

MICROFASE: PROGRAMA PARA PROJETO DE FILTRO DE MICROONDAS COM FASE E AMPLITUDE OTIMIZADAS

Pedro H. E. Albuquerque
Humberto Abdalla Jr.
Luís Afonso Bermudez

Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Elétrica
Caixa Postal 153041
70010 Brasília - DF - Brasil

RESUMO

Neste trabalho, mostra-se um programa para micro-computadores do tipo IBM-PC, AT ou compatível para a análise e projeto de filtros de microondas com fase e amplitude otimizadas simultaneamente.

O programa se chama MICROFASE e foi desenvolvido integralmente em PASCAL. Ele é composto de 3 módulos independentes. O primeiro serve para a construção de polinômios do tipo com retardo de fase periódico e "ripple" na perda de inserção e do tipo amplitude aproximando a ideal e característica de fase arbitrária. O segundo módulo é utilizado para a síntese dos elementos discretos e o terceiro para o cálculo das dimensões do filtro bem como para o desenho de seu lay-out.

Este software tem sido usado por estudantes do curso de graduação em microondas no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília. Ele é de grande utilidade nos cursos de graduação de dispositivos passivos de microondas.

ABSTRACT

In this work we show a CAD program designed for the synthesis and analysis of microwave filters with simultaneous phase and amplitude optimization. The program runs on the IBM-PC, AT or compatible with or without numerical coprocessor.

MICROFASE is a complete software developed in PASCAL and is composed by three independent modules. The first is for the construction of the polynomials (periodic phase delay with insertion loss ripple and approximate ideal amplitude with arbitrary phase). The second is for the synthesis of the discrete elements and the third for the computation of the filter lay-out dimensions using combline, stripline or microstrip.

This software has been used by microwave students in courses at the Electrical Engineering Department of the University of Brasilia. It's particularly useful for graduate courses in passive microwave devices.

INTRODUCÃO

Atualmente, existem muitos programas disponíveis comercialmente para o projeto de filtros de microondas mas poucos permitem o projeto com a otimização simultânea das características desejadas de fase e amplitude. Além disso, o alto custo e a complexidade de utilização de tais programas para os projetistas e estudantes de curso de graduação e pós-graduação, fez com que fôsse desenvolvido um software aberto (acesso aos códigos fontes) para este tipo de projeto, de forma que o programa se tornasse mais uma anotação de aula de fácil utilização do que um programa específico disponível comercialmente.

Basicamente com este objetivo é que foi iniciado o projeto MICROFASE na Universidade de Brasília. O estudo inicial se concentrou nas diversas funções de transferência existentes nas quais a fase e a amplitude não podem ser analisadas independentemente. Como sabemos, essas funções de transferência quando resolvidas no domínio-frequência sempre resultam na razão entre dois polinômicos. Dois tipos de polinômicos foram estudados neste trabalho: retardo de fase periódico com ripple na perda de inserção,[9] e o outro com amplitude aproximando à ideal e fase arbitrária,[8],[12]. A partir desse estudo, partiu-se para a síntese do protótipo passa-baixa para então chegar à síntese dos elementos e a consequente determinação da estrutura desejada: combline, stripline ou microstrip.

O programa MICROFASE foi totalmente desenvolvido em linguagem PASCAL incluindo várias facilidades gráficas para a análise do desempenho e mapeamento da resposta dos filtros a serem projetados. Ele contém aproximadamente 8000 linhas de código fonte e ocupa 120 Kb de memória. O sistema foi desenvolvido de forma a facilitar ao máximo a utilização pelo usuário, seja através do uso de janelas ou através de menus de opções.

MICROFASE

O sistema MICROFASE realiza as seguintes atividades:

- Constrói os dois tipos de polinômios citados anteriormente.
- Gera gráficos relativos à um polinômio, permitindo sua análise comportamental.
- Sintetiza os elementos discretos relativos à um polinômio.
- Dimensiona o filtro em três tecnologias: combine, strip-line e microstrip.
- Permite a gravação e leitura de arquivos contendo todos os dados de relevância do projeto.

