

PSI3483
ONDAS ELETROMAGNÉTICAS EM
MEIOS GUIADOS
Conteúdo

Prof.^a Dr.^a Fatima Salete Correra

Prof. Dr. José Kleber da Cunha Pinto

Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

Professores

Profa. Dra. Fatima Salete Correra

Colaboração: Prof. Antônio Sandro Verri

Aulas síncronas por vídeo conferência

2ª feira – 15h50min às 17h30min

5ª feira – 14h00min às 15h40min

Estrutura do curso

Aulas teóricas

Aulas práticas de simulação em CAD

Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

Ondas eletromagnéticas

- Ondas que transportam a energia eletromagnética
- Energia eletromagnética
 - Gerada por cargas elétricas em movimento
 - Amplo espectro de frequências
 - ondas de rádio, micro-ondas
 - infravermelho, luz visível
- Usadas em comunicações
 - Portadora modulada pela informação
 - Modulação AM, FM ou PM

Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

Meios de propagação de ondas EM

Meios não-guiados

- Meios ilimitados
- Exemplos

Espaço livre

Atmosfera

Meios guiados

- Meios com fronteiras
- Exemplos

Linhas bifilares

Par trançado

Cabos coaxiais

Guias de ondas

Linhas planares

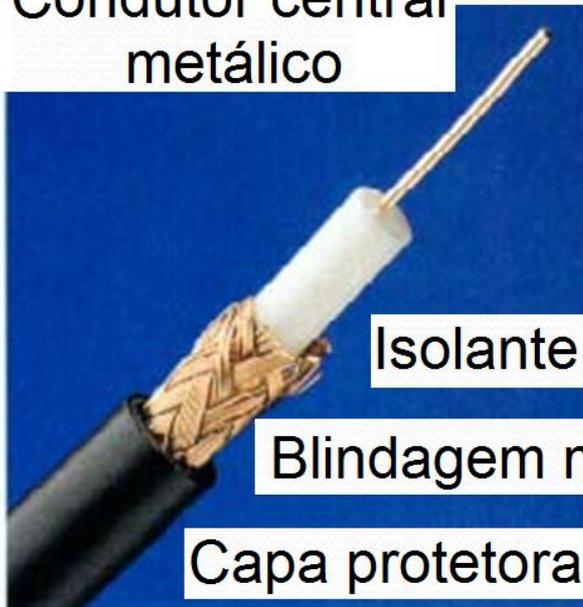
Fibras ópticas

Micro-ondas, ondas milimétricas e luz

Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

Meios guiados de propagação

Condutor central
metálico

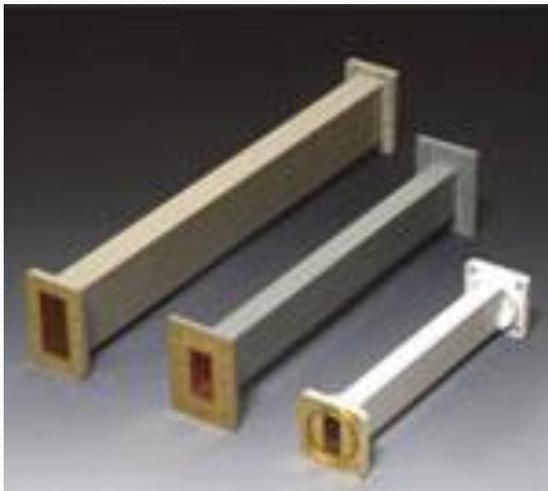


Cabos coaxiais

Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

Meios guiados de propagação

Condutores ocos
Preenchidos com dielétrico
Secção transversal regular



Guias de ondas
retangular

Guias de
ondas
flexíveis



Guia de ondas
elíptico

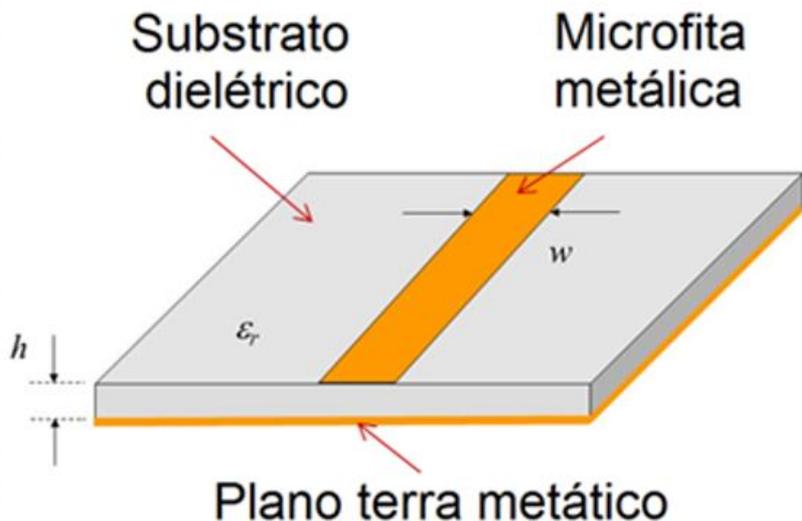


Guias de ondas

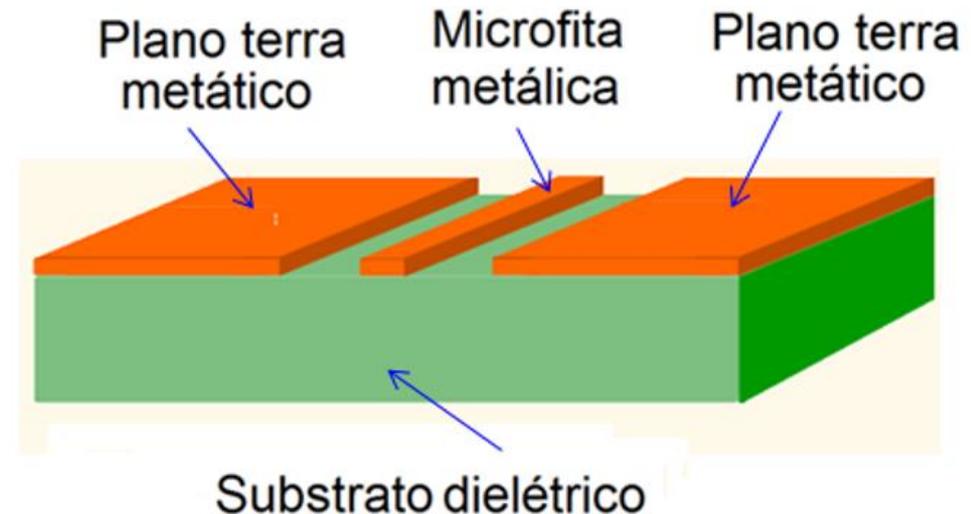
Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

