

육상 이동 라디오 시스템용 호처리기 IC

정회원 전형근*, 김종문*, 송호준*

A Signaling Processor IC for Land Mobile Radio System

Hyoung-Keun Jeon*, Jong-Moon Kim*, Ho-Jun Song* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 육상 이동 라디오 시스템용 호처리기 IC에 관하여 논한다. 본 IC는 육상 이동 라디오 시스템간의 호처리를 위하여 CTCSS 톤 또는 DCS 코드를 발생시키는 기능과 이를 다시 해독하여 음성경로를 개폐하는 기능을 수행한다. 호처리를 위한 CTCSS 톤 및 DCS 코드 신호는 서브오디오 대역에 위치하며 음성신호와 함께 전송된다. 오디오 및 서브오디오 경로는 스위치드 커패시터 필터로 구성되어 있다. 본 IC는 0.6- μ m CMOS 공정으로 구현되었으며 전체 칩 크기는 3 mm x 4.3 mm 이며 3.3 V에서 약 3.4 mA의 전류를 소모한다.

ABSTRACT

This paper describes a signaling processor IC for land mobile radio systems. This IC generates CTCSS tone or DCS code signals for signaling between the land mobile radio systems and decodes them to open the audio path. The CTCSS tone or DCS code signals occupy the subaudio band and are transmitted with voice signal. The audio and subaudio paths consist of switched capacitor filters. The IC has been implemented in 0.6- μ m 2-poly 3-metal CMOS process. The chip size is 3 mm x 4.3 mm and total current is about 3.4 mA at 3.3 V.

I. 서론

최근 들어 산업사회의 다양화와 함께 육상 이동 라디오 시스템 (land mobile radio system)으로 통칭되는 산업용 무전기 (industrial radio)와 생활 무전기 (family radio service)의 사용이 급격히 증가하고 있다. 이는 PCS, 이동 통신, TRS와 같은 진보된 통신 수단의 경우 많은 기지국 및 망을 가지고 있어야 하는 반면 육상 이동 라디오 시스템은 단순한 무전기로서 근거리에서 망과의 연동 없이 서로 손쉽게 통화를 할 수 있다는 장점이 있다. 따

라서 소규모의 그룹 또는 개인간의 간단한 통신 수단으로서 유럽과 미국에서는 이미 이러한 육상 이동 라디오 시스템이 많이 보급되어 사용되어 왔으며 사용자가 늘어남에 따라 주파수 대역을 점점 더 많이 할당하고 있다. 국내에서도 국내 2형 civil 448이란 규격아래 448 MHz 주파수 대역을 할당하여 사용하고 있다. 본 논문에서 다루고자 하는 호처리기 (signaling processor) IC는 많은 육상 이동 라디오 시스템 이용자들이 공동의 주파수 채널을 이용할 때 그룹간 또는 개인간의 통신이 가능하게 해주는 것으로서, 이것은 각 이용자들에게 고유한 코드를 주어 송신시에는 음성신호와 함께 실어 전송하고, 수신시에는 자기가 원하는 코드가 수신될 때만

* 충남대학교 전자공학과
논문번호 : 99187-0514, 접수일자 : 1999년 5월 14일

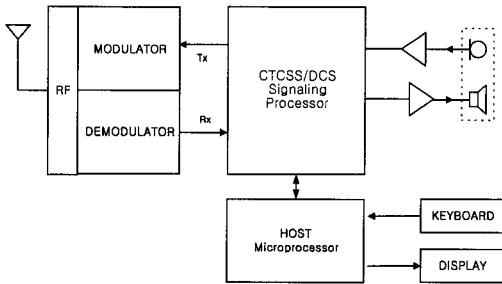


그림 1. 육상 이동 라디오 시스템

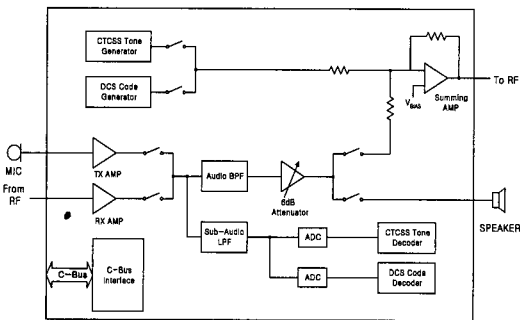


그림 2. 호처리 IC의 블록 다이어그램

수신기의 오디오 경로를 열어 상대방과 통화를 한다. 호처리기는 그림 1에 보인 바와 같이 무선라디오 단말기의 RF 부와 마이크로프로세서 사이에 위치하여 사용자별로 정해진 코드를 발생시키고 이를 해독(decoding)하여 오디오 경로를 개폐하는 기능을 수행한다. 호처리 방식으로는 Continuous Sub-audio Tone Squelch System (CTCSS)이 가장 보편적으로 사용되고 있으며, 이 방식은 서브오디오 대역(60-250 Hz)에 해당하는 단일 톤 (single tone) 정현파 신호를 음성신호와 함께 전송하고 수신자는 이를 다시 해독하여 해당하는 톤 신호가 검출 될 때만 오디오 경로를 열어준다. 최근에는 디지털 기술이 갖는 정확성과 많은 정보처리 능력 등의 고유한 이점을 이용한 Digital Coded Squelch System (DCS)도 많이 이용되고 있으며 DCS 역시 서브오디오 대역에 해당하는 134.4 bps의 주기를 갖는다. 최근 대부분의 무선 라디오 장비들은 CTCSS 와 DCS 기능을 함께 가지고 있다. 본 논문에서는 무선 라디오 시스템용 CTCSS/DCS 호처리 IC의 설계 및 구현에 대하여 논하며, II장은 전체 호처리 IC에 대하여 논하고, III장에서는 이의 집적회로 구현 및 측정에 관하여 논한다.

