

# 소스축퇴를 혼합하여 선형성을 개선시킨 차동 트랜스컨덕턴스 증폭기

이상근, 강소영, 박철순  
한국정보통신대학교 공학부 계  
e-mail : happy1sg@icu.ac.kr, ksy0331@icu.ac.kr, parkcs@icu.ac.kr

## Highly Linear Differential Transconductance Amplifier With Mixed Source-degenerations

Sang-Geun Lee, So-Young, Kang Chul-Soon Park  
School of Engineering  
Information and Communications University

### Abstract

Linearity improvement technique of transconductor is presented in the paper. In order to certify the linearity improvement of proposed transconductor, the 3rd-order Elliptic low-pass Gm-C filter which provides 5MHz cutoff is implemented by using the transconductor. According to the IIP3 measurement result of filters, proposed filter has higher IIP3 than normal source-degeneration filter; the In-band IIP3 of proposed and normal filter are 10.1 dBm and 7.5 dBm respectively. The filter is fabricated in 1P6M 0.18- $\mu$ m CMOS while consuming the 3.3mW with 1.8 Vdd. The in-band input-referred noise voltage is 62.3  $\mu$ Vrms and the SFDR is 54.1 dB.

### I. 서론

IC(Integrated Chip)공정기술이 발전함에 따라 소자의 크기와 요구되는 Supply 전압이 낮아지고 있다. 낮은 공급전압은 회로의 저전력 특성에 유리하지만, 시스템에서 필요로 하는 선형성을 확보하는데 큰 어려움으로 작용하고 있다. 아날로그 집적회로의 기본회로인

전압-전류증폭기(트랜스컨덕턴스 증폭기)는 전체 아날로그 회로의 선형성에 크게 영향을 미친다. 그 대표적인 예로 Gm-C 필터가 있는데, 필터의 구조상, 다른 아날로그 필터보다 선형성이 낮고 트랜스컨덕턴스 증폭기의 선형성이 전체 필터의 선형성을 좌우하게 된다. 트랜스컨덕턴스 증폭기의 선형성을 개선시키기 위한 가장 손쉬운 방법은 소스-축퇴를 사용하는 것인데, 본 논문에서는 기존의 두 소스-축퇴 기술을 혼합하여 선형성을 더욱 높인 증폭기를 제안하였고, 그 증폭기를 사용하여 3차의 타원형 저역통과 필터를 제작하여 선형성 개선효과를 확인하였다.

### II. 본론

#### 2.1 증폭기 디자인

제안된 증폭기는 차동 증폭기의 소스축퇴를 기본 구조로 하고 있다 [1]. 그림 1에서 확인 할 수 있듯이, 전류원과 입력 트랜지스터 사이에 첨가되는 저항(R)이 소스축퇴 역할을 한다. 여기에 더하여 의사-차동 증폭기 구조에서 사용되어 왔던 소스축퇴 기술(M3, M4)이 [2] 결합하여 새로운 구조의 소스축퇴를 구현하고 있다. 기본적인 소스축퇴가 저항에 의하여 제공되고 있는 상태에서 입력 전압의 크기에 따라 능동적으로 소스축퇴율이 변화하게 되는데 그 기능을 트랜지스터 M3, M4가 담당한다.

