

1. Publicação nº <i>INPE-2653-PRE/266</i>	2. Versão	3. Data <i>Fev., 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DIL/DAF</i>	Programa <i>ETCOMS</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>PROGRAMA DE ANÁLISE OTIMIZAÇÃO</i>			
7. C.D.U.: <i>621.3.029.6</i>			
8. Título  <i>ANÁLISE/CIRCUITOS: UM PROGRAMA PARA ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE QUADRIPOLOS EM CASCATA EM MICROONDAS</i>		10. Páginas: <i>22</i>	
		11. Última página: <i>B.6</i>	
9. Autoria <i>Claudemir Marcos da Silva</i>		12. Revisada por <i>Plínio Tissi</i>  <i>Plínio Tissi</i>	
Assinatura responsável <i>[assinatura]</i>		13. Autorizada por  <i>[assinatura]</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>	
14. Resumo/Notas  <i>Descreve-se um programa para projeto, análise e otimização de quadripolos em cascata em microondas. A análise do circuito é feita a partir de sua matriz ABCD obtida pela multiplicação das matrizes ABCD de cada elemento, definidas internamente no programa. Como resultado da análise são fornecidas os SWR de entrada e saída, o ganho transdutivo, a figura de ruído e a defasagem. Como auxílio na fase de projeto podem ser obtidos os círculos de figura de ruído e de ganho constantes, análise da estabilidade dos dispositivos ativos a partir de seus parâmetros S, círculos de ganho transdutivo que tem como parâmetro o coeficiente de reflexão de entrada ou de saída, impedância de qualquer ponto do circuito e outras figuras de interesse na análise de circuitos lineares. Para otimização dispõe-se de dois métodos: gradiente conjugado e pesquisa direta.</i>			
15. Observações <i>Trabalho a ser apresentado no 1º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional - SBMAC, de 23 a 25/02/83, INPE, São José dos Campos, SP.</i>			

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	2
2. <u>ESTRUTURA DO PROGRAMA</u> .....	2
3. <u>ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE CIRCUITOS ATRAVÉS DO PROGRAMA</u> .....	4
4. <u>CONCLUSÕES</u> .....	4
APÊNDICE A - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM AMPLIFICADOR DE DOIS ESTÁGIOS E OS RESULTADOS DE SUA ANÁLISE	
APÊNDICE B - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UMA REDE DE CASAMENTO PASSIVA ENTRE AS IMPEDÂNCIAS DE $50\Omega$ E $(6,0 + 6,5 j)\Omega$ E OS RESULTADOS DA SUA OTIMIZAÇÃO	

ANÁLISE/CIRCUITOS: UM PROGRAMA PARA ANÁLISE E  
OTIMIZAÇÃO DE QUADRIPOLOS EM CASCATA EM MICROONDAS

Claudemir M. da Silva

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

*Descreve-se um programa para projeto, análise e otimização de quadripolos em cascata em microondas. A análise do circuito é feita a partir de sua matriz ABCD obtida pela multiplicação das matrizes ABCD de cada elemento, definidas internamente no programa. Como resultado da análise são fornecidos os SWR de entrada e saída, o ganho transdutivo, a figura de ruído e a defasagem. Como auxílio na fase de projeto podem ser obtidos os circuitos de figura de ruído e de ganho constantes, análise da estabilidade dos dispositivos ativos a partir de seus parâmetros S, círculos de ganho transdutivo que tem como parâmetro o coeficiente de reflexão de entrada ou de saída, impedância de qualquer ponto do circuito e outras figuras de interesse na análise de circuitos lineares. Para otimização dispõe-se de dois métodos: gradiente conjugado e pesquisa direta.*

ABSTRACT

*It is described a computer program for design, analysis and optimization of cascaded quadripoles in microwaves. The circuit analysis is made from its ABCD matrix obtained by the multiplication of the ABCD matrices of each internally defined element. The results of the analysis include the SWR of both ports, the transductive gain, the noise figure and the phase delay. As an aid in circuit design the program can supply the constant noise figure and gain circles, stability regions obtained from S parameters, circles of constant transductive gain having the generator or load impedance reflexion coefficient as parameter, the impedance of both ports and other figures of interest for the analysis of linear circuits. There are two methods for optimization: conjugated gradient and direct search.*

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto de circuitos em microondas pode levar a um trabalho de cálculo manualmente impraticável, mesmo quando estão envolvidos poucos dispositivos ativos e faixa de frequências relativamente estreita.

Nos circuitos para operação em faixa larga (maior que 10%), a obtenção, por exemplo, de pequena variação no ganho ( $\pm 0,2$  dB) em toda a faixa torna praticamente indispensável um programa para otimização dos valores iniciais de projeto.

Por isso, nos últimos dez anos, tem sido crescente o número de programas de análise e otimização desenvolvidos por instituições de pesquisa, ou comercialmente.

Todavia, nem sempre esses programas estão disponíveis para uso em outras instituições, ou o seu preço pode estar além do permissível. Além disso, os programas disponíveis podem apresentar limitações que não permitem sua aplicação num caso específico em estudo.

