1. **Identificação**

Título: Tópico Especial em Eng. Elétrica - Projeto de circuitos fotônicos em silício

Número de créditos: 4

Horário: Te14h00 & Qi16h00

1. **Objetivos:**
2. Aprender os conceitos fundamentais e os princípios de operação e dispositivos e circuitos fotônicos em silício;
3. Avaliar, analisar e projetar dispositivos passivos primários;
4. Avaliar, analisar e projetar circuitos fotônicos integrados em silício;
5. Trabalhar e simular com as ferramentas Lumerical - Ansys para fotônica em silício;
6. Utilizar o Klayout para projeto e verificação de circuitos fotônicos;
7. Explorar aplicações de fotônica em silício para aplicação em sensores e datacom, considerando algumas métricas de desempenho, desafios e oportunidades.

Ao final da disciplina o aluno será capaz de:

1. Entender o principio da reflexão interna total e suas consequências para transmissão e reflexão de ondas;
2. Determinar expressões analíticas para os campos eletromagnéticos e condições de guiamento em guias dielétricos simétricos;
3. Calcular a constante de propagação, o índice efetivo e o fator de confinamento óptico para um determinado modo óptico guiante em um guia dielétrico;
4. Encontrar as condições de corte, a frequência de corte e as soluções gerais para os modos TE e TM em guias dielétricos assimétricos;
5. Encontrar a condição de guiamento e as soluções gerais para os modos em um guia dielétrico retangular utilizando o método do índice efetivo;
6. Aplicar o teorema dos modos acoplados para calcular a troca de potências em guias ópticos acoplados;
7. Entender os princípios da multiplexação por comprimento de onda (*Wavelength Division Multiplexing* - WDM) em comunicações ópticas;
8. Projetar e analisar interferômetros de Mach-Zehnder (Mach-Zehnder *Interferometer* - MZI), filtros em cascata (MZI) e acopladores em estrela;
9. Projetar e analisar anéis de ressonância ópticos, acopladores ópticos e filtros *add-drop*;
10. Understand principles of computational methods for integrated photonics including propagation matrix, finite difference time domain, eigenmode expansion methods.
11. Compute power loss of a guided mode due to scattering, absorption, and radiation.
12. **Referências:**
    1. L. Chrostowski, M. Hochberg, **[Silicon Photonics Design: From Devices to Systems](https://siepic.ubc.ca/siliconphotonicsdesign)**, Cambridge University Press 2015.
    2. K. OKAMOTO, **Fundamentals of Optical Waveguides**, Academic Press, 1 ed., 2000.
    3. SALEH and TEICH, **Fundamentals of Photonics**, Wiley-Interscience, 2 ed., 2007.
    4. Trabalhos selecionados da área.
13. **Política de nota:**

|  |  |
| --- | --- |
| Exercícios e atividades | 20% |
| Atividades de laboratório | 30% |
| Projeto de curso | 40% |
| Assiduidade e participação | 10% |

**Exercícios e atividades:** atividades para fixação dos conteúdos teóricos apresentados em sala de aula. Deve ser apresentado de forma clara os passos de resolução de cada atividade. Todas as atividades devem ser submetidas no formato PDF.

**Atividades de laboratório:** atividades importantes para fixação dos conteúdos relacionados com a ferramenta de desenvolvimento. Serão apresentados os passos para projeto e simulação de componentes e circuitos fotônicos em silício. Será utilizo o pacote de ferramentas Lumerical - Ansys. Todas as atividades devem ser submetidas no formato RAR, contendo o relatórios (em formato PDF) e os códigos utilizados no projeto e simulação.

**Formato de entrega:**

**PrimeiroNome\_Matricula\_TEEE\_PCPhSi\_EA\_<número da atividade>.PDF**

**PrimeiroNome\_Matricula\_TEEE\_PCPhSi\_LAB\_<número do laboratório atividade>.PDF**

Exercícios e atividades com atraso não serão recebidos, contanto que o atraso tenha ocorrido por circunstâncias adversas (necessário prova).

Atividades de laboratório devem ser entregues na data do vencimento. Esse tipo de atividade poderá ser entregue com atraso, entretanto, com penalidade para o aluno de 5 décimos por dia.

1. **Integridade dos trabalhos escolares:**

Todas as atividades devem ser de própria autoria. Caso seja necessário o uso de figuras, tabelas, estruturas e ideias, apresente as fontes utilizadas. Qualquer infração neste sentido (cópia de atividades), em Exercícios e atividades e Atividades de laboratório, serão penalizadas com nota zero. Política de tolerância zero.

