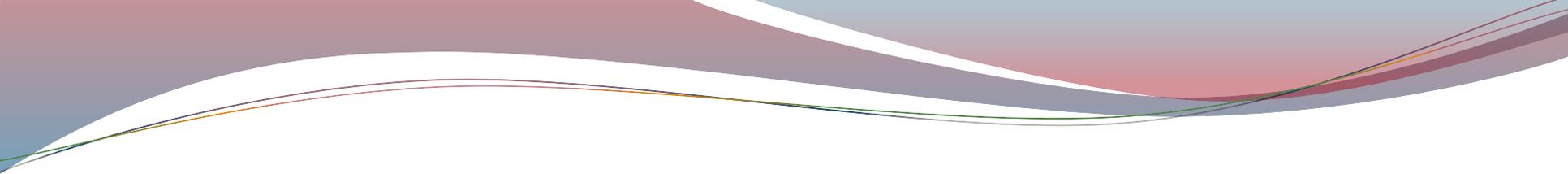


**PSI3581**  
**CIRCUITOS DE MICRO-ONDAS**  
**Simulação de Circuitos Passivos**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fatima Salete Correra**



# Introdução

# Linhas de microfita

## Exercício

- Dado um substrato com  $\epsilon_r = 10$ ,  $h = 0,5$  mm e  $\text{tg}\delta = 0,002$
- Metalizado com cobre,  $\sigma = 5,8 \times 10^7$  S/m
- Sobre o qual foi construída uma linha de microfita com largura  $W = 0,5$  mm
- Calcule para essa linha de microfita
  - A constante dielétrica efetiva
  - A impedância característica
  - O comprimento de onda na estrutura para um sinal de 1 GHz
  - A atenuação por metro devido a perdas condutivas
  - A atenuação por metro devido a perdas dielétricas

# Linhas de microfita

## Atividade prática 2 - LineCalc

- Acesse o programa ADS – Advanced Design System
- Crie ou abra uma janela de esquemático
  - No menu superior dessa janela selecione:  
Tools → LineCalc → Start LineCalc
  - Verifique os campos que compõem a janela do LineCalc
  - Projete a linha de microfita, usando o LineCalc, com:
  - $Z_0 = 50$  Ohms na frequência de 10 GHz
  - Comprimento da linha de microfita: um comprimento de onda ( $360^\circ$ )
  - Substrato: laminado de alta-frequência

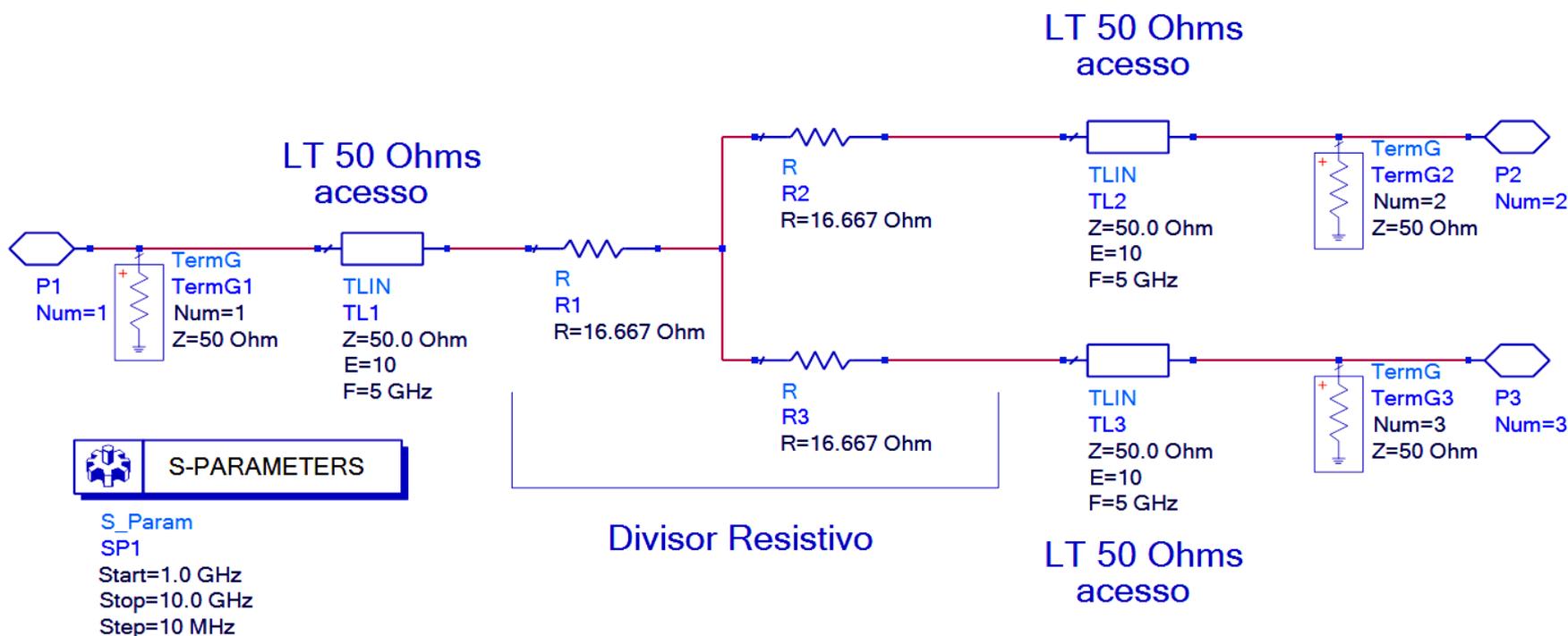
$$\epsilon_r = 2,5, \quad h = 0,635 \text{ mm} \quad \text{e} \quad \text{tg}\delta = 0,002$$

