

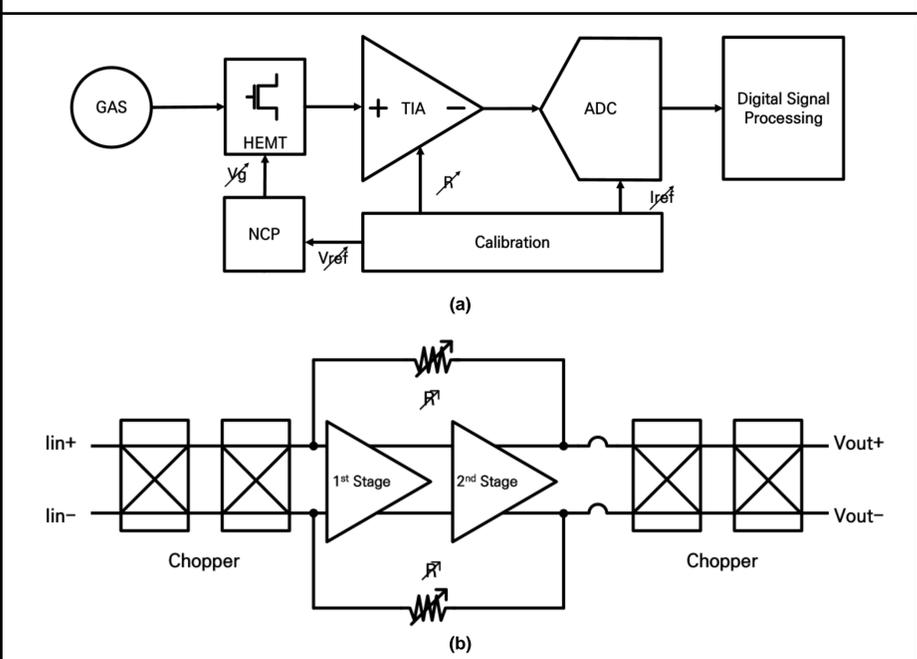


Readout Integrated Circuit (ROIC) with Calibration For Gas Sensor

Joo-hwan Jin, Hyung-il Chae
Department of Electronic Eng., Konkuk University

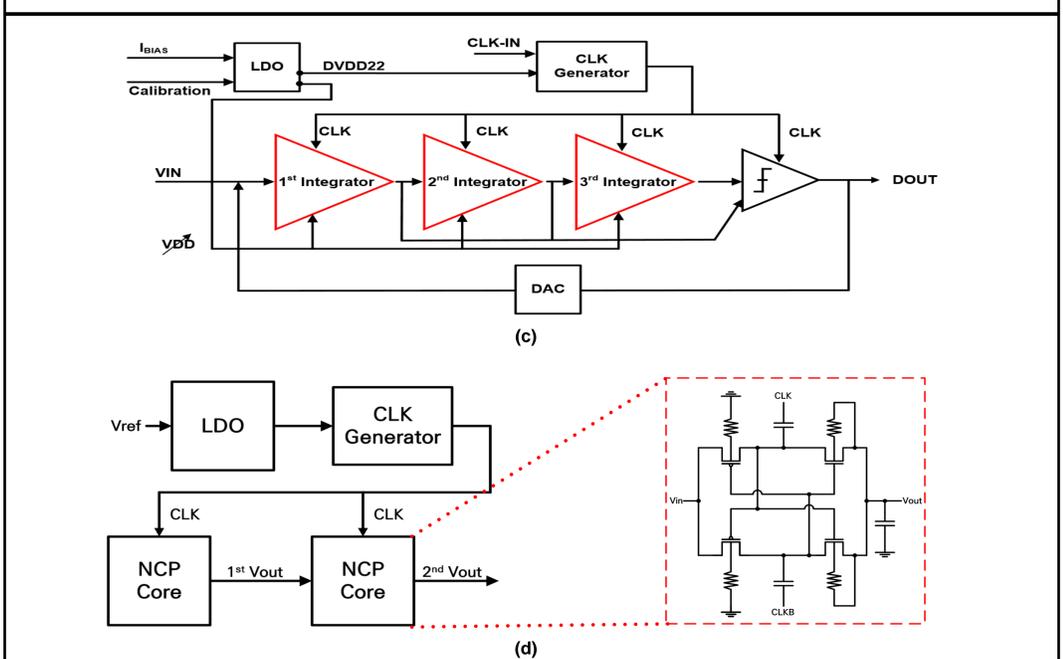
본 연구는 HEMT 기반 가스 센서의 ROIC로써 넓은 범위의 마이너스 전압을 생성 및 전류 신호를 검출 할 수 있어야 하고, 높은 해상도를 가지고 디지털 신호로 변환하는 것을 목표로 한다. 기존의 가스 센서들은 매우 큰 크기, 낮은 전력 효율, 낮은 민감도같은 이유로 높은 성능을 갖지 못한다. 반면에, HEMT 소자는 높은 민감도와 초소형 및 낮은 전력소모를 갖는다. 따라서, HEMT 소자를 사용하여 기존의 가스 센서들의 문제를 해결할 수 있다. 하지만, HEMT 소자가 동작하기 위해서는 음의 전압이 필요하며, HEMT 소자에 특화된 ROIC를 필요로 한다. 또한, HEMT 소자는 온도에 성능이 변하기 때문에 ROIC 또한 그에 맞춰 성능 변화가 필요하여 이러한 이슈를 Calibration을 통해 보상하였다. 따라서, 본 연구는 HEMT 소자에 특화된 ROIC를 제안한다.

