

## DESENVOLVIMENTO DE UM FILTRO FEITO COM LINHA MICROLINHA EM FITA PARA FREQUÊNCIA DE 1GHZ

**Wagner Guimarães dos Santos Pinto**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

**Alexandre Maniçoba de Oliveira**

Doutor em Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

**Resumo:** O artigo objetiva a simulação de uma linha de transmissão do tipo Microstrip, onde o autor tem a finalidade de extrair dela sua capacidade de filtrar sinais de alta frequência em uma banda específica. Para isto, é utilizado o software Qucs (Quite Universal Circuit Simulator) na versão 0.0.19 para a montagem do circuito e dimensionamento dos parâmetros dos componentes da microlinha, bem como a simulação e análise dos resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Linha de transmissão. Eletromagnetismo. Filtro.

**Abstract:** The goal of this work is the simulation of a transmission line of the type Microstrip, where the author aims to extract its ability to filter high frequency signals in a specific band. For this purpose, the software Qucs in version 0.0.19 is used for the assembly of the circuit and the dimensioning of the parameters of the microline components, as well as the simulation and analysis of the obtained results.

**Keywords:** Transmission line. Electromagnetism. Filter.

### INTRODUÇÃO

De acordo com BALANIS, Ref.[4] (2006), microlinha é uma linha de transmissão feita em uma placa de circuito impresso e tem como função a transmissão de energia em altas frequências. Esta tecnologia é formada basicamente por três

camadas de material, a primeira delas é um plano terra (GND) em sua base e, logo acima deste plano, há um material dielétrico, chamado também de substrato, separando o GND de uma fina deposição de material condutor na superfície do dielétrico, que é responsável por receber e conduzir as ondas eletromagnéticas ao longo do circuito.

Algumas das vantagens que esta tecnologia proporciona são seu tamanho reduzido, que possibilita a fabricação de dispositivos com dimensões cada vez menores, o baixo custo de produção e, também, a fácil fabricação de circuitos. Como era de se esperar, a microlinha não é formada exclusivamente de vantagens, apresentando algumas impropriedades tais como sua falta de blindagem contra interferências eletromagnéticas, podendo gerar Cross-Talk (que é a interferência indesejada que um canal de transmissão causa em outro) e maiores perdas, se comparada com uma guia de onda.

## **CARACTERÍSTICAS DA MICROSTRIP**

A Microstrip possui em sua superfície um condutor que propaga suas linhas de campo tanto no substrato, como também no ar. Segundo LEE, Ref.[1] (2004), por ela possuir uma de suas faces aberta para o meio, não há possibilidade de confinamento total de ambos os campos elétricos e magnéticos, configurando desta forma um modo de propagação conhecido como Quase-TEM (Quase Transversal Eletromagnético), pois ela não suporta os modos TEM (quando não há componentes elétricas ou magnéticas no sentido de propagação da onda), TM (neste modo não há apenas a componente magnética no sentido de propagação) ou TE (não permite componentes de campo elétrico no sentido de propagação).

Na microstrip utilizada convencionalmente, a presença de um segundo dielétrico com permissividade relativa  $\epsilon_r > 1$ , faz com que as linhas de campo elétrico se concentrem neste dielétrico. Caso  $\epsilon_r \gg 1$ , o efeito de borda é muito mais reduzido, devido a maior concentração das linhas de campo elétrico em direção ao substrato, como representado na Figura 1.

Figura 1 -Efeito de borda na microlinha ocorrido com a presença de um substrato



Campo Eletromagnético de uma Microstrip Line - Fonte: CONSTANTINE, A. Balanis et al. (2005)

## DIMENSIONAMENTO

Nas condições em que a largura (Width) do condutor  $W = 3.15911$  mm e a altura do dielétrico (ou dielectric height)  $H = 1.6$  mm, temos que

$$\frac{W}{H} = 1,97444375.$$

Com isso, obtemos

$$\frac{W}{H} \geq 1$$

Portanto, de acordo com BAHL, Ref.[3] (1977) a equação que define a constante dielétrica efetiva  $\epsilon_{\text{Eff}}$  é dada por

$$\epsilon_{\text{Eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12\frac{H}{W}}}$$

Sendo  $\epsilon_r$  a permissividade relativa do substrato, assumindo o valor 4.3 F/m, característica de um substrato de FR4, temos que

$$\epsilon_{\text{Eff}} = 3,270210425.$$

Com esta informação, é possível calcular  $Z_0$  (impedância do espaço livre) da seguinte forma

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}} \left[ \frac{W}{H} + 1,393 + \frac{2}{3} \ln\left(\frac{W}{H} + 1,444\right) \right]}$$

