

1. Publicação nº <i>INPE-2794-PRE/356</i>	2. Versão	3. Data <i>Julho, 1983</i>	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem <i>DTL/DAF</i>	Programa <i>WEFAX/ESA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>AMPLIFICADORES MICROONDAS WEFAX</i>			
7. C.D.U.: <i>621.375</i>			
8. Título <i>PROJETO DE AMPLIFICADORES DE BAIXO RUÍDO EM BANDA L</i>		10. Páginas: <i>20</i>	
		11. Última página: <i>A.3</i>	
9. Autoria <i>Eduardo Antonio Parada Tude</i>		12. Revisada por <i>Claudemir Marcos da Silva</i>	
Assinatura responsável <i>Eduardo Antonio Parada Tude</i>		13. Autorizada por <i>Nelson de Jesus Parada Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas <i>Discute-se o projeto de amplificadores de baixo ruído em banda L, analisando os componentes disponíveis e as dificuldades encontradas para esta faixa de frequências. Apresenta-se o projeto de dois amplificadores balanceados em 1,7 GHz desenvolvidos para o conversor WEFAX, o primeiro utilizando transistores bipolares e o segundo, FETs.</i>			
15. Observações <i>Submetido para apresentação na 35ª Reunião Anual da SBPC, de 06 a 13 de julho de 1983, Belém/PA.</i>			

ABSTRACT

The design of L band low noise amplifiers is discussed, and the components available and problems for this band analysed. The design of two balanced amplifier in 1.7 GHz for the WEFAX conversor is presented. The first uses bipolar transistors and the second GaAs FETs.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>PROJETO COM TRANSISTOR BIPOLAR</u>	1
3. <u>PROJETO COM GaAs FET</u>	5
4. <u>CONCLUSÕES</u>	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Amplificador com transistores bipolares	2
2 - Círculos de estabilidade do HXTR6102	4
3 - Amplificador com GaAs FET	6

1. INTRODUÇÃO

Discutem-se neste trabalho técnicas de construção de amplificadores de baixo ruído em banda L. O objetivo principal é desenvolver um protótipo para ser utilizado no receptor WEFAX de imagens meteorológicas. A construção destes amplificadores envolve duas soluções para o primeiro estágio, que é responsável pela maior distribuição de ruído: transistores bipolares (para $F > 1,5$ dB) e GaAs FET ($F < 1,5$ dB).

Apresentam-se neste trabalho dois protótipos; um na Seção 2 com transistores bipolares e outro na Seção 3 com GaAs FET, obtendo-se figuras de ruído de 2,2 dB e 1,05 dB, respectivamente. Ambos os projetos apresentam uma configuração balanceada para o primeiro estágio (Kurokawa, 1965), de forma a diminuir a variação da impedância ótima de ruído e melhorar a taxa de onda estacionária de entrada.

Outras soluções utilizam um isolador, ou realimentação (Weireb, 1982).