Para isto, ele está constituído de três módulos independentes, Fig. 1, que são:

- Módulo de construção de polinômios que permite a construção de dois tipos de polinômios: com retardos de fase periódico e ripple de perdas de inserção, [9], e com fase arbitrária e amplitude aproximando a ideal, [10]. Este módulo também possui uma interface gráfica dedicada, que permite a verificação das características do polinômio construído, além de poder ler através de arquivos os coeficientes de polinômios quaisquer, permitindo assim, analisá-los e utilizá-los nos outros módulos.
- Módulo de síntese dos elementos discretos que permite, à partir de um polinômio qualquer sejam obtidos os elementos discretos do protótipo passa-baixa referentes ao polinômio.
- Módulo de dimensionamento do filtro de microondas que, à partir dos elementos discretos permite obter as dimensões físicas do filtro em função da tecnologia de confecção de circuito escolhida: combine, stripline ou microstrip.

Em todos os módulos, o usuário dispõe de facilidades de gravação e leitura de arquivos de dados e resultados de cálculos sob formato ASCII.

A interface gráfica desenvolvida permite a gravação e leitura de telas.

A utilização do sistema é toda feita através de menus do tipo "Aperte a tecla correspondente a opção desejada" o que torna o seu uso bastante simples imune a erros pois o controle é todo efetuado pelo sistema.

Na Fig. 2 temos a tela do menu principal de MICROFASE. Nela podemos verificar as opções citadas anteriormente: construção do polinômio (P), síntese dos elementos (E), dimensionamento do filtro (D), campanha (C) que liga ou desliga o aviso sonoro que soa sempre que um erro for cometido, alteração do diretório de trabalho (A) que permite que se altere o dispositivo ou caminho onde serão lidos ou guardados os arquivos de trabalho. Podemos verificar também as janelas informativas à direita e acima: a janela de mensagens acima que é utilizada para apresentar as condições de erro quando estes ocorrerem e a janela de status que fornece informações relativas ao estado atual do sistema como os menus secundários, situação do diretório, nomes dos arquivos a serem lidos e a tecnologia de construção utilizada.

A Fig. 3 mostra um exemplo de curva de ganho para o protótipo passa-baixa de um filtro com $N=12$ e banda de 2% para um polinômio arbitrário. A Fig. 4 mostra o retardado de grupo para o filtro passa-banda correspondente. A Fig. 5 mostra o resultado obtido para uma estrutura do tipo combine e a Fig. 6 para uma estrutura do tipo stripline, para o mesmo tipo de filtro.

CONCLUSÃO

Neste trabalho desenvolveu-se uma ferramenta extremamente útil para o projeto de filtro de microondas com fase e amplitude otimizadas simultaneamente.

O programa fornece subsídios necessários para que o projetista possa avaliar e escolher a melhor estrutura que convém aos seus objetivos de projeto: combine, stripline ou microstrip.

Atualmente, MICROFASE é disponível nas versões em língua portuguesa e inglesa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] H. Abdalla Jr., "Étude et réalisation de filtres microondes à phase non-minimum", PhD dissertation, University of Limoges, French, Sep. 1982.
- [2] G.C.G. Alves, "Estudo e realização de filtros de microondas à fase linear em microfítas", MSc dissertation, University of Brasília, Brasil, Nov. 1986.
- [3] S. Akhtarzad et alli, "The design of coupled microstriplines", IEEE Trans. Microwave Theory Techn., vol. MIT-23,no. 6, pp. 486-492, June 1975.
- [4] G. Daryanani, "Principles of active network synthesis and design", John Wiley & Sons, New York, 1976.
- [5] W.J. Getsinger, "Coupled rectangular bars between parallel plates", IRE Trans. Microwave Theory Techn., Jan. 1962, pp. 66-72.
- [6] K.C. Gupta, "Computer aided design of microwave circuits", Artech House, Dedham, 1981.

[7] K. Jokela, "Narrow-band stripline filters with transmission zeros at finite frequencies", IEEE Trans. Circuit Theory Appl., July 1970, pp. 445-461.

