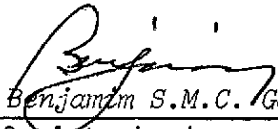
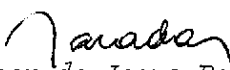


1. Publicação nº INPE-2465-PRE/156	2. Versão	3. Data Julho, 1982	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem DEE	Programa ESTER2		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) OTIMIZAÇÃO CIRCUITOS LINEARES			
7. C.D.U.: 621.3.01/.02			
8. Título PROGRAMA PARA ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE CIRCUITOS LINEARES		10. Páginas: 47	
		11. Última página: C.6	
9. Autoria Wilton José Fleming Helcio Aranha 		12. Revisada por  Benjamin S.M.C. Galvão	
Assinatura responsável		13. Autorizada por  Nelson de Jesus Parada Diretor	
14. Resumo/Notas Este programa tem como finalidade principal a otimização de circuitos lineares. Basicamente o programa analisa um circuito dado, procede em seguida à sua otimização, e toma como referência uma máscara previamente determinada pelo usuário. A otimização consiste em determinar uma série de elementos do circuito, limitados em seus valores máximos e mínimos disponíveis, tentando-se reproduzir uma característica de resposta em frequência com relação à amplitude, VSWR de entrada, VSWR de saída e figura de ruído. As características podem ser analisadas em conjunto ou isoladamente, dependendo apenas das necessidades.			
15. Observações Submetido para apresentação na 34ª Reunião Anual da SBPC, em Campinas, SP, de 6 a 14 de julho de 1982.			

ABSTRACT

The main use of this program is the optimization of linear circuits. Basically the program analyses a given circuit, proceeds immediately with its optimization, and takes as reference a mask previously given by the user. The optimization consists in determining a series of circuit elements, which are limited in their maximum and minimum available values, trying to reproduce a characteristic of frequency response with respect to amplitude, input VSWR, output VSWR, and noise figure. The characteristics may be analyzed together or separately depending only on the requirements.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>EXPRESSÕES DE ANÁLISE E CODIFICAÇÃO DOS QUADRIPOLOS</u>	1
2.1 - Ganho transdutivo	1
2.2 - Figura de ruído	2
2.3 - VSWR de entrada e saída	3
2.4 - Fase	4
2.5 - Codificação dos quadripolos	4
3 - <u>INSTRUÇÕES PARA USO DO PROGRAMA E EXEMPLOS</u>	8
3.1 - Instruções para uso do programa	8
3.2 - Exemplo 1 - Amplificador de 1,2 GHz	12
3.3 - Exemplo 2 - Filtro de 70 MHz	14
3.4 - Exemplo 3 - Amplificador de baixo ruído na banda C (3,7 a 4,2 GHz)	14
4 - <u>CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS</u>	17
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	19
APÊNDICE A - AMPLIFICADOR DE 1,2 GHz	
APÊNDICE B - FILTRO DE 70 MHz	
APÊNDICE C - AMPLIFICADOR DE BAIXO RUÍDO EM 4 GHz, NA BANDA C	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Definição de um quadripolo linear	2
2 - Circuito série/paralelo	4
3 - Circuito paralelo/paralelo	5
4 - Circuito série/série	5
5 - Circuito paralelo/série	5
6 - Circuito aberto/série	6
7 - Circuito aberto/paralelo	6
8 - Circuito curto/série	6
9 - Circuito curto/paralelo	7
10 - Circuito linha de transmissão/série	7
11 - Matriz "S"	7
12 - Circuito equivalente de um cristal	8
13 - Circuito do amplificador de 1,2 GHz	13
14 - Circuito do filtro de 70 MHz	15
15 - Circuito do amplificador de baixo ruído em 4 GHz	16

1 - INTRODUÇÃO

Apresenta-se neste trabalho um programa de computador que permite a análise e otimização do ganho, VSWR e figura de ruído de quadripolos lineares. O tratamento matemático é todo feito usando-se a matriz ABCD dos circuitos envolvidos. No processo de otimização provêem-se condições de limitação dos valores máximos e mínimos dos elementos a serem modificados (resistores, capacitores e linhas de transmissão), de modo que os resultados ótimos sejam obtidos com componentes disponíveis.

Como opção para o usuário, as características de variação com a frequência de cada parâmetro a ser otimizado (ganho, VSWR, figura de ruído) podem ser predeterminados através de uma máscara introduzida com os dados de entrada. A importância relativa de cada parâmetro, no processo de otimização, é também determinada por "pesos" previamente escolhidos, de maneira que cada item pode ser analisado e otimizado de modo dominante sobre os outros (Ludwig, 1979).

A Seção 2 apresenta um resumo das expressões usadas na elaboração do programa e a codificação dos circuitos que podem ser analisados. A entrada de dados, como se poderá notar, foi confeccionada do modo mais natural possível, permitindo que o usuário tenha grande versatilidade na modificação dos circuitos. Resistores, bobinas, capacitores e linhas de transmissão entram de acordo com seus valores nominais, e os transistores são definidos pelos seus parâmetros "S".

Na Seção 3 encontram-se as instruções de uso do programa, bem como alguns exemplos de análise e otimização. As conclusões e comentários são apresentadas na Seção 4.

2 - EXPRESSÕES DE ANÁLISE E CODIFICAÇÃO DOS QUADRIPOLOS

2.1 - GANHO TRANSDUTIVO

O ganho transdutivo, G_T , é obtido através da equação:

$$G_T = 10 \log \frac{|A + C \cdot Z_1 + B/Z_2 + Z_1 \cdot D/Z_2|^2 \cdot Z_2}{4 \operatorname{Re} (Z_1)} ,$$

onde:

Z_1 - impedância do gerador,

Z_2 - impedância de carga,

A, B, C e D - parâmetros ABCD total do circuito.

A matriz ABCD total é obtida pelo produto das matrizes ABCD de cada segmento do circuito.

A Figura 1 e as equações a seguir definem a matriz ABCD usada neste trabalho.

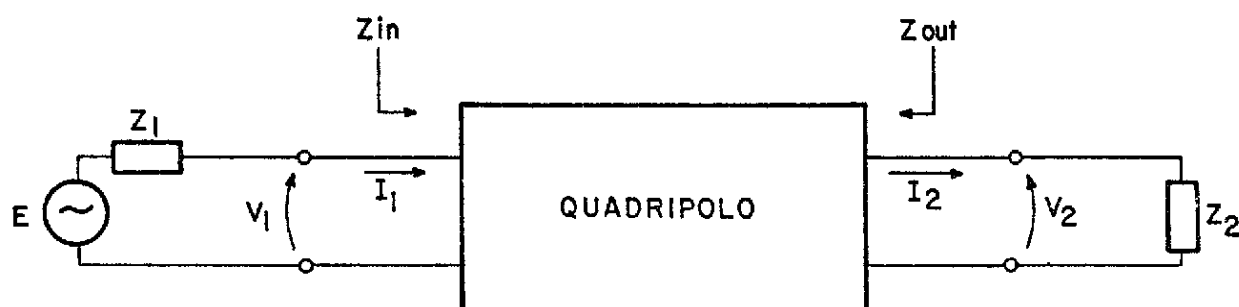


Fig. 1 - Definição de um quadripolo linear.

$$V_1 = AV_2 + BI_2 ,$$

$$I_1 = CV_2 + DI_2 .$$

2.2 - FIGURA DE RUÍDO

A figura de ruído total, para quadripolos em cascata, é da por:

$$NF = 10 \log \left(F_1 + \frac{F_2 - 1}{g_1} + \frac{F_3 - 1}{g_1 g_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{g_1 g_2 \dots g_{n-1}} \right),$$

onde:

F_i - fator de ruído de cada quadripolo ($i=1,2,\dots,n$),

g_i - ganho disponível de cada quadripolo ($i=1,2,\dots,n$), definido pela equação:

$$g_i = \left| \frac{1}{A_i + C_i Z_1} \right|^2 \frac{\text{Real}(Z_1)}{\text{Real}(Z_{out})},$$

onde Z_{out} é a impedância de saída do quadripolo.