Meios guiados de propagação

Linha de microfita



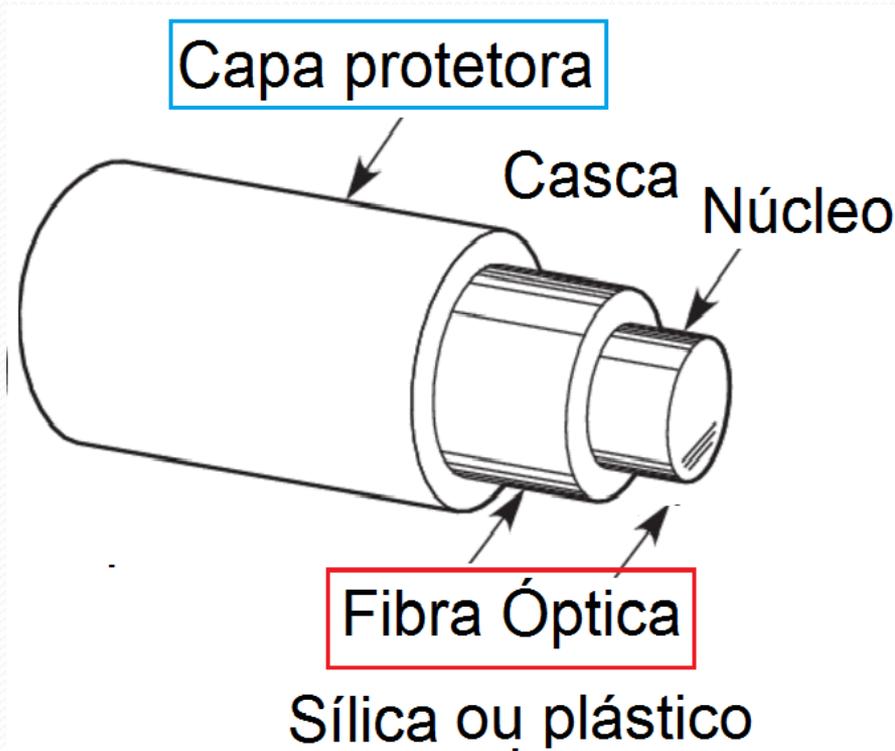
Guia de ondas coplanar



Linhas planares

Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

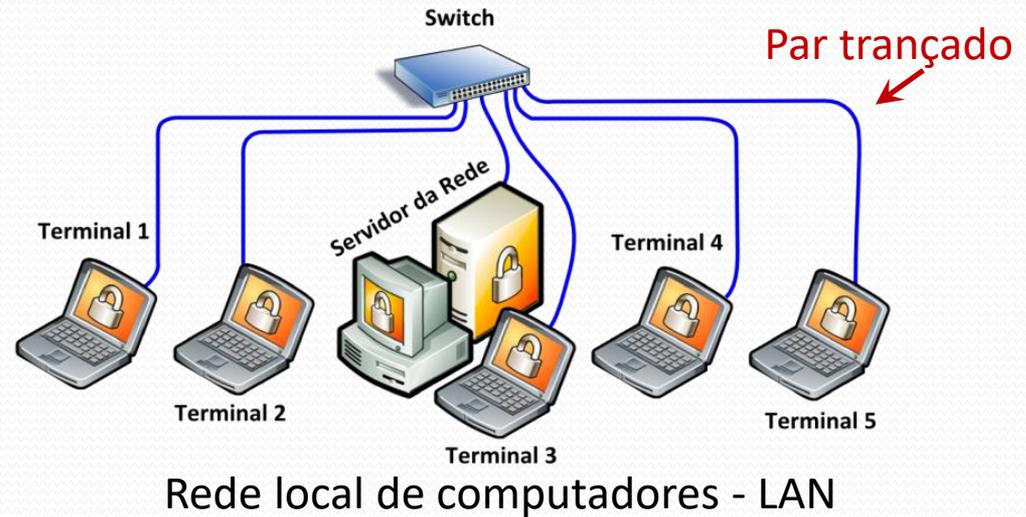
Meios guiados de propagação



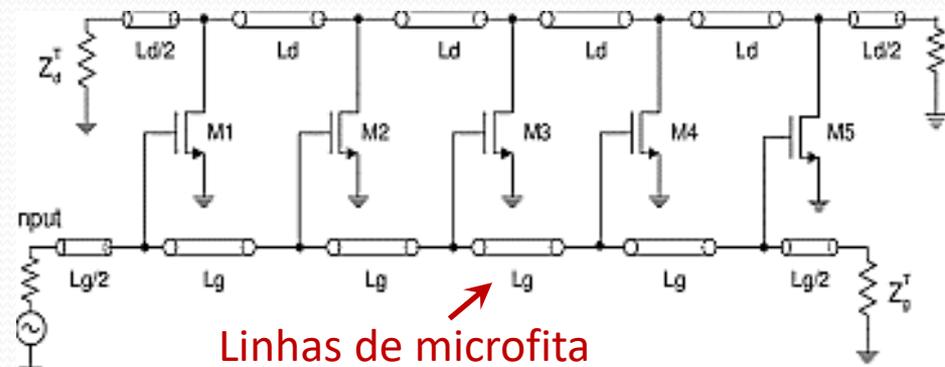
Fibras ópticas

Aplicações de meios guiados de propagação

- Conexão física entre dois ou mais pontos



- Circuitos de alta frequência



Amplificador distribuído usando linhas de transmissão

Aplicações de meios guiados de propagação

Conexão física entre dois ou mais pontos

Exemplos

- Enlace físico de micro-ondas entre duas cidades, como Rio de Janeiro – São Paulo (500 km) – **cabo coaxial**
- Interligação de computadores em rede em um edifício - **par trançado** ou **cabo coaxial**
- Distribuição de sinais de Internet e TV por assinatura – **cabos coaxiais** e **fibras ópticas multimodo**