[8] J.A.C. Malherbe, "Microwave transmission line filters", Artech House, Dedham, 1970.

[9] J.D. Rhodes, "Filter with periodic phase delay and insertion loss ripple", Proceedings IEEE, Jan. 1972, pp. 28-32.

[10] J.D. Rhodes, "Filters approximating ideal amplitude and arbitrary phase characteristics", IEEE Trans. Circuit Theory Appl., vol CT-20, no. 3, March 1973, pp. 120-124.

[11] J.D. Rhodes, "Theory of electrical filters", John Wiley & Sons, New York, 1976.

* Este trabalho foi suportado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Contrato No. 100248/87-0

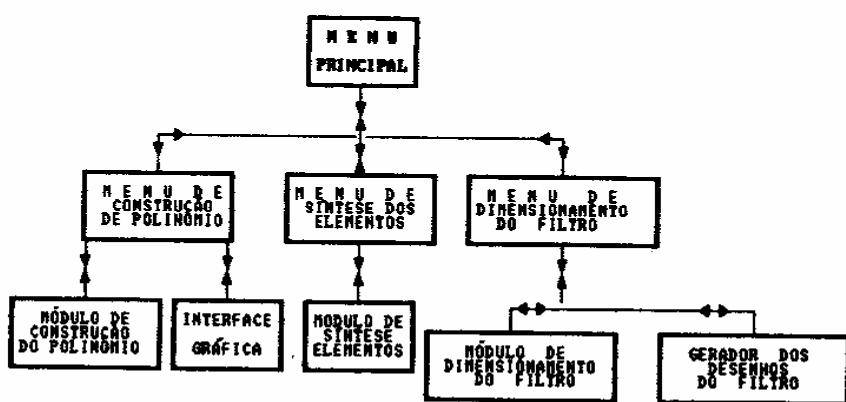
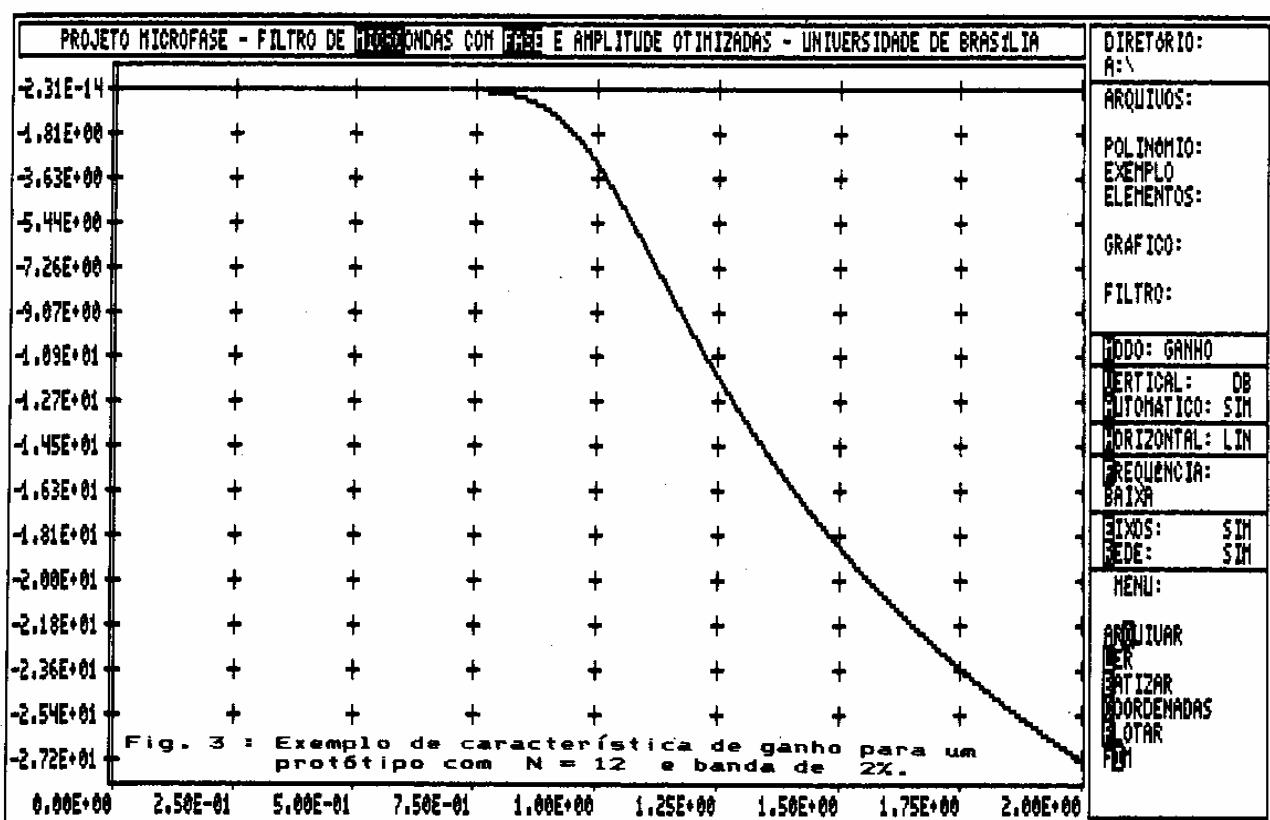
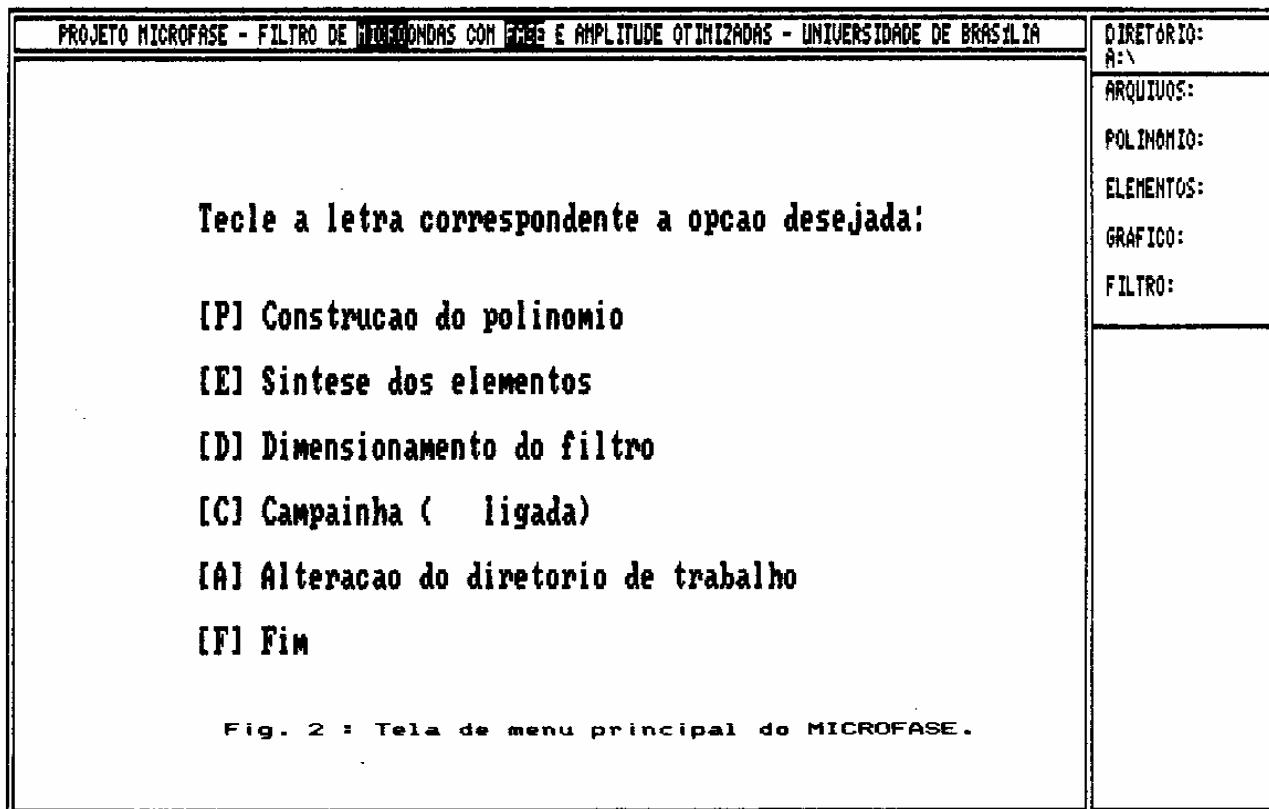
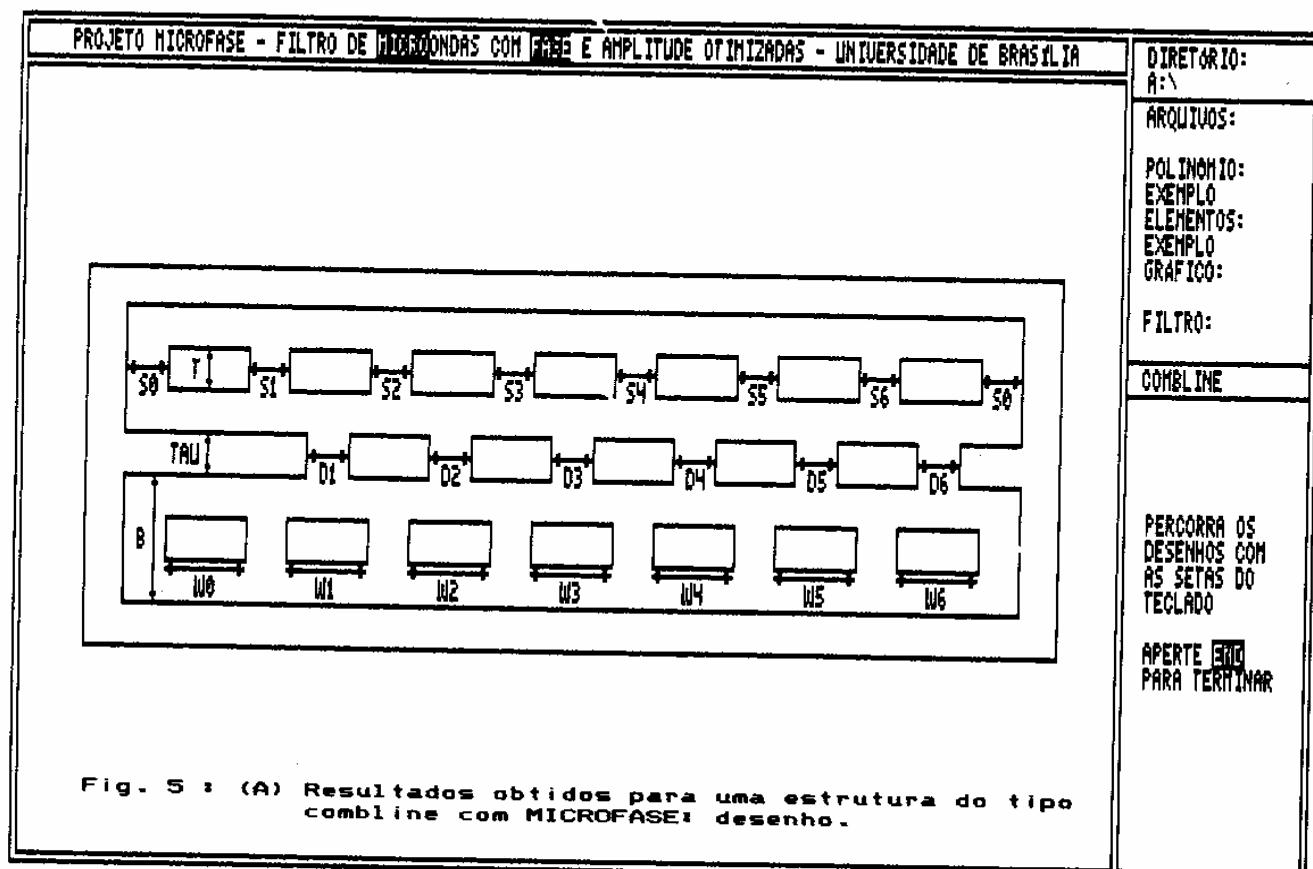
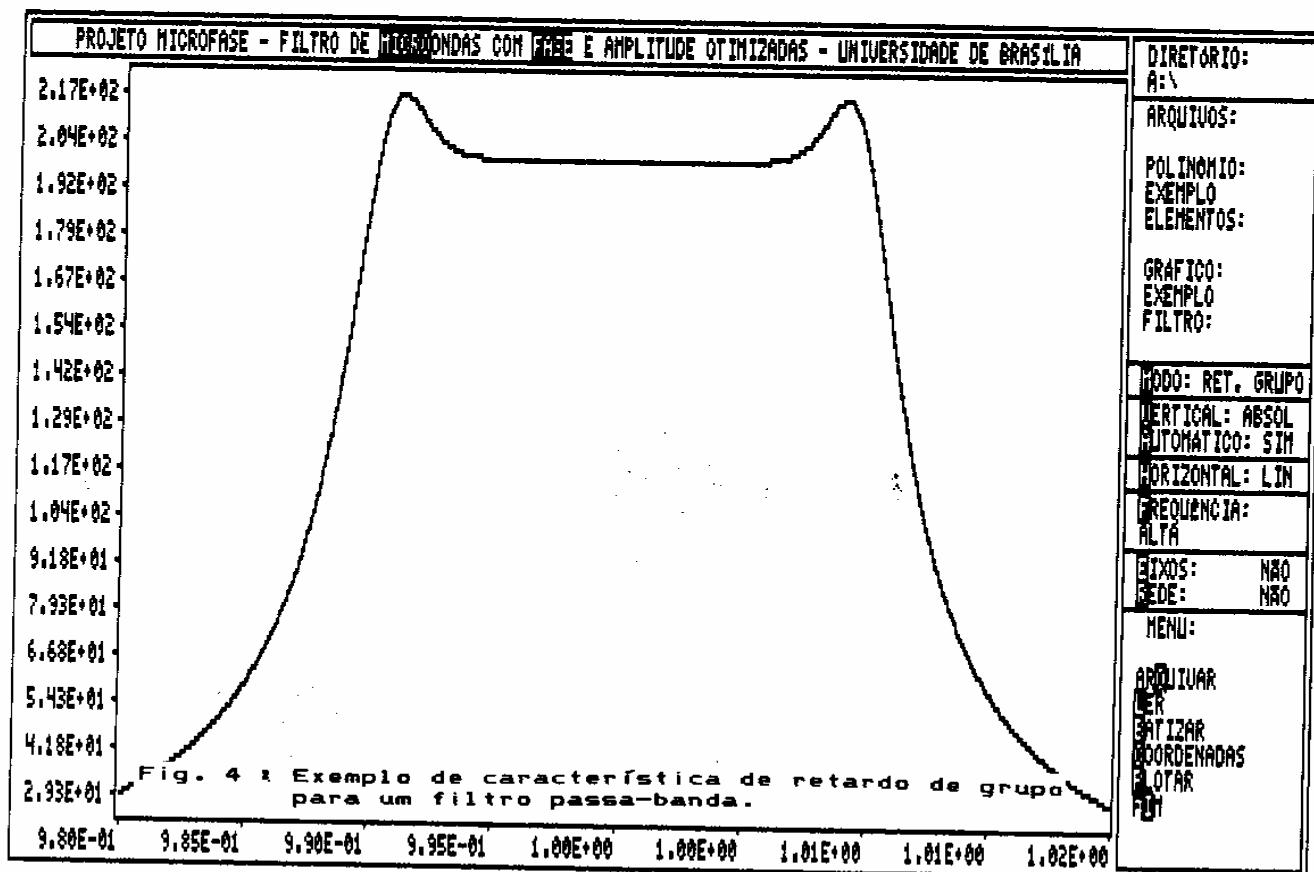


