

# 2023 International Solid-State Circuits Conference

## (ISSCC) Review

경북대학교 전자공학부 조건희 교수

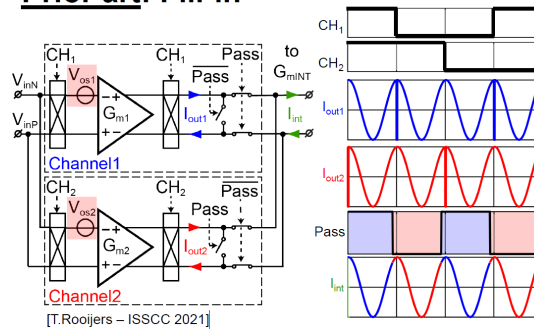
Topic : Analog

### Session 3: Amplifiers and Oscillators

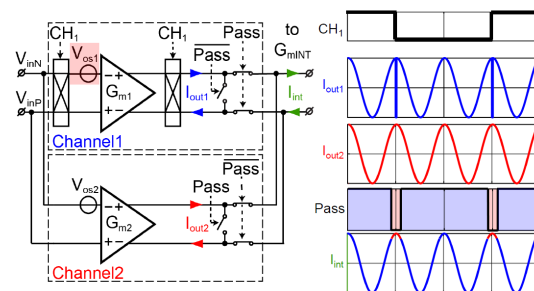
이번 ISSCC 2023의 Session 3는 Amplifiers and Oscillators 라는 주제로 총 9편의 논문이 발표되었다. Class-D amplifier 및 chopper amplifier, bandpass filter/oscillator, RC oscillator, crystal oscillator (XO), BAW oscillator 등에 관한 기술에 대해 소개하였다. 과거에 crystal oscillator 관련 논문은 매년 ISSCC에 1편 내외로 발표되었으나, 올해는 관련 논문이 3편이 발표되었다는 것이 주목할 만하다.

#3.1 은 델프트공대에서 발표한 논문으로, digital input capacitive feedback class-D amplifier를 설계한 것이다. 작년에 같은 group에서 발표한 capacitive feedback class-D amplifier의 경우 noiseless feedback network를 구성할 수 있으며, chopping을 통해 loop filter의  $1/f$  잡음을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그러나 본 구조를 digital input을 이용할 경우 여러가지 intermodulation을 유발하게 된다. 이를 해결하기 위해 deadband를 사용함으로써 DAC ISI 및 chopping glitch를 줄일수 있었으며, read-time (RT) dynamic element matching (DEM)을 통해, mismatch를 평균화하여 tone 발생을 억제시켰다. 결과적으로 기존의 발표된 논문보다 5.4dB 넓은 DR, 14dB 개선된 THD+N를 얻을 수 있었다.