- Conexões de micro-ondas de curta distância entre equipamentos profissionais de telecomunicações – **guias de onda**
- Conexões de longa distância via cabos submarinos intercontinentais – **fibras ópticas monomodo**

Aplicações de meios guiados de propagação

Conexão física entre dois ou mais pontos

Que meio guiado usar?

Parâmetros do sistema a serem considerados

- Faixa de frequência de operação do sistema
- Banda de dados que pode ser transmitida
- Distância da conexão

Parâmetros do meio guiado a serem analisados

- Perda do meio guiado
- Necessidade de repetidores ao longo do enlace
- Efeitos de distorção do sinal transmitido
- Custo do sistema usando o meio guiado

Aplicações de meios guiados de propagação

Circuitos de alta frequência – micro-ondas

- Circuitos passivos

- Filtros
- Divisores de potência
- Combinadores de potência
- Acopladores
- Atenuadores, etc.

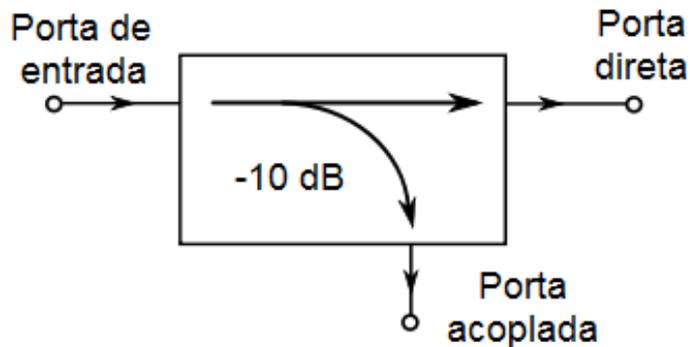
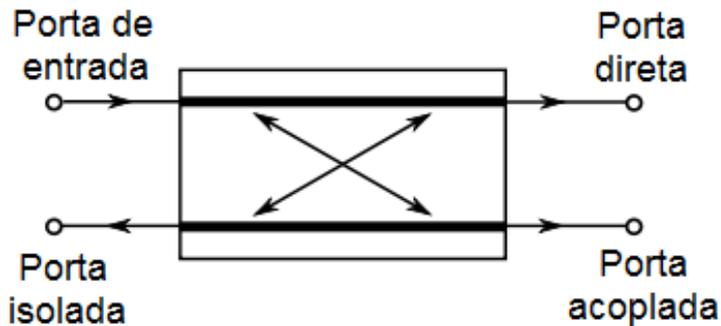