Fig.1: Fluxograma para MICROPAK.





PROJETO MICROFASE - FILTRO DE MICROONDAS COM FREQUÊNCIA E AMPLITUDE OTIMIZADAS - UNIIVERSIDADE DE BRASILIA

DIRETÓRIO:
A:\

ARQUIVOS:

POLINÔMIO:
EXEMPLO
ELEMENTOS:
EXEMPLO
GRÁFICO:

FILTRO:

COMLINE

PERCORRA OS
DESENHOS COM
AS SETAS DO
TECLADO

APERTE END
PARA TERMINAR

$$\begin{array}{lll}
 W_0 = 8.94E+000 & D_0 = 2.00E+001 & S_0 = 2.00E+001 \\
 W_1 = 9.19E+000 & D_1 = 2.22E+000 & S_1 = 3.18E+000 \\
 W_2 = 9.75E+000 & D_2 = 2.57E+000 & S_2 = 1.01E+001 \\
 W_3 = 9.81E+000 & D_3 = 3.05E+000 & S_3 = 1.14E+001 \\
 W_4 = 9.87E+000 & D_4 = 3.48E+000 & S_4 = 1.18E+001 \\
 W_5 = 9.88E+000 & D_5 = 3.67E+000 & S_5 = 1.21E+001 \\
 W_6 = 9.83E+000 & D_6 = 3.61E+000 & S_6 = 1.30E+001 \\
 \\ b = 1.00E+001 & t = 2.00E+000 & T = 2.00E+000 \\
 L = 2.50E+001 & f_0 = 3.00E+009 & B = 2.00\% \quad N = 12
 \end{array}$$

Dimensões em milímetros

Fig. 5 : (B) Resultados obtidos para uma estrutura do tipo
comline com MICROFASE: dimensões.

PROJETO MICROFASE - FILTRO DE MICROONDAS COM FREQUÊNCIA E AMPLITUDE OTIMIZADAS - UNIIVERSIDADE DE BRASILIA

DIRETÓRIO:
A:\

ARQUIVOS:

POLINÔMIO:
EXEMPLO
ELEMENTOS:
EXEMPLO
GRÁFICO:

FILTRO:

STRipline

PERCORRA OS
DESENHOS COM
AS SETAS DO
TECLADO

APERTE END
PARA TERMINAR

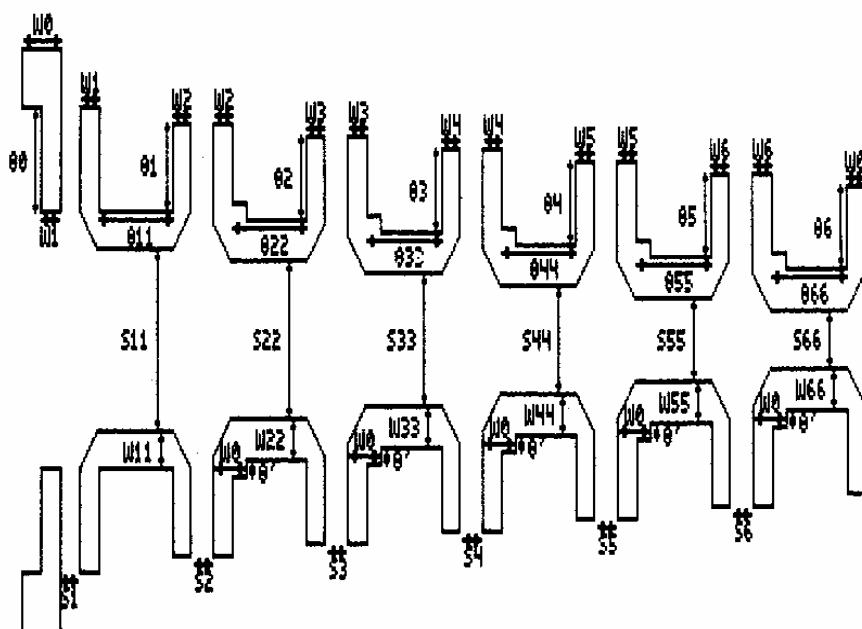


Fig. 6 : (A) Resultados obtidos para uma estrutura do tipo
stripline com MICROFASE: desenho.