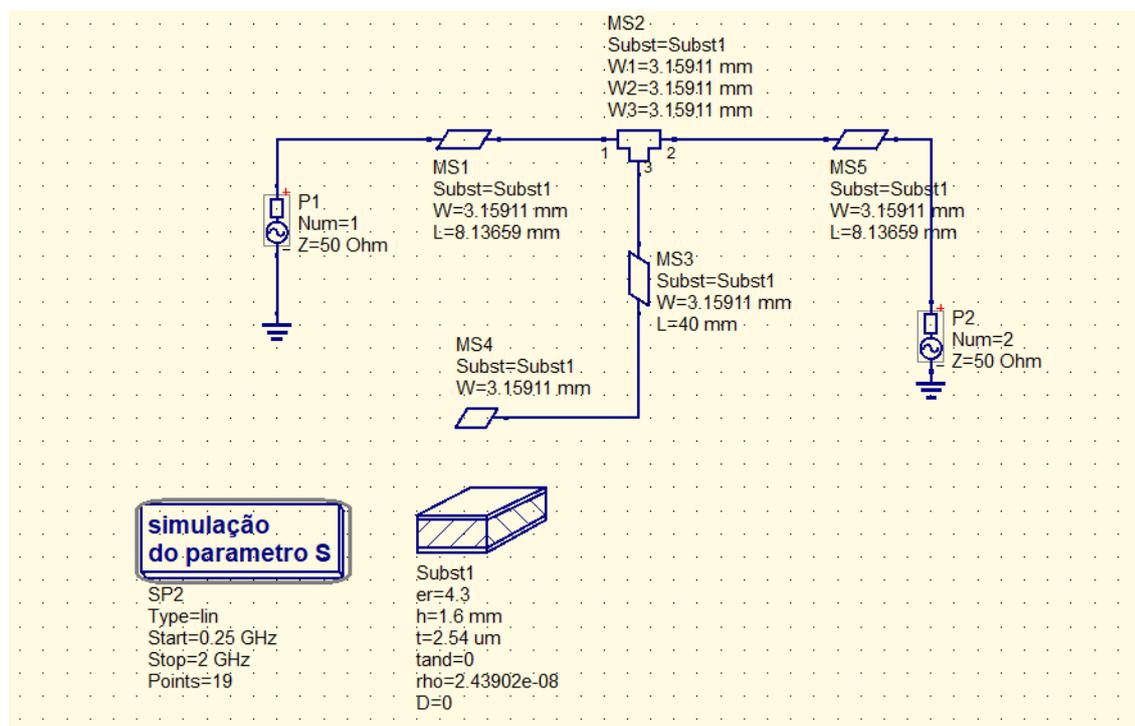
Obtendo o seguinte resultado:

$$Z_0 = 49,79097263 \text{ Ohms.}$$

## PROJETO DA MICROLINHA NO SOFTWARE QUCS

Com as dimensões da microlinha já estabelecidas, o filtro de linha foi modelado com o auxílio do software de simulação para análise do comportamento do dispositivo, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema de projeto no QUCS de um filtro de microlinha



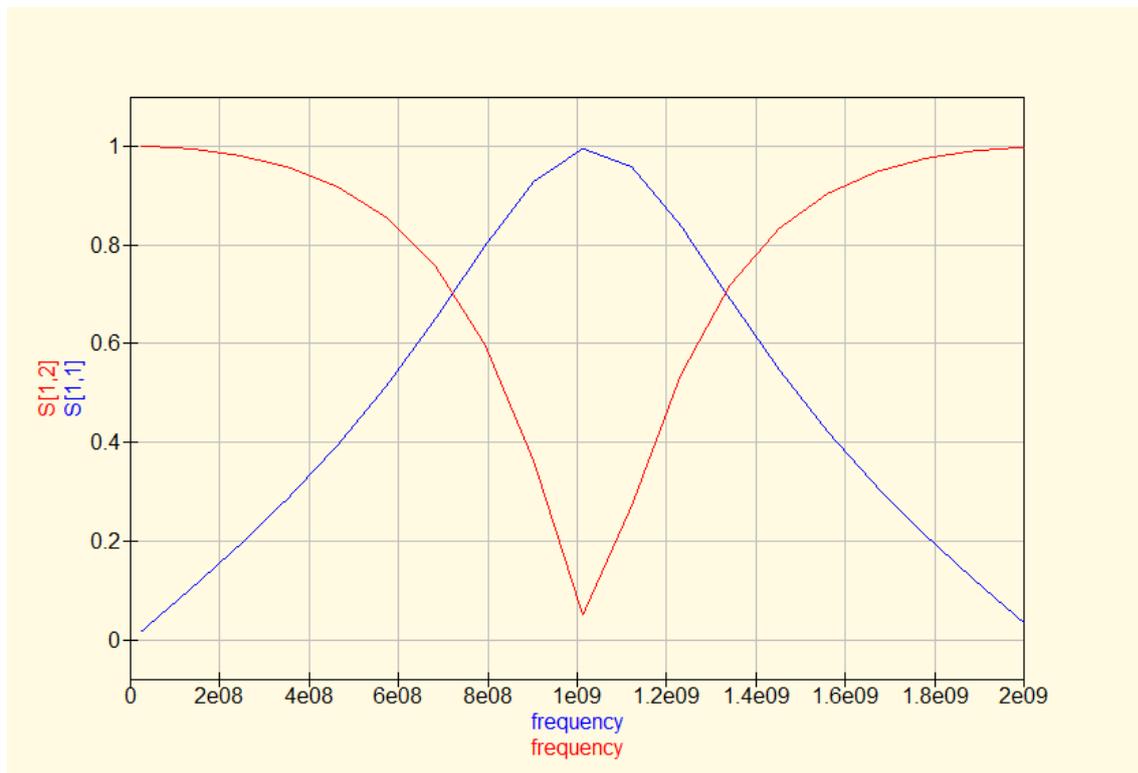
Fonte: Autor (2019)