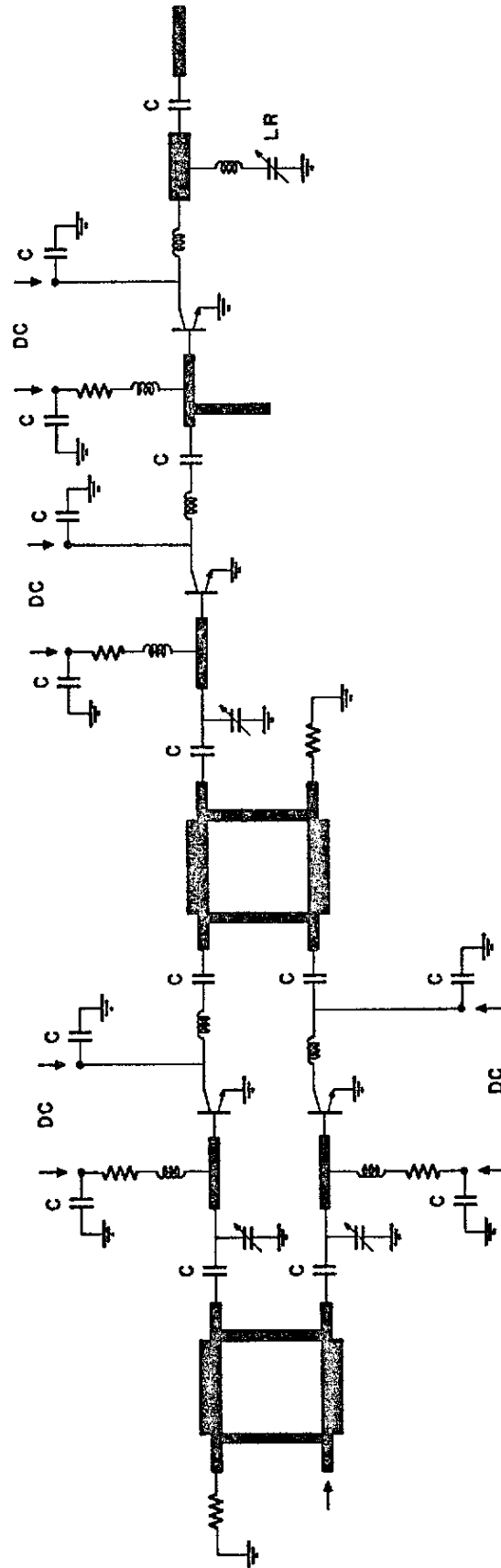
As especificações requeridas para os amplificadores projetados são:

- Faixa de frequência: 1684 a 1694 MHz.
- Ganho: 40 dB.
- Taxa de onda estacionária: $< 1,7$.
- Alimentação: 12 V.
- Atenuação em 1420 ± 4 MHz: 25 dB.
- Nível de compressão 1 dB: -10 dBm.

Na Seção 4 apresentam-se algumas conclusões.

2. PROJETO COM TRANSISTOR BIPOLAR

A Figura 1 apresenta o amplificador que foi construído em "microstrip" com dielétrico "duroid", $E_r = 10.5$, $H = 1/20"$. A parte balanceada utilizou híbridas de 3 dB e 2 transistores HXTR6102 como estágios de baixo ruído. Os outros estágios foram construídos com um HXTR6103 e um NE64580.



C = CAPACITOR DE DESACOPLAMENTO

Fig. 1 - Amplificador com transistores bipolares.

Os circuitos de casamento foram projetados a partir dos parâmetros S e de ruído dos transistores e analisados por computador. Os resultados destas análises encontram-se no Apêndice A. O indutor (L_R) e o capacitor (C_R), na saída do amplificador, formam o filtro de rejeição em 1420 MHz.

Os transistores foram polarizados conforme a Tabela 1.

TABELA 1

POLARIZAÇÃO DOS TRANSISTORES

TRANSISTOR	VCE (V)	I _C (mA)
6102	10	4
6103	10	3
64580	8	5

Os transistores utilizados apresentam tendência a oscilar em baixas frequências, conforme pode ser observado pela Figura 2. Para contornar este problema, utilizou-se um indutor em série com um resistor para alimentação de base dos transistores.

O amplificador apresentou a seguinte performance:

- Ganho: 42,0 dB.
- Taxa de onda estacionária: 1,5 (entrada),
1,67 (saída).
- Ponto de compressão 1 dB: + 4 dBm.
- Figura de ruído: 2,2 dB.
- Atenuação em 1420 MHz: 25 dB.