O programa de análise e otimização aqui apresentado tem como principal limitação o fato de permitir analisar apenas os circuitos compostos por quadripolos em cascata. Existe, porém, um grande número de circuitos que se enquadram nessa categoria e, para estes, o programa demonstra a sua versatilidade, fornecendo uma quantidade de informações sobre eles muito superior à da maioria dos programas de análise.

As características principais deste programa são a sua estrutura, que permite uma visão interna do circuito em análise, e a facilidade de obtenção de uma grande quantidade de informações sobre o circuito completo e partes dele.

## 2. ESTRUTURA DO PROGRAMA

Como esse programa foi desenvolvido visando-se, principalmente, a análise e otimização de amplificadores, para entender sua estrutura basear-se-á no diagrama de blocos de um amplificador de cinco estágios (Figura 1). Uma vez entendida a estrutura do programa, é fácil perceber que sua capacidade de análise não ficou limitada por tal ênfase mas sim, expandida.

Pode-se analisar o circuito da Figura 1 através da sua matriz ABCD. Esta é obtida pela multiplicação, na sequência adequada, das matrizes ABCD que caracterizam os quadripolos  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$  e os transistores  $T_1, T_2, T_3, T_4$  e  $T_5$ .

Pode-se, em seguida, converter a matriz ABCD para a matriz S e, a partir desta, obter os SWRs de entrada e saída com relação a  $Z_0$ , os ganhos transdutivos direto e reverso, e a defasagem através das expressões abaixo:

$$SWR_{ent.} = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|},$$

$$SWR_{saída} = \frac{1 + |S_{22}|}{1 - |S_{22}|},$$

ganho transdutivo direto (dB) =  $20 \log | S_{21} |$ ,

ganho transdutivo reverso (dB) =  $20 \log | S_{12} |$ ,

defasagem =  $\angle S_{21}$ .

Para que fosse possível uma visão interna do circuito da Figura 1, isto é, determinação, por exemplo, do ganho do terceiro transistor com as terminações apresentadas pelo circuito, ou cálculo da impedância vista pelo coletor do quarto transistor, foram atribuídos nomes aos quadripolos compostos por combinações das redes  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$  e  $Q_6$  e os transistores  $T_1, T_2, T_3, T_4$  e  $T_5$ . Assim, como exemplo, a cascata da rede  $Q_3$ , do transistor  $T_3$  e a rede  $Q_4$  foram atribuídos os nomes MEST3, FEST3. Esses nomes correspondem, respectivamente, à matriz dos módulos e das fases dos parâmetros S (de espalhamento), que caracterizam o quadripolo composto por  $Q_3, T_3$  e  $Q_4$ . Como o programa foi escrito em ALGOL, a separação das grandezas complexas em módulos e fase, ou em partes real e imaginária, tornou-se necessária.

Uma vez estabelecidos os diversos conjuntos de quadripolos da Figura 1, podem ser calculados o ganho de cada estágio, a impedância vista pela base ou pelo coletor de qualquer transistor, e o ganho da cascata dos dois primeiros transistores, dos três primeiros transistores e dos quatro primeiros transistores.

Para o cálculo da figura de ruído de cada transistor é necessário saber qual a impedância de entrada vista por ele. Os coeficientes de reflexão dessas impedâncias com relação a  $Z_0$  são dados por  $(MAMP0 [2,2], FAMP0 [2,2])$ ,  $(MAMP1 [2,2], FAMP1 [2,2])$ ,  $(MAMP2 [2,2], FAMP2 [2,2])$ ,  $(MAMP3 [2,2], FAMP3 [2,2])$ ,  $(MAMP4 [2,2], FAMP4 [2,2])$ , para os transistores  $T_1, T_2, T_3, T_4$  e  $T_5$ , respectivamente.

A figura de ruído total é calculada pela expressão:

$$FR_{total} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_5 - 1}{G_1 G_2 G_3 G_4}.$$

Os ganhos  $G_1, G_1 G_2, G_1 G_2 G_3, G_1 G_2 G_3 G_4$  também são calculados a partir das matrizes  $(MAMP_x, FAMP_x)$  com  $1 \leq x \leq 4$ .

Os quadripolos  $Q_1, Q_2$ , são compostos por elementos concentrados e distribuídos. A matriz ABCD do quadripolo  $Q_x$  é obtida pela multiplicação das matrizes ABCD dos elementos que o compõem. Esses elementos têm as suas matrizes definidas internamente; ao programa é fornecido um número que identifica o tipo de elemento e os seus valores numéricos correspondentes (Figura 2).

Um delimitador separa, no arquivo de dados através do qual são dadas as informações ao programa, os elementos que compõem as diversas redes.

A parte de otimização do programa tem como objetivo minimizar a função de erro dada pela expressão abaixo:

$$F.E. = \sum [ C_1 (SWR_{ent.} - Ref.)^2 + C_2 (SWR_{saída} - Ref.)^2 +$$

$$+ C_3(\text{Ganho} - \text{Ref.})^2 + C_4(\text{Fig. Ruído} - \text{Ref.})^2 + \\ + C_5(\text{Defasagem} - \text{Ref.})^2],$$

onde esta somatoria é sobre todas as frequências do intervalo,  $C_1, C_2, C_3, C_4$  e  $C_5$  são constantes (pesos) fornecidas pelo usuário, e "Ref" é o objetivo para cada uma das cinco características e para cada frequência do intervalo onde a otimização está sendo feita.