- Tecnologias

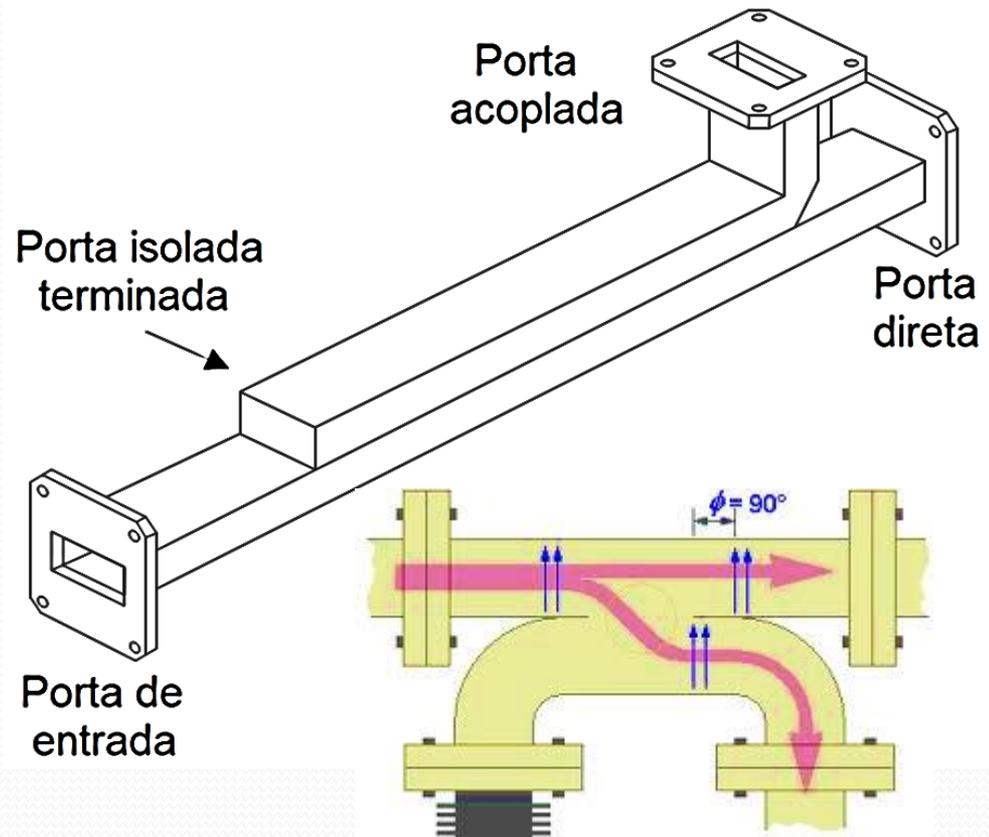
- Cabos coaxiais
- Linhas de transmissão planares
- Guias de ondas

Aplicações de meios guiados de propagação

Acoplador direcional de micro-ondas em guia de ondas

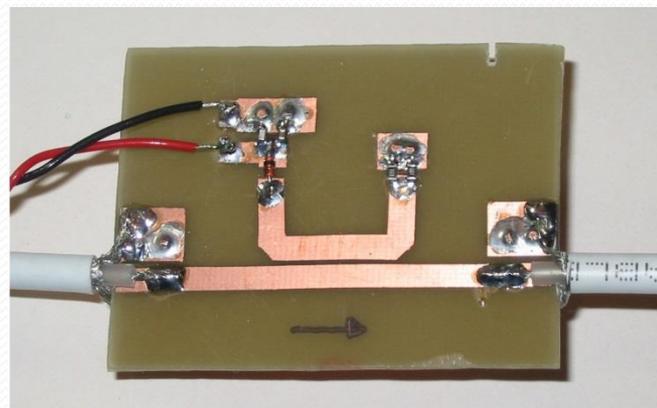
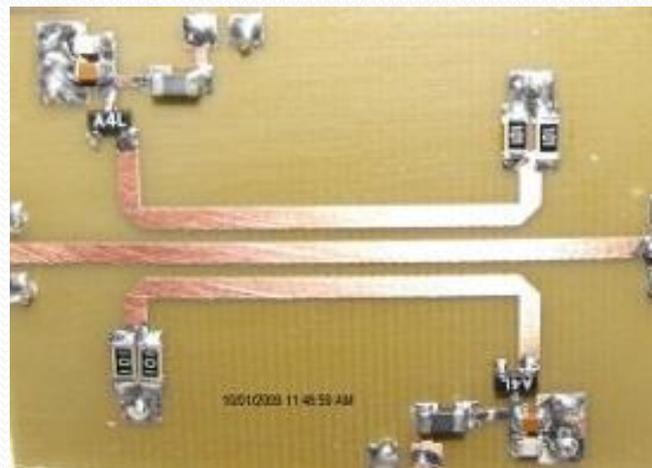
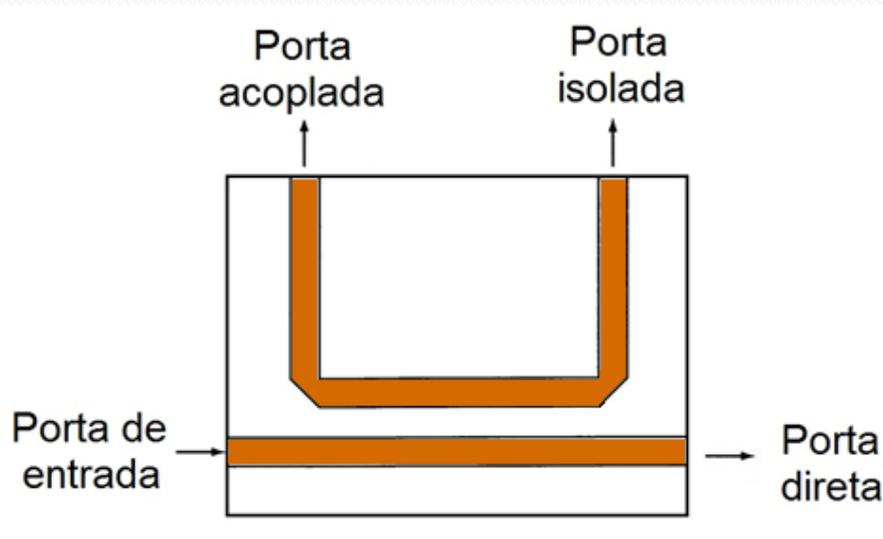