II. CTCSS/DCS 호처리기

그림 2는 CTCSS/DCS 호처리기의 전체 블록 다이나그램을 보여준다. 호처리기는 마이크로 프로세서의 제어에 의해 해당하는 CTCSS 톤 신호 또는 DCS 코드를 발생시키는 CTCSS/DCS 신호발생기, 안테나 및 RF부를 통하여 기저대역으로 변환된 수신 신호로부터 CTCSS 톤 또는 DCS 코드를 해독하는 CTCSS/DCS 신호해독기, 해당하는 CTCSS 톤 또는 DCS 코드가 검출될 때만 수신된 음성신호를 스피커로 출력하거나 발생된 톤 또는 코드 신호를 마이크로부터 입력된 음성신호와 섞어 안테나 및 RF 부로 출력하는 오디오 경로, 수신된 신호로부터 CTCSS 톤 또는 DCS 코드를 분리하여 CTCSS/DCS 신호 해독기로 보내주는 서브오디오 경로로 크게 4부분으로 구성되어 있다. 그 외에 외부의 마이크로프로세서와의 인터페이스를 위한 C-BUS 인터페이스 및 클럭발생기 부분이 있다.

A. CTCSS/DCS 신호 발생기

CTCSS/DCS 신호 발생기는 마이크로프로세서의 제어하에 프로그램된 CTCSS 톤 신호 또는 DCS 코드 신호를 발생시키는 부분이다. 표 1은 가장 일반적으로 사용하는 CTCSS 톤의 표준 주파수 값을 보여준다. 사용주파수는 오디오신호 대역 아래에 해당하는 서브오디오 대역(67.0-254.1 Hz)을 사용하고 있으며, 각 해당 톤의 주파수 값이 커질수록 주파수 간격이 점차로 증가함을 알 수 있고 이는 높은 주파수에서도 동일한 간격을 유지하면 선택도가 높아져 수신단에서 CTCSS 톤 검출 시 어려움이 따르므로 이를 고려한 것이다.

표 1. 표준 CTCSS 주파수

Frequency (Hz)			
67.0	100.0	151.4	199.5
69.3	103.5	156.7	203.5
71.9	107.2	159.8	206.5
74.4	110.9	162.2	210.7
77.0	114.8	167.9	218.1
79.7	118.8	173.8	225.7
82.5	123.0	179.9	229.1
85.4	127.3	183.5	233.6
88.5	131.8	186.2	241.8
91.5	136.5	189.9	250.3
94.8	141.3	192.8	254.1
97.4	146.2	196.6	

본 논문에서 설계된 CTCSS 톤 신호발생기는 그림 3에 보인바와 같이 아날로그 및 디지털 회로를 혼합하여 구성하였다. 일반적으로 단일 톤 신호는 SINE 값에 해당하는 데이터를 ROM에 저장시켜 놓고 이를 다시 읽어내어 D/A 변환을 하는 방법을 많이 사용하나 [1], 이 경우에는 ROM 및 D/A 변환기, 또한 어드레스 발생기 등에 의해 면적 및 전력 소모가 증가한다. 본 논문에서는 이를 효율적으로 구현하기 위하여 한 주기에 해당하는 SINE 파를 저항열을 이용하여 33 레벨로 정하여 놓고 최종적으로 발생시킬 톤 주파수의 64배에 해당하는 샘플링 클럭을 디지털 로직에서 발생시켜 이를 순차적으로 턴-온 시켜 정현파를 발생시키는 방법을 사용하였다. 이때 디지털 로직에 사용된 주 클럭신호는 발생시키고자하는 정현파의 최대 주파수인 254.1 Hz의 64배에 해당하는 16.262 KHz 보다도 약 250배 높은 4.032 MHz를 사용하여 CTCSS 톤 신호 주파수의 최대 오차를 0.5 % 이내가 되도록 설계하였다.

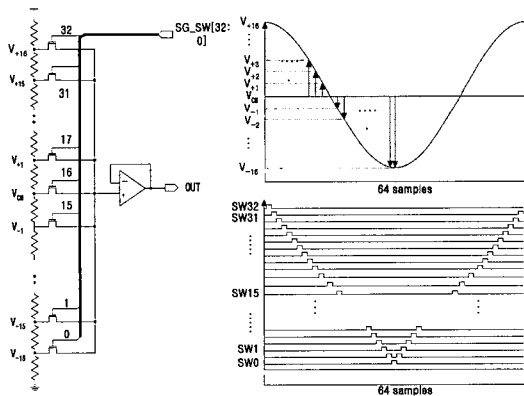


그림 3. CTCSS 톤 신호 발생기

한편 DCS 코드는 CTCSS 톤 신호와는 별개의 코드 체계를 가지므로 CTCSS 방식으로는 발생시킬 수 없다. DCS 코드는 23 비트의 이진 값 (binary)으로서 다음과 같이 3부분으로 구성된다.