As informações a serem dadas ao programa para otimização de uma rede são: o método de otimização entre os dois disponíveis (Hook-Jeeves e gradiente conjugado), o número de elementos que possuem características que serão variadas durante a otimização, o número máximo de iterações, os pesos, os números de ordem dos elementos com características otimizáveis, e as excursões permitidas nos valores das características otimizáveis.

### 3. ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE CIRCUITOS ATRAVÉS DO PROGRAMA

Além das figuras normais de interesse na análise de quadripolos lineares como o cálculo das regiões de estabilidade, cálculo dos circuitos de ganho constante e figura de ruído constante, e impedâncias de entrada e saída, podem ser obtidos muitos outros parâmetros para qualquer um dos quadripolos definidos na Figura 1.

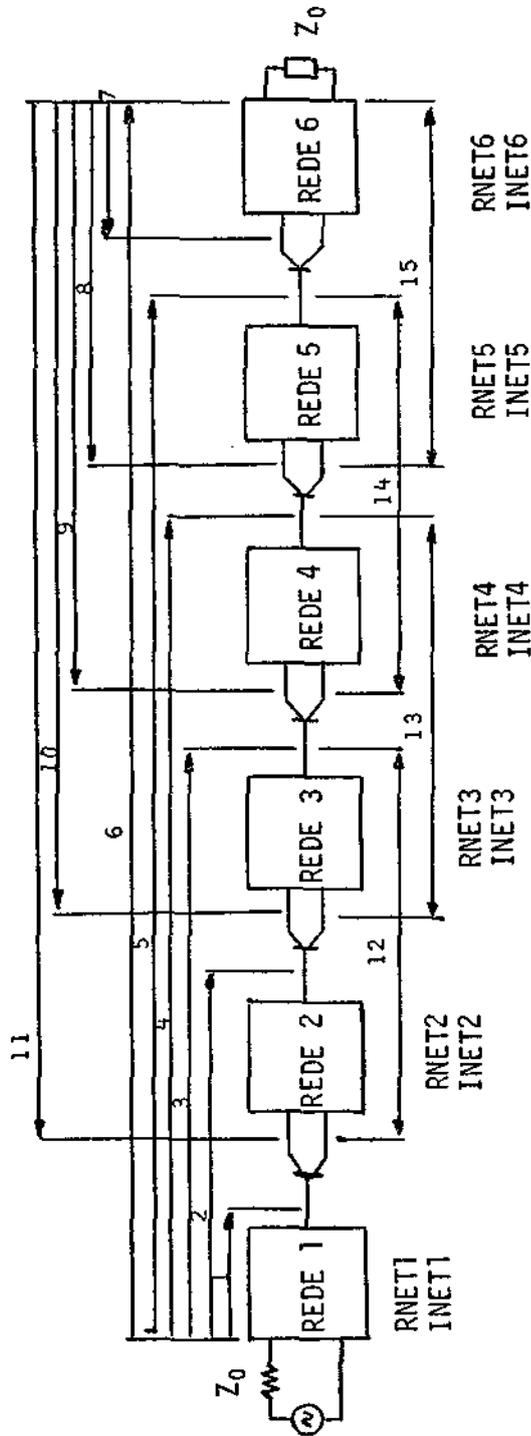
Destacam-se como flexibilidade do programa a possibilidade de interpolação linear dos parâmetros S e de ruído dados pelo usuário, e a possibilidade de análise para quaisquer impedâncias complexas de gerador e de carga. Na análise de quadripolos ativos com elementos condicionalmente estáveis, o programa suprime os cálculos naquelas frequências em que há valores que levarão ao aborto do programa (argumento negativo para um log, por exemplo). Maiores detalhes do programa podem ser obtidos no relatório final.

No Apêndice A, tem-se o diagrama esquemático de um amplificador de dois estágios e os resultados de sua análise. Através desse exemplo, pode-se ter idéia das informações obtidas na análise normal (notar que a figura de ruído não foi calculada neste caso).

No Apêndice B, tem-se um exemplo de análise e otimização de uma rede passiva para obtenção de uma determinada impedância de entrada ( $Z_{ent.} = 6,0 - j6,5$ ).

### 4. CONCLUSÕES

Foi desenvolvido um programa de análise e otimização de fácil utilização que, embora se aplique apenas a circuitos compostos por quadripolos em cascata, possui grande versatilidade de cálculo. A facilidade de em um mesmo fluxograma de análise obter grande quantidade de informações sobre o circuito, tornam-no superior a muitos programas da mesma categoria.



