

CONSIDERAÇÃO PERDAS E DISPERSÃO

Adel M. S. de Oliveira

Humberto Abdalla Jr.

Universidade de Brasília

Depto de Engenharia Elétrica

Caixa Postal 153042 Brasília - Brasil

RESUMO

Linhas de transmissão planares são meio básico de transmissão de circuitos integrados de Microondas quando aplicadas de forma híbrida ou monolítica. Entre as várias configurações existentes a mais popular é a Microstrip. Este trabalho apresenta um software para microcomputadores tipo IBM-PC que permite a análise e síntese de linhas isoladas em Microstrip. O programa leva em consideração a espessura do condutor central e o encapsulamento da estrutura, calcula com precisão as perdas provenientes do dielétrico e do condutor, o fator de qualidade, a frequência de excitação dos modos superiores e a dispersão inerente a este tipo de estrutura. Estes resultados são fornecidos simultaneamente tanto em forma de tabela como em gráficos.

ABSTRACT

Flat transmission lines are a basic transmission way of Microwave integrated circuits when used in hybrid or monolithic technology. Even though it has several configurations, the most popular is the Microstrip line this paper deals with a software for personal computers that makes analysis and synthesis of isolated Microstrip lines. The software may consider the conductor strip thickness and structure enclosurement. Also it calculates dielectric and conductor losses, quality factor, superior modes frequency and dispersion. All results are showed in tables or graphs.

INTRODUÇÃO

Apesar de se ter atualmente amplo domínio sobre a análise e síntese de linhas Microstrip isoladas, é fato que em ambos os casos depara-se com métodos numéricos os quais requerem um intenso processamento, como por exemplo o método das diferenças finitas, das equações integrais ou método variacional. Contudo, se o enfoque maior é trabalhar com projetos assistidos por computador ou otimização, necessita-se de equações fechadas as quais permitam uma manipulação maior do que os métodos anteriormente citados. É bem verdade que a precisão dos resultados será menor, mas não tão menor que torne impraticável sua utilização na maioria de projetos com linhas Microstrip.

Diante disto, desenvolveu-se um programa em microcomputador que, manipulando com as equações fechadas desenvolvidas basicamente por Wheeler [2], Schneider [3], e Hammerstad [4], tem condições de fazer análise e síntese, bem como estudar o comportamento da linha face a alteração de qualquer parâmetro.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Uma vez com as equações fechadas tem-se não apenas a impedância característica da linha — ou a largura da fita no caso de síntese —, mas também a influência da espessura do condutor, encapsulamento, as perdas (dielétrico e condutor), fator de qualidade, frequência de corte e dispersão.

Para o fator de qualidade utilizou-se as expressões desenvolvidas por Belohoubek [3] e Denlinger [6], as quais levam em consideração as perdas por radiação. Isto difere do modo usual de relacionar o fator de qualidade apenas pelas perdas no condutor e dielétrico e a velocidade de fase da onda.

Outra alteração importante foi quanto ao cálculo da dispersão. Normalmente utiliza-se as aproximações desenvolvidas por Bianco [7] diante das equações de Getsinger [8], todavia verificou-se que um resultado melhor foi obtido utilizando as próprias equações de Getsinger [8] para a permissividade, e a partir daí usá-la para o cálculo dos outros parâmetros. Diante destas modificações obteve-se um resultado bem mais satisfatório sem prejuízo do processamento. Todas as fórmulas utilizadas [1], são conhecidas. Todavia, reuni-las e manipulá-las com a máxima flexibilidade, conforme se observa na figura 1, é uma característica deste sistema.

Na figura 2 tem-se o desenho da linha Microstrip isolada. A partir daí tem-se a tela de entrada de dados e resultados conforme a figura 3 e 4. Nesta se observa o uso da "janela" de definições. Nesta "janela" tem-se a definição de todas as variáveis utilizadas. Diante da flexibilidade do sistema não é necessário colocar todos os dados, pois o mesmo somente irá calcular o que for possível, todavia se o mínimo necessário não for suficiente o sistema irá dar a mensagem de insuficiência de dados.

Por comodidade também se tem na condutância o valor "default" do cobre, que pode ser alterado através das teclas de edição do teclado (Ins, Del, etc). A figura 4 mostra que o sistema realizou a síntese e ainda efetuou a análise. No caso de  $Z_0$  e  $E_f$  (permissividade efetiva da linha) ainda se tem três valores os quais mostram o resultado para uma análise desprezando a espessura da fita condutora, considerando esta espessura e outro considerando o encapsulamento da linha. É certo que não é necessário que se tenha a espessura para que se calcule o  $Z_0$  com encapsulamento.