- ID code : 9-bit (3개의 octal digit으로 구성)
- Marker : 3-bit ('001'로 고정됨)
- Parity : 11-bit (error 검출을 위해 수학적으로 지정)

예를 들면, DCS 코드가 143인 경우 다음과 같은 23 비트로 표시된다.

```

┌   PARITY   ┐ ┌ M ┐ ┌ ID ┐
0 1 1 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1
                                     '1' '4' '3'
    
```

3개의 octal digit으로 구성되는 코드는 000부터 777까지 만들 수 있으나 동일 코드라도 쉬프트 되었을 때 다른 코드와 동일하게 인식될 수 있으므로 다음과 같이 최소한 비트 편차가 7 비트 이상 되는 것만을 고려하여 83개의 표준 코드만을 사용한다.

- 0100100010010000110011001001000100100001100110
(code word 146)
- 1100110010010001001000011001100100100010010000
(code word 220)
- 1100100100010010000110011001001000100100001100
(code word 414)
- 0001100110010010001001000011001100100100010010
(code word 422)
- 0100001100110010010001001000011001100100100010
(code word 442)

상기 DCS 코드는 134.4 bps로 일정하게 고정되어 있으므로 디지털 로직회로에서 초당 134.4개의 펄스 신호를 만든 다음 해당하는 DCS 코드에 따라 위에 설명한 바와 같이 3가지 코드를 조합 시켜 연속적으로 발생시킨다.

또한 DCS 코드 송신을 종료 시에는 칩 하는 수신음 꼬리가 (tail) 발생하는데 이를 제거하기 위하여 송신 DCS 코드를 해제한 뒤에도 180~200ms 동안 134.4 bps의 일정한 펄스 폭을 갖는 TURN-OFF 코드를 자동 송출하고 수신시에는 이를 검출하여 즉시 통화 채널을 차단하여 수신음 꼬리를 제거하도록 하였다.

B. CTCSS/DCS 신호해독기

CTCSS/DCS 신호해독기는 안테나로부터 RF의 복조기를 통해 기저대역으로 저역변환된 신호로부터 CTCSS 톤 또는 DCS 코드의 유무를 판별하는 것이다. 즉 먼저 수신된 신호는 음성신호 (audio band : 300Hz - 3KHz)와 CTCSS 톤 또는 DCS 코드신호 (subaudio band : 67 ~ 254.1Hz)가 혼합되어 있으므로 CTCSS 톤 또는 DCS 코드 신호를 음성 신호로부터 분리하기 위하여 먼저 차단주파수가 약

250Hz인 서브오디오 저역통과필터를 통과시킨다. 이 저역통과필터의 출력은 아날로그-디지털 변환기를 거쳐 CTCSS 또는 DCS 해독기(decoder)로 입력된다. CTCSS 톤 신호의 경우에는 단일 주파수이므로 아날로그 신호를 1 비트(2 level)의 디지털 신호로 바꾼 후 제로 통과점을 기준으로 (즉, 아날로그-디지털 변환기의 출력이 천이된 후) 다음 제로 통과점까지의 시간을 내부 클럭을 사용하여 카운트하여 그 값을 가지고 해당하는 주파수를 갖는 톤 신호가 있는지 유무를 판별한다. 본 논문에서는 한 주기만 카운트 할 경우 잡음 등 외부 교란에 의하여 오차가 발생하는 것을 방지하고자 8 주기(cycle)를 카운트하여 평균을 내는 방식으로 구현하였다. 내부 카운트에 사용된 클럭의 주파수는 CTCSS 톤 신호의 최대 주파수인 254.1Hz의 약 1000배에 해당하는 252 KHz를 사용하여 카운트 오차를 0.1% 이내로 하였다.

한편 수신된 DCS 코드는 디지털 구형파 신호이므로 사실상 아날로그-디지털 변환을 하지 않아도 되나 전달과정 중에 삽입된 잡음 및 외부 교란에 의하여 훼손된 것을 고려하여 다시 한번 증폭하고 슈미트 트리거(Schmitt trigger) 회로를 사용하여 원래의 디지털 신호로 깨끗하게 복원한 후 내부에서 발생된 복제(replica) DCS 코드와 비트 열을 비교하여 해당 DCS 코드 신호의 유무를 판별하도록 하였다. 그림 4는 CTCSS 톤 신호 및 DCS 코드를 검출하는 과정을 설명한다.

