

2026 VLSI Review

KAIST 전기 및 전자공학부 박사과정 박수연

Session 15 Integrated Voltage Regulators and Power Converters

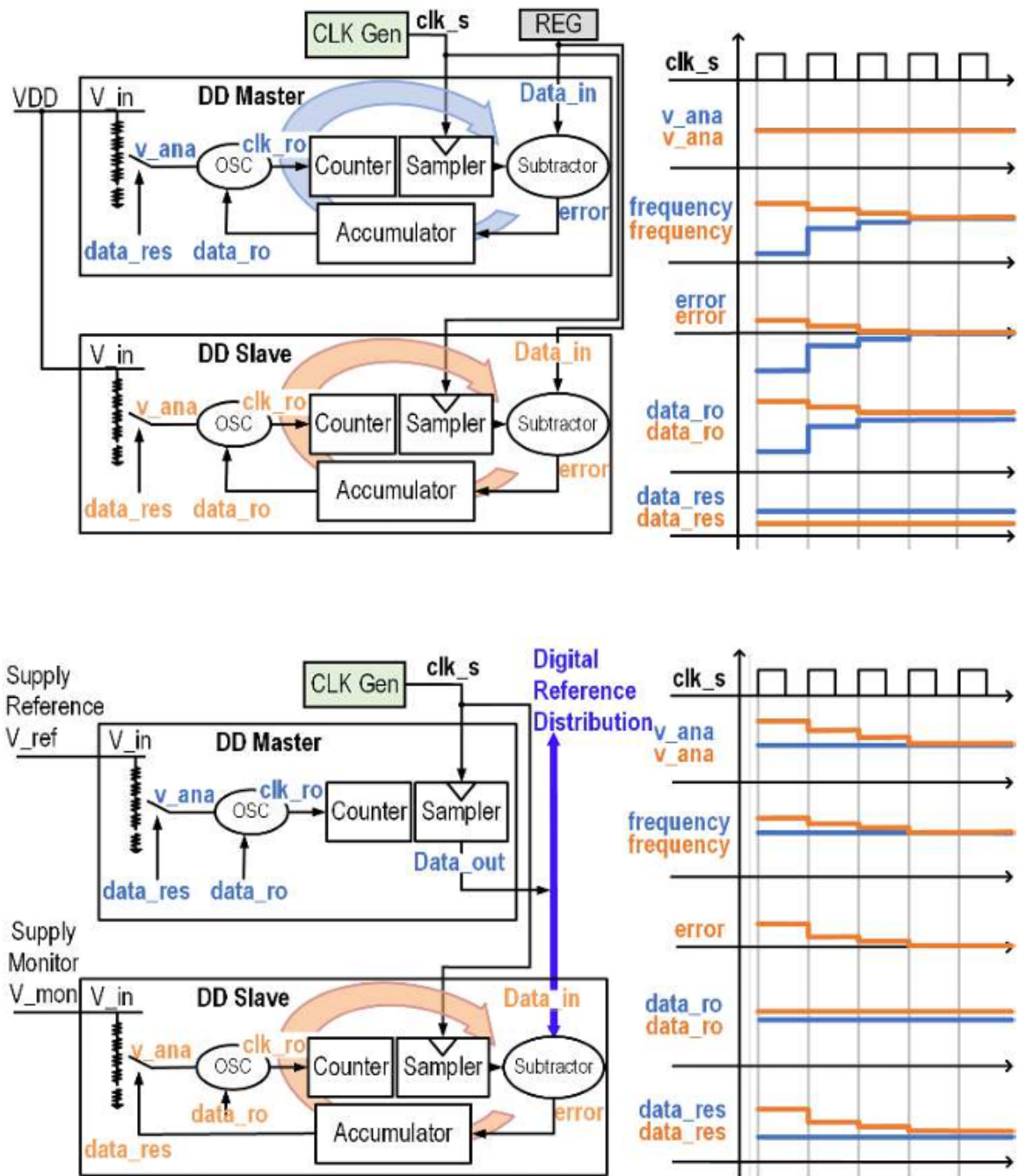
이번 15 Session은 전력 변환기 및 모니터링 기술을 주 내용으로 다루고 있다. 이 중 Infineon Technologies에서 발표한 차량용 SoC 전원 모니터링 논문(C15.1)을 살펴보면, 디지털 친화적이고 분산 가능한 Differential Supply Monitor 아키텍처의 주요 특징과 성능을 고찰하고자 한다.

#15-1 논문은 차량용(Automotive) SoC의 신뢰성 및 기능 안전성(ASIL) 확보를 위해, 추가적인 아날로그 센서나 레퍼런스 없이 Core Supply 도메인 내에서 작동하는 분산형 디지털 전원 모니터(Supply Monitor) 아키텍처를 제안한다.

종래의 전원 모니터링 방식(ADC 또는 링 오실레이터 기반)은 노이즈가 적은 조용한(Quiet) 아날로그 전원 도메인을 요구하거나, 온도의 영향을 보상하기 위해 밴드갭 회로, ULVT 소자, 다중 점 교정 및 록업 테이블(LUT)이 필수적이어서 구현 및 검사 비용이 큰 단점이 있었다. 제안한 논문에서는 Master-Slave 구조의 차동 Digital Detector (DD) 네트워크를 도입하여, 아날로그 레퍼런스 배선 없이 디지털 레퍼런스 신호만을 분산 배치하는 구조를 완성하였다. 이를 통해 온도, 공정, 경화(Aging) 등 글로벌 변동 요인을 차동 구조 특성으로 자연스럽게 상쇄시켰다.

각 DD는 가변 Resistive Ladder와 Current-starved Oscillator, 카운터 및 디지털 로직으로 구성된다. 웨이퍼 테스트 시 단 1회의 1점 교정(One-time, One-point Calibration)을 통해 오실레이터 제어 코드를 설정한 후, 모니터링 단계에서는 Slave DD가 Master DD와의 오차를 줄이도록 가변 저항 비율을 디지털 피드백으로 조정한다. 이에 따라 모니터링 전압은 오실레이터 특성이 아닌 Resistive Ladder ratio에 의해 선형적으로 계산되어, PVT 변동 및 물리적 거리에 우수한 강인성을 보인다.

28-nm CMOS 공정으로 제작된 제안 모니터 IP는 0.01 mm^2 의 매우 작은 면적과 $540 \mu\text{W}$ 의 저전력을 달성하였다. 1A의 전류를 소모하는 Supply Aggressor 동작 및 $-40^\circ\text{C} \sim 160^\circ\text{C}$ 의 극심한 온도 범위 조건에서도 10 mV 미만의 우수한 DC 추정 오차를 나타내었으며, $1 \mu\text{s}$ 내에 217mV의 전압 변동을 추적하여 $2.45 \text{ pJ/conv-step}$ 의 FoM을 달성하였다. 이는 면적과 검사 비용을 최소화하면서 차세대 차량용 SoC의 안전성을 높이는 우수한 디지털 친화적 솔루션으로 평가된다.



[그림 1] 제안하는 Master-Slave 기반, Supply Monitor의 동작 : Calibration Phase (top), Monitor Phase (bottom).

저자정보



박수언 박사과정 대학원생

- 소속 : KAIST
- 연구분야 : Power Management IC 설계
- 이메일 : tndjs0905@gmail.com
- 홈페이지 : <https://icdesignlab.net/>