

CARACTERIZAÇÃO NUMÉRICA DE FILTROS PASSA-FAIXAS EM MICROFITA USANDO STUBS TIPO CIRCUITO ABERTO

Bruna Alice LIMA DA SILVA; Samara de PAIVA LACERDA; Alfrêdo GOMES NETO

Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, CEFET-PB

Grupo de Telecomunicações e Eletromagnetismo Aplicado, GTEMA

Av. 1º de Maio, 720 - Jaguaribe CEP: 58.015-430 - João Pessoa, PB, Telefone/Fax: (83) 3208.3055

brunaalicels@gmail.com; samaralacerda@yahoo.com.br; alfredogomes@ieee.org

RESUMO

Neste trabalho é apresentada a caracterização numérica de um filtro passa-faixas em microfita usando *Stubs* tipo circuito aberto, FPF-SOC. Na caracterização numérica foram utilizados o modelo do guia de ondas equivalente e a técnica da conservação da potência complexa, implementados no programa computacional MIFITAB4. O objetivo é avaliar a viabilidade da utilização do MIFITAB4 na caracterização desse tipo de filtro. Comparando os resultados obtidos com outros da literatura, observa-se uma boa concordância, sendo esse um indicativo da viabilidade da utilização do mesmo.

Palavras chaves: Filtros passa-faixa, microfita, caracterização numérica.

1. INTRODUÇÃO

Os filtros são circuitos que apresentam um comportamento típico em função da frequência do sinal a ele aplicado, permitindo a passagem de sinais com certas frequências, enquanto suprime sinais com outras frequências. Estes são basicamente compostos por impedâncias interligadas e o comportamento destes circuitos depende do valor das resistências, capacitâncias e indutâncias envolvidas e da maneira como são interligadas (MUSSOI, 2004). Para frequências de microondas, em função da diminuição de volume, peso e custo, assim como permitir uma maior flexibilidade na otimização dos resultados, são utilizados filtros em microfita (HONG, 2001).

Neste trabalho é apresentada a caracterização numérica de um filtro passa-faixas em microfita usando *stubs* tipo circuito aberto, FPF-SOC, tendo sido utilizados o modelo do guia de ondas equivalente e a técnica da conservação da potência complexa (GOMES NETO, 1989), (GOMES NETO, 1992), (MEHRAN, 1979), implementados no programa computacional MIFITAB4. Com o objetivo de avaliar a viabilidade da utilização do MIFITAB4 na caracterização desse tipo de filtro, inicialmente são comparados os resultados obtidos com resultados numéricos e experimentais, disponíveis para outras configurações de filtros em microfita. Após essa etapa, são comparados os resultados do MIFITAB4 com os resultados apresentados em (HONG, 2001) para um FPF-SOC. A boa concordância observada entre os resultados é um indicativo da viabilidade da utilização do MIFITAB4.

2. FILTRO PASSA-FAIXAS EM MICROFITA

Filtros passa-faixas são circuitos que permitem a passagem de sinais com frequências situadas numa faixa intermediária, atenuando os sinais com frequências abaixo ou acima dessa faixa. Idealmente, para sinais de frequência intermediária, ou seja, acima da frequência de corte inferior e abaixo da frequência de corte superior do filtro, o ganho é unitário, portanto, o módulo do sinal de saída é igual ao de entrada. Para sinais de frequências abaixo da frequência de corte inferior ou acima da frequência de corte superior o ganho do filtro é nulo, ou seja, o módulo do sinal de saída é totalmente atenuado. Na prática, porém, não se obtém a resposta em frequência de um filtro passa-faixa ideal, sendo o seu comportamento ilustrado na Figura 1, (MUSSOI, 2004).

