.5 to +0.125 300Hz: -0.125 to +0.125 3600Hz: -0.125 to +0.125 3400Hz: -1.4 to -0.1 4600Hz: -36	0.1 - 3KHz within +0.15 to -0.15	A stair-step signal having the inherent sin x/x frequ- ency response

기존 제품들의 제품사양서(specification)를 비교한 결과를 표 1 에 보였으며, 본 연구에서 설계할 사양은 다음과 같다.

· 필터 구조 :

* Transmit filter

(CHEBYSHEV 4차 HP + ELLIPTIC 5차 LP)

* Receive filter (ELLIPTIC 5차 LP)

· Transfer feature : 2912A (INTEL) 에 접근

1) Transmit 필터

PCM 방식에서는 Analog 신호를 8 KHz의 속도로 sam-

pling하므로, sampling이론에 의하여 음성신호는 4KHz 이하로 대역폭을 제한시키며, 전원주파수를 포함한 저주파를 차단 시키는 필터가 XMIT(Transmit) 필터이다.

XMIT 필터를 설계하기 위한 block diagram을 그림 2에 보았다.

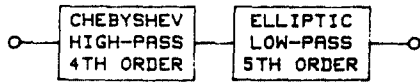


그림 2 XMIT 필터의 block diagram
Block diagram of XMIT filter

2) Receive 필터

RCV(Receive)필터는 CODEC의 decoder를 거친 고유의 SINC 함수 ((Sin x) / x)의 주파수 응답을 갖는 계단과형의 sampling된 음성신호를 재 구성하기 위하여, XMIT 필터에 사용된 ELLIPTIC 저역통과(LP) 필터를 사용한다.

3. 규준화된 CHEBYSHEV, ELLIPTIC 함수 및 회로 필터 회로로서 사용되는 수동 복중단 제자형 회로망은 그림 3과 같이 나타낼 수 있으며, 이 회로망은 첫째, 통과대역내에서 전력전송이 잘되며, 둘째, 소자변동에 따른 감도가 낮으며, 셋째, 사용되는 소자의 수가 다른 회로에 비하여 적다.

는 장점을 가진다.

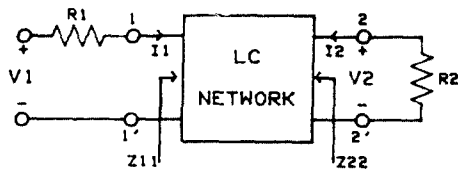


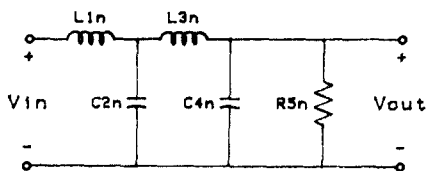
그림 3 복중단 회로망
Doubly terminated networks

1) CHEBYSHEV LP 함수 및 회로망

2장에서 주어진 설계조건에 의한 규준화된 함수는 식 (1)과 같으며, 회로망은 그림 4와 같다

$$H(S) = \frac{K}{S^4 + A3*S^3 + A2*S^2 + A1*S + A0} \quad (1)$$

A3 = 1.80377250 A2 = 2.62679762
A1 = 2.02550052 A0 = 0.82850927
Normalized Gain K = 0.08008418



L1n = 1.3975 [H] C2n = 1.8148 [F]
L3n = 1.5394 [H] C4n = 0.7570 [F]
R5n = 1 [Ω]

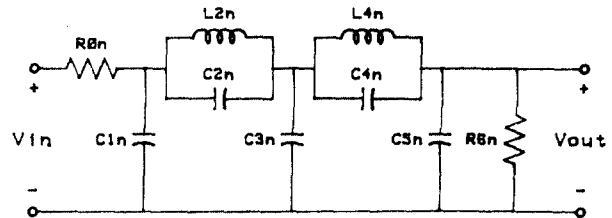
그림 4 규준화된 CHEBYSHEV LP 필터 회로
Normalized network of CHEBYSHEV low-pass filter