- |    |   |                                       |
|----|---|---------------------------------------|
| 1  | - | MAMP $\emptyset$ , FAMP $\emptyset$   |
| 2  | - | MAMP1, FAMP1                          |
| 3  | - | MAMP2, FAMP2                          |
| 4  | - | MAMP3, FAMP3                          |
| 5  | - | MAMP4, FAMP4                          |
| 6  | - | MAMP, FAMP                            |
| 7  | - | DMAMP $\emptyset$ , DFAMP $\emptyset$ |
| 8  | - | DMAMP1, DFAMP1                        |
| 9  | - | DMAMP2, DFAMP2                        |
| 10 | - | DMAMP3, DFAMP3                        |
| 11 | - | DMAMP4, DFAMP4                        |
| 12 | - | MEST2, FEST2                          |
| 13 | - | MEST3, FEST3                          |
| 14 | - | MEST4, FEST4                          |
| 15 | - | MEST5, FEST5                          |

Fig. 2 - Diagrama de blocos de um amplificador de 5 estgios e nomenclatura utilizada

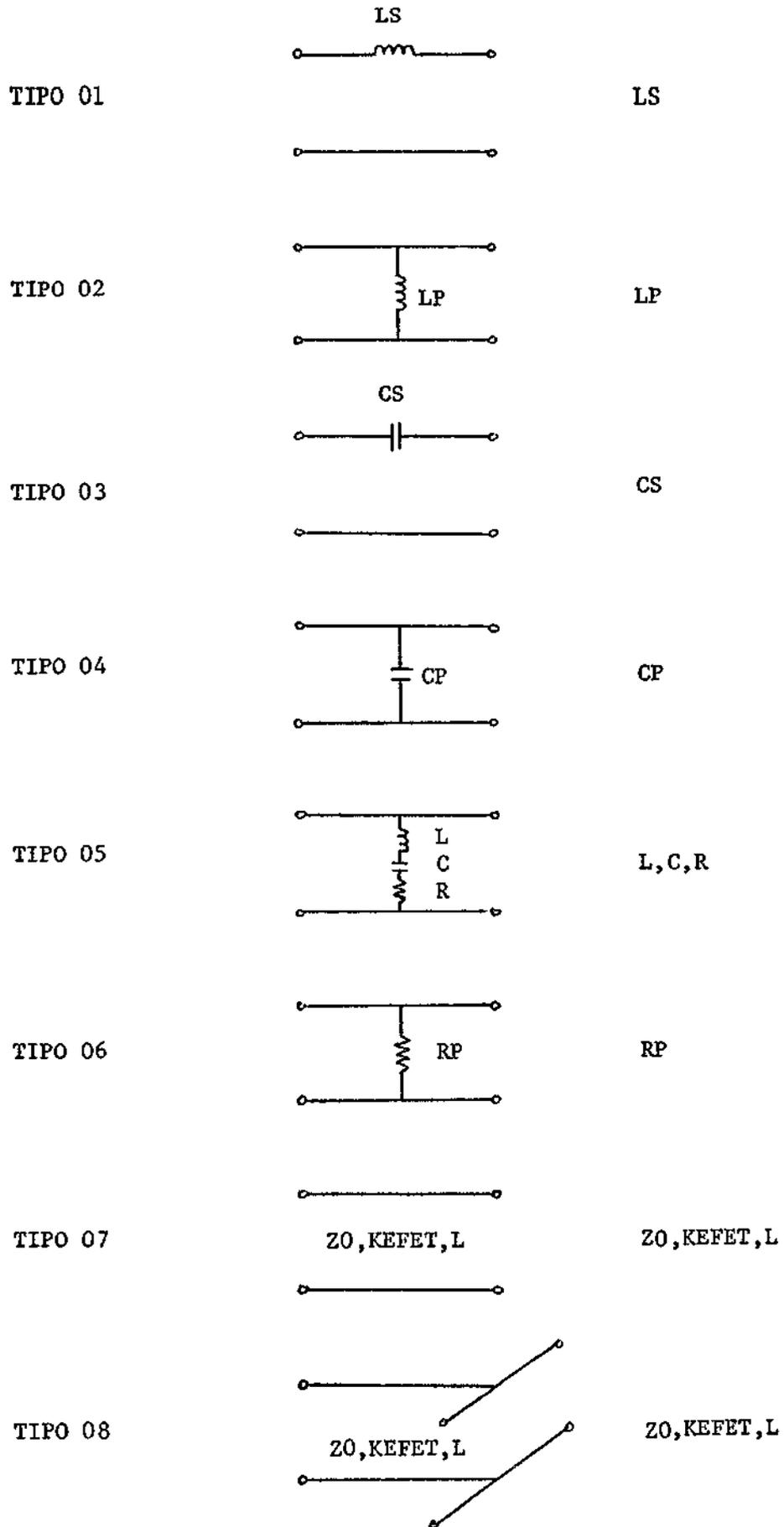
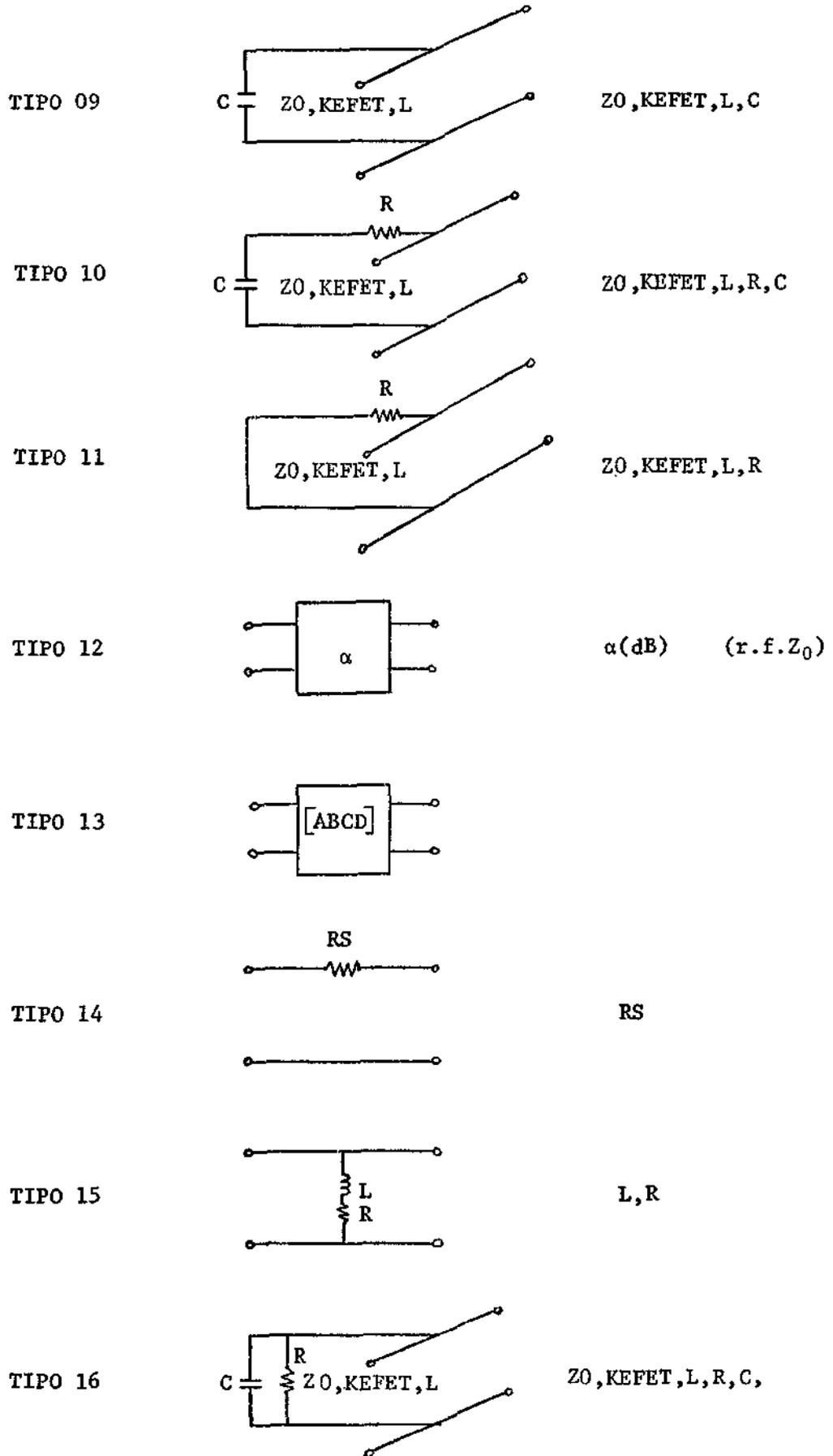