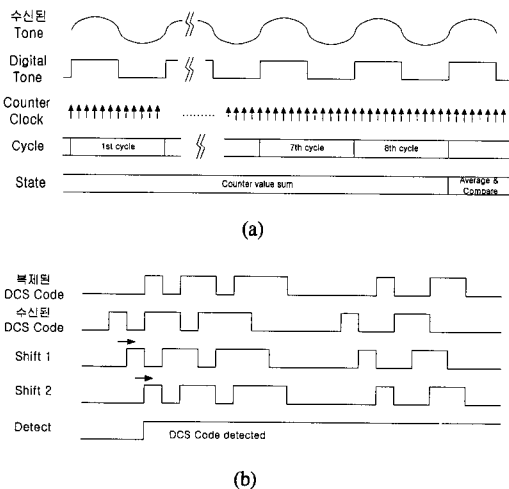


그림 4. CTCSS 톤 신호 및 DCS 코드 신호해독기의 동작과정
 (a) CTCSS 톤 해독과정
 (b) DCS 코드 해독과정

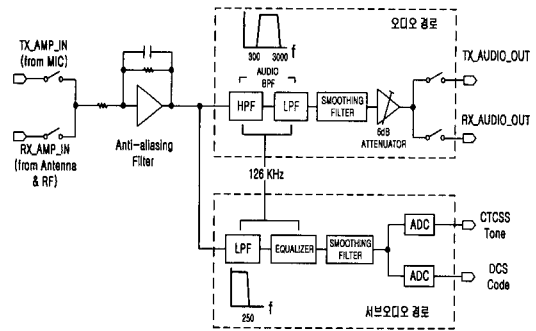


그림 5. 오디오 및 서브오디오 경로

C. 서브오디오 경로

서브오디오 경로는 오디오 대역 아래에 있는 60-250 Hz 대역을 나타내며 CTCSS 톤 신호 또는 DCS 코드 신호가 차지하는 대역이다. 따라서 먼저 안테나와 RF부의 복조부를 통하여 수신된 신호로부터 CTCSS 톤 또는 DCS 코드 신호를 분리해 주어야 한다. 그림 5는 서브오디오 경로와 오디오 경로를 보여주는 것으로서 서브오디오 경로는 저역통과필터(low pass filter)와 이를 디지털 신호로 바꾸어 주기 위한 A/D 변환기로 구성되어 있다. 서브오디오 저역통과필터의 차단 주파수는 약 250Hz이며 300 Hz에서 약 30 dB 이상의 감쇄 특성을 가져야 한다. 이는 함께 입력되는 음성신호를 충분히 제거하여 주어야만 오차 없이 CTCSS 톤 또는 DCS 코드의 유무를 검출 할 수 있기 때문이다. 서브오디오 대역의 필터는 상대적으로 주파수가 낮기 때문에 MOSFET-RC로 구성된 액티브 필터 또는 Gm-C 필터로는 소자의 값이 너무 커서 IC 구현이 불가능하다. 따라서 서브오디오용 저역통과필터는 SCF (Switched Capacitor Filter)로서 구현하는데 그 차단 주파수가 사용된 클럭 주파수 및 커패시터 비(capacitor ratio)에 의하여 결정되므로 작은 면적에서 구현이 가능하다. 동시에 최근의 반도체공정상 커패시터 비는 정확도면에서 약 1% 수준까지는 쉽게 얻을 수 있으므로 정교한 필터특성을 얻을 수 있으며 특성이 전원 전압과 온도의 변화에 민감하지 않으므로 전원 전압 및 온도 변화에 따른 튜닝 회로가 필요하지 않다. 본 논문에서 사용된 서브오디오 필터는 5차 elliptic SCF이며 구현 방식은 다음과 같다. 먼저 그림 6(a)에 보인 바와 같이 5차 elliptic LC ladder 필터에서 인덕터의 전류와 커패시터 양단에 인가되는 전압을 변수로 하여 전체 신호흐름도(Signal Flow Graph)를 구한 후 인덕터의

전류에 해당하는 미분항을 연산 증폭기와 커패시터를 이용하여 다시 적분항으로 변환한다. 따라서 각 인덕터는 연산 증폭기와 커패시터 항으로 대체된 그림 6(b)과 같은 신호 흐름도를 얻을 수 있으며 이를 실제 SCF 회로로 구현한다 [2]. 이때 각 해당 인덕터 및 커패시터의 값은 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{C_c}{C_u} = C \times \frac{R_S}{R_T} \times \frac{f_s}{2\pi f_c} \quad (1)$$

$$\frac{C_l}{C_u} = L \times \frac{R_T}{R_S} \times \frac{f_s}{2\pi f_c} \quad (2)$$

식 (1)~(2)에서 C_u 는 각 커패시터의 비를 정하는 단위 커패시터이고, f_s 는 클럭 주파수, f_c 는 차단 주파수를 나타내고, R_S/R_T 또는 R_T/R_S 각각 소스저항과 부하저항의 비를 나타내고, L 및 C 는 구현하고자 하는 인덕터 및 커패시터의 정규화된 (normalized) 값을 나타낸다.

