



Design of a Beta Ray Sensor

Hongzhou Jin, Pan-Bong Ha and Young-hee Kim

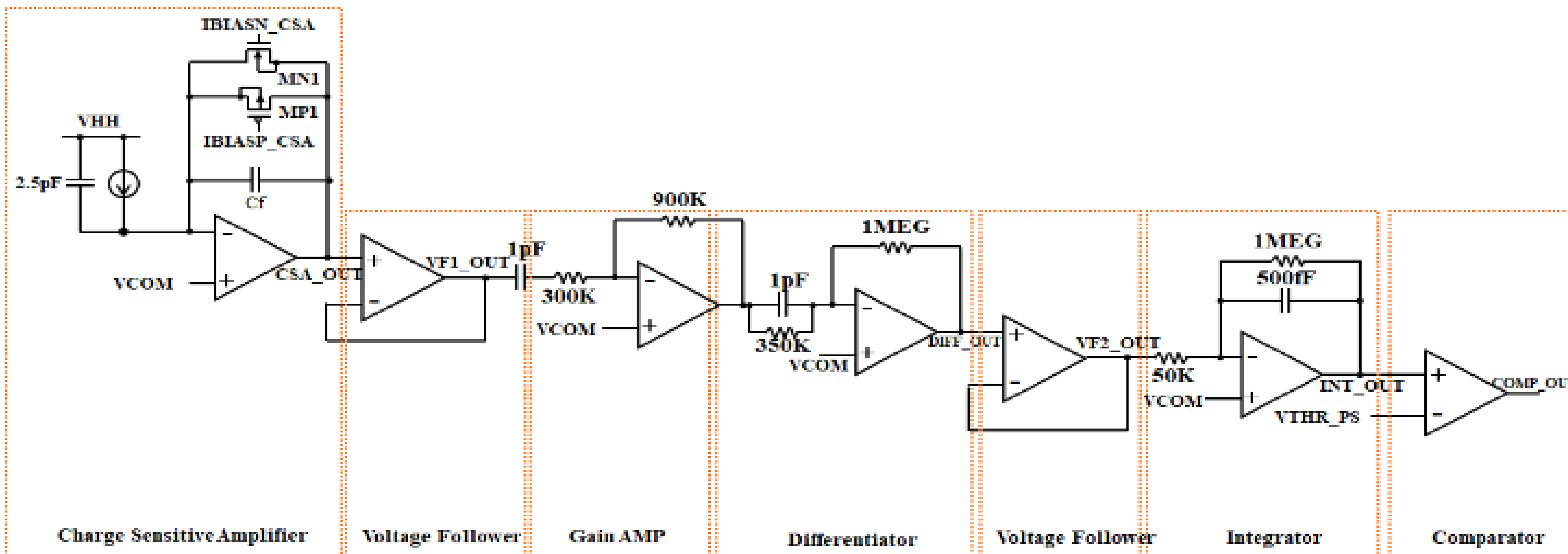
Department of EE, Changwon National University, Suwon, 51140, Korea