Conforme podemos observar na ilustração acima, a microlinha de transmissão possui uma ramificação composta por MS2 (componente do software utilizado para inserir este tipo de informação de ramificação do condutor), MS3 e MS4. Esta ramificação tem como finalidade o desvio da onda eletromagnética em determinada frequência (no caso de 1 GHz), que, ao encontrar o fim desta ramificação, popularmente chamada de “toco”, sofre uma reflexão devido à mudança abrupta de impedância existente na interface ar-condutor e, ao retornar à linha principal, esta causa interferência na frequência desejada.

## RESULTADOS

Ao estabelecer uma simulação do parâmetro S (Scattering parameters, ou parâmetros de espalhamento) entre as frequências de 0,25 GHz e 2 GHz, e exibir as curvas  $S[1,2]$  (potência transferida da porta 2 para a porta 1) e  $S[1,1]$  (potência transferida da porta 1 para ela mesma, ou seja, perda por retorno), pode-se notar na Figura 3 que próximo do valor de 1 GHz há um pico de  $S[1,1]$  ao mesmo tempo que  $S[1,2]$  cai abruptamente para valores baixos, demonstrando que sinais naquela frequência não são propagados.

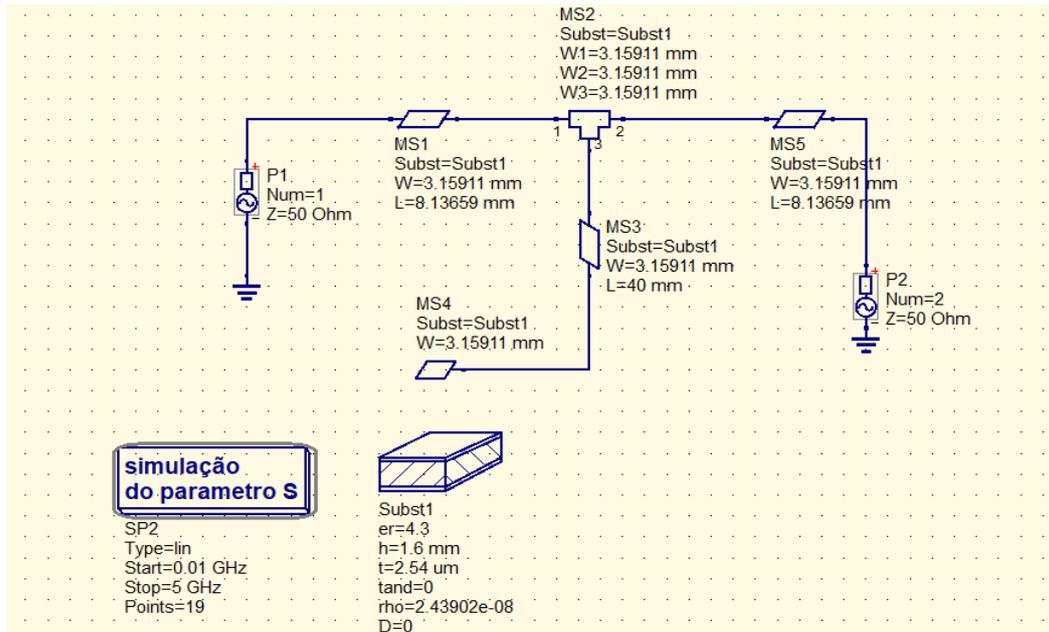
Figura 3 - Simulação até 2 GHz da microlinha



Fonte: Autor (2019)