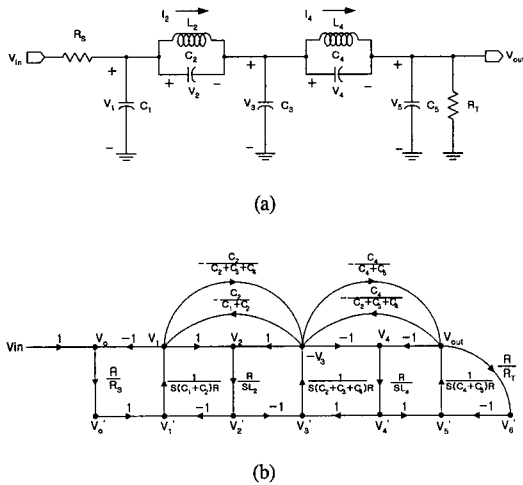
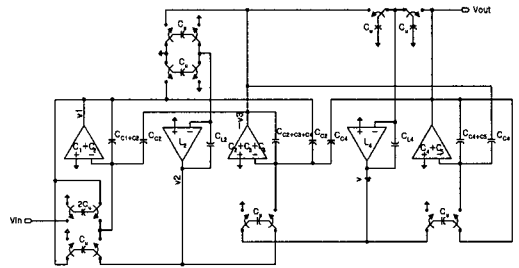


그림 6. 5차 elliptic 저역통과필터
(a) LC 래더 필터 (b) SCF 신호흐름도

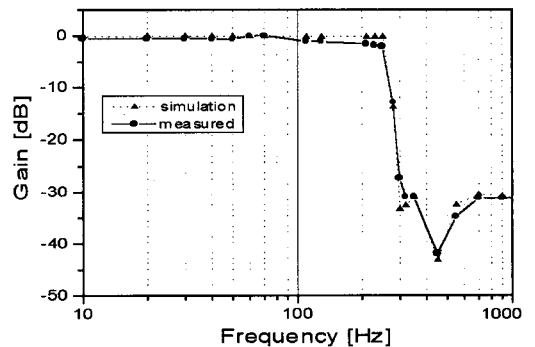
이때, SCF에 사용될 클럭 주파수는 126 KHz이며, 커패시터 비를 정하기 위한 단위 커패시터 값인 C_u 를 너무 작게 잡으면 실제 회로에서 주변의 기생 커패시터의 영향을 많이 받으므로 본 논문에서는 C_u 값을 0.25 pF로 결정하였다. 그림 7은 설계된 5차 elliptic SCF의 주파수 특성과 제작된 IC에서 측정된 주파수 특성을 보여주며 주파수가 커

짐에 따라 약 0.8 dB의 편차를 보인다. 이는 주변 기생 커패시터의 영향으로 생긴 것으로 생각되나 전체 필터 동작 특성에는 큰 영향을 주지 않는다.

한편, 서브오디오 필터는 약 250 Hz 근방에서 급격한 감쇄 특성을 가지므로 큰 그룹 지연차 (group delay difference)가 발생한다. 호처리 방식으로서 CTCSS 톤 신호만 사용할 경우에는 단일 톤이므로 그룹 지연차가 있어도 상관없으나 DCS 코드 신호는 134.4 bps로 코드의 전체 주기는 동일해도 서로 다른 시간 폭을 갖는 비트 열(bit stream)이므로 서브오디오 저역통과필터에서 야기된 그룹 지연차를 보상해 주어야 한다. 이를 위하여 부가적으로 크기는 변화 없이 위상지연만 보상하는 위상보상필터 (phase equalizer : all-pass filter)를 사용하였다. 이때 250Hz 대역 내에는 DCS 코드의 3차 하모닉 성분까지만 포함된다.



(a)

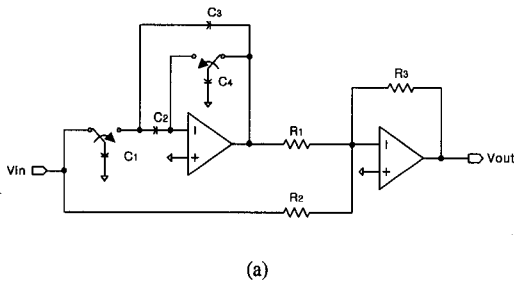


(b)

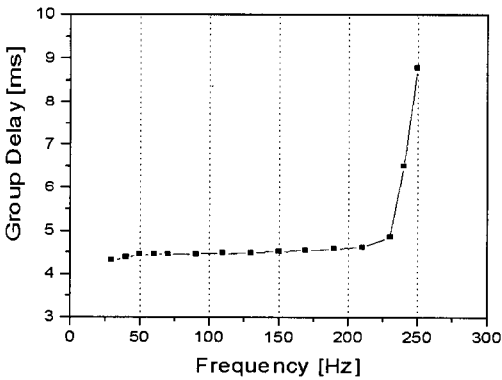
그림 7. 완성된 5차 elliptic 저역통과 SCF 필터 (a) 회로도 (b) 측정된 주파수 특성

즉 134.4 bps는 67.2 Hz에 해당하고 이의 3차 성분인 201.6 Hz 까지 서브오디오 대역에 포함되어 있다. 따라서 대략 225 Hz까지의 그룹 지연차가 DCS 코드의 한 칩 주기인 1/134.4 (7.44 ms)의 약

1/10보다 작은 0.5 ms 이내로 설계하였다. 상기 지연보상필터 역시 SCF로 구현하였으며 2차 multiple-feedback RC 필터를 SCF로 대체 한 것이다. 그림 8은 구현된 위상보상필터 회로 및 서브오디오 필터 및 위상보상필터를 통과한 최종 그룹지연특성의 측정값을 보여준다. 측정 결과 전체 그룹지연차는 약 0.48 ms 이내로 측정되었으며 설계치와 거의 일치하였다.