2.3 - VSWR DE ENTRADA E SAÍDA

O VSWR é calculado em relação a 50Ω , através dos coeficientes de reflexão de entrada e de saída, os quais são dados por:

$$\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - 50}{Z_{in} + 50},$$

$$\Gamma_{out} = \frac{Z_{out} - 50}{Z_{out} + 50}.$$

Z_{in} e Z_{out} são obtidos através dos parâmetros ABCD totais, nas equações:

$$Z_{in} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{A + B/Z_2}{C + D/Z_2},$$

$$Z_{out} = - \frac{V_2}{I_2} = \frac{B + Z_1 \cdot D}{A + Z_1 \cdot C}.$$

2.4 - FASE

A fase entre entrada e saída é obtida calculando-se:

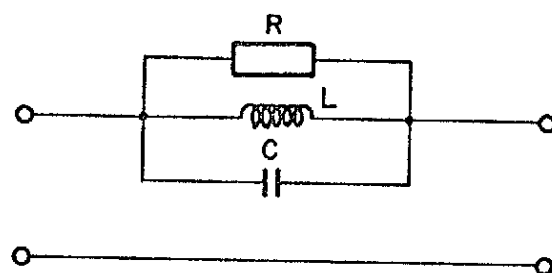
$$\text{FASE} = \text{ARG}(\sigma V) ,$$

onde:

$$\sigma V = \frac{V_2}{E} = \frac{1}{A + B/Z_2 - C.Z_1 - D.Z_1/Z_2} .$$

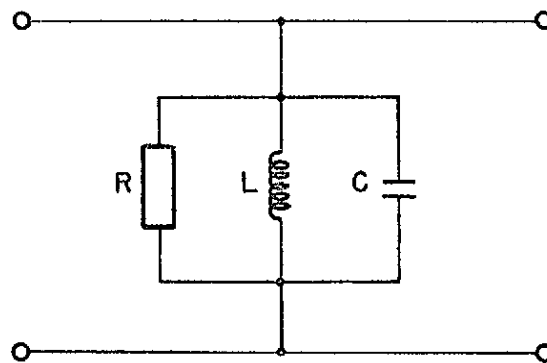
2.5 - CODIFICAÇÃO DOS QUADRIPOLOS

As Figuras de 2 a 12 apresentam os quadripolos básicos que são analisados no programa. Cada circuito é especificado por um número que determina o seu "tipo" e pelos valores de seus componentes. Circuitos mais complexos são analisados pelo encadeamento dos segmentos básicos apresentados.



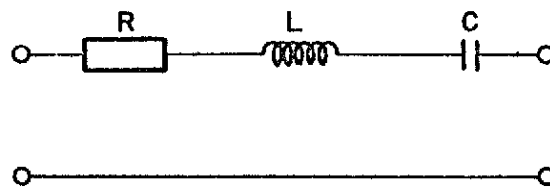
TIPO I
DADOS: R,L,C

Fig. 2 - Circuito série/paralelo.



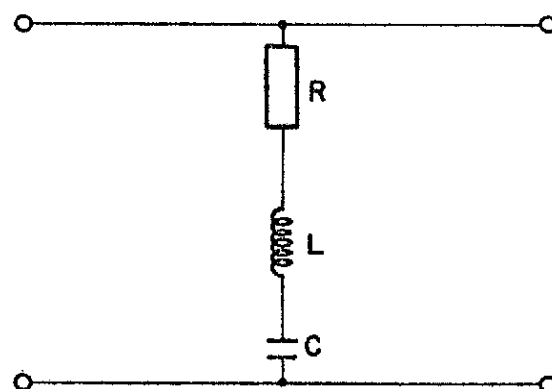
TIPO 2
DADOS: R,L,C

Fig. 3 - Circuito paralelo/paralelo.



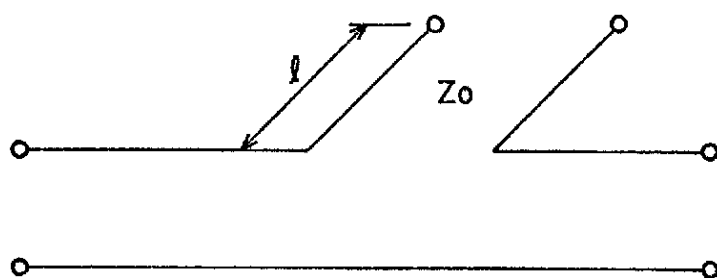
TIPO 3
DADOS: R,L,C

Fig. 4 - Circuito s̃erie/s̃erie.



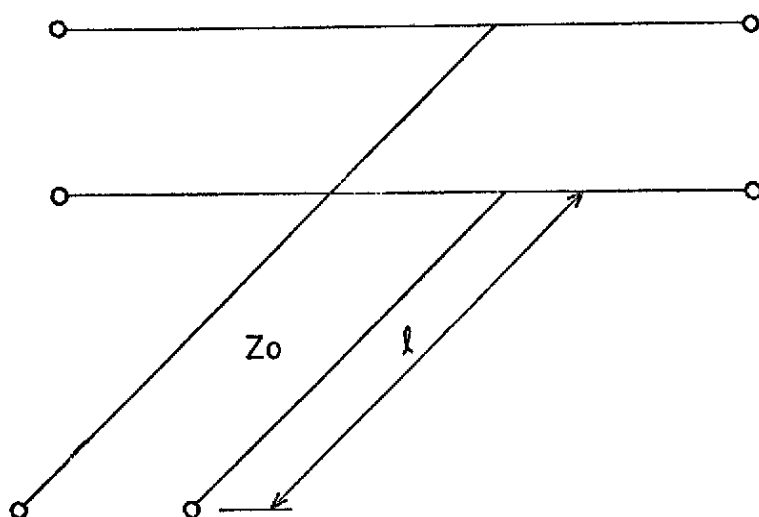
TIPO 4
DADOS: R,L,C

Fig. 5 - Circuito paralelo/s̃erie.



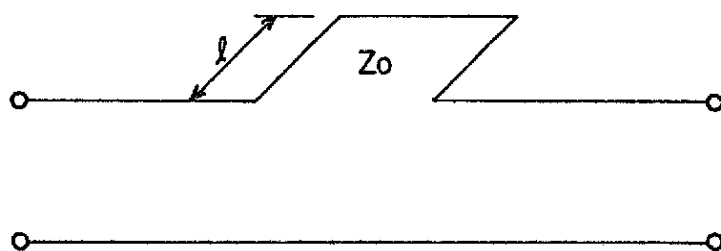
TIPO 5
DADOS: Z_o , l/λ_g

Fig. 6 - Circuito aberto/série.



TIPO 6
DADOS: Z_o , l/λ_g

Fig. 7 - Circuito aberto/paralelo.



TIPO 7
DADOS: Z_o , l/λ_g

Fig. 8 - Circuito curto/série.

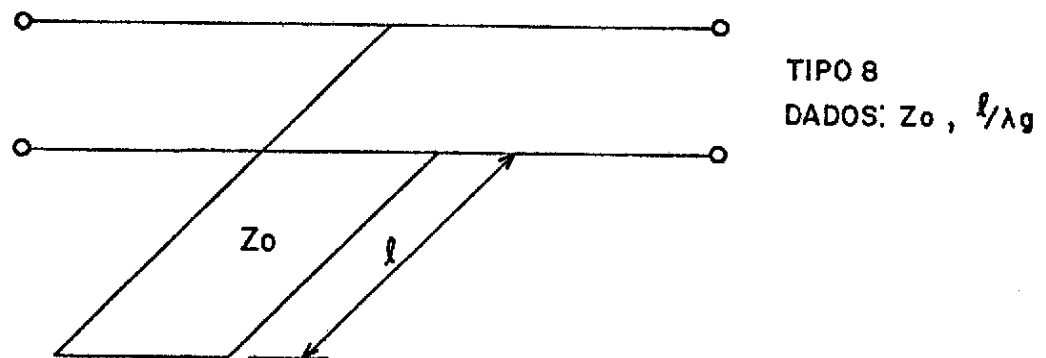


Fig. 9 - Circuito curto/paralelo.