2) ELLIPTIC LP 함수 및 필터 회로

1)절에서 제시된 CHEBYSHEV 필터와 동일한 방법으로 의하여 규준화 된 함수를 구하면 식 (2)와 같으며, 회로는 그림 5와 같다.

$$H(S) = \frac{K (S^4 + B2*S^2 + B0)}{S^5 + A4*S^4 + A3*S^3 + A2*S^2 + A1*S + A0} \quad (2)$$

A4 = 1.70353430 A3 = 2.82107442
A2 = 2.55580282 A1 = 1.68834047
A0 = 0.64893589
B2 = 6.10579762 B0 = 8.10317253
Normalized Gain K = 0.81902540



C1n = 0.9877 [F] L2n = 1.1625 [H]
C2n = 0.2070 [F] C3n = 1.5344 [F]
L4n = 0.8076 [H] C4n = 0.6351 [F]
C5n = 0.7113 [F]
R0n = 1 [Ω] R6n = 1 [Ω]

그림 5 규준화된 ELLIPTIC LP 필터 회로
Normalized network of ELLIPTIC low-pass filter

4. SC 방법에 의한 XMIT 필터 및 RCV 필터 설계

수동 복중단 제자형 회로로부터 SC 회로로 변환하는 방법을 그림 6에 제시하였다.

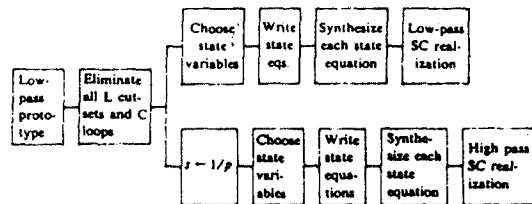


그림 6 SC 회로망 설계 방법
Methods of design of SC network

그림 7에서 보인 수동 제자형 회로망에서 V 에 대한 일반적인 상태 변수 방정식은 식 (3)과 같으며, 식 (3)을 SC 적분기를 이용하여 변환한 회로는 그림 8과 같다.

$$V(z) = [1/(z-1)] [\alpha_{1j} V_j(z) - \alpha_{2j} V_j(z) + \alpha_{3j} V_k(z)] \quad (3)$$

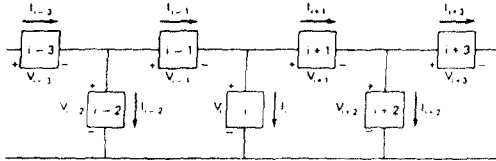


그림 7 일반적인 LC 제자형 회로망의 내부
The interior portion of a general LC ladder network

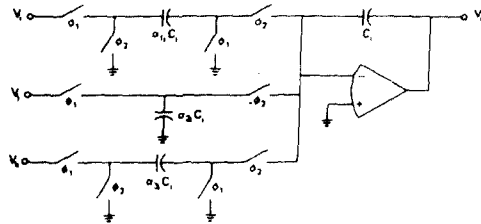
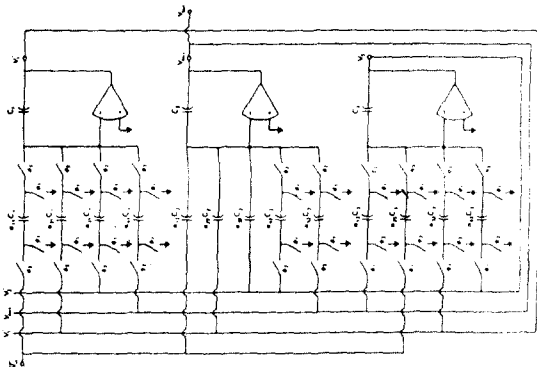


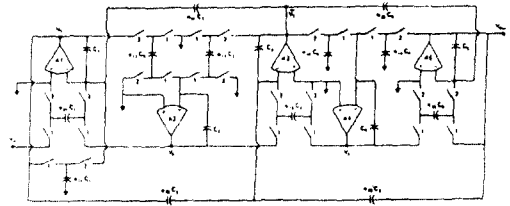
그림 8 일반적인 상태 변수 방정식을 SC 적분 회로를 이용하여 설계한 회로
General realization of state variable equation using SC integrators

그러므로, 3장에서 제시한 규준화 된 수동 복중단 제자형회로는 일반적인 상태변수방정식의 조합으로 표현할 수 있으므로, SC 회로로의 설계는 그림 8을 인걸하여 설계할 수 있다.