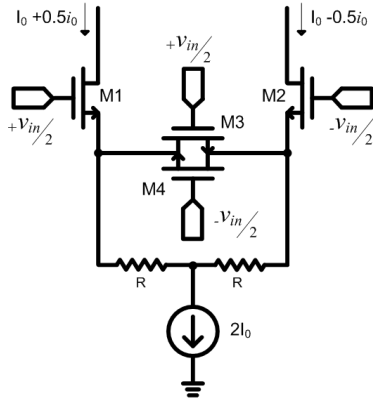


그림 1. 제안된 증폭기의 입력단

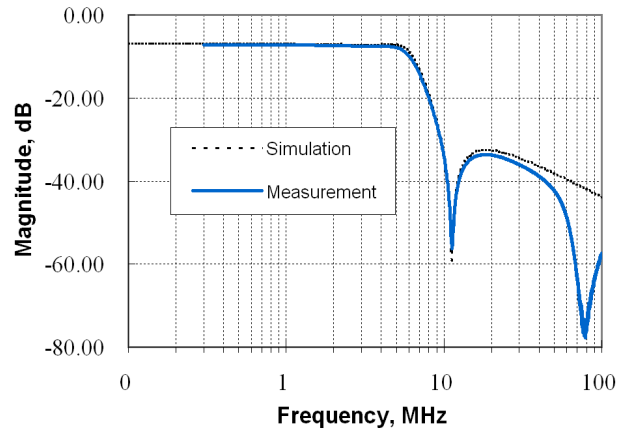


그림 3. Gm-C 필터의 주파수 특성

### 2.2 필터 디자인

제안된 증폭기를 사용하여 5MHz의 cutoff를 가지는 3차 타원형 저역통과 Gm-C 필터를 집적회로로 구현하였고, Gm-C 필터의 합성방법은 참고문헌에[3] 자세하게 소개되어 있다. 필터는 PVT 변화에 대응하기 위하여, 4-bit 커패시터 스위치를 사용하였다. 제안된 증폭기의 선형성 향상을 확인하기 위하여 M3, M4가 첨가되지 않고, 다른 특성은 동일한 필터를 추가하였고, 두 필터의 선형성을 비교하였다. 두 필터의 칩 사진은 그림 2.에서 확인할 수 있다. 칩의 크기는 0.561 mm<sup>2</sup> 이다.

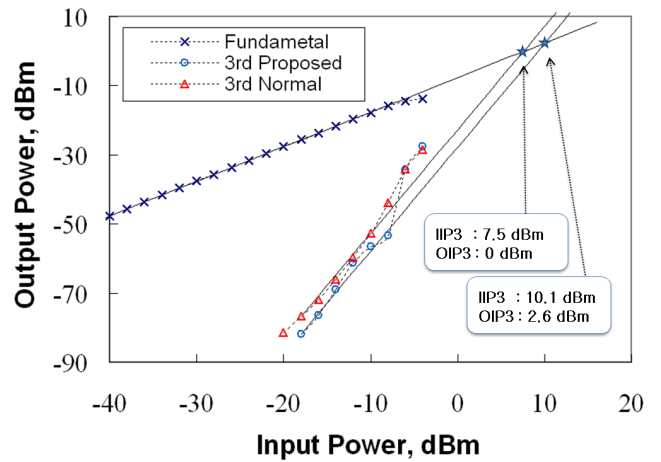
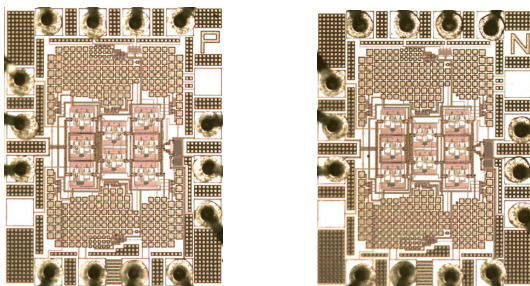


그림 4. Gm-C 필터의 선형특성



(a) Proposed Gm-C 필터 (b) Normal Gm-C 필터  
그림 2. Gm-C 필터의 칩 사진

### III. 측정결과

필터는 1P6M 0.18- $\mu$ m CMOS로 제작되었고, 1.8V의 공급전압에서 3.3mW의 전력을 소모한다. 집적회로로 구현에 필터의 주파수 특성은 그림 3.에서 확인할 수 있고, 두 필터의 주파수 특성에는 차이가 없다. 제안된 필터의 In-band IIP3가 기본적인 소스추출을 사용한 필터보다 2.6 dB 높은 것을 확인 하였다. 필터의 Input noise voltage 는 62.3 $\mu$ Vrms 이고, Spurious free dynamic range는 54.1dB 이다.

### 참고문헌

- [1] Sanchez-Sinencio, E., Silva-Martinez, J., "CMOS transconductance amplifiers, architectures and active filters: a tutorial" *Circuits, Devices and Systems, IEE Proceedings-* Vol. 147, Issue 1, pp.3-12, Feb. 2000
- [2] Krummenacher, F., Joehl, N., "A 4-MHz CMOS continuous-time filter with on-chip automatic tuning" *IEEE J. Solid-State Circuits*, Vol. 23, Issue 3, pp.750-758, Jan. 1988
- [3] R. Schaumann, *Design of analog filters*. Oxford Univ. Press, New York, 2001