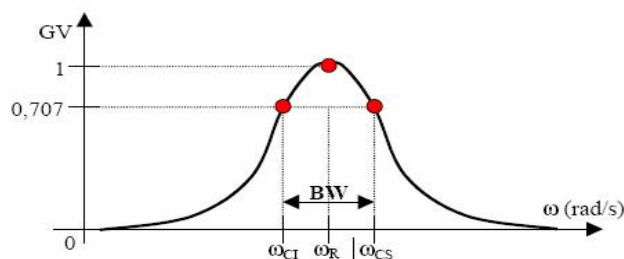


Figura 1 - Curva de Resposta em Frequência do Filtro Passa-Faixa – Ganho de Tensão (MUSSOI, 2004)

Entretanto, com o aumento da complexidade das aplicações em telecomunicações, muitas vezes são necessários filtros com mais de uma faixa de passagem, como é o caso do FPF-SOC.

A microfita é uma estrutura composta por uma camada dielétrica, limitada por um plano terra e uma fita metálica (Figura 2). Descontinuidades tipo degrau em microfita (Figura 3) apresentam a propriedade de atenuar determinadas frequências do espectro do sinal de entrada e permitir a passagem das demais, caracterizando-se assim como filtros. Bandas de rejeição e passante podem ser adequadamente estabelecidas a partir das dimensões das descontinuidades, podendo ser utilizadas várias técnicas na caracterização de tais estruturas (HONG, 2001). Neste trabalho foram utilizados o modelo do guia de ondas equivalente e a técnica da conservação da potência complexa (GOMES NETO, 1989), (GOMES NETO, 1992), (MEHRAN, 1979). O detalhamento desse modelo e da técnica da conservação da potência complexa encontra-se na bibliografia citada e não faz parte dos objetivos deste artigo.

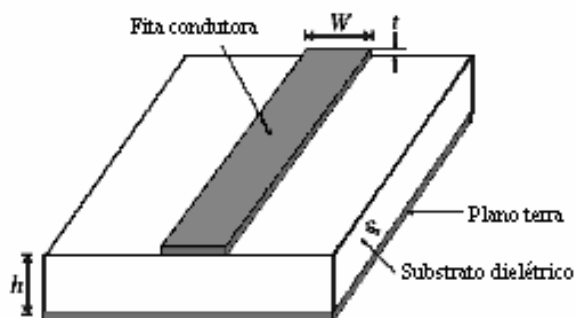


Figura 2 – Microfita

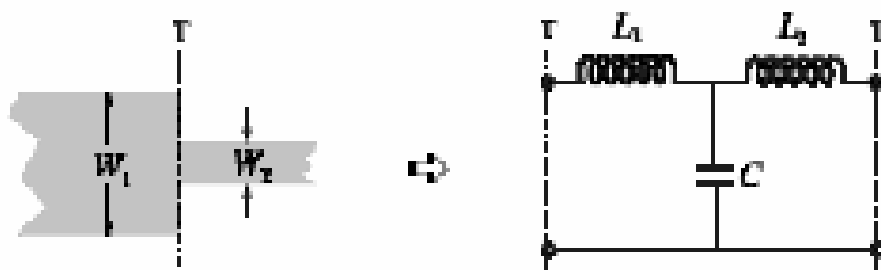
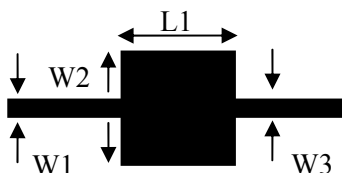


Figura 3 – Descontinuidade em microfita (HONG, 2001)

3. VALIDAÇÃO DO PROGRAMA COMPUTACIONAL MIFITAB4

Inicialmente, é analisado um filtro apresentado em (MEHRAN, 1979), ilustrado na Figura 4. Tratando-se de uma estrutura relativamente simples, observa-se uma concordância muito boa dos resultados obtidos com o MIFITAB4 quando comparado aos resultados da referência, Figura 5.



$$W1 = W3 = 2,303mm, W2 = L1 = 15,00mm, h = 0,794mm, \epsilon_r = 2,32$$

Figura 4 – Filtro em microfita (MEHRAN, 1979)