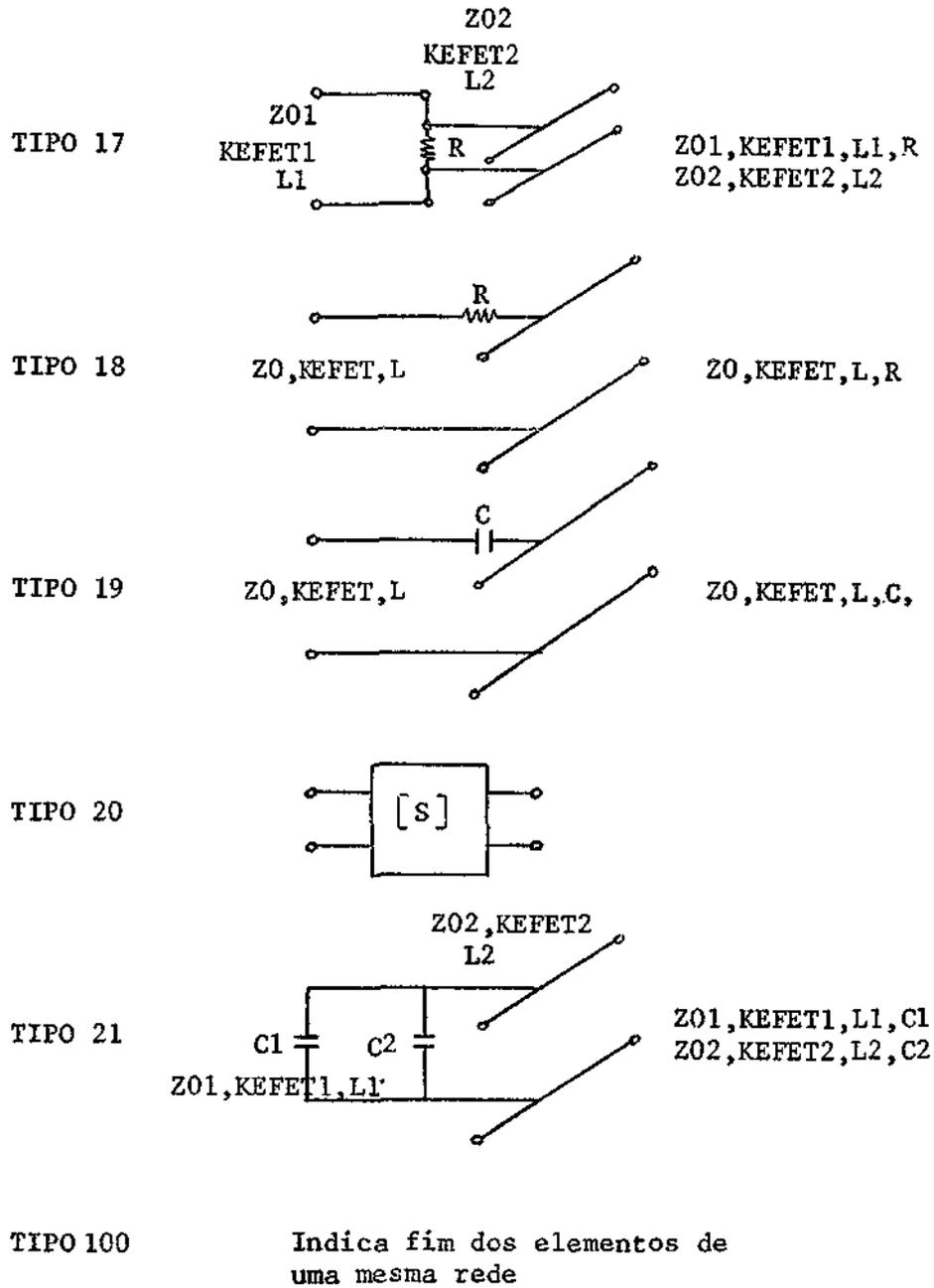
Fig. 2 - Tipos de elementos definidos internamente ao programa