(a)



(b)

그림 8. 위상지연보상회로
(a)회로도 (b) 측정된 그룹지연특성

서브오디오경로의 최종 단 필터는 서브오디오에 사용된 필터 및 지연보상 필터가 클럭을 사용한 시스템이므로 이를 평활화하기 위한 필터 (smoothing filter)이며 차단주파수는 약 20 KHz이며 그 값이 어느 정도 편차가 있어도 되므로 단순히 폴리저항과 커패시터를 이용한 1차 RC 액티브 필터로서 구현하였다. 상기 서브오디오 필터 다음에는 디지털 신호로 바꾸어 주기 위한 A/D 변환기가 연결되며 CTCSS 또는 DCS는 단일 톤 또는 코드이므로 신호의 극성만 판별하는 즉, 제로통과점만 비교하는 비교기면 충분하나 전달과정 중에 삽입된 외부 잡음 또는 수신중의 교란에 의하여 제로통과점에 오차가 발생할 수 있으므로 이를 방지하고자 제로통

과점 (회로적으로는 전원 전압의 1/2에 해당함)을 기준으로 약 20mV의 역자현상(hysteresis)을 갖는 슈미트 트리거 회로를 사용하여 깨끗한 디지털 신호로 복원한 후 인버터 체인을 거쳐 CTCSS/DCS 신호해독기로 입력되도록 하였다.

D. 오디오경로

오디오경로는 그림 5에 보인 바와 같이 수신된 신호로부터 해당하는 CTCSS 톤 또는 DCS 코드가 검출되면 안테나로부터 수신된 신호로부터 음성신호를 오디오 대역통과필터를 거친 후 스피커로 출력하는 기능과 마이크로부터 입력된 음성신호를 오디오 대역통과필터를 통과시킨 후 CTCSS/DCS 신호 발생기에서 만들어진 톤 또는 코드 신호와 합하여 RF부로 전송하는 기능을 수행한다. 오디오 경로는 오디오 대역통과필터와 감쇄기로 구성되어 있다. 오디오 대역통과필터는 300~3000 Hz의 대역폭을 갖는 대역통과필터(band Pass Filter)로서 오디오 필터 역시 차단 주파수가 낮기 때문에 일반적으로 집적 회로 구현 시 MOSFET-RC 액티브필터 또는 Gm-C 필터로는 구현이 불가능하여 서브오디오 필터와 마찬가지로 SCF로 구현하였다. 오디오 대역통과필터는 고역통과필터(HPF)와 저역통과필터(LPF)를 직렬로 연결하여 얻었으며 SCF를 설계하는 방식은 서브오디오 방식과 동일하다 [4]. HPF의 차단 주파수는 300 Hz이고 250 Hz에서 약 35 dB의 이상의 큰 감쇄 특성을 갖도록 5차 elliptic HPF로 설계하였다. 이는 실제 수신된 신호에는 60~250Hz 대역의 CTCSS 톤 또는 DCS 코드 신호가 함께 섞여 있으므로 이때 충분히 제거가 이루어지지 않으면 귀에 앵앵거리는 Buzz 신호가 함께 들어온다. 상대적으로 LPF의 감쇄특성은 완만해도 되므로 차단 주

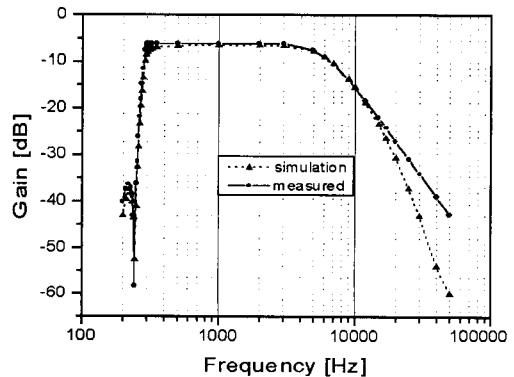


그림 9. 측정된 오디오 대역통과필터 특성

파수는 약 3KHz이며 30KHz에서 약 -40 dB의 감쇄 특성을 갖도록 2차 Butterworth LPF로 설계하였다. 이 LPF를 HPF와 같이 필요이상 급격한 차단 특성을 갖도록 설계 시에는 필터의 차수가 커져서 많은 면적을 차지하기 때문이다. 두개의 SCF에 사용한 클럭주파수는 126KHz 이며 설계된 특성과 제작된 IC에서 측정된 특성이 그림 9에 나타나 있다.