A porta acoplada fornece uma amostra do sinal de entrada



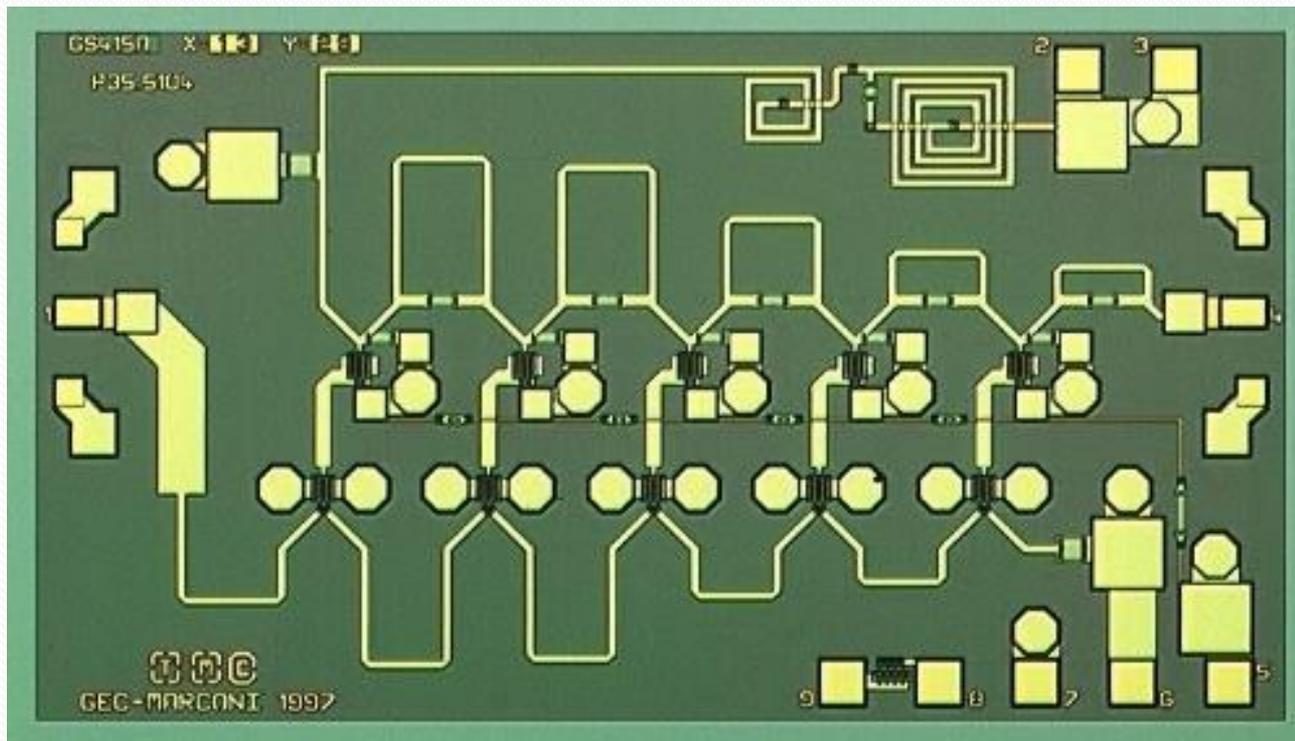
Aplicações de meios guiados de propagação