As consequências previstas na  Resolução 04/2004 da UFCG (Regimento Geral da UFCG) Art. 153 são:

*III – suspensão de até 15 (quinze) dias na reincidência das infrações previstas no inciso II deste artigo ou:*

*a) por agressão a qualquer membro da comunidade universitária;*

***b) por improbidade na execução dos trabalhos escolares;***

1. **Calendário:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aula** | **Data** | **Atividade** | **Exercícios** | **Laboratório** |  |
|  | **22/11/2021** | **Início das aulas** |  |  |  |
| 01 | 23/11/2021 | Apresentação do curso |  |  | Introduction to integrated photonics: optical communications, short-reach and long-haul optical links, optical switching, economic drivers towards photonic integration |
| 02 | 25/11/2021 | Equações de Maxwell  Condições de fronteira  Reflexão interna total | Atividade 01 |  | Review of interaction of optical waves with dielectric interfaces. Boundary conditions, total internal reflection. |
| 03 | 30/11/2021 | Problema modal - 1 |  |  |  |
| 04 | 02/12/2021 | Problema modal - 2 | Atividade 02 |  |  |
| 05 | 07/12/2021 | Guia slab simétrico |  |  | Symmetric dielectric waveguides. Cutoff conditions, dispersion relation. Propagation constant and effective index. Optical confinement factor. |
| 06 | 09/12/2021 | Guia slab assimétrico | Atividades 03 |  | Asymmetric dielectric waveguides.Cutoff conditions, dispersion relation. Propagation constant and effective index. Optical confinement factor. |
| 07 | 14/12/2021 | Lumerical MODE |  | Laboratório 01 |  |
| 08 | 16/12/2021 | Guia slab multicamadas - método TMM | Atividades 04 |  |  |
| 09 | 21/12/2021 | Guias retangulares - 1 |  |  | Rectangular waveguides. Marcatilli and effective index methods. Types of silicon waveguides. |
| 10 | 23/12/2021 | Guias retangulares - 2 | Atividade 05 | Laboratório 02 | Rectangular waveguides. Marcatilli and effective index methods. Types of silicon waveguides. |
|  | **27/12/2021** | **Início recesso** |  |  |  |
|  | **02/02/2022** | **Retorno recesso** |  |  |  |
| 11 | 03/02/2022 | Dispositivos ópticos integrados;  Coupling to waveguide: edge, grating, evanescent coupling, spot-size converters. |  | Laboratório 03 |  |
| 12 | 08/02/2022 | Coupled mode theory. Coupled optical waveguides. Power splitters. |  |  |  |
| 13 | 10/02/2022 | Coupled mode theory. Coupled optical waveguides. Power splitters. | Atividade 06 | Laboratório 04 |  |
| 14 | 15/02/2022 | Mach-Zehnder interferometer. Cascaded MZI optical filters. Star couplers. Wavelength division multiplexing. |  |  |  |
| 15 | 17/02/2022 | Mach-Zehnder interferometer. Cascaded MZI optical filters. Star couplers. Wavelength division multiplexing. |  | Laboratório 05 |  |
| 16 | 22/02/2022 | Optical ring resonators. Add-drop multiplexers. |  |  |  |
| 17 | 24/02/2022 | Optical ring resonators. Add-drop multiplexers. |  | Laboratório 06 |  |
| 18 | 03/03/2022 | Waveguide Bragg gratings. |  | Laboratório 07 |  |
| 19 | 08/03/2022 | Polarization dependence and management. Waveguide polarization splitters and rotators. |  |  |  |
| 20 | 10/03/2022 | Polarization dependence and management. Waveguide polarization splitters and rotators. |  | Laboratório 08 |  |
| 21 | 15/03/2022 | Optical isolation. Wavelength multiplexers figures of merit. |  | Laboratório 09 |  |
| 22 | 17/03/2022 | Layout design and simulation. |  |  |  |
| 23 | 22/03/2022 | KLayout, layout design and optimization, KLayout, programmable design kits (PDKs). |  | Laboratório 10 |  |
| 24 | 24/03/2022 | **CML:** compact photonic models, circuit simulation and design using compact models. |  | Laboratório 11 |  |
| 25 | 29/03/2022 |  |  |  |  |
| 26 | 31/03/2022 | Apresentação -projetos |  |  |  |
| 27 | 05/04/2022 | Final |  |  |  |