

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2023-2024

PROPUESTA

Título:	Modelado de interacción entre neutrones y celdas SRAM a distintas tensiones de alimentación por medio de la herramienta G4SEE
Título en inglés	Modeling the neutron/SRAM-cell interaction at severa bias voltajes with the G4SEE tool
Tutor/es	Francisco Javier Franco Peláez y Mohammedreza Rezaei
Correos-e:	fjfranco@fis.ucm.es , mrezaei@ucm.es
Lugar de realización:	Facultad de C.C. Físicas

Resumen:
<p>Desde la década de los 70 [1], se sabe que los sistemas electrónicos embarcados en misiones espaciales van a sufrir los efectos de la radiación presente en el espacio exterior: rayos cósmicos procedentes del espacio exterior, protones del viento solar o atrapados en el campo magnético terrestre, etc. Entre ellos, podemos encontrar uno bastante común, que el Single Event Upset (SEU) [2], que consiste en la alteración de los datos grabados en una memoria. Así, algunos bits cambian su contenido, lo que en algunos casos puede ser fatal, dependiendo del número de bits afectados y su función [3].</p> <p>La probabilidad de que un bit cambie de contenido está relacionada con la tensión de alimentación aplicada. Así, se sabe que cuanto menor sea esta, mayor es la probabilidad de error [4]. En 2022, D. Kobayashi et al. propusieron un modelo semiempírico para celdas <u>SRAM</u> [5] que permitía predecir de forma teórica la sección eficaz asociada a este fenómeno en función de parámetros tecnológicos como la tensión mínima de funcionamiento, la tensión de trabajo, la capacidad del óxido de puerta, etc. Sin embargo, este modelo presenta una limitación seria, pues describe las características de la partícula incidente en función de un parámetro llamado "Linear Energy Transfer (LET)", que solo cobra sentido en iones pesados, no en otras partículas más ligeras como los neutrones. Estos últimos son de particular interés, pues pueden aparecer también en sistemas a ras de suelo [4].</p> <p>También en 2022, un equipo de investigación integrado en el CERN lanzó como herramienta de software libre llamada G4SEE [6, 7]. Esta herramienta permite modelar dispositivos electrónicos y estudiar cómo se propagan partículas como neutrones de energías de hasta 20 MeV en su interior, usando para ello otra potente herramienta llamada Geant4 [8-9]. En principio, estas herramientas permiten simular neutrones de diversa energía que impacten celdas SRAM y determinar qué iones se producen por interacciones diversos (mayormente, silicio o magnesio, pero también otras partículas si el impacto no se produce con silicio, sino con dopantes o elementos metálicos, su energía (y, por tanto, su LET), así como cuán abundantes son. Con estos datos, en combinación con el modelo de Kobayashi, se buscará una relación entre la sección eficaz en función de la tensión aplicada y la energía de los neutrones incidentes.</p>
Metodología:
Se realizarán reuniones periódicas con los tutores. Las etapas de trabajo que se pueden seguir son las siguientes:
1. Estudio del estado del arte

2. Instalación y familiarización con la herramienta G4SEE
3. Modelado y simulación de celdas SRAM a partir de los ejemplos.
4. Estudio por simulación de los núcleos expelidos por el impacto de neutrones, a diversas energías y parámetros tecnológicos.
5. Combinación de resultado con el modelo de Kobayashi.
6. Comparación con datos experimentales.

Por otra parte, hay que señalar que es admisible realizar el trabajo a distancia, bien en el propio ordenador personal, bien conectándose en remoto con otro ordenador en el centro de trabajo.

Conocimientos previos recomendados:

Además de los conocimientos adquiridos en grado y máster, se valorará disponer de conocimientos de Física Nuclear y de programación en C++ y Python. Por otra parte, toda la literatura se ofrecerá en inglés.

Bibliografía:

1. E. L. Petersen, R. Koga, M. A. Shoga, J. C. Pickel and W. E. Price, "The Single Event Revolution," in IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 60, no. 3, pp. 1824-1835, June 2013, doi: 10.1109/TNS.2013.2248065.
2. J. F. Ziegler and H. Puchner, "SER-History, Trends and Challenges. A Guide for Designing with Memory ICs", Cypress Semi., USA, 2004
3. R. C. Baumann, "Radiation-induced soft errors in advanced semiconductor technologies," in IEEE Transactions on Device and Materials Reliability, vol. 5, no. 3, pp. 305-316, Sept. 2005, doi: 10.1109/TDMR.2005.853449.
4. J. A. Clemente et al., "SEU Characterization of Three Successive Generations of COTS SRAMs at Ultralow Bias Voltage to 14.2-MeV Neutrons," in IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 65, no. 8, pp. 1858-1865, Aug. 2018, doi: 10.1109/TNS.2018.2800905.
5. D. Kobayashi et al., "An SRAM SEU Cross Section Curve Physics Model," in IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 69, no. 3, pp. 232-240, March 2022, doi: 10.1109/TNS.2021.3129185.
6. D. Lucsányiet al., "G4SEE: a Geant4-based Single Event Effect simulation toolkit and its validation through monoenergetic neutron measurements," in IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 69, no. 3, pp. 273-281, March 2022, DOI:10.1109/TNS.2022.3149989.
7. G4SEE: Toolkit for simulating radiation effects in electronics, <https://g4see.web.cern.ch/post/>
8. J. Allison et al. "Recent developments in Geant4", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, vol. 835, pp. 186-225, 2016, DOI: 10.1016/j.nima.2016.06.125.
9. Geant4. A simulation Toolkit: <https://geant4.web.cern.ch/>