Na figura 6 são apresentados dois filtros passa-baixas de 5 seções, sendo um tipo Butterworth e o outro Chebyshev, construídos e caracterizados experimentalmente no GTEMA/CEFET-PB. Foi utilizado um substrato de fibra de vidro ($h = 1,5mm, \epsilon_r = 4,5$) e as suas dimensões ilustradas nas figuras 7 e 8 e especificadas Tabela I. A princípio esses filtros seriam simétricos, mas são observadas pequenas diferenças em função das limitações do processo de fabricação.

Tabela I – Dimensões dos filtros passa-baixas Butterworth e Chebyshev

Butterworth				Chebyshev			
W1	2,55 mm	-	-	W1	2,90 mm	-	-
W2	1,20 mm	L2	6,60 mm	W2	35,00 mm	L2	2,70 mm
W3	35,00 mm	L3	3,80 mm	W3	1,45 mm	L3	17,50 mm
W4	1,05 mm	L4	15,50 mm	W4	35,00 mm	L4	4,50 mm
W5	35,10 mm	L5	3,55 mm	W5	1,10 mm	L5	17,50 mm
W6	1,25 mm	L6	6,75 mm	W6	34,95 mm	L6	2,75 mm
W7	2,75 mm	-	-	W7	2,55 mm	-	-

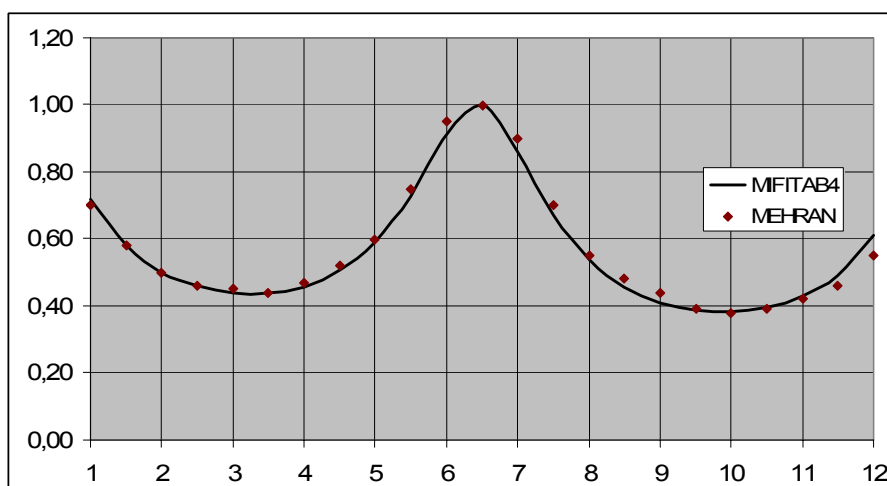


Figura 5 – $|S_{21}| \times f(\text{GHz})$

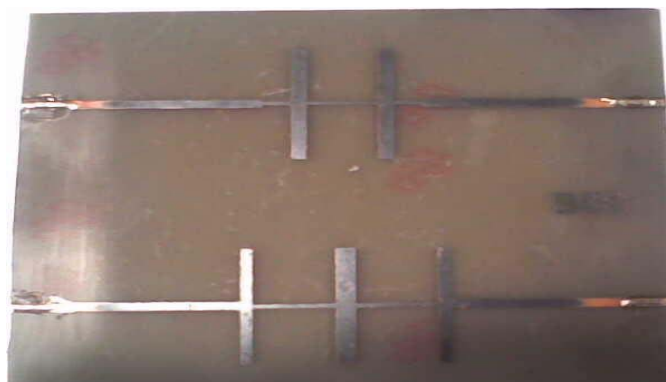


Figura 6 – Filtros passa-baixas Butterworth (superior) e Chebyshev (inferior)