Os gráficos são quatro, figura 5, e são mostrados todos em uma tela, estes apresentam:  $W/h \times Z_0$ ,  $Q \times f$ , Perdas  $\times f$  e  $Z_0 \times f$ . Observa-se que em  $W/h \times Z_0$  pode haver valores negativos em  $W/h$  os quais indicam que para aquelas condições não é possível realizar a linha.

#### CONCLUSAO

Atualmente com o advento das estações de trabalho, verificou-se o desenvolvimento de novos projetos mais complexos e melhor otimizados. Para isto é fundamental a flexibilidade e a análise com o máximo de resultados. Diante disto, mesmo o caso de linhas Microstrip admitem um vasto campo para observação de seu comportamento. Assim, um sistema como o desenvolvido possibilita não apenas um projeto mais eficiente como também didaticamente capaz de mostrar a sensibilidade de alguns parâmetros em função dos outros. Todo o procedimento descrito no item anterior, mostra o esforço de se aproveitar melhor as equações fechadas já desenvolvidas.

#### REFERENCIAS

- [1] GUPTA, K. C., Ramesh Garg e I. J. Bahl, "Microstrip Lines and Slotlines," ARTECH HOUSE (1979);
- [2] WHEELER, H. A., "Transmission Line Properties of a Strip on a Dielectric Sheet on a Plane," IEEE Trans. vol MTT-25 1977 pp 631-647;
- [3] SCHNEIDER, M. V., "Microstrip Lines for Microwave Integrated Circuits" B.S.T.J. vol 48, 1969, pp 1422-1444;
- [4] HAMMERSTAD, E. O., "Equations for Microstrip Circuit Design," Proc. European Microwave Conf. 1975 pp 268-272;
- [5] BELOHOUBEK, E. e E.J. Denlinger, "Loss Considerations for Microstrip Resonators," IEEE Trans. vol MTT -23 1975 pp 522-526;

- [6] DENLINGER, E., "Radiation from Microstrip Resonators," IEEE Trans. vol MTT-16 1969 pp 235-236;
- [7] BIANCO, B. et al., "Frequency Dependence of Microstrip Parameters," Alta Frequenza vol 43 1974 pp 413-416;
- [8] GETSINGER, W. J., "Microstrip Dispersion Model," IEEE Trans. vol MTT-21 1973 pp 34-39.

Humberto Abdalla Jr. nasceu em 29 de abril de 1950 na cidade de Recife - Brasil. Formou-se em Engenharia Elétrica em 1972 pela Universidade Federal de Pernambuco. Obteve o grau de mestre em Eng. Elétrica, opção Telecomunicações, na PUC/RJ em 1976. Concluiu seu Doutorado na Universidade de Limoges-França em 1982. Em 1988/89 fez o Pós-Doutorado no CNET-França. Atualmente trabalha na Universidade de Brasília desenvolvendo pesquisa na área de Microondas e Ondas Milimétricas.



Adel M. S. de Oliveira, graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília em 1988. Trabalhou por dois anos com bolsa de Iniciação Científica pelo CNPq, onde pesquisou a utilização de Ressonadores Dielétricos em filtros passivos de Microondas, especialmente os de resposta elíptica. Desde então cursa o mestrado onde pesquisa os métodos de simulação de circuitos não-lineares em Microondas.

Trabalhou por dois anos com bolsa de Iniciação Científica pelo CNPq, onde pesquisou a utilização de Ressonadores Dielétricos em filtros passivos de Microondas, especialmente os de resposta elíptica. Desde então cursa o mestrado onde pesquisa os métodos de simulação de circuitos não-lineares em Microondas.