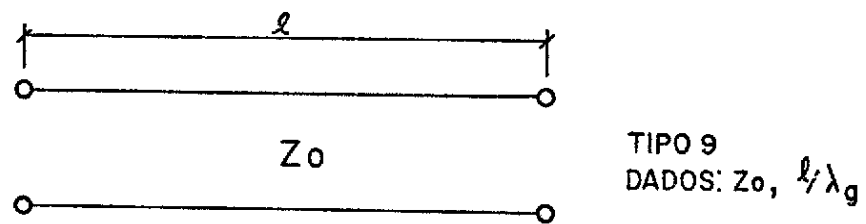


Fig. 10 - Circuito linha de transmissão/série.

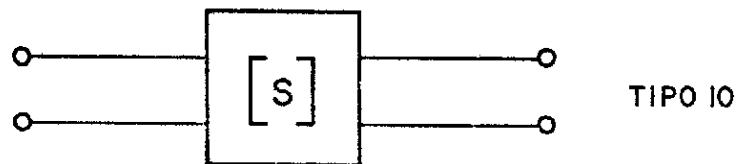


Fig. 11 - Matriz "S".

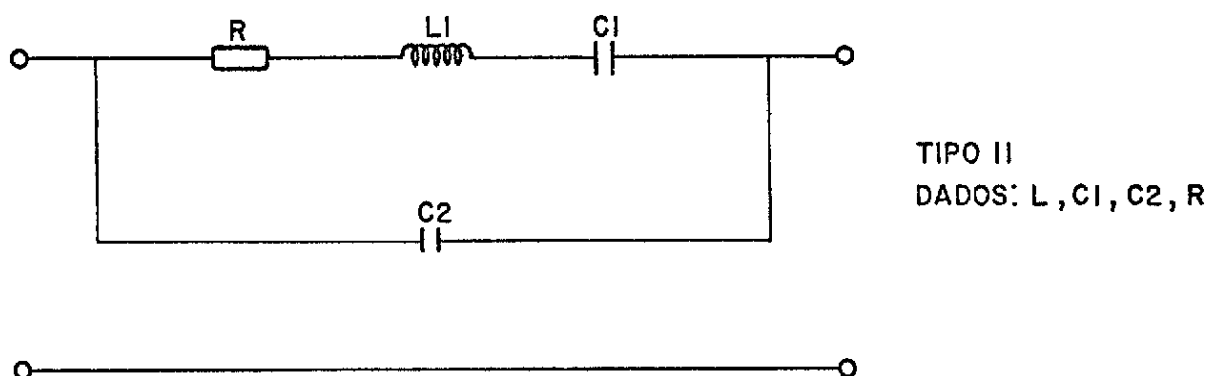


Fig. 12 - Circuito equivalente de um cristal.

3 - INSTRUÇÕES PARA USO DO PROGRAMA E EXEMPLOS

3.1 - INSTRUÇÕES PARA USO DO PROGRAMA

Apresentam-se a seguir as variáveis e a sequência de entrada de valores dos circuitos que serão analisados e/ou otimizados.

Essa configuração de dados mostrou-se bastante eficiente e versátil para uma assimilação rápida do manuseio do programa pelo usuário (Cisco, 1972; Miqui e Tavares, 1979; Miqui et alii, 1980).

As variáveis FMIN, FMAX e DIVF determinam os valores de frequência em que o circuito deve ser analisado e/ou otimizado. Quando houver impressão de gráficos, o número de pontos em análise deve ser maior ou igual a 55, sendo que o programa plota nos gráficos os primeiros 55 pontos dados.

O circuito em análise deve ser dividido nos segmentos apresentados nas Figuras de 2 a 12. Se houver transistores, deve-se identificá-los entre os tipos de circuitos com o número 10; logo após a leitura dos segmentos, entra-se com os parâmetros "S" do transistor considerado. O número de parâmetros "S" é dado pela variável NPAS e deve ser igual ao número de pontos de frequência dados; a cada frequência dada está associada uma matriz "S".

Se o circuito contiver mais de um transistor, seus parâmetros devem ser listados na ordem em que aparecem nos tipos de circuitos. Da mesma forma, entra-se com os parâmetros para a figura de ruído após os parâmetros "S".

Além dos dados descritos anteriormente, quando a otimização se faz necessária deve-se fornecer ao programa os pesos da otimização, os valores desejados para a máscara e os valores máximos e mínimos que os elementos do circuito podem atingir, de forma a serem realizáveis fisicamente.

Os parâmetros que podem ser otimizados são a figura de ruído, o ganho transdutivo, o VSWR de entrada e o VSWR de saída. Para que qualquer um desses parâmetros não seja otimizado, basta dar-lhe peso zero.

Para identificar os elementos de circuito que devem ser otimizados, basta adicionar o sinal de menos a esses elementos na leitura dos tipos de circuito.

A variável LMAX determina o número máximo de modificações que a sub-rotina de otimização pode executar, controlando-se desse modo o tempo de processamento.

Os valores de entrada do programa são fornecidos pelo usuário através de um arquivo de dados (INPE, 1980), cuja sequência por linha deve obedecer à seguinte ordem:

- 1ª linha:

ITPC - código da linha (=20);

NAOT - identificação do tipo de resultado do programa:

=1, análise e impressão do gráfico do VSWR de entrada x frequência;

=2, análise e impressão do gráfico do ganho transdutivo x frequência;

- =3, análise e impressão do gráfico da fase x frequência;
- =5, otimização do ganho transdutivo, VSWR de entrada, VSWR de saída e figura de ruído;
- =7, análise e impressão dos gráficos do VSWR de entrada, ganho transdutivo e fase em função da frequência;
- =8, análise;

FMIN - frequência mínima (GHz);

FMAX - frequência máxima (GHz);

WFG - peso na otimização da figura de ruído:

=0, o parâmetro não será otimizado;

≠0, o parâmetro será otimizado;

LMAX - limite máximo de modificações que a sub-rotina de otimização pode executar (controla o tempo de processamento);

NSEG - número de segmentos do circuito;

DIVF - divisão de frequência (GHz);

NPAS - se houver transistores, esta variável deve ser igual ao número de parâmetros "S", relativos as frequências dadas.

- 2ª linha:

ITPC - código da linha (=19);

Z1 - resistência do gerador (Ω);

Z2 - resistência de carga (Ω);

NTS - número de transistores;

WV - peso da otimização do VSWR de entrada;

WV2 - peso da otimização do VSWR de saída;

WPG - peso da otimização do ganho;

NPMAS - número de parâmetros da máscara;

NPFG - número de parâmetros da figura de ruído.

- 3ª linha até (NSEG + 2) linha:

ITIPO(I) , I = 1, 2 ... 6.

Nesta linha são lidos os tipos de circuitos e seus valores de acordo com as Figuras de 2 a 12.

- (NSEG + 3) linha até (NSEG + NPAS x NTS + 2) linha:

$|S_{11}|$, $|S_{11}|$, $|S_{12}|$, $|S_{12}|$, $|S_{21}|$, $|S_{21}|$, $|S_{22}|$, $|S_{22}|$.

Nas (NPAS x NTS) linhas são lidos os parâmetros "S" dos transistores envolvidos, cujos parâmetros devem entrar na sequência em que aparecem os transistores no circuito.

- (NSEG + NPAS x NTS + 3) linha até (NSEG + NPAS x NTS + NPFG + NTS + 2) linha:

Nas (NPFG x NTS) linhas são lidos os parâmetros dos transistores envolvidos com relação à figura de ruído. Os valores devem ser lidos na sequência em que aparecem os transistores.

FGMIN - figura de ruído mínima do transistor, para a frequência considerada (dB);

RNG - resistência de ruído (Ω);

GAMA - coeficiente de reflexão da fonte para a mínima figura de ruído.

- (NSEG + NPAS x NTS + NPFG x NTS + 3) linha:

Aqui são fornecidos os valores mínimos e máximos permitidos aos elementos do circuito a serem modificados pela otimização. São lidos primeiramente os valores mínimos e depois os valores máximos. O número de parâmetros lidos é igual a duas vezes o número de variáveis em otimização.

