



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO
AUTHORIZATION FOR PUBLICATION

AUTORES
AUTHORS

PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

Diplexador, Transponder, Telemetria,
Telecomando.

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Marco Antonio Raupp
Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

Paulo M. Marshall
Paulo M. Marshall

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

- ☐ INTERNA / INTERNAL
☒ EXTERNA / EXTERNAL
☐ RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Plínio Tissi
Plínio Tissi

CDU/UDC

621.298:629.783

DATA / DATE

Maio 1988

ORIGEM
ORIGIN

DTL

PROJETO
PROJECT

A6C

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

07

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

07

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

TÍTULO/TITLE

DIPLEXADOR DE BANDA S PARA UM
TRANSPONDER DE TELECOMUNICAÇÕES DE BORDO

AUTORES/AUTHORSHIP

Paulo Mello Marshall

PUBLICAÇÃO Nº
PUBLICATION NO

INPE-4540-PRE/1286

RESUMO - NOTAS/ABSTRACT - NOTES

Este trabalho descreve o projeto e os parâmetros de desempenho de um diplexador de banda S, desenvolvido para o Transponder de Telecomunicações de Serviço de um satélite de coleta de dados da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Os parâmetros de perda de inserção, isolamento, limitação de banda de ruído e casamento em faixa larga são otimizados no projeto.

OBSERVAÇÕES/REMARKS

Trabalho submetido para apresentação no III Simpósio Brasileiro de Microondas a realizar-se de 27 a 29 de Julho de 1988 em Natal-RN.

DIPLEXADOR DE BANDA S PARA UM TRANSPONDER DE TELECOMUNICAÇÕES DE BORDO

Paulo Mello Marshall

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

Caixa Postal 515 - 12201 - São José dos Campos, SP

RESUMO

Este trabalho descreve o projeto e os parâmetros de desempenho de um diplexador de banda S, desenvolvido para o Transponder de Telecomunicações de Serviço de um satélite de coleta de dados da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Os parâmetros de perda de inserção, isolamento, limitação de banda de ruído e casamento em faixa larga são otimizados no projeto.

1. INTRODUÇÃO

Diplexadores de banda S com bom desempenho de perda de inserção e isolamento entre as frequências de recepção e de transmissão são comumente obtidos através de realizações em guias de onda operando abaixo do corte. Estas soluções, entretanto, resultam muitas vezes em protótipos com difícil ajuste, ou nem sempre atendendo aos requisitos de peso e volume de satélites de pequeno porte.

Demonstra-se neste trabalho que filtros interdigitais de microondas podem ser facilmente projetados com volume e peso reduzidos e com excelente desempenho de perda de inserção e rejeição de frequências indesejadas. Estas características, associadas à limitação do ruído na banda de recepção, são otimizadas no projeto de um diplexador nas frequências de 2033 MHz e 2208 MHz, utilizadas pelo transponder de telecomunicações de bordo de um satélite de coleta de dados da MECB. O diplexador permite a conexão do transponder diretamente a uma antena, ou através de uma híbrida, a qual possibilita a configuração redundante do subsistema (1).

2. ESCOLHA DO PROJETO

A análise das características de desempenho abaixo determina as respostas dos filtros do diplexador, cuja configuração é mostrada na Figura 1.

Frequência de recepção (F_R):	2033,2 MHz	
Frequência de transmissão (F_T):	2208 MHz	☺
Isolação Transmissão-Recepção:	>85 dB	
Perda de inserção em F_R (L_R):	<1.3 dB	
Perda de inserção em F_T (L_T):	<0.8 dB	
Degradação da Figura de Ruído (F_R) do receptor:	<0.1 dB	

Para o filtro de recepção escolhe-se uma resposta do tipo passa-faixa, comumente utilizada para limitar ao máximo a banda de sinal na entrada do receptor. Faixa de passagem, ordem e tipo de resposta são escolhidos em função da perda de inserção máxima alocada ao filtro, e da atenuação especificada na frequência de transmissão. Esta atenuação deve ser tal que o sinal de transmissão residual na entrada do receptor não sature nem perturbe o desempenho do amplificador de baixo ruído.