#### Prior art: Fill-in

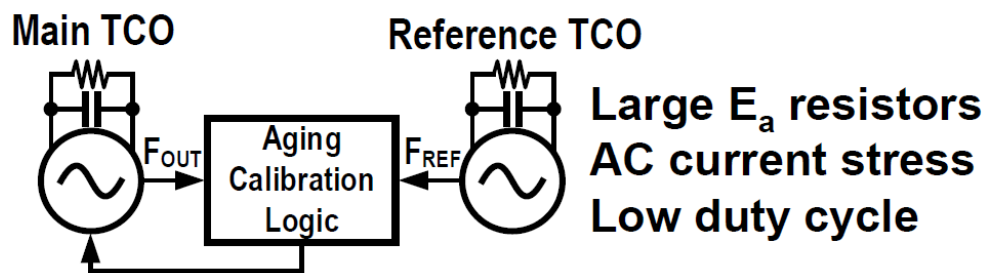


#### This work: Relaxed Fill-in



[그림 1] (위) 2021년에 발표한 Fill-in technique (아래) #3.2에 소개된 Relaxed Fill-in technique

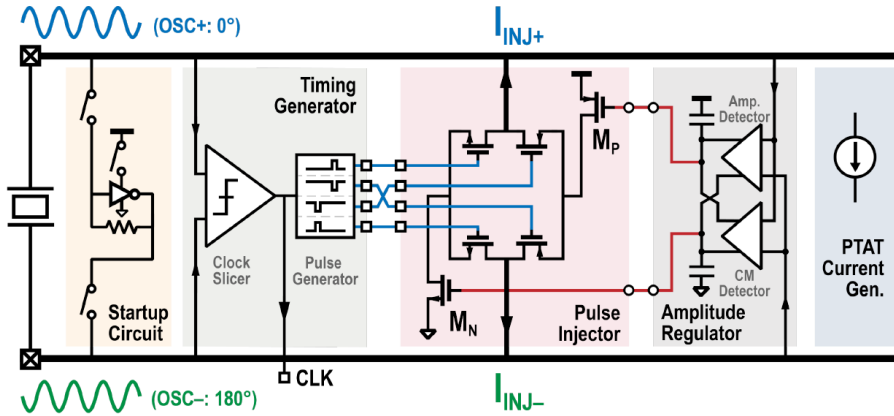
#3.2은 델프트공대에서 발표한 논문으로, chopper amplifier를 설계한 것이다. 기존 chopper amplifier의 경우, 입력신호와 chopper clock의 interaction으로 DC 근처에서의 intermodulation distortion (IMD) 톤이 나타나게 된다. 과거에는 이를 spread-spectrum clock을 이용하여 톤을 noise성분으로 분산시켰으나, 이는 noise floor를 높일 뿐 근본적인 문제를 해결하고 있지는 않다. 2년전 같은 group에서 동일한 두 OTA를 quadrature 로 구성하여 ping-pong switching 방식으로 구동하는 fill-in 테크닉을 이용하여 spike-free 성능을 보였다. 그러나 2년전 기술에서는 switching 을 50% duty-cycle로 사용하였으나, 올해는 아주 짧은 시간동안 (0.04% duty-cycle) 에만 사용함으로써, OTA의 offset 및 1/f noise에 대한 부담을 크게 줄여주었다. 결과적으로 아주 간단하게 동작 이 가능하며, 비슷한 성능임에도 불구하고 input current 성능을 크게 개선시킬 수 있었다.



[그림 2] #3.5에서 제안한 aging-compensated RC oscillator

#3.5는 일리노이 주립대에서 발표한 논문으로, RC oscillator를 설계한 것이다. 기존 crystal oscillator의 경우 정확한 주파수를 내보내지만, 사이즈가 크고 가격이 비싸다는 단점이 있다. On-chip RC oscillator의 경우 적은 전력소모 및 작은 사이즈로 구현이 가능하나, short- & long-term stability가 떨어진다. 본 논문은 RC oscillator의 aging을 개선하는 것을 목적으로, 기존의 main temperature-compensated oscillator (TCO)에 긴 수명을 갖는 reference TCO를 추가적으로 사용하여, aging calibration 을 하는 것이다. 이 때 reference TCO에 긴 수명을 유지하기 위해 높은 activation energy ( $E_A$ ) 저항인 N-poly/metal을 사용하며, 낮은 duty-cycle로 구동시킨다. 제안한 구조는 1.4uW/MHz 전력 효율을 나타내며, aging이 일어남에도 불구하고 제안한 방식을 통해 주파수 inaccuracy는 큰 차이를 나타내지 않음을 확인할 수 있었다.

#3.6은 마카오 대학에서 발표한 논문으로, 12/13.56MHz crystal oscillator에 관련된 논문이다. Crystal oscillator는 높은 안정성과 낮은 phase noise 성능으로, 기준 clock 생성에 주로 이용되지만, 긴 start-up 이라는 단점을 가지고 있다. 이를 개선하기 위해 two-step injection (TSI) technique이 발표되었었는데, 이는 긴 calibration 시간을 필요로 한다. 본 논문에서는 digital-controlled oscillator (DCO)를 최종 XO 주파수의 binary-search-assisted 방식으로 찾아감으로써, fast start-up calibration 시간을 크게 단축시킬 수 있었다. 결과적으로 start-up 시간을 175x, start-up energy를 45x 줄일 수 있었다.