Metalizado com cobre,  $\sigma = 5,8 \times 10^7$  S/m, com espessura de 17 microns

# Divisores e Combinadores de Potência

## Divisor Resistivo

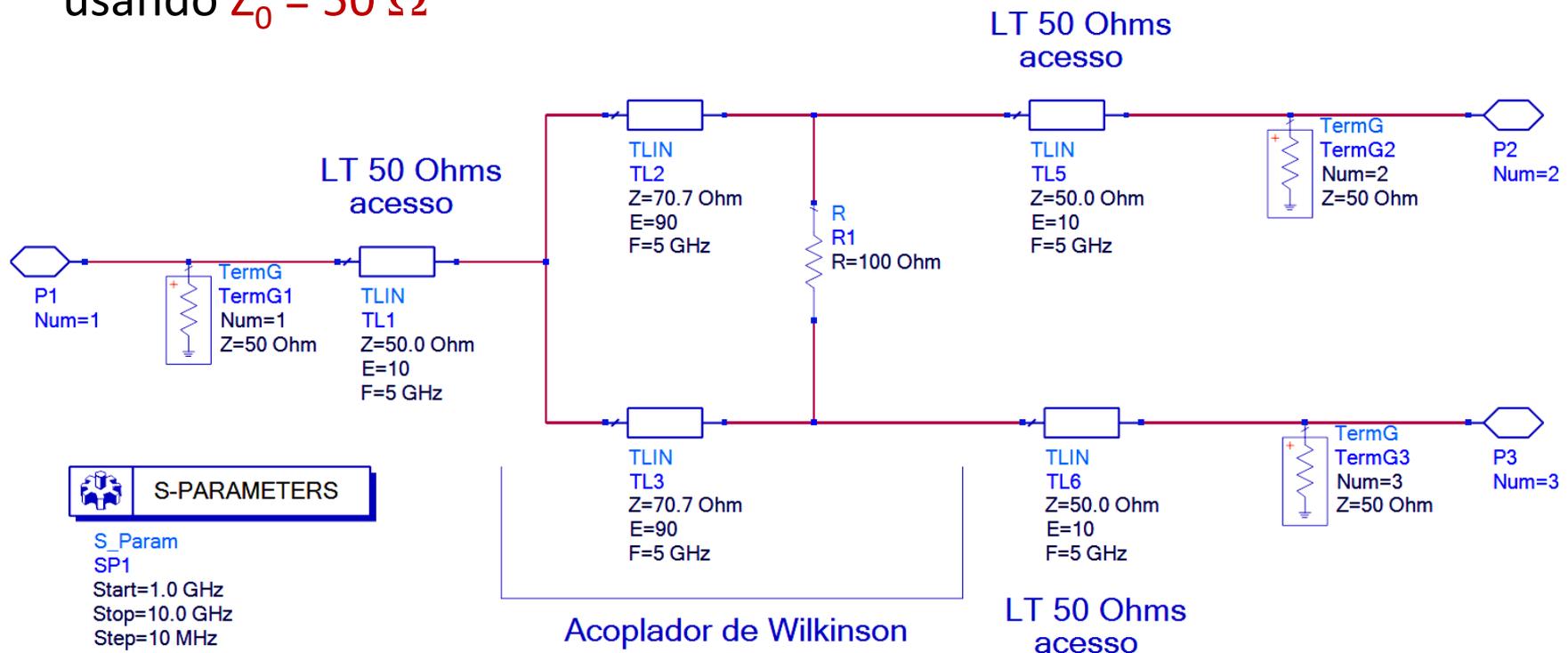
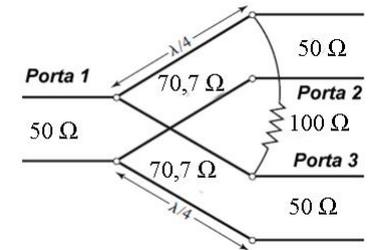
- Circuito esquemático para simulação no ADS, usando linhas de transmissão ideais (TLIN)