E-mail : youngkim@changwon.ac.kr

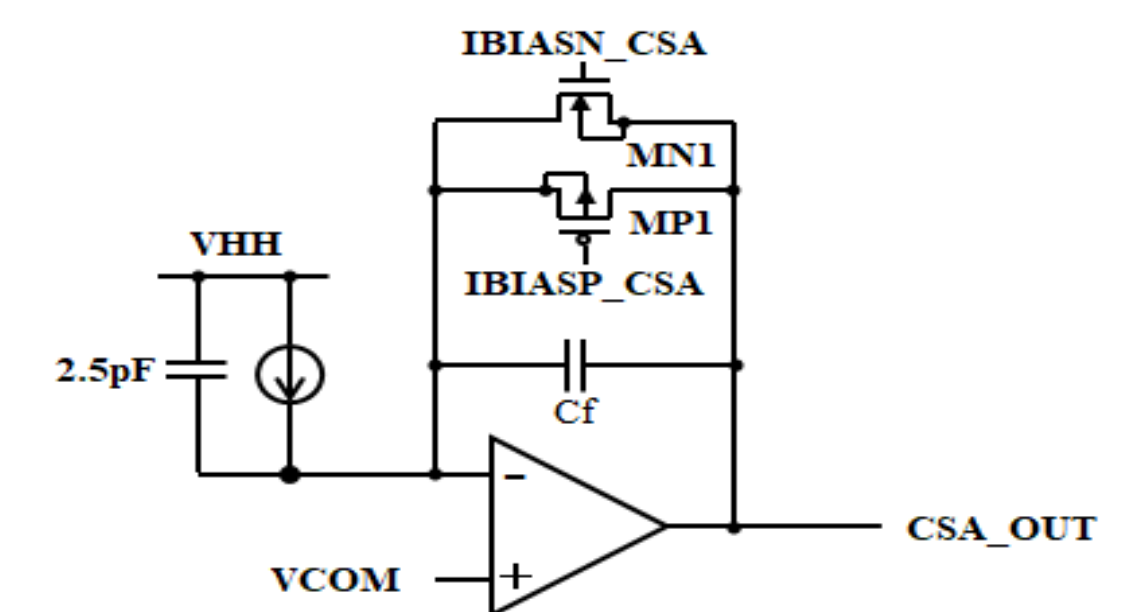
Introduction

- 난수 (random number)는 암호화와 모의실험 등의 다양한 과학, 기술 분야에서 활용되고 있음.
- 높은 보안등급, 고신뢰성을 요구하는 IoT 보안 분야에서는 날로 고도화되고 있는 해킹을 방지하는데 가장 효과적인 진성난수 (true random number)를 사용하고 있음.
- 양자역학적 물리현상을 이용한 난수생성기는 하드웨어 기반의 난수생성기중 가장 이상적인 난수를 생성할 수 있음.
- 방사성 동위원소 기반의 난수생성기에 대한 연구결과는 발표되었음.
- 방사선 중 베타선의 베타 붕괴를 이용하는 경우가 차폐가 용이하고, 크기가 작고, 휴대성이 높고, 발생속도가 높고 반도체 손상이 낮은 장점이 있음.
- CSA는 PIN 다이오드에서 생성되는 입력 전하 펄스를 적분하여 출력 전압 signal voltage인 ΔV_s 로 변환하여 VCOM 레벨에서 떨어짐.
- PMOS 피드백 저항을 사용하는 CSA 회로에서 PIN diode를 통하여 $1\mu s$ 의 input current pulse train을 인가하였을 때 CSA 출력이 pile-up되어 VCOM level에서 많이 떨어지면서 미분기 출력 파형이 출력되지 않을 수도 있음.
- 본 연구에서는 PIN diode를 통하여 $1\mu s$ 의 input current pulse train을 인가하더라도 pile-up이 되면서 CSA 출력이 VCOM level에서 많이 떨어지지 않도록 PMOS feedback 저항에 병렬로 NMOS feedback 저항을 추가하였으며, CSA 출력단에 ac coupler와 gain amplifier 회로를 추가하였음.
- PMOS 피드백 트랜지스터의 게이트를 DC 전압으로 바이어스하는 대신 PMOS 피드백 트랜지스터와 NMOS 피드백 트랜지스터에 흐르는 전류가 PVT 변동에 둔감하도록 설계된 전류 바이어스 회로를 mirroring하게 흐르도록 하므로 CSA의 signal voltage의 변동을 최소화시키는 기술을 제안함.