Quanto ao filtro de transmissão, três respostas podem, a princípio, ser consideradas: passa-baixa, passa-faixa e corta-faixa. A resposta passa-baixa atenderia apenas o requisito de baixa perda de inserção em F_T , mas sem redução do ruído gerado pelo transmissor nas frequências abaixo do corte. Esta solução é, portanto, descartada por degradar a figura de ruído do receptor. A resposta passa-faixa atenderia este último requisito, não porém de forma significativa, em vista de sua larga faixa de passagem e sua reduzida ordem, necessárias para atender-se ao requisito de baixa perda de inserção. Para ambas respostas, o diplexador não se apresentaria casado em faixa larga, mas apenas nas bandas de recepção e de transmissão para o caso passa-faixas, ou abaixo do corte para o caso passa-baixa. Finalmente, com a resposta corta-faixa centrada em F_R , o filtro de transmissão eliminaria o ruído gerado junto à frequência do receptor, possibilitando baixa perda de

inserção em F_T . Para esta solução verifica-se ainda que é possível obter-se casamento em faixa larga desde que $BW_R > BW_T$, onde BW_R e BW_T são as larguras de faixa dos filtros de recepção e de transmissão. Isto pode ser verificado em termos da onda refletida no acesso 1 do circulador, considerando-se filtros ideais de recepção e transmissão, ligados aos acessos 2 e 3 respectivamente, tal como mostrado na Figura 1.

3. PROJETO DOS FILTROS DE RECEPÇÃO E TRANSMISSÃO

Os filtros são projetados com ressoadores interdigitais cilíndricos. Experiência anterior com a utilização destes ressoadores, no projeto de filtros e osciladores sintonizáveis [2, 3], demonstra que é possível obter-se valores para o fator de qualidade descarregado, Q_u , da ordem de 1100. O filtro de recepção é projetado com ressoadores idênticos entre si, sendo os espaçamentos (c) entre ressoadores calculados através de (1) em função dos coeficientes de acoplamento, K , e do diâmetro normalizado (d/h) dos ressoadores [4]:

$$\log K = -1.37 (c/h) + 0.91 (d/h) - 0.048. \quad (1)$$

São os seguintes os parâmetros de projeto:

Resposta:	Tchebyshev, 3ª ordem
Ondulação na faixa:	0,1 dB
Faixa de passagem:	$BW_R = 40,7 \text{ MHz} \quad (2\%)$
Perda de inserção ($Q_u = 1100$):	$A_0 \approx 0,88 \text{ dB}$
Atenuação em F_T :	$A_T \approx 52 \text{ dB}$,

onde os valores de A_0 e A_T são calculados de [2], a partir dos parâmetros do protótipo passa-baixas, da faixa de passagem e do valor estimado de Q_u .

No filtro de transmissão os ressoadores estão espaçados de um quarto de comprimento de onda. A impedância de cada ressoador e a atenuação prevista, A_R , são calculados a partir dos seguintes parâmetros de projeto [2]:

Resposta:	Tchebyshev, 3ª ordem
Ondulação na faixa:	0,1 dB
Faixa de passagem:	$BW_T = 20,3 \text{ MHz}$ (1%)
Atenuação em F_R :	$A_R > 58 \text{ dB}$

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados da perda de inserção, perda de retorno, faixa de 3 dB e atenuação, dos filtros de recepção e de transmissão, respectivamente. 8

O diplexador foi integrado com o circulador 3JA-2047 fabricado pela Western Microwave, com perda de inserção de 0,3 dB e isolamento maior do que 25 dB. Ambos os filtros foram usinados em um único bloco de alumínio com as suas tampas em faces opostas de maneira a reduzir-se o acoplamento entre os filtros. A Figura 4 e a Tabela 1 apresentam os resultados de desempenho elétrico do diplexador. A figura de ruído medida para o transponder na faixa de 2025 MHz a 2039 MHz é apresentada na Tabela 2. Verifica-se pelos resultados que o filtro de transmissão permite o bom desempenho de ruído do receptor causando uma degradação da figura de ruído da ordem de 0,04 dB.

As Figuras 5a e b apresentam o diplexador sem as tampas dos filtros, enquanto a Figura 6 mostra o conjunto do diplexador montado. As características de massa e pequeno volume, aliadas ao excelente desempenho elétrico do protótipo desenvolvido, permitem sua utilização em Transponders de satélites que utilizam a banda S para as comunicações de serviço. A metodologia de projeto é suficientemente geral, podendo ser aplicada para diplexadores de Transponders em outra faixa de frequência qualquer.

5. REFERÊNCIAS

- [1] MARSHALL, P.M.; RODRIGUES, J.A.; LUCENA, A.M.P. "Subsistema de Telecomunicações de serviço para um satélite de coleta de dados". Anais do 4º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, Rio de Janeiro, 1986, p.178.

- [2] MATTHAEI, G.L.; YOUNG, L.; JONES, E.M.T. "Microwave Filters, Impedance-Matching Networks and Coupling Structures". Artech House Books, 1986.
- [3] MARSHALL, P.M.; SANTANA, C.E. "Simple technique cavity stabilizes VCO". Microwaves & RF, julho 1985, pp. 89-92.
- [4] DISHAL, M. "A simple design procedure for small percentage bandwidth round-rod interdigital filters". IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-13, nº 5, pp. 696-698, setembro 1985.