- (NSEG + NPAS x NTS + NPFG x NTS + 4) linha:

Máscara para a otimização. Os valores são lidos na sequência abaixo.

NPMAS valores para o VSWR de entrada;

NPMAS valores para o VSWR de saída;

NPMAS valores para o ganho;
NPFG valores para a figura de ruído.

- Última linha:

END.

3.2 - EXEMPLO 1 - AMPLIFICADOR DE 1,2 GHz

Como primeiro exemplo, apresenta-se um amplificador de um estágio em 1,2 GHz (BW = 200 MHz).

Deseja-se otimizar o VSWR de entrada e o VSWR de saída com maior prioridade e, em segunda prioridade, o ganho transdutivo.

Para iniciar a otimização, deve-se fornecer um circuito inicial projetado para a frequência central.

O transistor escolhido é o HXTR5104. Através dos parâmetros "S" para a frequência central (HP, 1980), determinam-se as impedâncias de carga e fonte para um ganho prefixado de 10 dB (Fleming e Galvão, 1979). De posse das impedância de carga e fonte, podem ser projetados os circuitos de casamento (Aranha e Fleming, 1979). A técnica utilizada neste caso é a de utilização de componentes discretos na confecção do circuito (Fleming, 1982).

O circuito do amplificador para RF é mostrado na Figura 13.

Na otimização, objetiva-se que o VSWR de entrada e de saída sejam iguais a dois, e que o ganho seja igual a 13 dB.

A faixa de variação dos capacitores nessa frequência é de 0,3 pF a 8,0 pF e a dos indutores é de 4,0 nH a 40,0 nH.

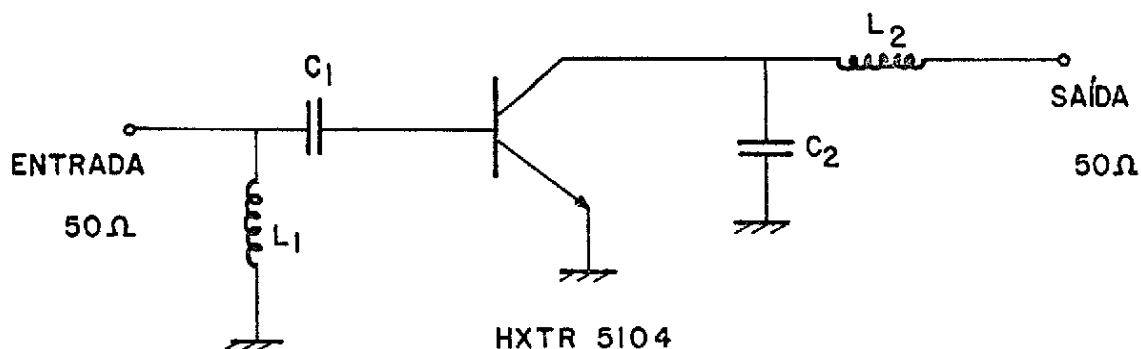


Fig. 13 - Circuito do amplificador de 1,2 GHz.

O arquivo de dados (AMP) e a listagem com os resultados obtidos são mostrados no Apêndice A.

Na Tabela 1 apresentam-se os principais parâmetros que demonstram claramente que a otimização foi executada de acordo com o desejado.

TABELA 1

COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES INICIAIS E FINAIS DE OTIMIZAÇÃO

	VALORES INICIAIS	VALORES FINAIS
C1	4,1 pF	4,5 pF
C2	1,9 pF	0,3 pF
L1	4,5 nH	4,3 nH
L2	6,9 nH	4,8 nH
VSWR (ENT.) MIN.	1,34	1,97
VSWR (ENT.) MÁX.	1,79	2,17
VARIAÇÃO VSWR (ENT.)	0,45	0,20
VSWR (SAI.) MIN.	4,27	2,00
VSWR (SAI.) MÁX.	6,28	2,13
VARIAÇÃO VSWR (SAI.)	2,01	0,13

(continua)

Tabela 1 - Conclusão.

	VALORES INICIAIS	VALORES FINAIS
GANHO MÍN.	10,02 dB	12,85 dB
GANHO MÁX.	10,72 dB	13,02 dB
VARIAÇÃO DO GANHO	0,70 dB	0,17 dB

3.3 - EXEMPLO 2 - FILTRO DE 70 MHz

No exemplo que se segue apresenta-se a análise de um fil
tro de 70 MHz, com BW_{odB} de 36 MHz.

O filtro é do tipo Cauer-Chebyshev e foi projetado a par
tir das tabelas de protótipos passa-baixas (Zverev, 1967).

Na Figura 14 apresenta-se o circuito do filtro a ser ana
lisado. Além da impressão da tabela de resposta em frequência, deseja
-se a impressão da curva de resposta do ganho x frequência.

No Apêndice B apresenta-se a listagem do arquivo de dados
(PAPB) e dos resultados desejados.

3.4 - EXEMPLO 3 - AMPLIFICADOR DE BAIXO RUÍDO NA BANDA C (3,7 a 4,2 GHz)

Nesse exemplo faz-se a otimização do ganho, figura de ruí
do, VSWR de entrada e saída, de um amplificador para recepção de sinais
de satélite na faixa de 3,7 a 4,2 GHz. O circuito possui cinco estágios,
e especificou-se na máscara um ganho de 56 db e uma figura de ruído igual a
1,4 dB em toda a faixa. Seis pontos são analisados, com intervalo de fre
quência igual a 100 MHz. A listagem com o arquivo de dados e os resulta
dos obtidos são mostrados no Apêndice C. Na Figura 15 apresenta-se o cir
cuito do amplificador.

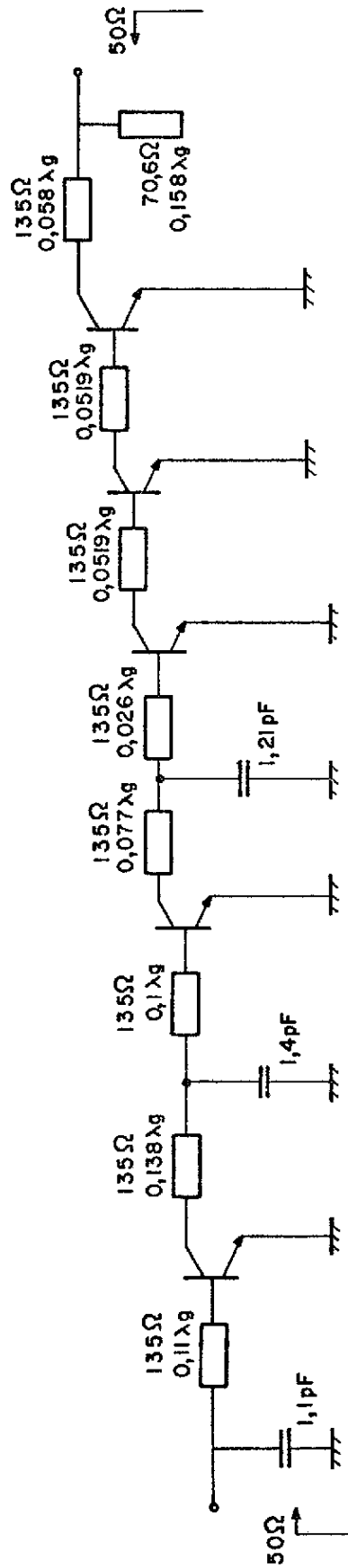


Fig. 15 - Circuito do amplificador de baixo ruído em 4 GHz.

4 - CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Nota-se, pelo exposto nas seções anteriores, que o programa descrito é uma poderosa ferramenta na análise e otimização de quadripolos. O projetista pode saber, a priori, o comportamento teórico do circuito e ajustar, se for o caso, os componentes de modo a obter uma resposta predeterminada.

Note-se que, no caso de circuitos pequenos, como por exemplo um amplificador de apenas um estágio, não é necessário um projeto preciso para fornecer os valores iniciais. O programa se encarrega de ajustar os valores para o melhor desempenho requerido.