Acoplador direcional de micro-ondas em linha de microfita



Aplicações de meios guiados de propagação

Circuitos de alta frequência – micro-ondas



Amplificador distribuído monolítico usando linhas de microfita

Projetado por Bookham - <https://www.microwaves101.com>

Aplicações de meios guiados de propagação

Circuitos de alta frequência – micro-ondas

- Aplicações de potência – kW's
 - Radar pulsado para detecção de alvos
 - Civis
 - Militares
 - Fornos de micro-ondas
 - Industriais
 - Domésticos



- Tecnologia
 - Guia de ondas

Aplicações de meios guiados de propagação



Aplicações de potência em micro-ondas

- Radar para detecção de aviões

Antena corneta em guia de ondas

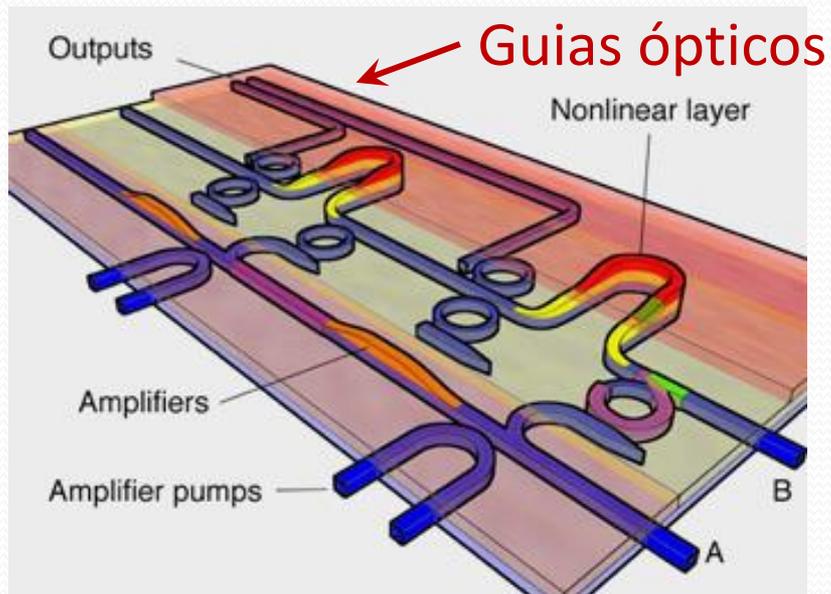
Guia de ondas retangular

<https://stringfixer.com/pt/Radar>

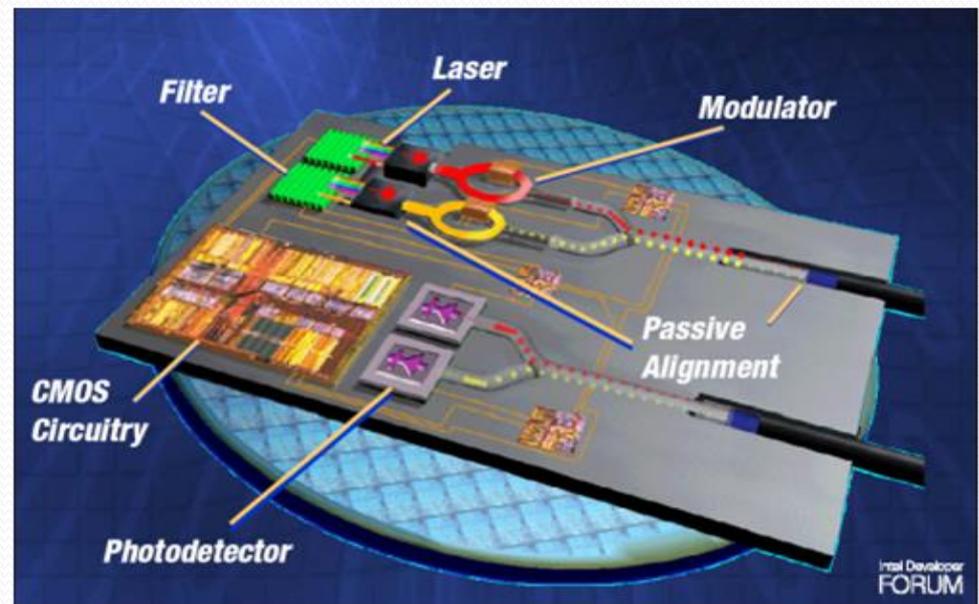
Aplicações de meios guiados de propagação

Circuitos fotônicos - frequência ópticas

- Circuitos integrados fotônicos – PICs
- Integram duas ou mais funções ópticas em um *chip*



<http://www.cudos.org.au/>



<http://www.creol.ucf.edu>

Conteúdo do curso

- Introdução
- Parâmetros de espalhamento
- Cabos coaxiais
- Linhas de transmissão planares
- Ressonadores eletromagnéticos
- Guias de ondas retangulares
- Guias de ondas cilíndricos
- Cavidades ressonantes
- Fibras ópticas

Bibliografia

Pozar, D. M. **Microwave Engineering**. 4th ed., 2012 John Wiley & Sons, Inc.

Collin, R. E. **Foundations for Microwave Engineering**. Wiley-IEEE Press, 2001