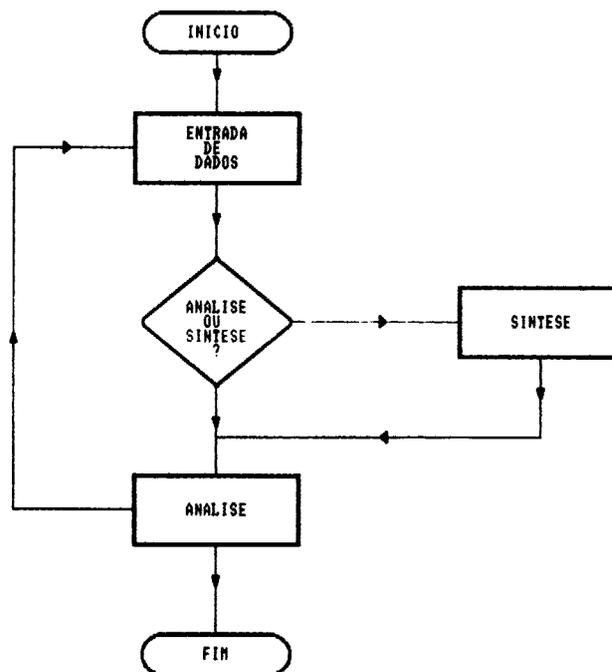


Figura 1. FLUXOGRAMA DO SISTEMA

# Linha MicroStrip Isolada

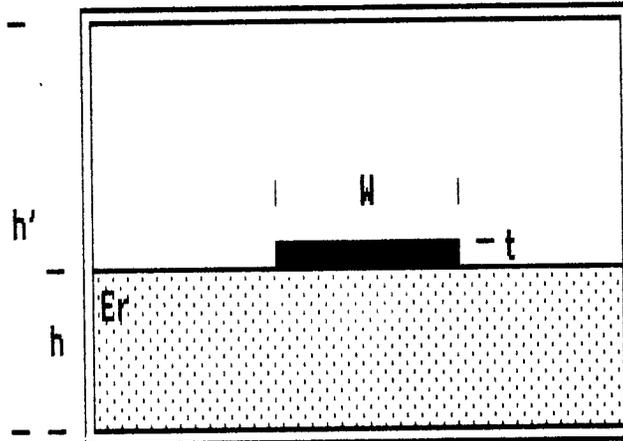


Figura 2 - Linha Microstrip Isolada

## SISTEMA DE ANALISE E SINTESE DE LINHAS MICROSTRIP ISOLADAS

Dados de Entrada (sistema em  $\Omega$ , mm e GHz)

Zo: 50	Sintese	Er: 10.5	t: 0.018	tanj: 2e-4	Fi: 10	Ft: 20
W: 0.541		h: 0.635	h': 5	$\rho_c: 5.8e7$	Ff: 30	Inc: 1

Resultados

Zom: 51.4	Ef: 6.98 (s/t)	$\alpha_c: 0.0621$				
Zom: 50.1	Ef: 6.91 (c/t)	$\alpha_d: 0.0091$				
Z	Definicoes					

	$\alpha_d$	$\alpha_t$	$Q$
Zo, Zom - Impedancia da Linha			
tanj - Tangente de Perdas			
$\rho_c$ - Condutancia	0.0077	0.0666	82.39
Ft - Freq. de Trabalho	0.0082	0.0692	73.68
Fi - Freq. Inicial de Varredura	0.0087	0.0718	66.34
Ff - Freq. Final de Varredura	0.0092	0.0743	60.09
Inc - Incremento de Freq.	0.0098	0.0768	54.72
$\alpha_c$ - Perdas no Condutor	0.0103	0.0793	50.07
$\alpha_d$ - Perdas no Dieletrico	0.0109	0.0818	46.01
$\alpha_t$ - Perda Total na Linha	0.0114	0.0842	42.46
Q - Fator de Qualidade	0.0120	0.0866	39.31
fc - Freq. de Corte da Linha	0.0125	0.0890	36.52

Men

<ESC>-Fim, <F1>-Definicoes, <A>-Alteração, <E>-Er, <G>-Gráficos, <T>-Tabela

Figura 3 - Tela principal com "janela"

SISTEMA DE ANALISE E SINTESE DE LINHAS MICROSTRIP ISOLADAS

Dados de Entrada (sistema em  $\Omega$ , mm e GHz)

Zo:50 Sintese Er:10.5 t :0.018 tanj:2e-4 Fi:10 Ft: 20  
 W : 0.541 h :0.635 h':5  $\rho_c$  :5.8e7 Ff:30 Inc:1