F = 500 MHz

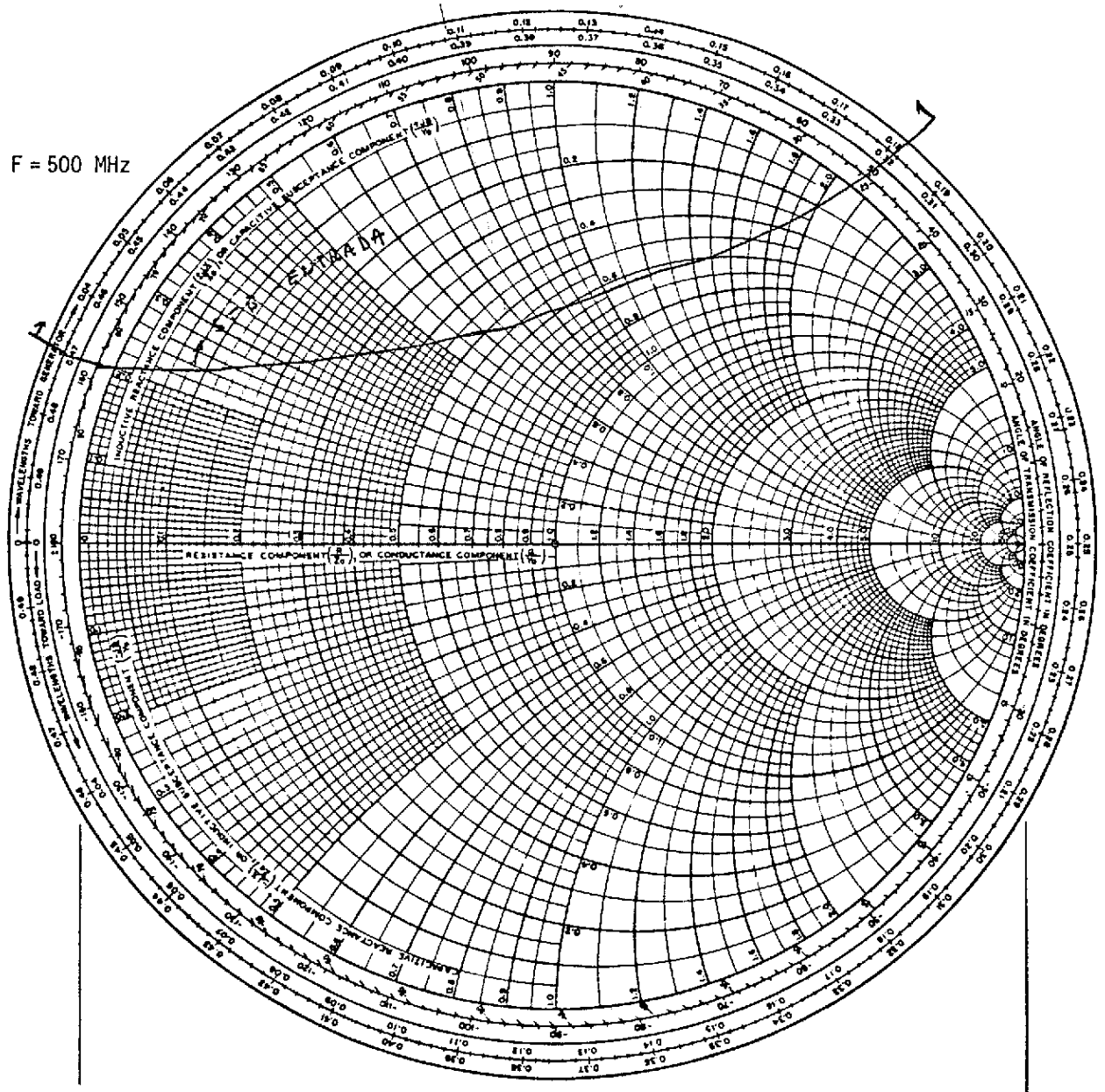


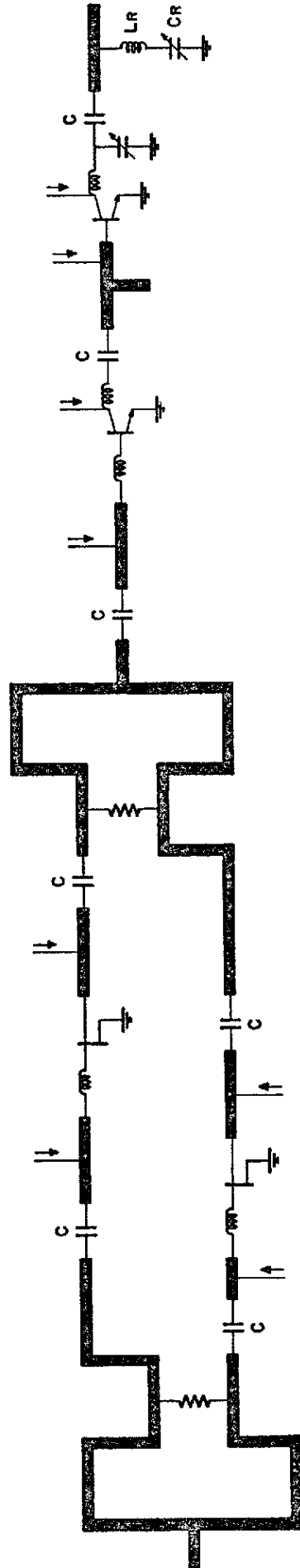
Fig. 2 - Círculos de estabilidade do HXTR6102.

3. PROJETO COM GaAs FET

A Figura 3 apresenta o circuito do segundo amplificador (Tude, 1983), montado em dielétrico "Duroid" ($\epsilon_r = 10,5$, $H = 1/40"$). Utilizou-se a mesma configuração do primeiro amplificador para os dois últimos estágios, substituindo-se apenas algumas linhas por componentes, concentrados de forma a reduzir o seu tamanho. A híbrida de 3 dB foi também substituída por um divisor de Wilkinson, que apresentou melhor performance. O estágio de baixo ruído utilizou o GaAs FET MG 1412 e alimentação com tocos duplos, de forma a minimizar o carregamento da linha. A tendência deste transistor em oscilar em altas frequências foi contornada pela não-utilização do circuito de casamento na saída. Mesmo assim, obteve-se um ganho de 16 dB.

O amplificador apresentou:

- Ganho: 40 dB.
- Taxa de onda estacionária: 1,7 (entrada),
1,7 (saída).
- Figura ruído: 1,05 dB.
- Atenuação em 1420 MHz: 25 dB.



C = CAPACITOR DE DESACOPLOAMENTO

Fig. 3 - Amplificador com GaAs FET.

4. CONCLUSÕES

Foram apresentados dois projetos de amplificadores de baixo ruído em banda L, um com transistor bipolar e outro com GaAs FET, obtendo-se diferentes figuras de ruído (2,2 e 1,05)

A combinação de componentes concentrados e distribuídos mais os cuidados para evitar oscilação compõe a técnica básica destes amplificadores. O divisor de Wilkson apresentou uma melhor performance que a híbrida de 3 dB.

Outras possibilidades de projeto envolvem a utilização de um isolador na entrada ou realimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- WEIREB, S.; FENSTERMACHER, D.L.; HARRES, R.W. Ultra low-noise 1.2 to 1.7 GHz cooled GaAs FET amplifiers. *IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques*, MTT-30(6):849-853, June 1982.
- KUROKAWA, K. Design theory of balanced transistor amplifiers. *Bell System Technical Journal*, 44(8):1675-1698, Oct. 1965.
- BRASIL. *Amplificador de baixo ruído em banda L*. E.A.P. Tude, 1983, patente requerida.