( Continua )



(Continua)

Figura 2 - Conclusão



APÊNDICE A

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM AMPLIFICADOR DE DOIS ESTÁGIOS  
E OS RESULTADOS DA SUA ANÁLISE

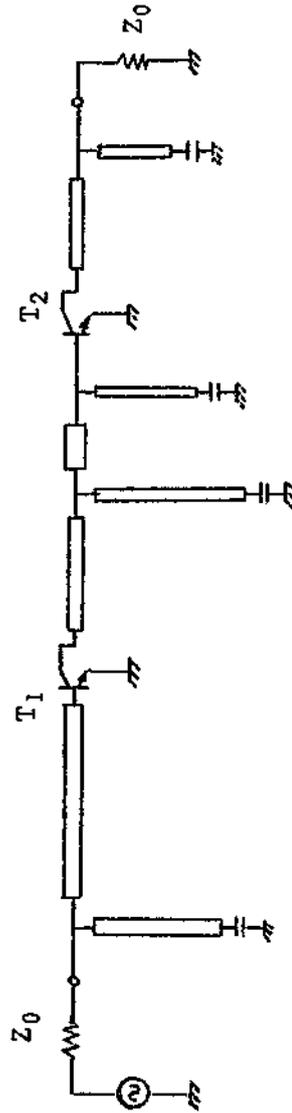


Fig. A.1 - Diagrama esquemático de um amplificador de dois estágios

ANALISE DE UM AMPLIFICADOR DE DOIS ESTAGIOS  
EXEMPLO RETIRADO DO MANUAL DO PROGRAMA ESAFE

PARÂMETROS DO TRANSISTOR 1

FREQUÊNCIA (HZ)	MOD. S11	FASE S11 (GRAUS)	MOD. S12	FASE S12 (GRAUS)	MOD. S21	FASE S21 (GRAUS)	MOD. S22	FASE S22 (GRAUS)
1.000E+00	0.000	271.0	0.000	45.0	1.000E+00	95.0	0.000	-14.0
1.000E+07	0.030	250.0	0.000	45.0	1.070E+00	85.0	0.000	-14.0
1.000E+14	0.200	244.0	0.000	45.0	1.200E+00	69.0	0.000	-14.0
1.000E+21	0.250	242.0	1.000	45.0	1.400E+00	67.0	0.000	-14.0
1.000E+28	0.270	210.0	0.000	45.0	1.200E+00	62.0	0.000	-14.0
1.000E+35	0.200	215.0	0.000	45.0	1.270E+00	57.0	0.000	-14.0

PARÂMETROS DO TRANSISTOR 2

FREQUÊNCIA (HZ)	MOD. S11	FASE S11 (GRAUS)	MOD. S12	FASE S12 (GRAUS)	MOD. S21	FASE S21 (GRAUS)	MOD. S22	FASE S22 (GRAUS)
1.000E+00	0.000	271.0	0.000	45.0	1.000E+00	95.0	0.000	-14.0
1.000E+07	0.030	250.0	0.000	45.0	1.070E+00	85.0	0.000	-14.0
1.000E+14	0.200	244.0	0.000	45.0	1.200E+00	69.0	0.000	-14.0
1.000E+21	0.250	242.0	1.000	45.0	1.400E+00	67.0	0.000	-14.0
1.000E+28	0.270	210.0	0.000	45.0	1.200E+00	62.0	0.000	-14.0
1.000E+35	0.200	215.0	0.000	45.0	1.270E+00	57.0	0.000	-14.0