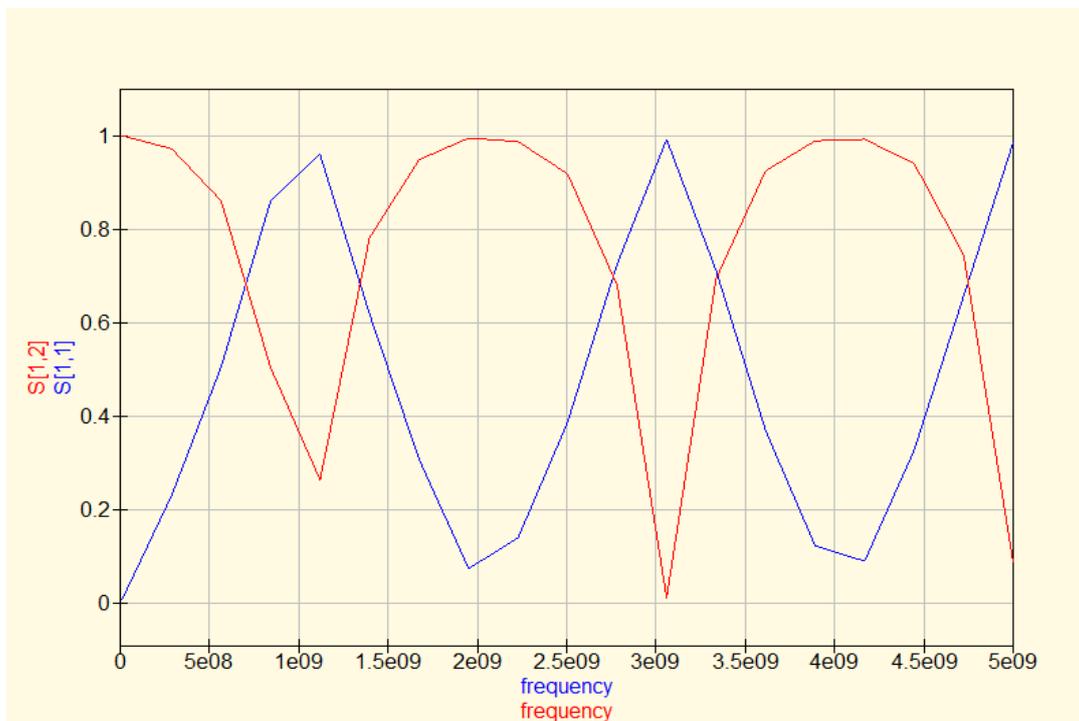
Esta simulação na faixa de 0,25 GHz e 2 GHz evidenciou claramente a eficiência que a microlinha desenvolvida possui para filtrar sinais em 1 GHz. Entretanto, como pode-se imaginar, este dispositivo pode operar em frequências maiores do que esta faixa. A fim de obter uma visão mais ampla do comportamento da microlinha em frequências superiores, foi realizada a simulação até a frequência de 5 GHz, obtendo-se as curvas apresentadas nas Figuras 4 e 5 a seguir:

Figura 4 - Esquema da microlinha com parâmetro de simulação até 5 GHz



Fonte: Autor (2019)

Figura 5 - Resultado da simulação até 5 GHz



Fonte: Autor (2019)

Na faixa de 3 GHz há uma interferência claramente maior em relação ao sinal de 1 GHz, evidenciando que a mesma microlinha pode ser usada também para gerar interferências nesta faixa, enquanto há uma boa emissão de sinal nas faixas de 1,5 GHz a 2,5 GHz e também de 3,5 GHz a 4,5 GHz.

## CONCLUSÃO

Após o estudo dos resultados apresentados neste artigo, pode-se concluir que o modelo proposto de microlinha obteve sucesso no objetivo proposto de atuar como um filtro de sinais na frequência de 1 GHz, além de também ter sido capaz de interferir em outras frequências (até mesmo de forma mais eficaz), como na faixa de 3 GHz. Esta segunda faixa de interferência pode tornar-se uma característica útil em determinadas aplicações, como também há chances de ser vista como uma desvantagem se a aplicação demandar uma precisão maior, tornando necessário apenas interferências em 1 GHz quando a microlinha necessitar operar em uma faixa que englobe ambos pontos de perda de sinal.

O artigo evidenciou a serventia de um modelo simples de microlinha em uma aplicação de filtro, como um design de fácil confecção, bem como as fragilidades do modelo proposto.

## REFERÊNCIAS

1. LEE, Thomas H. Planar microwave engineering: a practical guide to theory, measurement, and circuits. Cambridge University Press, 2004.
2. K. C. Gupta, R. Garg, and I. J. Bahl, Microstrip Lines and Slotlines. 1996.
3. J. Bahl and D. K. Trivedi, "A Designer's Guide to Microstrip Line", Microwaves, 1977.
4. CONSTANTINE, A. Balanis et al. "Antenna theory: analysis and design", 2006.