제안하는 (a) 가스센서 블록 다이어그램과 (b) TIA 회로도



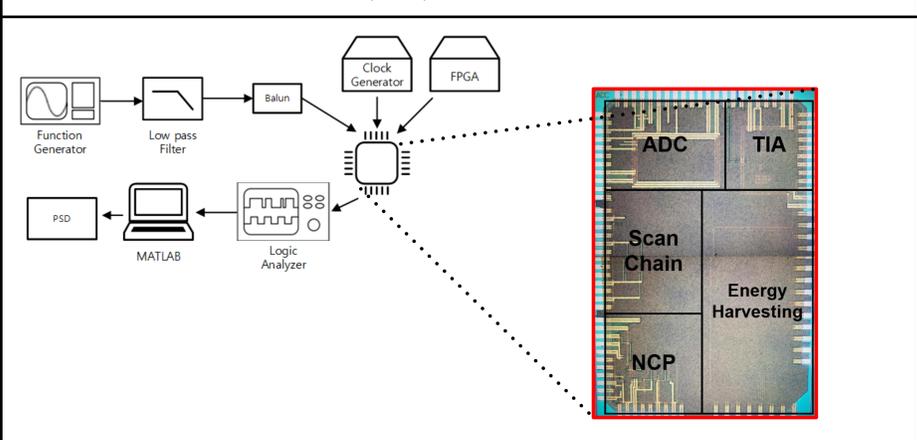
제안하는 가스센서 블록 다이어그램은 위의 그림 (a) 와 같이 HEMT 소자로 가스를 전류 신호로 출력하고 TIA와 ADC를 통해 Digital 신호로 변환한다. HEMT 소자를 동작시키기 위해 음의 전압이 필요하며 NCP를 사용하여 음의 전압을 인가한다. 감지 범위를 넓히고 온도의 변화 등을 극복하기 위하여 Calibration 회로를 추가하여 보상하였다. 그림 (b) 는 전류 신호를 전압 신호로 변환 및 증폭시켜주는 TIA의 회로도이다. Chopper 두개를 사용하여 DC-Offset과 flicker noise 등을 높은 주파수로 보내어 잡음을 제거하였고, Feedback 저항을 Calibration으로 조절하여 전류 신호 감지 범위를 넓혔다.

