

Design de filtros em linhas acopladas para ondas milimétricas

Luis A. S. Tapia¹, José A. de Oliveira², Ivan Aldaya³, Rafael A. Penchel⁴

Center for Advanced and Sustainable Technologies (CAST)

Faculdade de Engenharia de São João da Boa Vista (FESJ)

Unesp, São João da Boa Vista, SP

A falta de espectro livre em baixas frequências tem sido um problema para o desenvolvimento de novas tecnologias de comunicação banda larga. A regulamentação banda 57 a 66GHz como ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) é uma alternativa para o desenvolvimento de aplicações com altas taxas a curtas distâncias. Nesta faixa, os sistemas de comunicação (transmissor, linhas de transmissão, filtros, antenas, etc.) são construídos em um único chip. No entanto, o projeto, fabricação e integração de todos os elementos juntos, nestas frequências, é um grande desafio. Uma técnica de construção usando um substrato de alumina com nanofios de cobre (MnM — *Metallic-Nanowire-Membrane*) como condutor tem demonstrado bons resultados para construção de antenas e outros dispositivos em ondas milimétricas [1]. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um filtro de terceira ordem que opere na faixa de 57 a 66 GHz em linhas acopladas com resposta em frequência *Butterworth* para ser fabricado usando a tecnologia MnM.

A primeira etapa do projeto foi implementar um modelo ideal utilizando método da perda de inserção com uma Rede π de parâmetros concentrados [2]. O circuito idealizado e os parâmetros obtidos são ilustrados na Figura 1a e a resposta em frequência na Figura 1b. Em ambos os casos foram utilizados os parâmetros normalizados correspondentes a um filtro *Butterworth* de terceira ordem, com $g_1 = g_3 = g_4 = 1$ e $g_2 = 2$, frequências de corte são $f_1 = 57\text{GHz}$, $f_2 = 66\text{GHz}$ e a frequência central (f_c) 61.5GHz [2]. Na segunda etapa, o mesmo modelo foi implementado utilizando linhas de transmissão paralelas acopladas. Inicialmente foram determinadas as impedâncias par e ímpar de cada seção (S1, S2, S3 e S4) usando, primeiramente:

$$Z_0 J_1 = \sqrt{\pi \Delta / 2 g_1}, \quad Z_0 J_n = \pi \Delta / 2 \sqrt{g_{n-1} g_n}, \quad \text{e} \quad Z_0 J_{N+1} = \sqrt{\pi \Delta / 2 g_N g_{N+1}}. \quad (1)$$

Em que, que o $\Delta = (f_2 - f_1) / f_c$, os termos g_n são os valores normalizados dos elementos de filtros com parâmetros concentrados, $Z_0 = 50\Omega$ é a impedância característica da linha e J é o inversor de admitância, que converte elementos conectados em série em componentes conectados em paralelo, ou vice-versa [2]. Após isso, as impedâncias par Z_{0e} e ímpar Z_{0o} foram estabelecidas

$$Z_{0e} = Z_0 [1 + J Z_0 + (J Z_0)^2] \quad \text{e} \quad Z_{0o} = Z_0 [1 - J Z_0 + (J Z_0)^2]. \quad (2)$$

A simulação numérica dos circuitos de parâmetros concentrados (resposta ideal) e distribuídos foi feita no ADS (*Advance Design System*), utilizando métodos aproximados e sem levar em conta os *pads* CWP nas extremidades do filtro. A análise eletromagnética de onda completa, considerando todos os elementos do filtro, foi feita usando o método dos elementos finitos na plataforma Ansys EM. A Figura 2 ilustra as respostas em frequências (parâmetros $|S_{11}|$ e $|S_{21}|$) em dB obtidos pelos três métodos.

¹luis.tapia@unesp.br

²jose.a.oliveira@unesp.br

³ivan.aldaya@unesp.br

⁴rafael.penchel@unesp.br

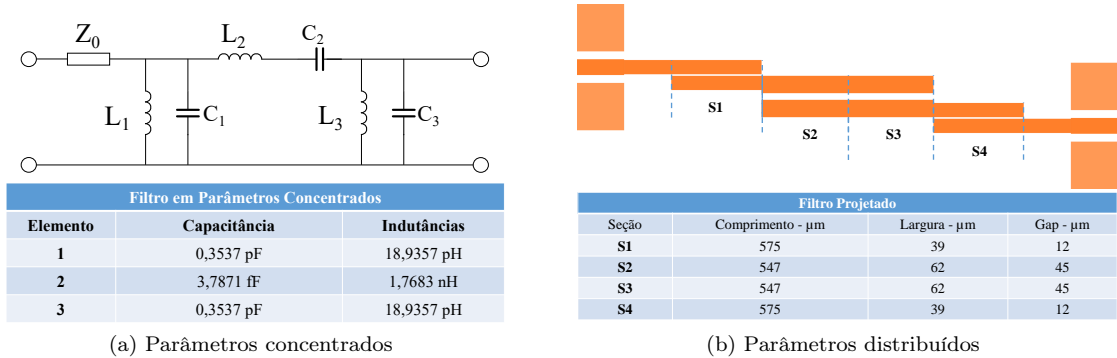


Figura 1: Filtro de linhas acopladas projetado para operar na faixa de 57 a 66GHz

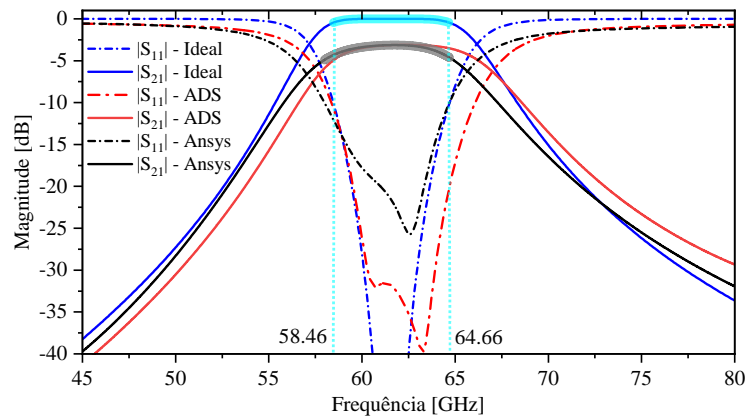


Figura 2: Parâmetros S_{11} e S_{21} dos filtros com elementos concentrados e distribuídos.

Figura 2 mostra que os resultados são similares, com pequenas diferenças entre os métodos de análise. Considerando a banda de passagem $S_{11} \leq -10\text{dB}$, a resposta ideal apresentou uma pequena redução da banda para $f_1 = 58,46\text{GHz}$ a $f_2 = 64,66\text{GHz}$. O resultado do ADS, além da redução de banda, também apresentou um pequeno deslocamento em frequência e perda de inserção $\approx 3,1\text{dB}$. Na análise do Ansys EM a banda $f_1 = 58\text{GHz}$ a $f_2 = 64,69\text{GHz}$ com perda de inserção no centro da banda de passagem $\approx 3,14\text{dB}$.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo 409146/2021-8.

Referências

- [1] J. E. Lé et al. "Integrated antennas on MNM interposer for the 60 ghz band". Em: **Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications** 21.1 (2022), pp. 184–193. DOI: 10.1590/2179-10742022v21i1253671.
- [2] David M. Pozar. **Microwave engineering**. 4^a ed. Wiley, 2012. ISBN: 978-0-470-63155-3.