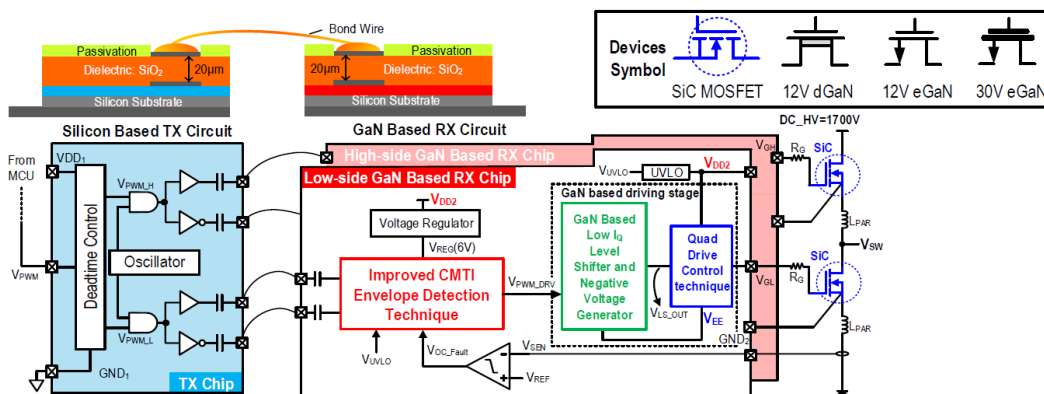


[그림 3] #3.8에서 제안한 Gm-C 기반의 current injection control 방식

#3.8은 북경대에서 발표한 논문으로, 32kHz crystal oscillator에 관련된 논문이다. 기존 pulse injection crystal oscillator의 경우 저전력 동작이 가능하지만, injecting pulse의 위치가 T/4 및 3T/4로 맞추어 져야 한다는 단점이 있다. 만약 misalignment가 생길 경우 jitter가 발생하거나, 에너지 효율이 떨어지게 된다. 또한 저전력 동작을 위해서는 amplitude가 매우 작게 유지되어야 하는데, pulse injection crystal oscillator의 경우 oscillation amplitude control이 불가능하다는 단점도 있다. 본 논문에서는 Gm-C 기반의 analog 방식의 current injection control을 제안하였다. 이를 통해 정확한 timing에 current injection이 가능하며, 0.954nW 전력 소모에 6ppb Allan deviation floor 성능을 보여주었다.

### Session 20: GaN Power Conversion

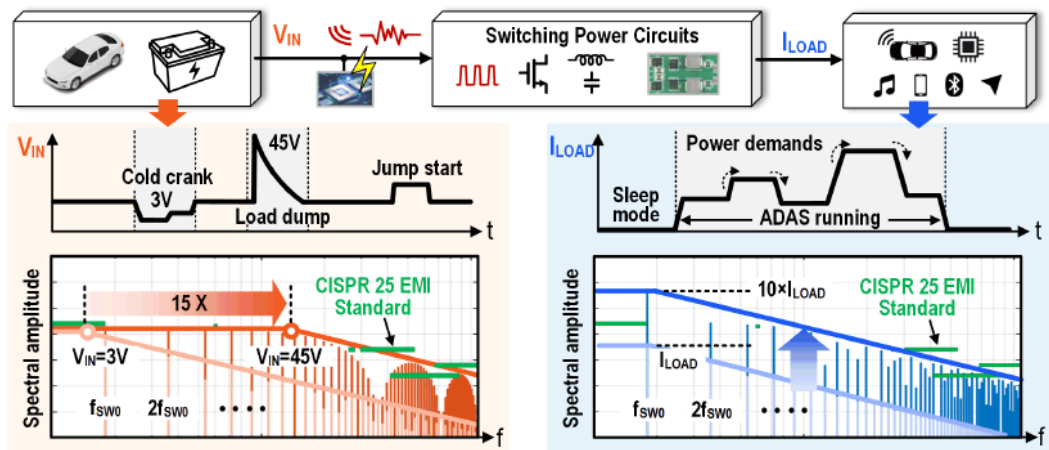
이번 ISSCC 2023의 Session 20는 GaN Power Conversion이라는 주제로 총 4편의 논문(SiC 구동회로 1편, GaN 구동회로 3편)이 발표되었다. 최근 들어 Wide-bandgap 전력반도체가 유행하면서, GaN과 SiC를 구동하기 위한 고전압 구동회로에 대한 필요성이 높아지면서, 이와 관련된 논문들이 많이 출판되고 있다.



[그림 4] #20.1에서 제안한 SiC 구동회로

#20.1은 대만의 National Yang Ming Chiao Tung 대학에서 발표한 논문으로 1700V SiC Power

Switch 를 구동하기 위한 논문이다. SiC의 구동전압은 매우 높기에 이를 구동하기 위한 구동회로는 절연형(isolated) 형태로 만들어지는 것이 선호된다. 기존의 캐패시터 방식의 절연형 구동회로는 coupling 이슈로 높은 common-mode transient immunity (CMTI)를 갖기가 어려웠다. 본 논문은 common-mode current 제거가 가능한 TIA 구조를 제안함으로써, 송신단의 carrier 신호를 효율적으로 받을 수 있었다. 이를 통해 CMTI를 200kV/us 이상 얻을 수 있었으며, 800MHz의 carrier 주파수를 이용함으로써 propagation delay를 7ns를 나타내었다.



[그림 5] #20.2에서 보여준 입력전압과 로드전류 변화에 따른 EMI 특성 변화

#20.2은 미국의 텍사스 달라스 주립대학에서 발표한 논문으로, 자동차의 CISPR25 EMI규격을 만족하는 GaN switching regulator에 관한 논문이다. 자동차 내의 가혹한 환경 내에서는 입력전압과 로드전류의 급격한 변화가 나타나는데, 이는 EMI의 성능을 매우 악화시킨다. 본 논문에서는 스위칭 주파수( $f_{sw}$ )를 입력전압과 로드전류에 따라 효율적으로 변화시키는  $\Delta f^3$ -EMI 기술 및 SSM modulation 주파수( $f_m$ )의 envelope tracking을 EMI 특성을 개선시킬 수 있었다.

## 저자정보



### 조건희 교수

- 소 속 : 경북대학교 전자공학부
- 연구분야 : Power management ICs
- 이 메 일 : kunhee@knu.ac.kr
- 홈페이지 : <https://sites.google.com/view/icslab>