제안하는 (c) ADC 및 (d) NCP 회로도



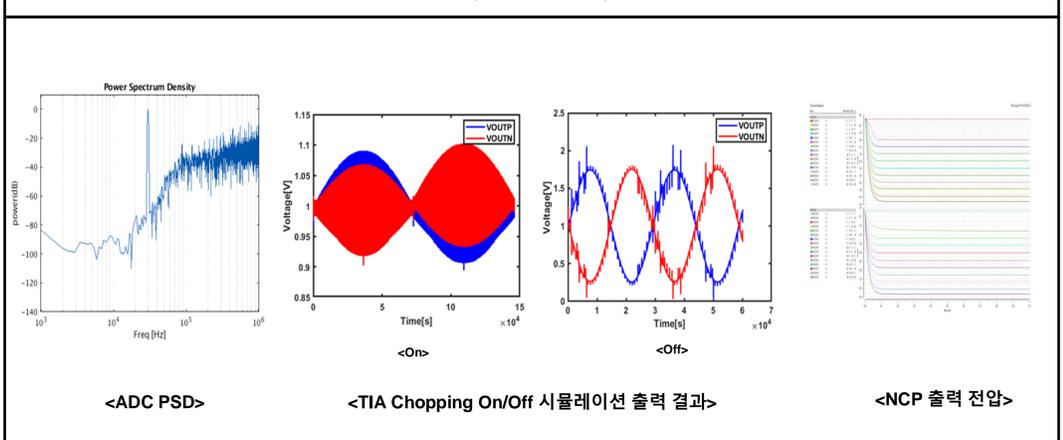
제안하는 ADC는 위의 그림 (c) 와 같이 회로로 구현하였고, 3차 Delta-Sigma ADC를 사용하여 낮은 주파수에서 높은 해상도를 얻었다. 또한, Inverter based Amplifier를 사용하여 저전력 및 높은 이득을 구현했다. 하지만, 이러한 AMP는 PVT Variation이 심하여 Gain이 변화하는데, Calibration을 통해 이러한 문제를 보상 하였다. HEMT 소자를 사용하기 위해서 음의 전압이 요구되어지는데, 그림 (d) 와 같이 NCP Core를 두개 사용하여 더 낮은 음의 전압을 생성하였고, Calibration을 통하여 더 넓은 음의 전압 출력 범위를 얻었다.

칩 테스트 환경



칩에 입력으로 사용되는 신호는 3가지로 클락과 Scan Chain은 각각 클락 발생기와 FPGA를 통하여 칩에 인가하고, 입력 신호는 함수 발생기에서 나온 신호를 Low Pass Filter를 통해 잡음을 줄이고 Balun을 이용하여 차동 신호로 변환한 후 칩에 인가한다. 출력 신호는 Logic Analyzer를 통해 추출한 뒤 컴퓨터로 전송하고 MATLAB을 통해 FFT 시뮬레이션 후 결과를 확인한다.

테스트 결과



칩 테스트 결과는 위와 같으며 제안하는 ADC는 SNDR = 92 dB의 성능을 확인하였다. 또한, TIA의 Chopper를 사용한(On) 그래프와 사용하지 않은(Off) 그래프를 비교해 보면 DC-offset과 flicker noise 등 noise가 줄어든 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 NCP 출력 전압 그래프로 넓은 범위의 음의 전압을 얻을 수 있는 것을 확인했다.

제안하는 HEMT 기반 ROIC는 TIA를 통하여 넓은 범위의 전류 신호를 검출하며, 높은 해상도를 가진 ADC를 통하여 디지털 신호로 변환하고 NCP를 이용하여 넓은 범위의 음의 전압을 생성하였다. 또한, 온도 변화에 따라 성능의 변화를 Calibration을 통하여 보상하였다.

본 연구는 IDECC에서 MPW와 EDA Tool을 지원받았고 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2018-0-00962, 유해가스 감지를 위한 초소형, 초저전력 IoT 센서 기술 개발).