APÊNDICE A

ANÁLISE DOS AMPLIFICADORES POR COMPUTADOR

CARACTERÍSTICAS DO AMPLIADOR DE 1 ESTAGIO(S)						
FREQUENCIA (HZ)	SWR DE ENTRADA	SWR DE SAIDA	GANHO DIRETO (DB)	GANHO REVERSO (DB)	FIG. DE RUÍDO (DB)	DEFASAGEM (GRAUS)
1.500E+09	3.626	1.417	15.211	-22.197	1.477	-53.7
1.525E+09	3.797	1.341	15.027	-22.289	1.450	-57.9
1.550E+09	3.981	1.271	14.830	-22.393	1.426	-62.0
1.575E+09	4.177	1.207	14.621	-22.509	1.406	-66.0
1.600E+09	4.383	1.149	14.401	-22.634	1.389	-70.0
1.625E+09	4.598	1.096	14.171	-22.768	1.378	-73.9
1.650E+09	4.818	1.047	13.934	-22.909	1.373	-77.7
1.675E+09	5.043	1.002	13.689	-23.056	1.373	-81.5
1.700E+09	5.270	1.042	13.438	-23.207	1.380	-85.2
1.725E+09	5.498	1.086	13.182	-23.363	1.394	-88.8
1.750E+09	5.724	1.130	12.921	-23.522	1.416	-92.4
1.775E+09	5.946	1.175	12.657	-23.683	1.446	-95.9
1.800E+09	6.162	1.220	12.391	-23.846	1.485	-99.4
1.825E+09	6.372	1.266	12.122	-24.010	1.532	-102.8
1.850E+09	6.573	1.314	11.851	-24.174	1.587	-106.1
1.875E+09	6.764	1.362	11.579	-24.338	1.652	-109.4
1.900E+09	6.944	1.413	11.306	-24.502	1.725	-112.7
1.925E+09	7.112	1.464	11.032	-24.666	1.807	-115.9
1.950E+09	7.267	1.518	10.758	-24.828	1.897	-119.0
1.975E+09	7.409	1.574	10.483	-24.990	1.996	-122.1
2.000E+09	7.538	1.633	10.207	-25.151	2.102	-125.2

Ganho Transdutivo e Figura de Ruído de Cada Estágio

FREQUENCIA(HZ)	G1(DB)	F1(DB)	G2(DB)	F2(DB)	G3(DB)	F3(DB)	G4(DB)	F4(DB)	G5(DB)	F5(DB)
1.690E+09	11.814	2.058	17.477	3.184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.691E+09	11.792	2.059	17.464	3.184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.692E+09	11.770	2.060	17.452	3.183	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.693E+09	11.748	2.062	17.439	3.183	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.694E+09	11.726	2.063	17.427	3.183	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.695E+09	11.703	2.064	17.414	3.183	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.696E+09	11.681	2.065	17.401	3.182	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.697E+09	11.659	2.066	17.388	3.182	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.698E+09	11.636	2.068	17.375	3.182	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.699E+09	11.613	2.069	17.362	3.182	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.700E+09	11.591	2.070	17.349	3.182	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Características do Amplificador de 2 Estágio(s)

FREQUENCIA (HZ)	SWR DE ENTRADA	SWR DE SAÍDA	Ganho Direto (DB)	Ganho Reverso (DB)	Fig. de Ruído (DB)	Defasagem (Graus)
1.690E+09	3.270	1.541	30.889	-42.240	2.189	-79.8
1.691E+09	3.271	1.539	30.867	-42.256	2.191	-80.1
1.692E+09	3.272	1.536	30.844	-42.272	2.192	-80.5
1.693E+09	3.274	1.534	30.821	-42.288	2.194	-80.8
1.694E+09	3.275	1.532	30.798	-42.303	2.195	-81.2
1.695E+09	3.277	1.530	30.775	-42.319	2.197	-81.6
1.696E+09	3.279	1.528	30.752	-42.335	2.198	-81.9
1.697E+09	3.281	1.526	30.728	-42.351	2.200	-82.3
1.698E+09	3.283	1.524	30.705	-42.368	2.201	-82.6
1.699E+09	3.285	1.522	30.682	-42.384	2.202	-83.0
1.700E+09	3.286	1.521	30.658	-42.400	2.204	-83.3

COUNTER= 10