# Divisores e Combinadores de Potência

## Divisor de Wilkinson

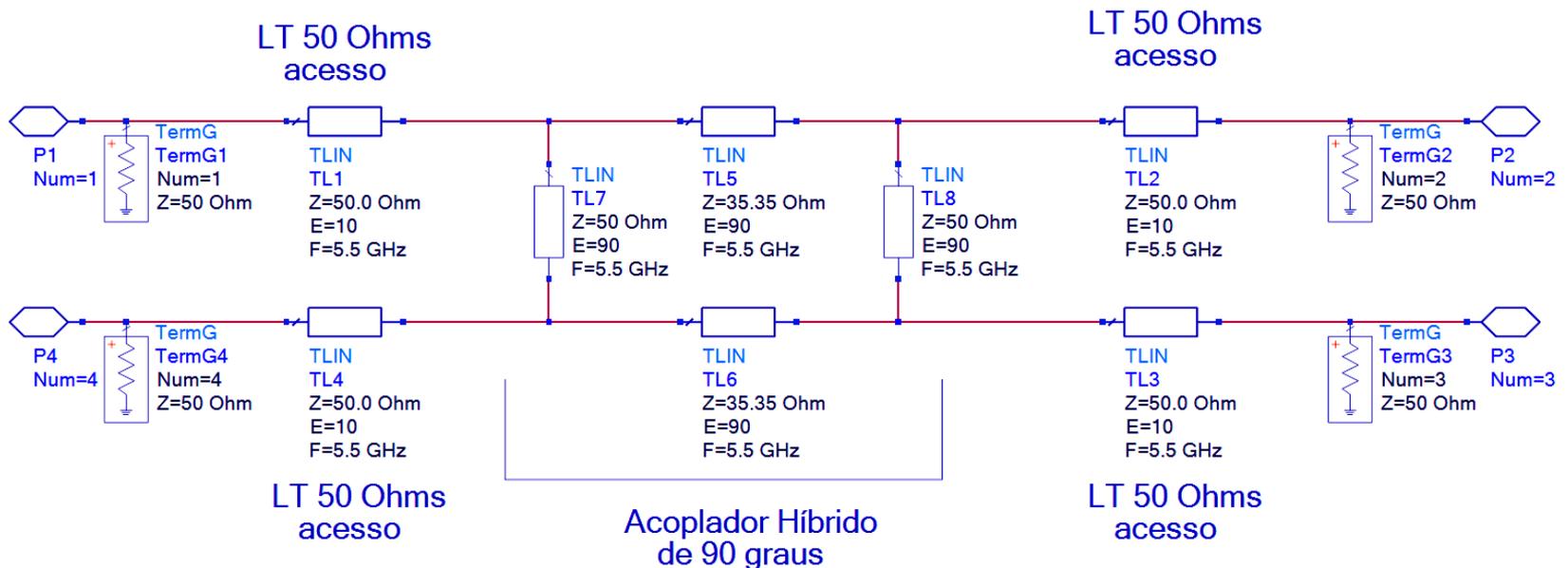
- Circuito esquemático para simulação do acoplador de Wilkinson no ADS, com linhas de transmissão ideais e usando  $Z_0 = 50 \Omega$