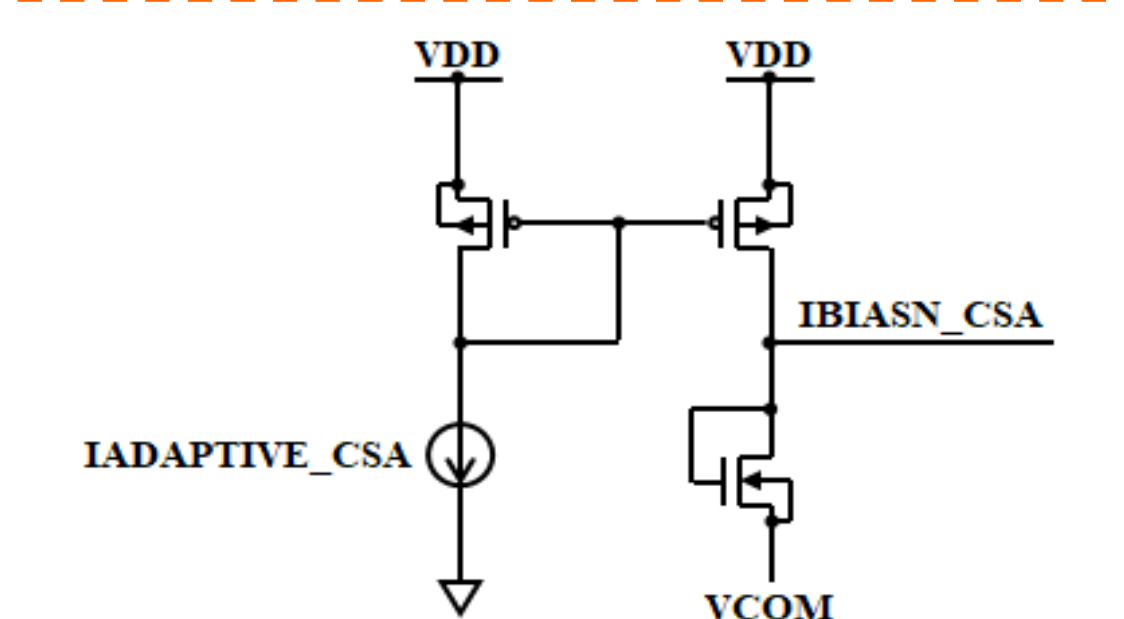
Circuit Design



ac coupler와 gain amplifier를 추가한 베타선 센서 회로

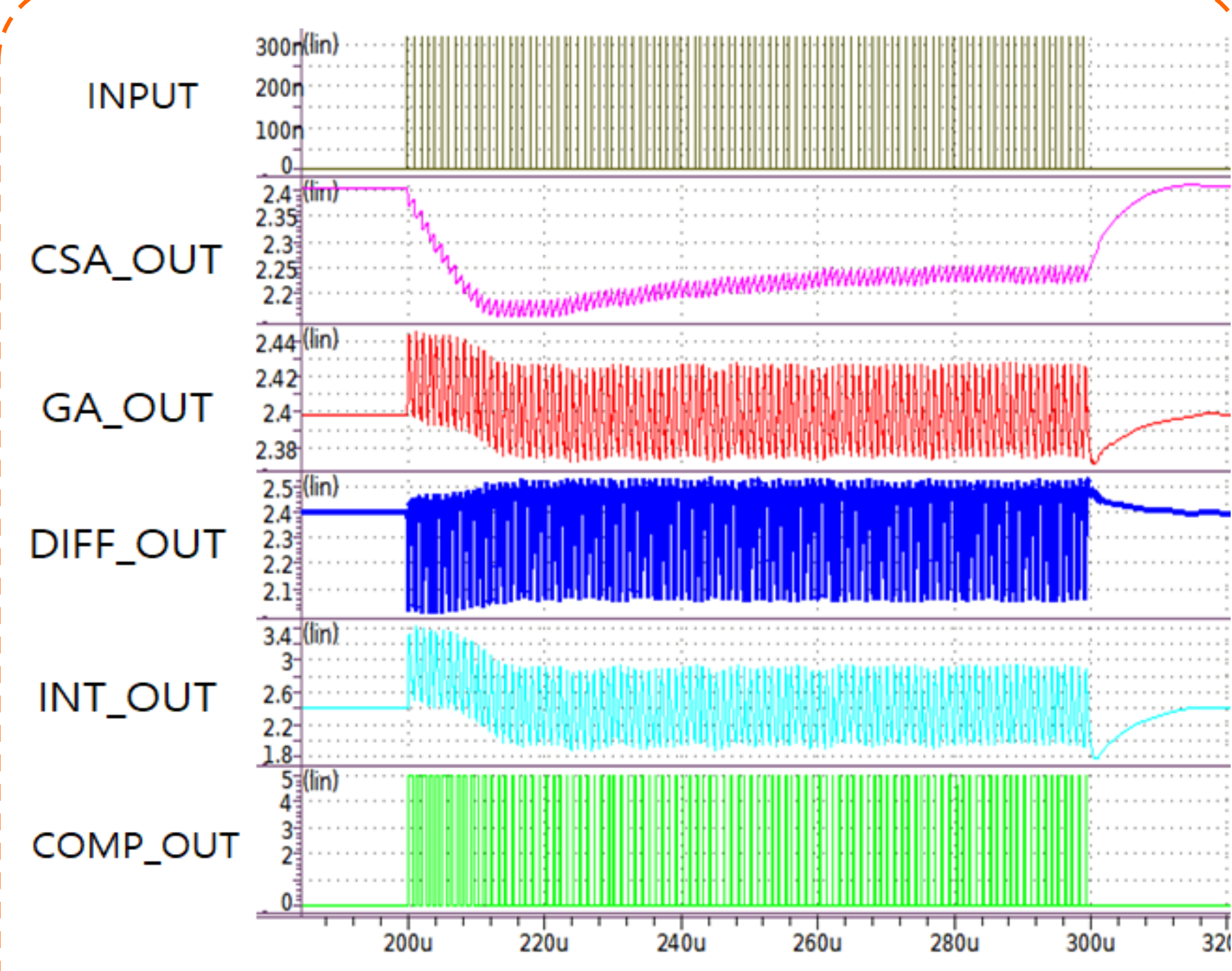


NMOS와 PMOS 병렬 피드백 저항을 사용한 CSA 회로