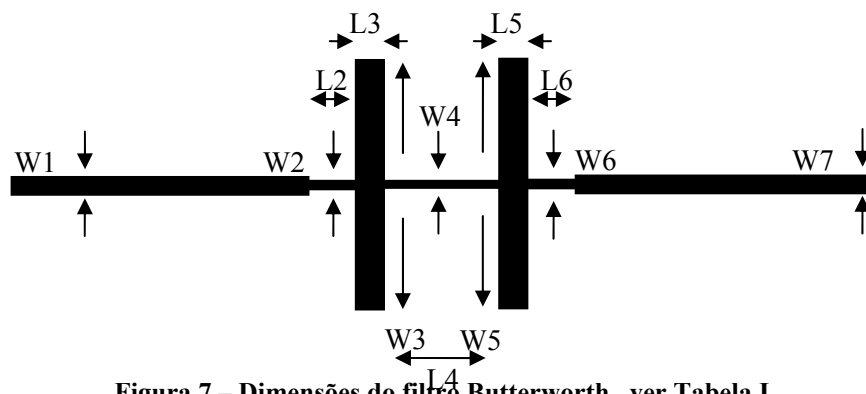


Figura 7 – Dimensões do filtro Butterworth, ver Tabela I

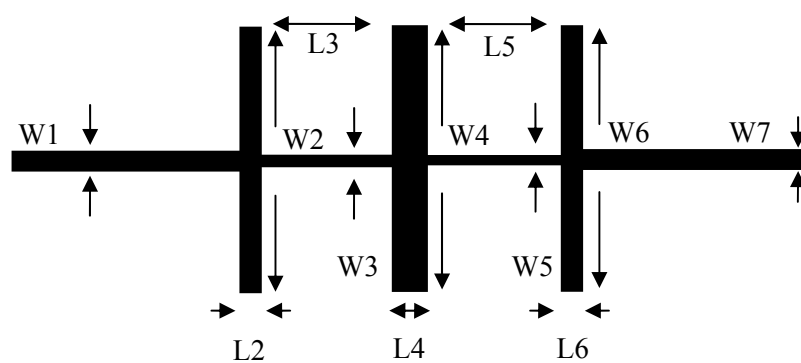


Figura 8 – Dimensões do filtro Chebyshev, ver Tabela I

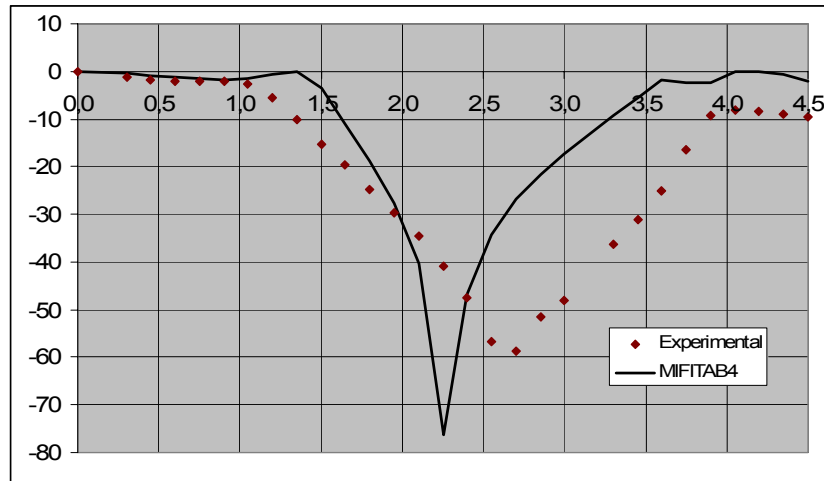


Figura 9 – $|S_{21}|(\text{dB}) \times f(\text{GHz})$ – Filtro passa-baixa tipo Butterworth