# Acopladores Direcionais de Micro-ondas

## Acoplador Híbrido de 90°

- Circuito esquemático para simulação do acoplador Híbrido de 90° no ADS, frequência central de 5.5 GHz, com linhas de transmissão ideais. usando  $Z_0 = 50 \Omega$



S-PARAMETERS

S\_Param  
SP1  
Start=4.5 GHz  
Stop=6.5 GHz  
Step=10 MHz

# Acopladores Direcionais de Micro-ondas

## Exercício – Projeto de Acopladores híbridos de 90° e de 180°

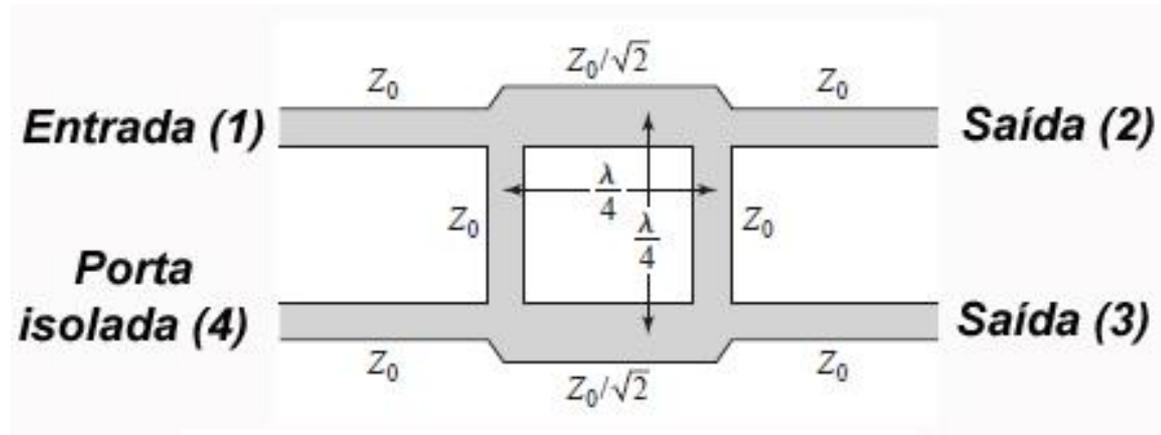
- Frequência central: 5.5 GHz
- Tecnologia: linha de microfita (*microstrip line*)
- Substrato - Alumina
  - Er = 10
  - tg(delta)=0.0002
  - H = 0.635 mm
- Metalização do substrato - Ouro
  - Sigma = 4.1E+07 S/m
  - T = 5 microns
- Projete os dois acopladores
- Gere o circuito esquemático dos acopladores
- Simule os parâmetros S
- Trace as curvas de cada acoplador
  - $S_{11}$ ,  $S_{22}$ ,  $S_{33}$  e  $S_{44}$  em dB
  - $S_{21}$ ,  $S_{31}$  e  $S_{41}$  em dB
  - em função da frequência

# Acopladores Direcionais de Micro-ondas

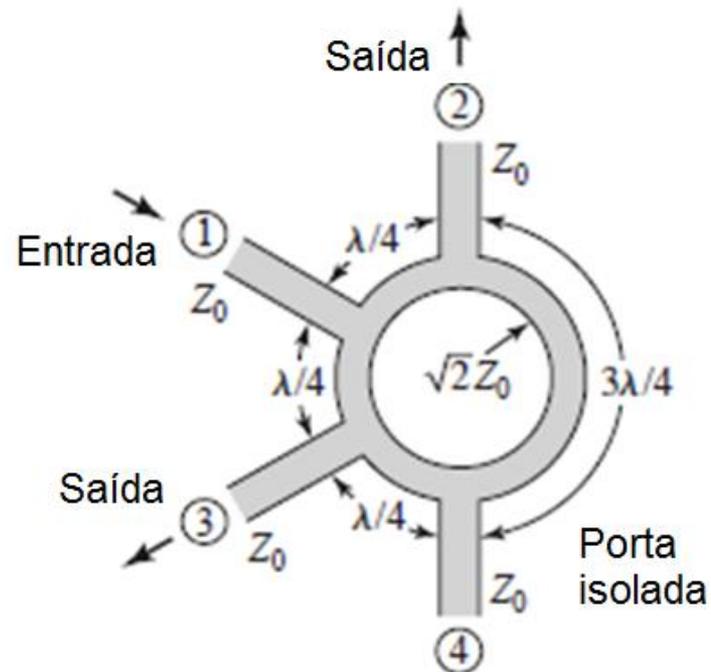
## Exercício – Projeto de Acopladores híbridos de 90° e de 180°

