Departamento de Física Nuclear
+55 11 3091-6760 / secdfn@if.usp.br
IFUSP
Instituto de Física da USP

Minicurso de Pós-Graduação
Efeitos da Radiação em Dispositivos Eletrônicos (PGF 5296)

Prof. Rogelio Palomo
Universidade de Sevilha, Espanha

Este minicurso oferece uma introdução abrangente ao estudo dos efeitos da radiação em dispositivos eletrônicos, abordando os principais mecanismos físicos envolvidos e suas implicações no desempenho e confiabilidade desses sistemas. Os participantes irão explorar como radiação eletromagnética e partículas ionizantes interagem com materiais semicondutores, provocando alterações que podem comprometer diferentes parâmetros elétricos e funcionais. O curso inicia-se com a discussão do processo de ionização em semicondutores e da transferência de energia e momento para elétrons e núcleos, destacando como essas interações originam fenômenos distintos. Serão analisados tanto os efeitos induzidos por eventos isolados quanto os efeitos cumulativos, considerando a diversidade de mecanismos que atuam em escalas nuclear, atômica e cristalina. Ao longo do curso, os alunos terão contato com métodos de simulação e experimentação que permitem caracterizar e prever o comportamento de dispositivos sob exposição à radiação. Serão introduzidas ferramentas de cálculo e códigos de Monte Carlo, como SRIM e GEANT4, para avaliação de trajetórias de partículas, deposição de energia e quantificação de grandezas relevantes, incluindo LET (Linear Energy Transfer) e NIEL (Non-Ionizing Energy Loss). O conteúdo também contempla o uso de lasers pulsados ultracurtos como técnica experimental para emular interações de radiação em dispositivos, oferecendo um paralelo interessante com as simulações numéricas. Além disso, serão discutidas abordagens experimentais com aceleradores de partículas, englobando o planejamento de ensaios de irradiação, a estimativa de dose e fluência, e a utilização de feixes de prótons e íons em diferentes arranjos experimentais, como microsondas e linhas dedicadas a estudos de materiais e dispositivos. O minicurso é direcionado a estudantes, pesquisadores e profissionais interessados em compreender os impactos da radiação em sistemas microeletrônicos e de potência, com foco em fundamentos físicos, técnicas de modelagem e ferramentas experimentais para investigação dos diversos efeitos.

Datas: 06, 08 e 10 de outubro de 2025
Horário: das 14h às 16h

Local:
• 06/10 – Auditório Abraão de Moraes
• 08/10 e 10/10 – Auditório César Lattes
Haverá transmissão do minicurso via YouTube.

Endereço:
Instituto de Física da USP – Rua do Matão, 1371, Cidade Universitária,
São Paulo – 05508-090

A edição de 2025 será uma atualização de um curso ministrado em 2018, incorporando novos resultados de pesquisas sobre TID em tecnologia de 65 nm para o HL-LHC, danos cristalinos em detectores de partículas de estado sólido, simulações de circuitos com LTSpice, e detectores avançados desenvolvidos na colaboração RD50 do CERN.

Cronograma

Dia 1 – Efeitos da Radiação em Eletrônica e Microeletrônica
• Ambientes de radiação
• Visão geral dos efeitos da radiação em eletrônica e detectores de estado sólido
• Normas para testes de radiação
• Efeitos de TID em eletrônica macroscópica e em microeletrônica (ênfase em 65 nm)
• Efeitos de DDD em cristais de silício, transistores bipolares e detectores de estado sólido
• Efeitos de SEE em memórias SRAM e dispositivos analógico-digitais

Dia 2 – Simulação dos Efeitos da Radiação
• Simulação do transporte de radiação em sólidos (SRIM, GEANT4, FLUKA)
• Simulação em dispositivos semicondutores (Sentaurus, TCAD)
• Simulação de circuitos eletrônicos (LTSpice, Cadence Virtuoso – AFTU)

Dia 3 – Experimentos
• Experimentos com SEE
• Experimento TID com exemplo em tecnologia 65 nm (Power On Reset)
• Experimentos com DDD usando dados do Departamento de Detectores do CERN

Referências Bibliográficas:

1. Radiation Effects on Integrated Circuits and Systems for Space Applications – R. Velazco et al., Springer, 2019
2. Extreme Environment Electronics – John D. Cressler, H. Alan Mantooth, CRC Press, 2013
3. Evolution of Silicon Sensor Technology in Particle Physics – Frank Hartmann, Springer, 3ª ed.
4. Sobre Eventos Singulares en CMOS Digital – Francisco Rogelio Palomo Pinto, Universidad de Sevilla, 2012
5. Radiation Effects on Embedded Systems – R. Velasco et al., Springer, 2007
6. Handbook of Radiation Effects – A.G. Holmes-Siedle, L. Adams, Oxford Univ. Press, 2002
7. "Single Events Effects in Aerospace", Edward Petersen, Wiley-IEEE Press, 2011

Matrículas

Alunos Regulares são estudantes matriculados no programa de física do IFUSP.

- Período de matrícula: de 15/09/2025 a 03/10/2025.
- Procedimento: preencher este formulário e enviá-lo para atendepgif@usp.br com o código do Minicurso (PGF5296) no campo Assunto.

Alunos Especiais são pessoas sem vínculo com o programa de física do IFUSP.

- Período de matrícula: de 15/09/2025 a 29/09/2025.
- Procedimento: seguir as orientações de matrícula em **MINICURSO** detalhadas na página do Aluno Especial.