Resultados

Zom: 51.4 Ef: 6.98 (s/t)  $\alpha_c$ : 0.0621 dB/cm Q: 48.98 fc: 50.883  
 Zom: 50.1 Ef: 6.91 (c/t)  $\alpha_d$ : 0.0091  
 Zom: 49.8 Ef: 6.94 (c/h')  $\alpha_t$ : 0.0712

f	Zom	Ef	$\alpha_c$	$\alpha_d$	$\alpha_t$	Q
16.00	49.5	7.53	0.0590	0.0077	0.0666	82.39
17.00	49.3	7.59	0.0610	0.0082	0.0692	73.68
18.00	49.1	7.65	0.0631	0.0087	0.0718	66.34
19.00	48.9	7.72	0.0651	0.0092	0.0743	60.09
20.00	48.6	7.78	0.0670	0.0098	0.0768	54.72
21.00	48.4	7.84	0.0690	0.0103	0.0793	50.07
22.00	48.3	7.91	0.0709	0.0109	0.0818	46.01
23.00	48.1	7.97	0.0728	0.0114	0.0842	42.46
24.00	47.9	8.04	0.0746	0.0120	0.0866	39.31
25.00	47.7	8.10	0.0765	0.0125	0.0890	36.52

Mensagens

<ESC>-Fim, <F1>-Definicoes, <A>-Alteração, <E>-Er, <G>-Gráficos, <T>-Tabela

Figura 4 - Tela principal

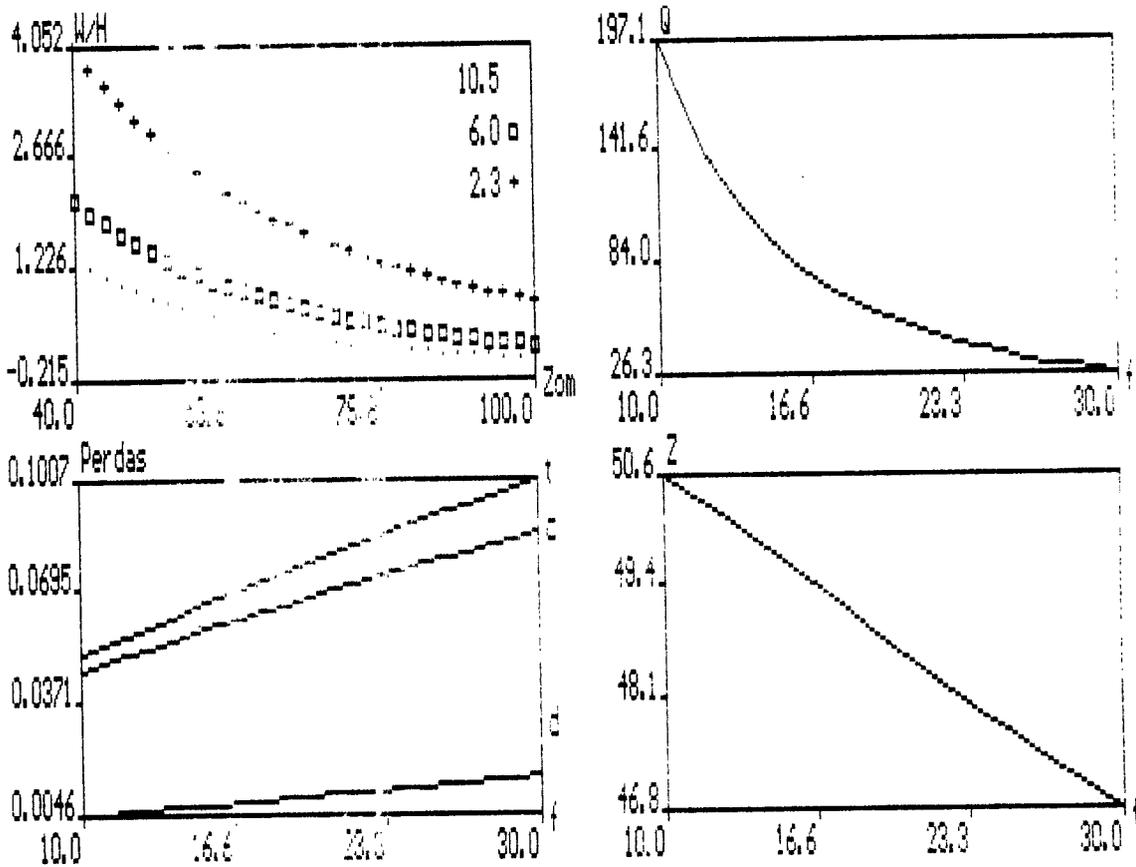


Figura 5 - Gráficos