UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA (DEE)

[MOD-NEU08] Treinamento em Hardware, EPDA e Projetos MPW

Retropropagação Física, Ruído Térmico, Quantização DAC e Fluxo Gdsfactory

Prof. Marcelo Eduardo Vieira Segatto

LabTel — Laboratório de Telecomunicações | IN-Foton





Sumário do Módulo

1. Treinamento Consciente de Hardware

2. Fluxo de Projeto EPDA e Tape-Outs Smart-PSoC

Imperfeições Físicas e Hardware-Aware Training

Função de Perda com Injeção de Ruído de Fase e Quantização DAC

Durante a retropropagação em PyTorch, as não-idealidades físicas são simuladas no laço direto:

$$\mathcal{L}_{\text{total}} = \mathbb{E}_{\delta\theta \sim \mathcal{N}(0,\sigma_\theta^2)} \left[\mathcal{L} \left(f \left(X; Q_b(\theta + \delta\theta) \right), Y \right) \right]$$

- **Ruído de Fase (σ_θ):** Flutuações térmicas no chip e instabilidade da fonte de laser;
- **Quantização DAC (Q_b):** Resolução finita dos conversores (4 a 10 bits);
- **Robustez Pós-Tapeout:** Redes treinadas com ruído mantêm acurácia $> 95\%$ após fabricação física.

Automação de Projeto com Gdsfactory e Foundry PDKs

O Pipeline EPDA do Consórcio Smart-PSoC (UFES / HIT / Trento / IST)

1. **Modelagem de Circuito:** Validação de matrizes unitárias com PyTorch / `infoton-neuromorphic`;
2. **Síntese Paramétrica de Layout:** Geração de máscaras GDSII com `gdsfactory` 9.50.0;
3. **Verificação DRC e Extração LVS:** Conformidade estrita com regras de fundição (Cornerstone / AMF / AIM);
4. **Submissão MPW:** Fabricação em lâmina multi-projeto e caracterização no LabTel / UFES.

Conclusão do Curso

Os alunos e pesquisadores dominam a cadeia completa: dos princípios biológicos ao chip fotônico em silício.

Síntese e Referências do Módulo [MOD-NEU08]

Obras Centrais de Consulta

- **Paul R. Prucnal & Bhavin J. Shastri (2017):** *Neuromorphic Photonics*, CRC Press / Taylor & Francis Group, ISBN 9781498725224.
- **Lorenzo Pavesi (2026):** *When Microring Resonators Behave Like Neurons*, Optics & Photonics News (Optica).
- **PNC 2027:** *XIV Winter School on Physical Neuromorphic Computing*, Università di Trento.

Continuidade da Trilha Formativa

Material didático coordenado pelo Prof. Marcelo Segatto para o Portal de Educação do IN-Foton.