Recomenda-se porém que, no caso de circuitos muito grandes, onde o número de elementos a serem modificados é elevado, os valores iniciais devem ser fornecidos segundo um projeto prévio bem elaborado na frequência central. Isso evita que a sub-rotina de otimização estacione em um mínimo local, degenerando o processo de otimização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANHA, H.; FLEMING, W.J.; *Job C* São José dos Campos, INPE, Laboratório de Microondas, 1979. (programa nº 5).
- CISCO, T.C. *Design of microstrip components by computer*. Washington, DC, NASA, 1972. (NASA CR-1982).
- FLEMING, W.J.; GALVÃO, B.S.M.C. *Job SPOK* São José dos Campos, INPE, Laboratório de Microondas, 1979. (programa nº 2).
- FLEMING, W.J. *Projeto de amplificadores de microondas com uso de componentes discretos*. São José dos Campos, INPE, 1982. (INPE-2384-NTI//164).
- HEWLETT PACKARD. *Diode and transistor designer's catalog 1980*. s.e., 1980.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Introdução a linguagem CANDE*. São José dos Campos, 1980.
- LUDWIG, G.O. *Job OT* São José dos Campos, INPE, Laboratório de Microondas, 1979 (programa nº 16).
- MIQUI, J.L.; TAVARES, P.R. *Programa para análise e/ou otimização de circuitos lineares*. São José dos Campos, Faculdade de Engenharia de São José dos Campos, 1979.
- MIQUI, J.L.; TAVARES, P.R.; ARANHA, H. *Job análise*. São José dos Campos, INPE, Laboratório de Microondas, 1980 (programa nº 15).
- ZVEREV, A.I. *Handbook of filter synthesis*. New York, John Wiley, 1967.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

•
• •

APENDICE A

AMPLIFICADOR DE 1,2 GHz

AMP (06/01/82)

100	20.5.1.1.3.0.20.5.025.9.
200	19.50.50.1.10.10.1.9.0.
300	4.0.4.5.0.0.0.
400	3.0.0.4.1.0.0.
500	10.0.0.0.0.0.
600	4.0.0.1.9.0.0.
700	3.0.6.9.0.0.0.
800	0.65.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
900	0.65.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
1000	.05.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
1100	.05.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
1200	.05.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
1300	.05.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
1400	.05.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
1500	.05.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
1600	.05.174.09.31.5.3.14.59.5.32.97.
1700	4.3.3.4.40.8.40.
1800	2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.
1900	13.13.13.13.13.13.13.13.13.13.13.13.
2000	END

```

*****
*** INPE/LABORATORIO DE MICROONDAS ***
*** BIBLIOTECA DE PROGRAMAS ***
*** NOME DO JOB: AGCIR ***
*** NUMERO DO JOB: 13 ***
*** NOME DOS AUTORES: WILTON J. FLEMING ***
*** HELCIO ARANHA ***
*****

```

```

*****
ANALISE E/OU OTIMIZACAO DE CIRCUITOS LINEARES
*****

```

PARAMETROS DE ENTRADA

```

ANALISE E/OU OTIMIZACAO = 5
LIMITE MAXIMO DE MODIFICACOES = 20
FREQUENCIA MINIMA = 1.100000 GHZ
FREQUENCIA MAXIMA = 1.300000 GHZ
DIVISAO DE FREQUENCIA = 0.02500000 GHZ
NUMERO DE SEGMENTOS DO CIRCUITO = 5
NUMERO DE LINHAS COM PARAMETROS S POR TRANS. = 9
RESISTENCIA GERADOR = 50.00 OHM
RESISTENCIA CARGA = 50.00 OHM

```

TIPOS DE CIRCUITOS E SEUS VALORES

4.0	0.00	-4.50000000	0.00000000	0.00000000
3.0	0.00	0.00000000	-4.10000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	0.00000000	-1.90000000	0.00000000
3.0	0.00	-6.90000000	0.00000000	0.00000000

TRANSISTOR 1

	FRECUENCIA DE MODULO	1.100 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

	FRECUENCIA DE MODULO	1.125 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

	FRECUENCIA DE MODULO	1.150 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

	FRECUENCIA DE MODULO	1.175 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

	FRECUENCIA DE MODULO	1.200 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

	FREQUENCIA DE MODULO	1.225 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

	FREQUENCIA DE MODULO	1.250 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

	FREQUENCIA DE MODULO	1.275 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

	FREQUENCIA DE MODULO	1.300 GHz ANGULO (GRAUS)
S11=	0.65	174.00
S12=	0.09	31.50
S21=	3.14	59.50
S22=	0.32	-97.00

VALORES MINIMOS E MAXIMOS DOS ELEMENTOS EM OTIMIZACAO

VMIN=	4.0000	VMX=	40.0000
VMIN=	0.3000	VMX=	8.0000
VMIN=	0.3000	VMX=	8.0000
VMIN=	4.0000	VMX=	40.0000

PESO DO VSWR(IN)=10.00
PESO DO VSWR(OUT)=10.00
PESO DO GANHO= 1.00
PESO DA FIGURA DE RUIDO= 0.00

MASCARA PARA A OTIMIZACAO

FREQUENCIA(GHZ)	VSWR(IN)	VSWR(OUT)	GANHO(DB)	FRUIDO(DB)
1.1000	2.00	2.00	13.00	0.00
1.1250	2.00	2.00	13.00	0.00
1.1500	2.00	2.00	13.00	0.00
1.1750	2.00	2.00	13.00	0.00
1.2000	2.00	2.00	13.00	0.00
1.2250	2.00	2.00	13.00	0.00
1.2500	2.00	2.00	13.00	0.00
1.2750	2.00	2.00	13.00	0.00
1.3000	2.00	2.00	13.00	0.00

RESPOSTA EM FREQUENCIA

FREQUENCIA (GHZ)	VSWR(IN)	VSWR(OUT)	GANHO (DB)	FASE (GRAUS)	IMPEDANCIA(IN)		FRUIDO (DB)
					REAL	IMAG	
1.1000	1.7928	4.2660	10.72	-84.18	80.9	21.49	0.00
1.1250	1.6563	4.5186	10.70	-79.83	79.9	11.96	0.00
1.1500	1.5472	4.7722	10.66	-75.65	77.0	3.90	0.00
1.1750	1.4629	5.0258	10.59	-71.65	73.0	-2.45	0.00
1.2000	1.4016	5.2786	10.50	-67.82	68.5	-7.19	0.00
1.2250	1.3621	5.5303	10.40	-64.17	64.0	-10.57	0.00
1.2500	1.3427	5.7810	10.29	-60.67	59.8	-12.88	0.00
1.2750	1.3406	6.0307	10.16	-57.34	55.9	-14.39	0.00
1.3000	1.3522	6.2800	10.02	-54.15	52.4	-15.32	0.00

FIM DA ANALISE

VALORES INICIAIS DOS PARAMETROS - (X0)

X0(1)= .290534E+01

X0(2)= .158378E+01

X0(3)= .219496E+01

X0(4)= .256603E+01

VALOR INICIAL DA FUNCAO F0= .330157E+02

VALORES DOS PARAMETROS CORRESPONDENTES AO MINIMO DA FUNCAO F= (X)

X(1)= .332622E+01+-(.200000E-02)

X(2)= .147541E+01+-(.200000E-02)

X(3)= .314127E+01+-(.200000E-02)

X(4)= .344885E+01+-(.100000E-02)

VALOR MINIMO DA FUNCAO F= .119258E+01

O RESULTADO ACIMA FOI ATINGIDO EM 20 EXPLORACOES E 1 TRANSLACOES
O NUMERO DE EXPLORACOES E O DE TRANSLACOES E LIMITADO EM 20

TIPOS DE CIRCUITOS E SEUS VALORES

4.0	0.00	4.30590278	0.00000000	0.00000000
3.0	0.00	0.00000000	4.51668569	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	0.00000000	0.30000020	0.00000000
3.0	0.00	4.84298644	0.00000000	0.00000000