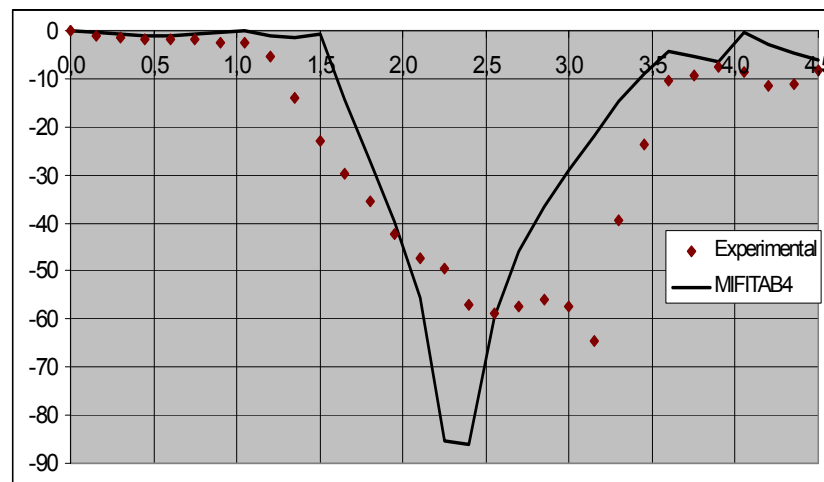


Figura 10 – $|S_{21}|(\text{dB}) \times f(\text{GHz})$ – Filtro passa-baixa tipo Chebyshev

Comparando os resultados apresentados nas figuras 9 e 10 observa-se que existe uma boa concordância entre os valores numéricos e os experimentais até aproximadamente 1,0GHz. A partir daí até aproximadamente 2,5GHz os resultados numéricos e experimentais apresentam um comportamento semelhante, com uma forte atenuação, caracterizando o comportamento de filtros passa-baixas. Entretanto, observa-se que existe uma diferença tanto para as frequências de ressonância, como para os valores da atenuação. Essa diferença se repete em maior ou menor intensidade até o final da faixa de frequência considerada. Provavelmente as diferenças observadas decorrem do tipo de substrato utilizado que não é adequado para frequências na faixa de microondas, não tendo sido possível determinar suas perdas, nem a variação da sua constante dielétrica. Uma outra possibilidade é o número limitado de modos considerados no programa MIFITAB4.

4. RESULTADOS NUMÉRICOS – FPF-SOC

O FPF-SOC analisado neste artigo é descrito em (HONG, 2001), sendo a sua configuração e dimensões apresentadas na Figura 11, com $h = 0,635\text{mm}$ e $\epsilon_r = 10,2$. Trata-se de um filtro que envolve uma maior complexidade, incluindo assimetria e elementos de comprimento bastante reduzido. Comparando os resultados obtidos com os da referência (HONG, 2001), Figura 12, observa-se uma boa concordância para as duas primeiras frequências de ressonâncias, 1,0GHz e 3,0GHz, embora a atenuação não seja a mesma. Note que se tratando de uma escala logarítmica, a diferença entre -35dB e -80dB representa a diferença entre um módulo de S_{21} de 0,03 e outro de 0,001. Portanto, ambos próximos de zero. Para a terceira frequência de ressonância não foi verificada a mesma concordância. A respeito dessa diferença não se chegou a uma

conclusão que a explique, mas, provavelmente, ela está associada ao número de modos considerados que no programa MIFITAB4 é limitado a 10 modos.