오디오 경로 최종 단의 필터는 서브오디오 경로와 마찬가지로 평활화 필터이고 서브오디오 및 오디오경로 앞에는 공통으로 anti-aliasing 필터가 있다. 오디오필터 출력은 계속하여 6 dB 감쇄기(attenuator)를 통과한 후 스피커로 출력된다.

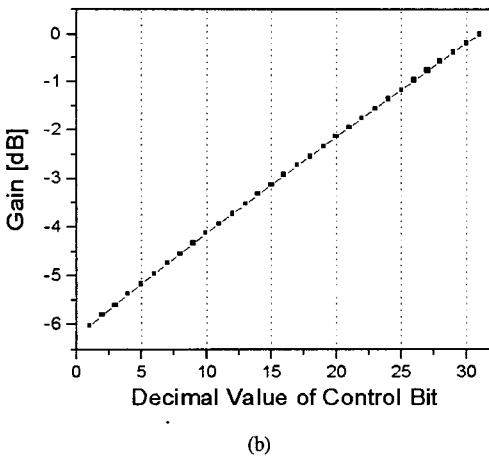
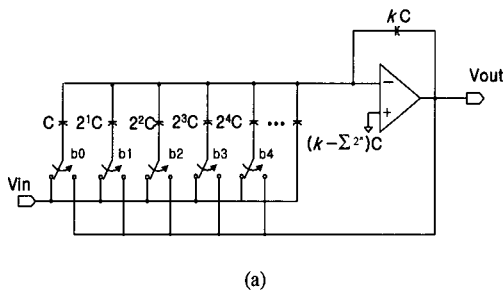


그림 10. 6-dB 감쇄기
(a) 회로도 (b) 측정된 전달특성

감쇄기는 그림 10(a)에 보인 바와 같이 커패시터를 이용하여 구현하였으며 5-bit의 디지털 입력에 따라 선형적인 Log 감쇄 특성을 갖는다. 이는 $(1-x)/(1+x)$ 의 특성이 10^x 과 유사한 함수라는 사실을 이용하여 구현한 것으로서 $(1-x)/(1+x)$ 에 log를 취하여 선형적인 dB 감쇄 특성을 얻은 것이다 [5]. 즉 디지털 비트 값에 따라서 capacitor를 입력 쪽으

로 연결하거나 출력 쪽으로 연결하여 $(1-x)/(1+x)$ 함수를 구현한 것으로서 비트의 수가 주어 졌을 때 k 값에 따라서 전체 감쇄 특성이 결정된다. 5비트의 제어 신호를 사용할 경우 -6dB, -12dB, -24 dB의 선형적인 감쇄특성을 갖기 위해서는 k 값이 각각 90, 50, 34(단, k=정수로 근사화)가 된다. 본 논문에서는 -6 dB의 선형 특성을 갖도록 설계하였으며 그림 10(b)은 측정 결과를 보여준다. 측정결과는 약 1.2% 정도의 비선형성을 보였으나 이것은 칩 구현시 기생 용량에 의한 영향과 더불어 설계시 k를 정수(integer)로 한정함에 원인이 있다.

III. 집적회로 구현 및 측정결과

설계된 IC는 AMS (Austrian Micro System)사의 0.6- μ m CMOS 2-poly 3-metal CMOS 공정으로 구현하였다. 디지털로직은 AMS 사의 셀 라이브러리를 이용하여 합성하였으며 아날로그회로는 AMS의 소자모델을 사용하여 HSPICE 프로그램으로 회로 시뮬레이션을 수행한 후 Full-Custom 방식으로 레이아웃을 하였다. 그림 11은 제작된 칩의 사진을 보여주며 디지털 블록은 좌측 상단 한쪽으로 배치하였고 아날로그 블록과의 사이에 충분한 가드 링을 설치하여 기판을 통한 잡음이 아날로그 회로에 영향을 주지 않도록 하였으며 전체 칩 크기는 3.0 mm x 4.3 mm 이며 디지털 로직에 사용된 게이트 수는 약 10,000개 정도이며 아날로그 블록은 커패시터를 제외하고 약 1000의 트랜지스터가 사용되었다. 전체 소모전류는 3.3 V에서 약 3.4 mA 이다.