RESPOSTA EM FREQUENCIA

FREQUENCIA (GHZ)	VSWR(IN)	VSWR(OUT)	GANHO (DB)	FASE (GRAUS)	IMPEDANCIA(IN) REAL	IMAG	FRUIDO (DB)
1.1000	2.1730	2.0229	12.85	-114.15	107.5	10.00	0.00
1.1250	2.0723	2.0383	12.93	-110.25	102.9	-7.38	0.00
1.1500	2.0084	2.0523	12.98	-106.50	94.3	-20.64	0.00
1.1750	1.9771	2.0655	13.01	-102.90	84.1	-29.48	0.00
1.2000	1.9740	2.0783	13.02	-99.46	74.0	-34.66	0.00
1.2250	1.9949	2.0912	13.01	-96.17	65.0	-37.25	0.00
1.2500	2.0354	2.1044	12.99	-93.04	57.2	-38.14	0.00
1.2750	2.0917	2.1183	12.95	-90.05	50.6	-37.97	0.00
1.3000	2.1605	2.1330	12.90	-87.21	45.1	-37.18	0.00

FIM DA ANALISE

APÊNDICE B

FILTRO DE 70 MHz

PAPB (06/01/82)

100	20.,2.,.005.,.1425,0.,.0.,.12.,.0025,0.,.
200	19.,50.,.50.,.0.,.0.,.0.,.0.,.0.,.
300	3.,0.,.60.82,0.,.0.,.0.,.
400	4.,0.,.39.82,34.87,0.,.0.,.
500	3.,0.,.109.9,0.,.0.,.0.,.
600	4.,0.,.81.46,26.76,0.,.0.,.
700	3.,0.,.110.1,0.,.0.,.0.,.
800	4.,0.,.0.,.30.28,0.,.0.,.
900	4.,0.,.182.9,0.,.0.,.0.,.
1000	3.,0.,.0.,.50.3,0.,.0.,.
1100	4.,0.,.206.9,67.95,0.,.0.,.
1200	3.,0.,.0.,.50.38,0.,.0.,.
1300	4.,0.,.158.7,139.7,0.,.0.,.
1400	3.,0.,.0.,.91.01,0.,.0.,.
1500	END

ANALISE E/OU OTIMIZACAO DE CIRCUITOS LINEARES

PARAMETROS DE ENTRADA

ANALISE E/OU OTIMIZACAO = 2
 LIMITE MAXIMO DE MODIFICACOES = 0
 FREQUENCIA MINIMA = 0.005000 GHZ
 FREQUENCIA MAXIMA = 0.142500 GHZ
 DIVISAO DE FREQUENCIA = 0.00250000 GHZ
 NUMERO DE SEGMENTOS DO CIRCUITO = 12
 NUMERO DE LINHAS COM PARAMETROS S POR TRANS. = 0
 RESISTENCIA GERADOR = 50.00 OHM
 RESISTENCIA CARGA = 50.00 OHM

TIPOS DE CIRCUITOS E SEUS VALORES

3.0	0.00	60.82000000	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	39.62000000	34.87000000	0.00000000
3.0	0.00	109.90000000	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	81.46000000	26.76000000	0.00000000
3.0	0.00	110.10000000	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	0.00000000	30.26000000	0.00000000
4.0	0.00	182.90000000	0.00000000	0.00000000
3.0	0.00	0.00000000	50.30000000	0.00000000
4.0	0.00	206.90000000	67.95000000	0.00000000
3.0	0.00	0.00000000	50.38000000	0.00000000
4.0	0.00	158.70000000	139.70000000	0.00000000
3.0	0.00	0.00000000	91.01000000	0.00000000

RESPOSTA EM FREQUENCIA

FREQUENCIA (GHZ)	VSWR(IN)	VSWR(OUT)	GANHO (DB)	FASE (GRAUS)	IMPEDANCIA(IN) REAL	IMAG	FRUIDO (DB)
0.0050	999.0000	999.0000	-54.90	-158.01	0.0	14.89	0.00
0.0075	999.0000	999.0000	-48.19	-147.17	0.0	22.99	0.00
0.0100	999.0000	999.0000	-43.65	-136.48	0.0	31.98	0.00
0.0125	999.0000	999.0000	-40.37	-125.93	0.0	42.42	0.00
0.0150	999.0000	999.0000	-37.95	-115.50	0.0	55.21	0.00
0.0175	999.0000	999.0000	-36.18	-105.11	0.0	71.99	0.00