- Inclua no esquemático elementos que representem as junções entre as linhas de transmissão de microfita dos acopladores (MTEE – microstrip “T”)
- Simule os acopladores e observe o efeito das junções na resposta dos acopladores
- Ajuste os acopladores usando o recurso “Tuning” – altere o comprimento das linhas de transmissão de modo a otimizar o desempenho dos acopladores
- Trace as curvas de  $S_{21}$  e  $S_{31}$  em dB dos dois acopladores no mesmo gráfico e compare suas bandas de operação.
- Faça o leiaute dos dois acopladores
- Realize a simulação eletromagnética dos acopladores usando o simulador Momentum do ADS.

Acoplador Híbrido de  $90^\circ$



Acoplador Híbrido de  $180^\circ$



# Linhas de transmissão acopladas

## Análise de linhas acopladas

### Exercício

- Projete linhas de microfita acopladas usando o LineCalc.
- Calcule S e W para as condições a seguir

#### Substrato

$$\epsilon_r = 2.2 \quad \text{tg}(\delta) = 0.0005$$

$$h = 0.508 \text{ mm}$$

$$t = 17 \text{ microns de cobre}$$

$$\sigma = 5.8 \times 10^7 \text{ S/m}$$

$$f = 3 \text{ GHz}$$

$$Z_0 = 50 \text{ Ohms}$$

Acoplamento	W(mm)	S(mm)
C = -10 dB	1.26	0.079
C = -13 dB	1.39	0.183
C = -16 dB	1.46	0.347
C = -20 dB	1.51	0.653

# Acopladores Direcionais de Micro-ondas

## Acoplador direcional de linhas acopladas

### Exercício

- Projete o acoplador com as seguintes características

#### Especificações

Frequência central : 3 GHz

Acoplamento: -20 dB

1 seção acoplada

Linha de microfitas

#### Substrato

$\epsilon_r = 2.2$   $\text{tg}(\delta) = 0.0009$

$d = 0.508$  mm

$t = 17$  microns de cobre

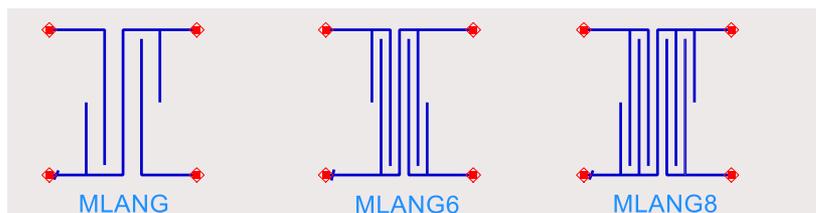
$\sigma = 5.8 \times 10^7$  S/m

- Simule o circuito de 1 a 5 GHz
- Compare os resultados obtidos com as especificações
- Gere o leiaute do acoplador e faça a simulação EM (com Momentum)

# Acopladores Direcionais de Micro-ondas

## Acopladores de Lange no ADS - exercício

- Abra uma janela de esquemático no ADS
- Abra a palheta Tlines-Microstrip
- Nessa palheta localize os ícones de Acopladores de Lange e coloque-os na janela de esquemático



- Verifique os parâmetros desses acopladores e a diferença entre os mesmos.
- Gere o leiaute dos acopladores e observe as camadas que os compõem.

# Filtros de Micro-ondas

## Filtros usando linhas de transmissão

### Exercício

- Crie uma janela de esquemático no ADS
- Explore a palheta “**Passive Circuits DG – Microstrip Circuits**”, verificando os tipos de filtro e outros circuitos disponíveis na mesma
- Posicione o ícone de um dos filtros na janela de esquemático, defina suas especificações.
- Insira o ícone do substrato na mesma janela, com as especificações padrão ou outra que deseje
- Use a ferramenta “**Design Guide – Passive Circuits**” para projetar e simular o filtro
- Crie o layout do filtro projetado a partir de seu esquemático.