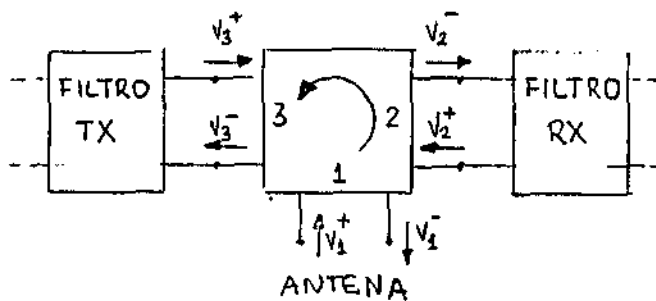
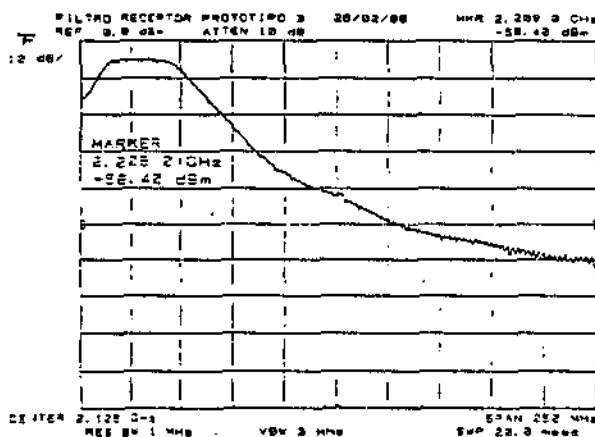


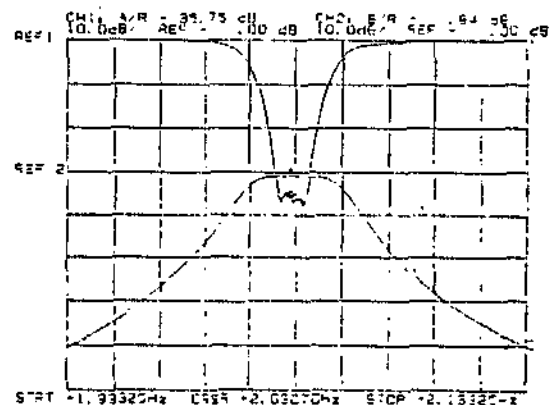
Fig. 1 - Configuração do diplexador.

PARÂMETRO	ESPECIFICADO	MEDIDO
BWR	40.7 MHz	41.5 MHz
BWT	20.3 MHz	20 MHz
LR	<1.3 dB	1.18 dB
LT	<0.8 dB	0.6 dB
ISOLAÇÃO	85 dB	88 dB
A ₀	0.88 dB	0.86 dB
A _T	52 dB	54 dB
A _R	>58 dB	70 dB

Tabela 1.

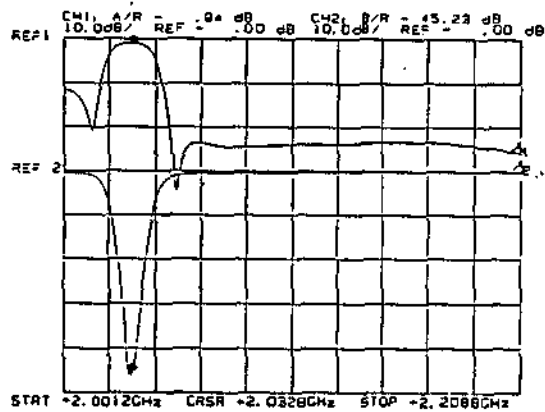


(a)

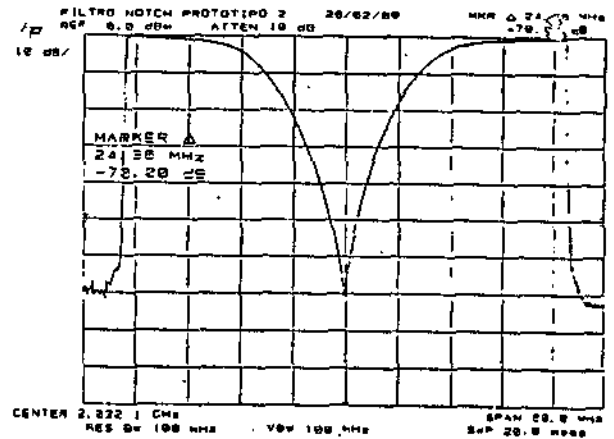


(b)

Fig. 2 - Perda de inserção e atenuação do filtro de recepção.