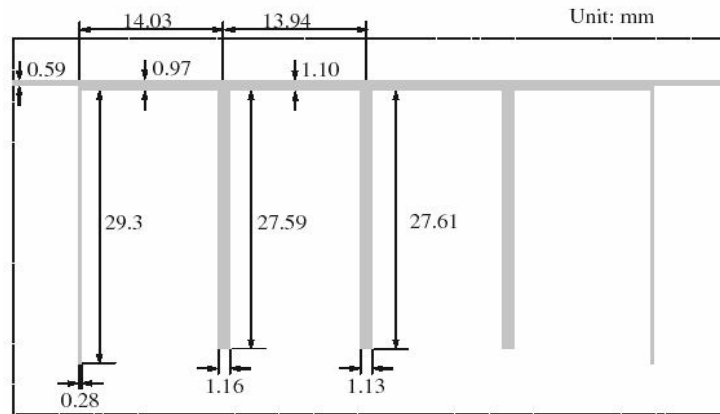


Figura 11 – Dimensões do FPF-SOC simulado (HONG, 2001)

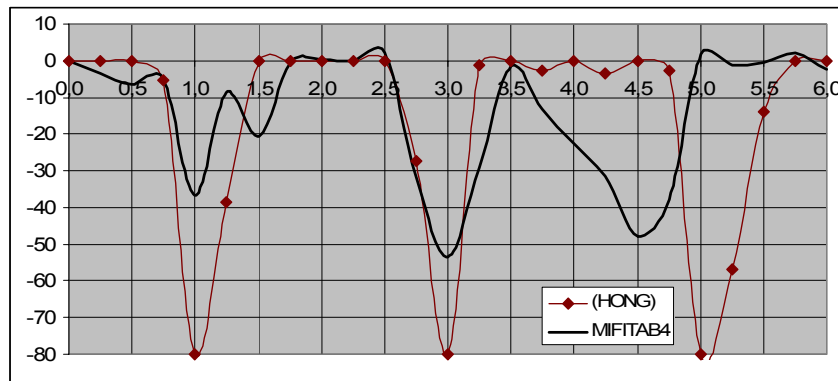


Figura 12 – $|S_{21}|(\text{dB}) \times f(\text{GHz})$ – Filtro FPF-SOC

5. CONCLUSÃO

Na época de suas primeiras implementações, versões anteriores do programa MIFITAB4 atenderam satisfatoriamente às necessidades existentes. As estruturas eram mais simples, envolvendo um menor número de modos de ordem superior. Para as estruturas atuais, com um grau de complexidade muito maior, observa-se a necessidade de uma revisão dessa ferramenta numérica para caracterização de estruturas em microfita, adequando as dimensões matriciais e, conseqüentemente, o número de modos considerados, aos recursos computacionais disponíveis.

Finalmente, ressalta-se que os resultados apresentados indicam a viabilidade da utilização do MIFITAB4 na caracterização do FPF-SOC. Entretanto, sugere-se que seja caracterizada uma maior quantidade e variedade de filtros em microfita, principalmente comparando os resultados do MIFITAB4 com resultados já referenciados na literatura. É importante destacar que, apesar das limitações encontradas, o desenvolvimento de ferramentas numéricas próprias é uma contribuição extremamente importante para a assimilação de técnicas numéricas, assim como dos métodos de desenvolvimento e validação de programas computacionais.

6. BIBLIOGRAFIA

GOMES NETO, A., ARAÚJO FILHO, M. S. e CONFORTI, E. **Análise de Filtros em Microfita a Partir da Aplicação da Técnica da Conservação da Potência Complexa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), UFPB, Campina Grande-PB, 1989.

GOMES NETO, Alfrêdo: **Um Programa Para Análise de Descontinuidades Degrau em Microfita**, in TELEMÓ'92, 1992, Brasília, DF

HONG, J. S. e LANCASTER, M. J. **Microstrip Filters for RF/Microwave Applications**. in John Wiley & Sons, New York, USA, 2001.

MEHRAN, R. **Computer-aided design of microstrip filters considering dispersion, loss and discontinuity effects**. *IEEE Trans. on MTT*, vol. MTT-27, pp. 239-245, March, 1979.

MUSSOI, F. L. R. e ESPERANÇA, C. G. **Resposta em Frequência de Filtros Passivos**. CEFET-SC, Florianópolis-SC, 2004.