Amazonas, R. de A. A. **Projeto de Sistemas de Comunicações Ópticas**. Manole, 2005.

Keiser, G. **Comunicações por Fibras Ópticas**. 4ª. ed. MacGraw Hill Education – Bookman. 2014.

Critérios de avaliação e provas

- Avaliação
- Duas provas presenciais (a confirmar):

P1 – 03/10/2022, início 15:00 horas

P2 – 08/12/2022, início 13:10 horas

Critério de aprovação:

$$M = (P1 + P2)/2 \geq 5,0$$

- Prova de recuperação - PREC
 - Alunos com $3,0 \leq M < 5,0$

- Critério de aprovação: $M_{REC} = \frac{M+PREC}{2} \geq 5,0$

Moodle do Curso

<https://edisciplinas.usp.br>

PSI3483 – Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

- Slides
- Listas de exercícios
- Notas das provas
- Leituras recomendadas
- Animações
- Sites de interesse
- Fotos
- Vídeos

Aplicativo computacional

ADS – Advanced design System / Keysight

- Pacote profissional de simuladores de micro-ondas
 - Circuitos, sistemas e antenas de micro-ondas
- Instalado nos computadores da sala GD04-B
 - Usuário: PSI3483 Senha: gradPSI3483
- Cada aluno com e-mail USP pode obter licença para usar o ADS em seu computador pessoal
 - Instruções disponíveis no Moodle

Atividade prática

Moodle de PSI 3483

- No computador da sala GD04-B, acesse:
 - **Usuário: PSI3483 Senha: grad3483**
 - **Servidor de licença: 5288@license.lme.usp.br**
- Entre Moodle de PSI3483 (<https://edisciplinas.usp.br/>)
- Verifique os materiais disponibilizados aos alunos
- Em SITES DE INTERESSE acesse
 - Rastreamento de satélites artificiais
 - Eyes on Earth - NASA