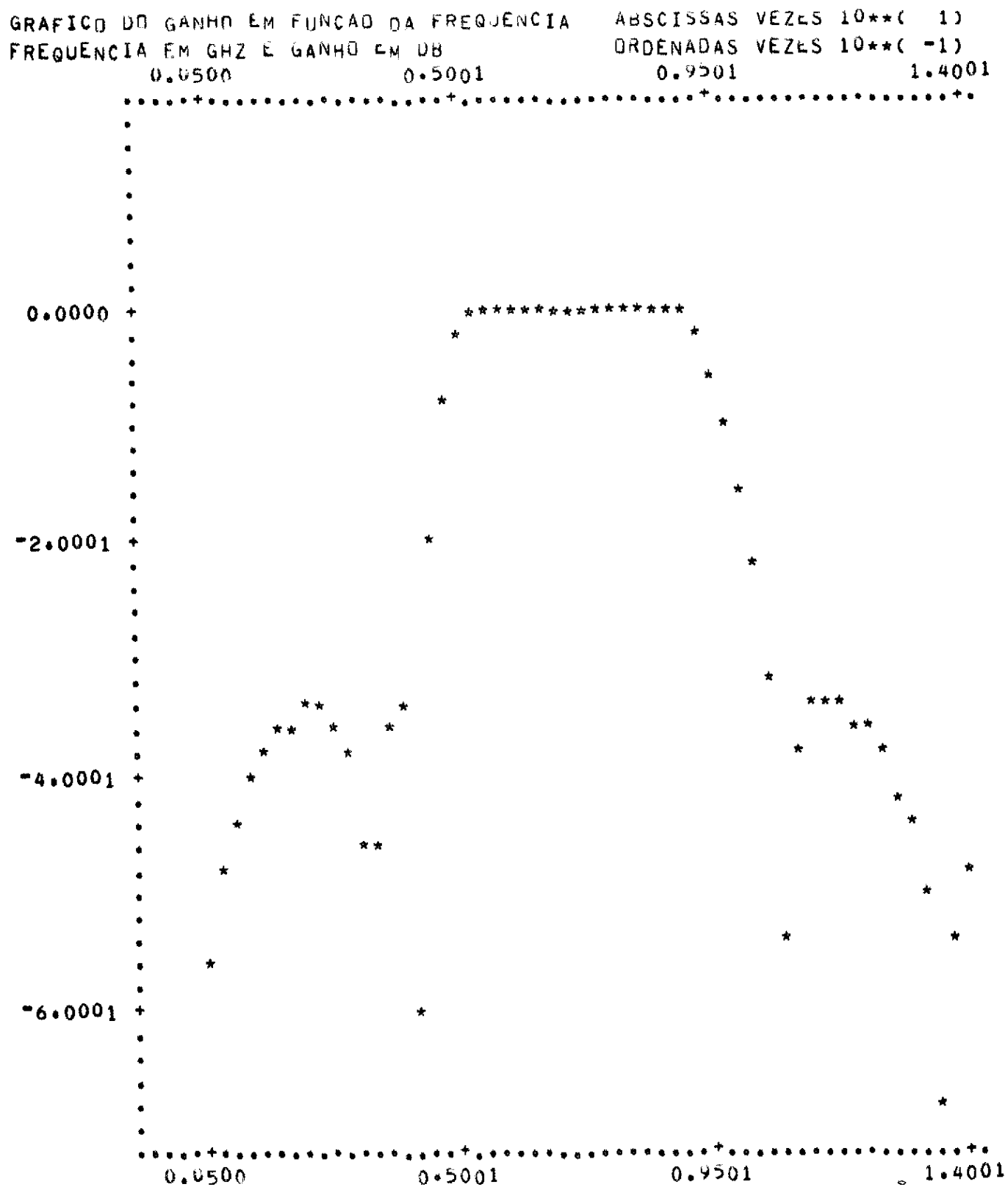
- B.3 -

0.0200	999.0000	999.0000	-34.98	-94.67	0.0	96.20	0.00
0.0225	999.0000	999.0000	-34.36	-84.05	0.0	136.52	0.00
0.0250	999.0000	999.0000	-34.40	-73.09	0.1	223.49	0.00
0.0275	999.0000	999.0000	-35.38	-61.59	0.5	595.54	0.00
0.0300	999.0000	999.0000	-38.08	-49.30	0.5	-816.32	0.00
0.0325	999.0000	999.0000	-46.00	-35.91	0.0	-224.98	0.00
0.0350	999.0000	999.0000	-45.79	158.99	0.0	-120.38	0.00
0.0375	999.0000	999.0000	-35.97	175.92	0.0	-74.36	0.00
0.0400	999.0000	999.0000	-33.85	-164.40	0.0	-46.59	0.00
0.0425	999.0000	999.0000	-60.19	39.22	0.0	-26.11	0.00
0.0450	408.3145	408.3145	-20.11	69.30	0.1	-7.75	0.00
0.0475	24.3236	24.3236	-8.19	112.25	2.2	14.21	0.00
0.0500	3.3787	3.3787	-1.52	172.37	26.8	44.34	0.00
0.0525	1.3102	1.3102	-0.08	-135.97	55.4	13.21	0.00
0.0550	1.2626	1.2626	-0.06	-101.75	44.6	9.61	0.00
0.0575	1.3517	1.3517	-0.10	-76.17	45.4	13.68	0.00
0.0600	1.3205	1.3205	-0.08	-54.73	50.6	14.02	0.00
0.0625	1.2282	1.2282	-0.05	-35.56	54.5	9.75	0.00
0.0650	1.1160	1.1160	-0.01	-17.79	54.2	3.92	0.00
0.0675	1.0062	1.0062	-0.00	-0.95	50.3	0.13	0.00
0.0700	1.0989	1.0989	-0.01	15.26	45.5	-0.60	0.00
0.0725	1.2011	1.2011	-0.04	31.09	41.7	0.96	0.00
0.0750	1.2875	1.2875	-0.07	46.78	39.4	3.81	0.00
0.0775	1.3428	1.3428	-0.09	62.61	39.1	7.16	0.00
0.0800	1.3489	1.3489	-0.10	79.00	41.1	10.29	0.00
0.0825	1.2908	1.2908	-0.07	96.55	46.4	11.81	0.00

- B.4 -

0.0850	1.1979	1.1979	-0.04	116.20	56.0	7.43	0.00
0.0875	1.3672	1.3672	-0.11	139.44	62.1	-12.66	0.00
0.0900	2.1926	2.1926	-0.65	167.90	39.3	-34.06	0.00
0.0925	4.7480	4.7480	-2.40	-159.09	13.5	-25.82	0.00
0.0950	13.2048	13.2048	-5.82	-127.04	4.0	-11.65	0.00
0.0975	42.7477	42.7477	-10.49	-100.84	1.2	-1.16	0.00
0.1000	155.4980	155.4980	-15.95	-80.54	0.3	6.41	0.00
0.1025	683.0788	683.0788	-22.34	-64.44	0.1	12.25	0.00
0.1050	999.0000	999.0000	-30.82	-51.19	0.0	17.03	0.00
0.1075	999.0000	999.0000	-53.16	-39.94	0.0	21.15	0.00
0.1100	999.0000	999.0000	-38.52	149.83	0.0	24.82	0.00
0.1125	999.0000	999.0000	-34.69	158.46	0.0	28.15	0.00
0.1150	999.0000	999.0000	-33.75	166.16	0.0	31.25	0.00
0.1175	999.0000	999.0000	-33.95	173.09	0.0	34.15	0.00
0.1200	999.0000	999.0000	-34.84	179.38	0.0	36.91	0.00
0.1225	999.0000	999.0000	-36.26	-174.88	0.0	39.54	0.00
0.1250	999.0000	999.0000	-38.20	-169.62	0.0	42.06	0.00
0.1275	999.0000	999.0000	-40.78	-164.76	0.0	44.50	0.00
0.1300	999.0000	999.0000	-44.36	-160.27	0.0	46.86	0.00
0.1325	999.0000	999.0000	-50.08	-156.10	0.0	49.15	0.00
0.1350	999.0000	999.0000	-67.56	-152.21	0.0	51.39	0.00
0.1375	999.0000	999.0000	-53.70	31.43	0.0	53.57	0.00
0.1400	999.0000	999.0000	-47.30	34.85	0.0	55.71	0.00
0.1425	999.0000	999.0000	-43.96	38.06	0.0	57.80	0.00

FIM DA ANALISE



APÊNDICE C

AMPLIFICADOR DE BAIXO RUÍDO EM 4 GHz, NA BANDA C

SAPC (06/15/82)

100	20.,5.,3.7,4.2,10.,20.,17.,0.1,6.,
200	19.,50.,50.,5.,1.,1.,1.,6.,6.,
300	4.,0.,0.,-1.1,0.,0.,
400	9.,-135.,-0.11,0.,0.,0.,
500	10.,0.,0.,0.,0.,0.,
600	9.,-135.,-0.1384,0.,0.,0.,
700	4.,0.,0.,-1.4,0.,0.,
800	9.,-135.,-0.1,0.,0.,0.,
900	10.,0.,0.,0.,0.,0.,
1000	9.,-135.,-0.077,0.,0.,0.,
1100	4.,0.,0.,-1.2,0.,0.,
1200	9.,-135.,-0.026,0.,0.,0.,
1300	10.,0.,0.,0.,0.,0.,
1400	9.,-135.,-0.0519,0.,0.,0.,
1500	10.,0.,0.,0.,0.,0.,
1600	9.,-135.,-0.0519,0.,0.,0.,
1700	10.,0.,0.,0.,0.,0.,
1800	9.,-135.,-0.058,0.,0.,0.,
1900	6.,-70.6,-0.158,0.,0.,0.,
2000	0.8,-67.,0.041,62.,1.86,115.,0.822,-41.,
2100	0.838,-67.,0.039,63.,1.884,115.,0.812,-41.,
2200	0.872,-68.,0.038,64.,1.907,115.,0.8,-41.,
2300	0.9,-68.,0.036,65.,1.93,115.,0.79,-41.,
2400	0.89,-70.,0.036,65.,1.94,113.,0.79,-42.,
2500	0.886,-72.,0.037,64.,1.96,110.,0.79,-43.,
2600	0.8,-67.,0.041,62.,1.86,115.,0.822,-41.,
2700	0.838,-67.,0.039,63.,1.884,115.,0.812,-41.,
2800	0.872,-68.,0.038,64.,1.907,115.,0.8,-41.,
2900	0.9,-68.,0.036,65.,1.93,115.,0.79,-41.,
3000	0.89,-70.,0.036,65.,1.94,113.,0.79,-42.,
3100	0.886,-72.,0.037,64.,1.96,110.,0.79,-43.,
3200	0.532,161.4,0.06,35.8,1.79,25.,0.662,-71.2,
3300	0.528,19.6,0.06,36.2,1.75,23.,0.668,-72,
3400	0.524,157.8,0.06,36.6,1.71,21.,0.674,-74.4,
3500	0.52,156.,0.06,37.,1.67,19.,0.680,-76.,
3600	0.521,154.,0.061,36.6,1.63,16.8,0.683,-78.,
3700	0.52,152.8,0.062,36.,1.6,14.6,0.686,-80.,
3800	0.464,66.7,0.107,20.4,2.47,46.,0.465,-77.6
3900	0.466,99.8,0.108,19.6,2.4,44.,0.46,-79.4,
4000	0.468,132.9,0.109,18.8,2.33,42.,0.455,-81.2,
4100	0.47,166.,0.11,18.4,2.26,40.,0.45,-83.,
4200	0.475,164.4,0.11,17.5,2.21,38.,0.449,-85.,
4300	0.48,162.8,0.112,17.,2.168,36.,0.448,-87.,
4400	0.464,66.7,0.107,20.4,2.47,46.,0.465,-77.6