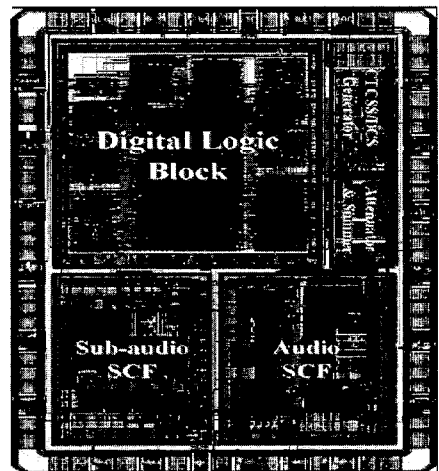


그림 11. 제작된 칩 사진

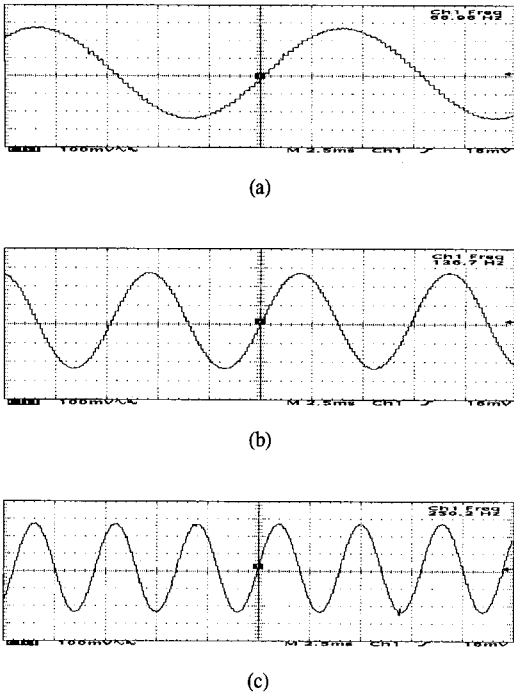


그림 12. 측정된 CTCSS 톤 발생기 출력
(a) 67.0 Hz (b) 136.5 Hz (c) 250.3 Hz

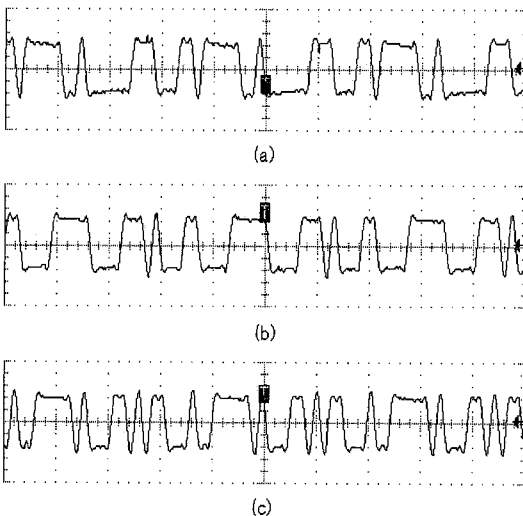


그림 13. 측정된 DCS 코드 발생기 출력
(a) DCS 032 (b) DCS 432 (c) DCS 754

각 필터의 특성 및 감쇄기의 특성의 측정결과는 앞서 설명한 바와 같이 시뮬레이션과 거의 일치하였으며 주변 기생용량의 영향으로 약간의 차이는 보이고 있으나 시뮬레이션 결과와 거의 일치하였다.

그림 12와 13은 CTCSS/DCS 신호발생기에서 출

력된 CTCSS 톤 및 DCS 코드 의 측정된 파형을 보여준다. CTCSS 톤 신호의 경우 측정된 주파수사 프로그램된 주파수와 최대 0.15% 이내의 오차를 나타내었고, DCS 코드 신호 역시 원하는 비트 열이 정확히 출력되었다. 상기 제작된 IC를 무선 라디오 단말기에 탑재하여 실장시험을 한 결과 통화에 성공하였으며 우수한 성능을 보였다.

IV. 결론

육상 라디오 시스템용 호처리기를 0.6- μ m CMOS 공정을 사용하여 개발하였다. 서브오디오 및 오디오용 SCF를 설계하여 그 동작을 검증하였으며, 디지털로직과 연동하여 CTCSS 톤 신호 및 DCS 코드 신호의 발생 및 해독이 정확하게 수행됨을 확인하였고 개발된 IC를 사용한 실장시험에서도 성공적으로 통화를 할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] CML Semiconductor Product Handbook-Signaling Processor, May 1996.
- [2] Gordon M. Jacobs, David J. Allstot, Robert W. Brodersen, and Paul. R. Gray, Design Techniques for MOS Switched Capacitor Ladder Filter, *IEEE J. Solid-State Circuits*, Vol. 25, No. 12, pp. 1014-1021, Dec. 1978.
- [3] Roubik Gregorian and William E. Nicholson, CMOS switched-capacitor Filters for a PCM Voice CODEC, *IEEE J. Solid-State Circuits*, Vol. 14, No. 6, pp. 970-980, Dec. 1979.
- [4] Gary. L. Baldwin and James L. McCreary, An MOS Digitally Controlled Analog Attenuator for Voice Band Signals, *IEEE J. Solid-State Circuits*, Vol. 14, No. 1, pp. 74-79, Feb. 1979.
- [5] Robert G. Meyer and Paul R. Gray, *Analysis and Design of Analog Integrated Circuit*, 3rd Ed., NY, John Wiley & Sons, Inc., 1993.

전 형 근(Hyoung-Keun Jeon)

정회원



1998년 2월 : 충남대 전자공학과
졸업(공학사)

1998년 3월~현재 : 충남대학교
전자공학과 석사과정

<주관심 분야> 디지털 신호처리 ASIC, 마이크로프로세서

김 종 문(Jong-Moon Kim)

정회원



1998년 2월 : 충남대 전자공학과
졸업(공학사)

1998년 3월~현재 : 충남대학교
전자공학과 석사과정

<주관심 분야> RF 및 IF 혼성모드 ASIC 설계

송 호 준(Ho-Jun Song)

정회원

현재 : 충남대학교 전자공학과 조교수