ELEMENTOS DO CÍRCULO

TIPO	VAL	ZIN	VAL	UNIT	REFL	VAL	UNIT	C
TIPO 01	ZIN	69.000	0.000	CM(S)	REFL	1.000E+00	F	
TIPO 02	ZIN	57.000	0.000	CM(S)	REFL	1.000E+00	F	

ELEMENTOS DO CÍRCULO

TIPO	VAL	ZIN	VAL	UNIT	REFL	VAL	UNIT	C
TIPO 03	ZIN	74.000	0.000	CM(S)	REFL	1.000E+00	F	
TIPO 04	ZIN	59.000	0.000	CM(S)	REFL	1.000E+00	F	
TIPO 05	ZIN	51.000	0.000	CM(S)	REFL	1.000E+00	F	
TIPO 06	ZIN	70.000	0.000	CM(S)	REFL	1.000E+00	F	

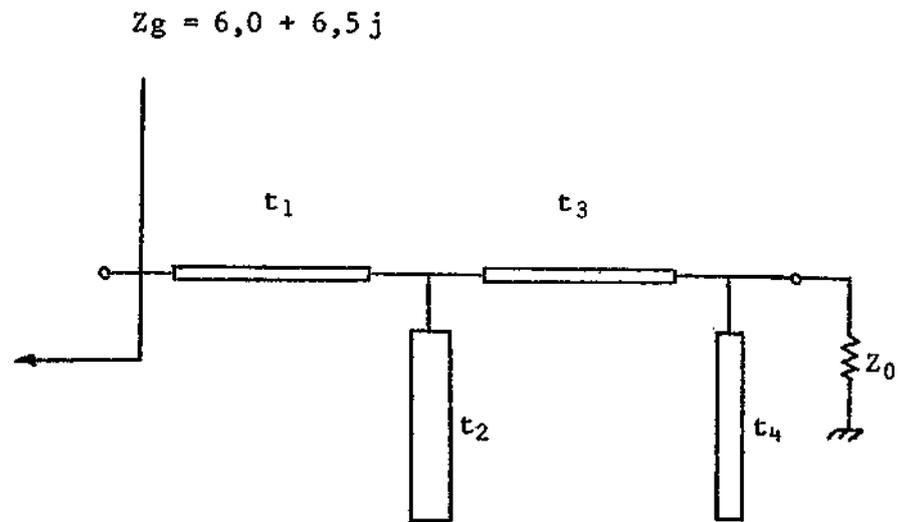


CONDICIONES DE MEDIDA DE OF 2 ESTADIOS

FRECUENCIA (Hz)	SAR DE ENTRADA	SAR DE SALIDA	GAINO DIRECTO (dB)	GAINO REVERSO (dB)	FLU. DE RUIDO (dB)	DEFASAJEM (graus)
1.00E+04	5.967	6.772	11.921	-43.057	0.070	121.3
1.00E+04	4.059	6.194	10.930	-41.055	0.070	54.0
1.00E+04	2.731	5.230	11.792	-39.126	0.070	-34.3
1.00E+04	1.731	4.571	12.027	-37.095	0.070	-101.0
1.00E+04	1.729	3.862	12.211	-36.019	0.070	-173.7
2.00E+04	2.107	3.856	11.063	-36.345	0.070	102.0

APÊNDICE B

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UMA REDE DE CASAMENTO PASSIVA ENTRE AS IMPEDÂNCIAS  
DE  $50\Omega$  E  $(6.0 + 6.5 i)\Omega$  E OS RESULTADOS DA SUA OTIMIZAÇÃO



$t_1 - Z_0 =$	$108,5\Omega$	$l =$	$0,362 \text{ cm}$
$t_2 - Z_0 =$	$21,7\Omega$	$l =$	$0,607 \text{ cm}$
$t_3 - Z_0 =$	$108,5\Omega$	$l =$	$0,540 \text{ cm}$
$t_4 - Z_0 =$	$58,8\Omega$	$l =$	$0,607 \text{ cm}$

Fig. B.1 - Rede de casamento com seus valores iniciais

ELEMENTOS DA REDE 1

1	TIPU 07: Z0= 100.500 OHMS	KEFET= 1.000	L= 0.3620 CM(S)
2	TIPU 08: Z0= 21.700 OHMS	KEFET= 1.000	L= 0.6070 CM(S)
3	TIPU 07: Z0= 100.500 OHMS	KEFET= 1.000	L= 0.3620 CM(S)
4	TIPU 08: Z0= 21.700 OHMS	KEFET= 1.000	L= 0.6070 CM(S)

FREQ= 5.000E+09 HZ FMAX = 6.400E+09 HZ OF= 5.000E+07 HZ

Z0 = 50.000 OHMS ZNORMAL= 50.000 OHMS

CARACTERÍSTICAS DO AMPLIADOR DE O ESTAGIOS(S)