PROJETO MICROFASE - FILTRO DE MICROONDAS COM FREQUÊNCIA E AMPLITUDE OTIMIZADAS - UNIIVERSIDADE DE BRASÍLIA									DIRETÓRIO: A:\
									ARQUIVOS:
									POLINÔMIO: EXEMPLO ELEMENTOS: EXEMPLO GRAFICO:
									FILTRO:
									STRIPLINE
$W_0 = 2.50E+000$ $S_1 = 5.09E-001$ $0_0 = 1.63E+001$ $W_1 = 2.27E+000$ $S_2 = 1.60E+000$ $0_1 = 7.91E+000$ $W_2 = 2.49E+000$ $S_3 = 2.00E+000$ $0_2 = 7.91E+000$ $W_3 = 2.50E+000$ $S_4 = 2.11E+000$ $0_3 = 7.91E+000$ $W_4 = 2.50E+000$ $S_5 = 2.21E+000$ $0_4 = 7.91E+000$ $W_5 = 2.50E+000$ $S_6 = 2.49E+000$ $0_5 = 7.91E+000$ $W_6 = 2.50E+000$ $S_7 = 2.49E+000$ $0_6 = 7.91E+000$									
$W_{11} = 2.51E+000$ $S_{11} = 5.80E+000$ $0_{11} = 7.49E+000$ $W_{22} = 2.51E+000$ $S_{22} = 5.52E+000$ $0_{22} = 1.50E+001$ $W_{33} = 2.51E+000$ $S_{33} = 4.77E+000$ $0_{33} = 1.50E+001$ $W_{44} = 2.51E+000$ $S_{44} = 4.21E+000$ $0_{44} = 1.50E+001$ $W_{55} = 2.51E+000$ $S_{55} = 4.03E+000$ $0_{55} = 1.50E+001$ $W_{66} = 2.51E+000$ $S_{66} = 4.08E+000$ $0_{66} = 1.50E+001$									
$\theta' = 9.36E-001$ $b = 3.14E+000$ $t = 3.50E-002$ $F_0 = 3.00E+009$ $er = 2.20$ $B = 2.00\%$ $N = 12$									PERCORRA OS DESENHOS COM AS SETAS DO TECLADO APERTE [END] PARA TERMINAR
Dimensões em milímetros									

Fig. 6 : (B) Resultados obtidos para uma estrutura do tipo stripline com MICROFASE: dimensões.

PEDRO H. E. ALBUQUERQUE

Nasceu no Rio de Janeiro, RJ, Brasil em Junho de 1963. Obteve o Bacharelado em Engenharia Elétrica na Universidade de Brasília em 1988. Atualmente é Engenheiro Projetista da Telemikro Ltda., Brasília, DF, Brasil. Suas áreas de interesse são os Circuitos de Eletrônica e Microondas e projetos de Microeletrônica.

HUMBERTO ABDALLA Jr.

Nasceu em Recife, PE, Brasil em Abril de 1960. Formou-se em Engenharia Elétrica em 1972 pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. Obteve o grau de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica - Opção Telecomunicações na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil, em 1976. De 1976 a 1978 foi professor da PUCRJ. Obteve o título de Doutor na Universidade de Limoges, França, em 1982. De 1983 é Professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília. Atualmente vem desenvolvendo trabalho de Pós-Doutorado no CNET-França. Sua área de interesse é a Teoria de Filtros e Circuitos Ativos para Ondas milimétricas.

LUÍS A. BERMÚDEZ

Nasceu em Uruguaiana, RS, Brasil em Dezembro de 1963. Obteve o Bacharelado em Engenharia Elétrica na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS, Brasil, em 1977. É Mestre em Ciências pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil, em 1980, na área de Microondas. Obteve o título de Doutor em Eletrônica, especialidade Comunicações Óticas e Microondas no Institut de Recherche en Communications Optiques et Microondes CIRCOM da Universidade de Limoges, França, em 1987. Desde 1980 é Professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília, Brasil. Suas áreas de pesquisa são os dispositivos ativos e passivos de microondas e na faixa milimétrica.