CSA 회로에서 피드백 트랜지스터의 게이트에 DC 전류 바이어스를 공급하는 바이어스 회로

Simulation Results

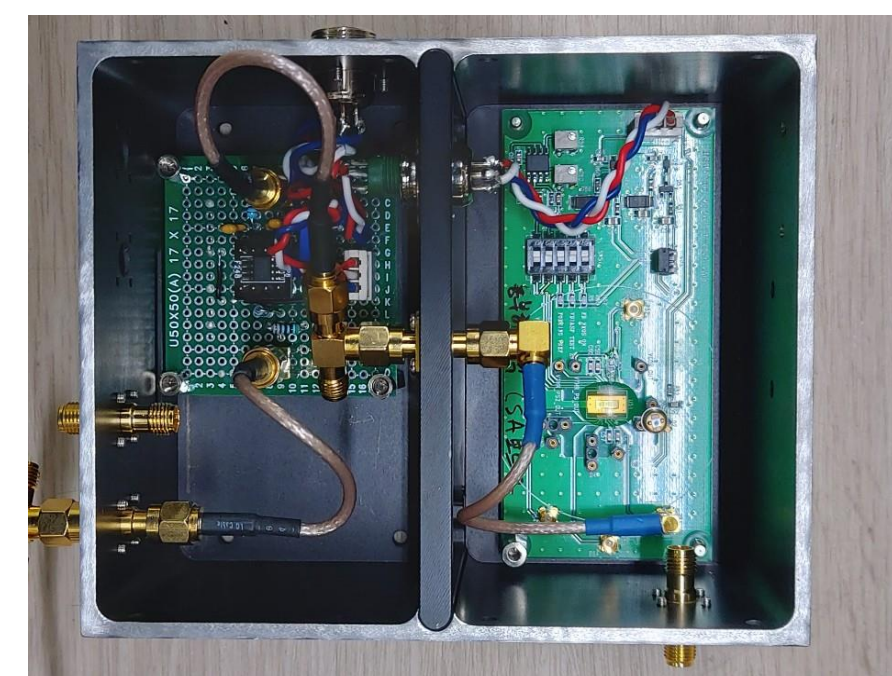


베타선 센서 회로에 $1\mu s$ 의 input current pulse train을 인가했을 때 post-layout simulation 파형