FREQUENCIA (HZ)	SMR DE ENTRADA	SMR DE SAIDA	GANHO DIRETO (DB)	GANHO REVERSO (DB)	FIG. DE RUÍDO (DB)	DEFASAGEM (GRAUS)
5.000E+09	5.393	5.393	-2.775	-2.775	0.000	166.0
5.950E+09	5.703	5.703	-2.944	-2.944	0.000	166.5
6.400E+09	6.039	6.039	-3.120	-3.120	0.000	164.2
6.850E+09	6.402	6.402	-3.303	-3.303	0.000	161.0
7.300E+09	6.794	6.794	-3.494	-3.494	0.000	159.5
7.750E+09	7.220	7.220	-3.691	-3.691	0.000	157.2
8.200E+09	7.680	7.680	-3.896	-3.896	0.000	155.0
8.650E+09	8.178	8.178	-4.108	-4.108	0.000	152.7
9.100E+09	8.717	8.717	-4.326	-4.326	0.000	150.4
9.550E+09	9.301	9.301	-4.552	-4.552	0.000	148.2
1.000E+10	9.933	9.933	-4.783	-4.783	0.000	146.0

ALTERAÇÕES NAS IMPEDÂNCIAS DE REFERÊNCIA:

RE DE ZIN= 6.100 IM DE ZIN= 6.500 RE DE ZOUT= 50.000 IM DE ZOUT= 0.000

CARACTERÍSTICAS DO AMPLIADOR DE O ESTAGIOS(S)

FREQUENCIA (HZ)	SMR DE ENTRADA	SMR DE SAIDA	GANHO DIRETO (DB)	GANHO REVERSO (DB)	FIG. DE RUÍDO (DB)	DEFASAGEM (GRAUS)
5.000E+09	12.189	12.189	-5.524	-5.524	0.000	129.4
5.950E+09	13.238	13.238	-5.830	-5.830	0.000	126.3
6.400E+09	14.413	14.413	-6.150	-6.150	0.000	123.3



PARÂMETRO DE ERRO = 1

VALOR FINAL DA FUNÇÃO ERRO = 1242.339

ELEMENTOS DA REDE :

	TIPU 07:	Z0=	99.626 OHMS	KEFET=	1.000	L=	0.2849 CM(S)
1	TIPU 07:	Z0=	34.892 OHMS	KEFET=	1.000	L=	0.6607 CM(S)
2	TIPU 07:	Z0=	110.766 OHMS	KEFET=	1.000	L=	0.6467 CM(S)
3	TIPU 08:	Z0=	57.520 OHMS	KEFET=	1.000	L=	0.6729 CM(S)
4							

CARACTERÍSTICAS DO AMPLIADOR DE 0 ESTÁGIOS:

FREQUENCIA (HZ)	SMR DE ENTRADA	SMR DE SAÍDA	GANHO DIRETO (DB)	GANHO REVERSO (DB)	FIG. DE RUÍDO (DB)	DEFASAGEM (GRAUS)
5.400E+09	3.907	3.907	-1.877	-1.877	0.000	178.3
5.950E+09	4.147	4.147	-2.033	-2.033	0.000	175.8
6.100E+09	4.407	4.407	-2.197	-2.197	0.000	173.4
6.250E+09	4.690	4.690	-2.370	-2.370	0.000	170.9
6.400E+09	4.999	4.999	-2.552	-2.552	0.000	168.5
6.550E+09	5.335	5.335	-2.743	-2.743	0.000	166.0
6.700E+09	5.701	5.701	-2.943	-2.943	0.000	163.6
6.850E+09	6.100	6.100	-3.151	-3.151	0.000	161.2
6.900E+09	6.535	6.535	-3.369	-3.369	0.000	158.8
6.950E+09	7.010	7.010	-3.595	-3.595	0.000	156.4
6.960E+09	7.527	7.527	-3.829	-3.829	0.000	154.0

ALTAPACUES MAS IMPEDANCIAS DE REFERENCIA:

PE DE ZIN= 6.00V 1" DE ZIN= 6.500 RE DE ZOUT= 50.000 IM DE ZOUT= 0.000

CAPACIDADES DE AMPLIADOR DE 0 ESTAGIOS

FREQUENCIA (HZ)	S-R DE ENTADA	S-R DE SAIDA	GANHO DIRETO (DB)	GANHO REVERSO (DB)	FIG. DE RUÍDO (DB)	DEFASAGEM (GRAUS)
5.500E+04	2.518	2.514	-0.895	-0.895	0.000	181.1
5.750E+04	2.270	2.270	-0.710	-0.710	0.000	177.0
6.000E+04	2.045	2.045	-0.544	-0.544	0.000	172.5
6.250E+04	1.850	1.850	-0.404	-0.404	0.000	167.7
6.500E+04	1.698	1.698	-0.301	-0.301	0.000	162.6
6.750E+04	1.609	1.609	-0.243	-0.243	0.000	157.1
7.000E+04	1.609	1.609	-0.244	-0.244	0.000	151.4
7.250E+04	1.713	1.713	-0.311	-0.311	0.000	145.5
7.500E+04	1.917	1.917	-0.452	-0.452	0.000	139.5
7.750E+04	2.219	2.219	-0.672	-0.672	0.000	133.4
8.000E+04	2.621	2.621	-0.971	-0.971	0.000	127.3

CONTINUA 378