1) XMIT 필터의 SC 회로 및 특성곡선



(a) CHEBYSHEV high-pass SC network



(b) ELLIPTIC low-pass SC network

그림 9 XMIT 필터의 SC 회로
SC network of XMIT filter

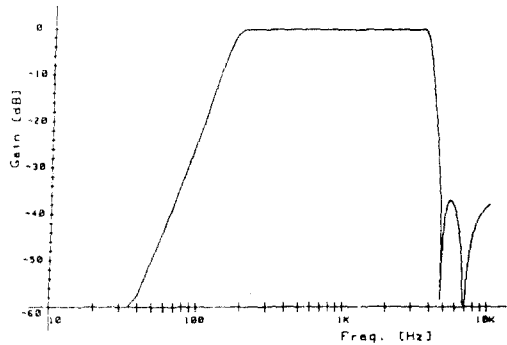


그림 10 XMIT 필터의 특성곡선
Characteristic of XMIT filter

2) RCV 필터 회로 및 특성곡선

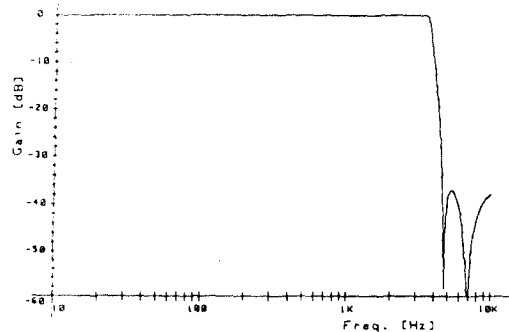


그림 11 RCV 필터의 특성곡선
Characteristic of RCV filter

5. 결과 및 검토

수동복중단 제자형회로로부터 수동회로망의 소자변동에 따른 저감도 특성이 SC 회로망에서 그대로 유지되고, 수동 회로망으로부터 직접 SC 회로로 변환이 가능한 Leap-Frog 방법에 의하여 CODEC filter를 설계하였다.

SC 회로의 구성은 수동 회로망에서 구한 상태 변수 방정식을 SC 적분기를 이용하여 설계하고, 설계된 SC 회로를 COMPUTER를 이용하여 주파수에 따른 특성곡선을 모의해본 결과, 그 특성이 최근제품에 접근하는 것을 확인할 수 있었다.

그러나, 실제의 소자로써 구성하였을때와 IC로 집적화했을 경우는 그 특성이 모의한 결과와는 차이가 있을 것으로 예상되며, 이러한 오차를 최대한 줄이기 위한 방법을 모색해야할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) INTEL, Telecommunication Products Handbook, 1984.
- 2) HARRIS, ANALOG Product Data Book, 1986.
- 3) MOTOROLA, CMOS data book, 1986
- 4) A. I. Zverev, Handbook of Filter Synthesis, John Wiley and Sons, New York, 1967.
- 5) A. B. Williams, Electronic Filter Design Handbook, McGraw-Hill, 1981.
- 6) H. K. Kim, 회로망합성론과 필터 설계, 대한전기협회, 1983.
- 7) P. E. Allen, S. S. Edgar, Switched Capacitor Circuits, V.N.R. co., 1984.
- 8) Kul B. Ohri, M. J. Callahan, JR, " Integrated PCM Codec," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. SC-14, pp. 38-46, Feb. 1979.
- 9) Y. A. Haque, R. Gregorian, R. W. Blasco, R. A. Mao and W. E. Nicholson, "A Two Chip PCM Voice CODEC with Filters," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. SC-14, pp.961-969, Dec. 1979.