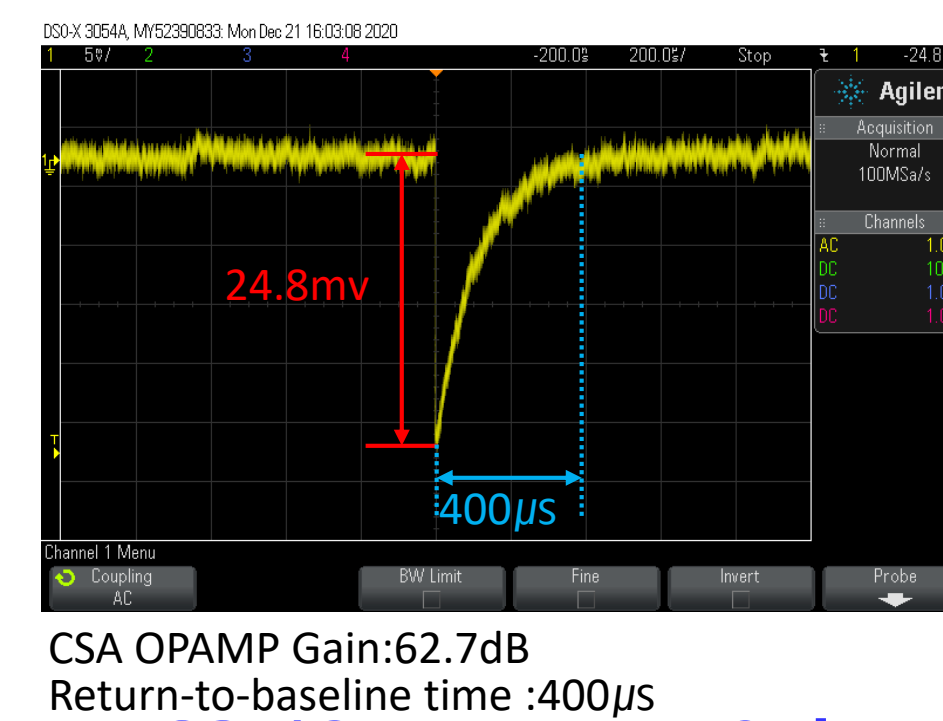
Test Results

DC-DC converter 출력전압 측정결과

	VREF	VTHR_PS1	VCOM	VTHR_PS2
Package 1	1.22V	2.08V	2.44V	2.88V
Package 2	1.24V	2.04V	2.40V	2.80V
Package 3	1.28V	2.08V	2.48V	2.88V
Package 4	1.29V	2.16V	2.56V	3.02V



베타선 센서 측정을 위한 모듈 박스



CS-137 gamma & beta source를 이용하여 CSA 출력 전압을 측정한 파형

Conclusion

- 본 연구에서는 방사선 중 Ni-63 베타선원은 차폐가 용이하고, 크기가 작고, 휴대성이 높고, 발생속도가 높고 반도체 손상이 낮은 장점이 있으므로 진성난수 생성기를 위한 베타선 센서를 설계하였음.
- 24 Lead Side Brazed Package 제작 후 DC-DC converter 전압을 테스트한 결과 VREF, VTHR_PS1과 VTHR_PS2 전압은 설계된 전압으로 출력되는 것을 확인하였음.
- CS-137 gamma & beta source를 이용하여 CSA 출력전압을 측정한 결과 파형이 출력되는 것을 확인하였음.

ACKNOWLEDGEMENT

The chip fabrication and EDA tool were supported by the IC Design Education Center(IDEC), Korea.

REFERENCES

- [1] M. Herrero-Collantes et al., "Quantum Random Number Generators," Reviews of Modern Physics, Feb. 2017.
- [2] K. H. Park et al., "Apparatus and Method for Generating Quantum Random Number," Korean Patent applied no. 10-2018-0054533, May 2018.
- [3] John Gribbin, Q is for Quantum, ISBN-13: 978-0684855783, pp. 291-292, 1998.
- [4] Anil and Ananthaswamy. How to Turn a Quantum Computer into the Ultimate Randomness Generator. Quanta Magazine. June 19, 2019.
- [5] Glen F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, Third Edition, John Wiley & Sons Inc., 2000.
- [6] W. R. Wampler, B. L. Doyle, "Low-Energy Beta Spectroscopy Using PIN Diodes to Monitor Tritium Surface Contamination", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A349, pp. 473-480, 1994.
- [7] Mihai Culcer, Mariana Iliescu, Marian Curuia, Adrian Enache, Ioan Stefanescu, Catalin Ducu, Viorel Malinovschi, "Tritium Contaminated Surface Monitoring with a Solid-State Device," Proceedings of the International Conference Nuclear Energy for New Europe, 713.1-6, Sep. 2004.
- [8] P. Grybos et al., "Measurements of Matching and High Count Rate Performance of Multichannel ASIC for Digital X-Ray Imaging Systems," IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 54, no. 4, Aug. 2007.
- [9] S. B. Baek et al., "A Design of Single Pixel Photon Counter for Digital X-ray Image Sensor," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering vol. 11, no. 2, Feb. 2007.
- [10] Y. H. Kim et al., "A Study on the Design of a Beta Ray Sensor for True Random Number Generators," JKIICT, vol. 12, no. 9, pp. 619-628, Dec. 2019.