4500	0.466,99.8,0.108,19.6,2.4,44.,0.46,-79.4,
4600	0.468,132.9,0.109,18.8,2.33,42.,0.455,-81.2,
4700	0.47,166.,0.11,18.4,2.26,40.,0.45,-83.,
4800	0.475,164.4,0.11,17.5,2.21,38.,0.449,-85.,
4900	0.48,162.8,0.112,17.,2.168,36.,0.448,-87.,
5000	1.25,60.,0.78,59.,
5100	1.25,60.,0.78,61.,
5200	1.25,60.,0.78,63.,
5300	1.25,60.,0.79,65.,
5400	1.3,60.,0.78,67.,
5500	1.3,60.,0.78,69.,
5600	1.25,60.,0.78,59.,
5700	1.25,60.,0.78,61.,
5800	1.25,60.,0.78,63.,
5900	1.25,60.,0.79,65.,
6000	1.3,60.,0.78,67.,
6100	1.3,60.,0.78,69.,
6200	2.44,5.67,0.46,152.5
6300	2.49,4.94,0.465,154.7,
6400	2.55,4.22,0.47,161.5
6500	2.6,3.5,0.475,166.,
6600	2.67,3.43,0.48,133.,
6700	2.67,3.36,0.486,100.,
6800	2.44,5.67,0.46,152.5,
6900	2.49,4.94,0.465,157.,
7000	2.55,4.22,0.47,161.5,
7100	2.6,3.5,0.475,166.,
7200	2.67,3.43,0.48,133.,
7300	2.75,3.36,0.486,100.,
7400	2.44,5.67,0.46,152.5,
7500	2.49,4.94,0.465,157.,
7600	2.55,4.22,0.47,161.5,
7700	2.6,3.5,0.475,166.,
7800	2.67,3.43,0.48,133.,
7900	2.75,3.36,0.486,100.,
8000	.3,10.,0.,10.,0.,.3,10.,0.,10.,0.,.3,10.,0.,10.,
8100	0.,10.,0.,10.,0.,10.,0.01,
8200	8.,140.,0.25,140.,.25,8.,140.,.25,140.,.25,8.,140.,.25,
8300	140.,.25,140.,.25,140.,.25,140.,.25,
8400	2.,2.,2.,2.,2.,2.,1.2,1.2,1.2,1.2,1.2,1.2,55.,55.,55.,55.,55.,
8500	55.,1.4,1.4,1.4,1.4,1.4,1.4,

```
*****
*** INPE/LABORATORIO DE MICROONDAS ***
*** BIBLIOTECA DE PROGRAMAS ***
*** NOME DO JOB: AGCIR ***
*** NUMERO DO JOB: 13 ***
*** NOME DOS AUTORES: WILTON J. FLEMING ***
*** HELCIO ARANHA ***
*****
```

```
*****
ANALISE E/OU OTIMIZACAO DE CIRCUITOS LINEARES
*****
```

PARAMETROS DE ENTRADA

```
ANALISE E/OU OTIMIZACAO = 5
LIMITE MAXIMO DE MODIFICACOES = 20
FREQUENCIA MINIMA = 3.700000 GHZ
FREQUENCIA MAXIMA = 4.200000 GHZ
DIVISAO DE FREQUENCIA = 0.10000000 GHZ
NUMERO DE SEGMENTOS DO CIRCUITO = 17
NUMERO DE LINHAS COM PARAMETROS S POR TRANS. = 6
RESISTENCIA GERADOR = 50.00 OHM
RESISTENCIA CARGA = 50.00 OHM
```

TIPOS DE CIRCUITOS E SEUS VALORES

4.0	0.00	0.00000000	-1.10000000	0.00000000
9.0	-135.00	-0.11000000	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	-135.00	-0.13840000	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	0.00000000	-1.40000000	0.00000000
9.0	-135.00	-0.10000000	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	-135.00	-0.07700000	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	0.00000000	-1.20000000	0.00000000
9.0	-135.00	-0.02600000	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	-135.00	-0.05190000	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	-135.00	-0.05190000	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	-135.00	-0.05800000	0.00000000	0.00000000
6.0	-70.60	-0.15800000	0.00000000	0.00000000

VALORES MINIMOS E MAXIMOS DOS ELEMENTOS EM OTIMIZACAO

VMIN=	0.3000	VMX=	8.0000
VMIN=	10.0000	VMX=	140.0000
VMIN=	0.0000	VMX=	0.2500
VMIN=	10.0000	VMX=	140.0000
VMIN=	0.0000	VMX=	0.2500
VMIN=	0.3000	VMX=	8.0000
VMIN=	10.0000	VMX=	140.0000
VMIN=	0.0000	VMX=	0.2500
VMIN=	10.0000	VMX=	140.0000
VMIN=	0.0000	VMX=	0.2500
VMIN=	0.3000	VMX=	8.0000
VMIN=	10.0000	VMX=	140.0000
VMIN=	0.0000	VMX=	0.2500
VMIN=	10.0000	VMX=	140.0000
VMIN=	0.0000	VMX=	0.2500
VMIN=	10.0000	VMX=	140.0000
VMIN=	0.0000	VMX=	0.2500
VMIN=	10.0000	VMX=	140.0000
VMIN=	0.0000	VMX=	0.2500
VMIN=	0.0100	VMX=	0.2500

PESO DO VSWR(IN)= 1.00
 PESO DO VSWR(OUT)= 1.00
 PESO DO GANH0= 1.00
 PESO DA FIGURA DE RUIDO=10.00

MASCARA PARA A OTIMIZACAO

FREQUENCIA(GHZ)	VSWR(IN)	VSWR(OUT)	GANHO(DB)	FRUIDO(DB)
3.7000	2.00	1.20	55.00	1.40
3.8000	2.00	1.20	55.00	1.40
3.9000	2.00	1.20	55.00	1.40
4.0000	2.00	1.20	55.00	1.40
4.1000	2.00	1.20	55.00	1.40
4.2000	2.00	1.20	55.00	1.40

RESPOSTA EM FREQUENCIA

FREQUENCIA (GHZ)	VSWR(IN)	VSWR(OUT)	GANHO (DB)	FASE (GRAUS)	IMPEDANCIA(IN) REAL	IMAG	FRUIDO (DB)
3.7000	2.0531	2.6369	51.98	157.65	93.4	25.31	2.15
3.8000	2.5834	2.4867	47.13	166.07	128.7	-7.42	1.81
3.9000	2.5693	2.1538	54.40	-151.60	128.2	5.62	1.56
4.0000	2.7994	1.9829	55.08	-139.30	139.9	-3.76	1.53
4.1000	3.3326	1.6790	53.14	-97.50	136.9	-60.20	1.81
4.2000	4.4254	1.5133	51.57	-54.02	101.5	-103.94	2.41

FIM DA ANALISE

TIPOS DE CIRCUITOS E SEUS VALORES

4.0	0.00	0.00000000	1.02245741	0.00000000
9.0	134.07	0.10987591	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	121.49	0.13784061	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	0.00000000	1.41215278	0.00000000
9.0	136.35	0.09944912	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	138.94	0.13802326	0.00000000	0.00000000
4.0	0.00	0.00000000	1.27873596	0.00000000
9.0	139.90	0.04751616	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	139.99	0.06138997	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	101.59	0.01953786	0.00000000	0.00000000
10.0	0.00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9.0	139.99	0.08938274	0.00000000	0.00000000
6.0	46.89	0.10278926	0.00000000	0.00000000

RESPOSTA EM FREQUENCIA

FREQUENCIA (GHZ)	VSWR(IN)	VSWR(OUT)	GANHO (DB)	FASE (GRAUS)	IMPEDANCIA(IN) REAL	IMAG	FRUIDO (DB)
3.7000	2.3111	1.4400	54.57	-168.04	91.4	41.06	2.18
3.8000	1.6165	1.3235	55.23	-154.41	68.0	-21.82	1.81
3.9000	2.0154	1.1548	55.63	-122.07	100.2	-6.62	1.56
4.0000	1.7814	1.0222	55.12	-103.82	88.7	-4.69	1.51
4.1000	1.7007	1.1844	54.54	-63.27	84.8	3.62	1.69
4.2000	2.4276	1.4010	54.88	-15.25	106.1	36.10	2.17

FIM DA ANALISE