(a)



(b)

Fig. 3 - Perda de inserção e atenuação do filtro de transmissão

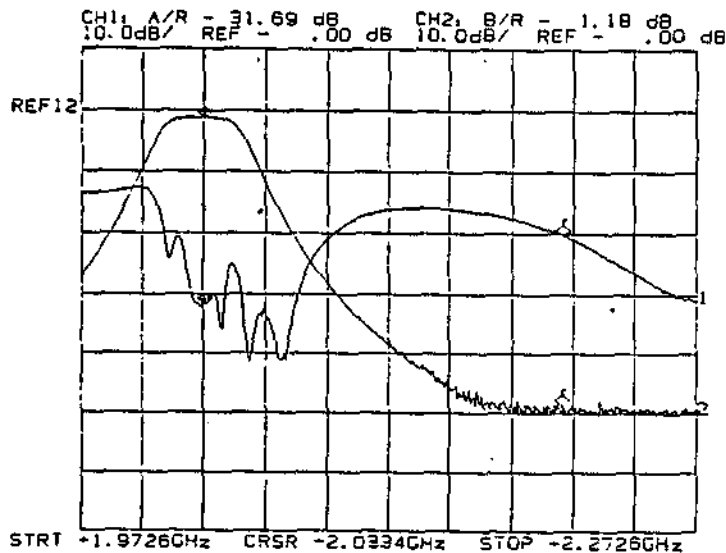


Fig. 4 - Perda de inserção e atenuação do diplexador.

FREQUÊNCIA (MHz)	FIGURA DE RUÍDO		
	TX OFF	TX ON	TX ON*
2025	4.53	4.68	5.90
2027	4.21	4.21	4.97
2029	4.21	4.22	5.00
2031	4.20	4.23	4.98
2033	4.24	4.28	5.04
2035	4.31	4.37	5.11
2037	4.38	4.51	5.28
2039	4.88	5.05	5.64

*sem o filtro de transmissão

Tabela 2.

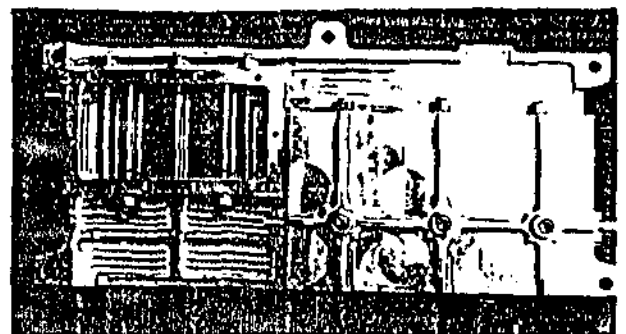
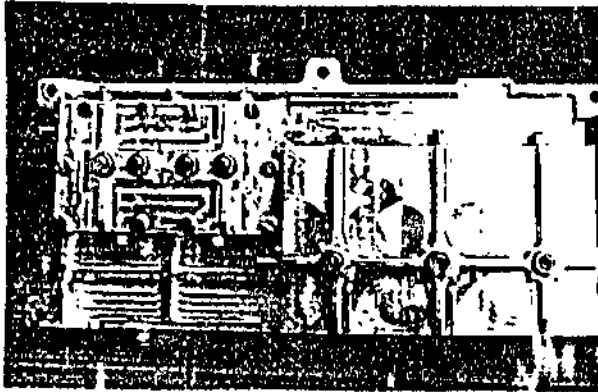
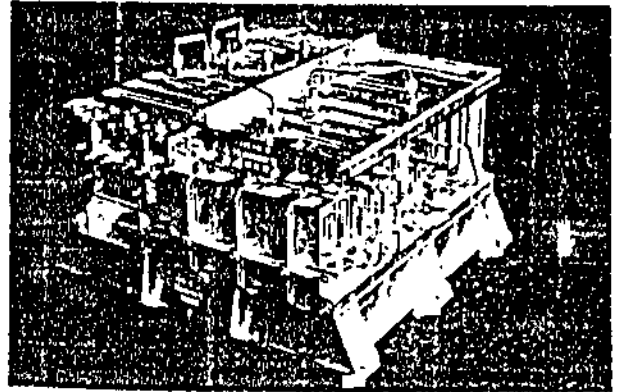


Fig. 5 - Diplexador sem as tampas dos filtros.



(a)



(b)

Fig. 6 - Diplexador montado e integrado ao Transponder Banda S.

PROPOSTA PARA PUBLICAÇÃO

DATA
04.05.88

IDENTIFICAÇÃO	TÍTULO	
	DIPLEXADOR DE BANDA S PARA UM TRANSPONDER DE TELECOMUNICAÇÕES DE BORDO	
	AUTORIA	PROJETO/PROGRAMA
	Paulo Mello Marshall	A6C
		DIVISÃO
		DEPARTAMENTO
		DTL
DIVULGAÇÃO ☐ EXTERNA ☐ INTERNA MEIO:		

REVISÃO TÉCNICA	REVISOR TÉCNICO	APROVAÇÕES
	<i>P. Tissi</i> Plinio Tissi	
	RECEBI EM: _____ REVISADO EM: _____	
	OBSERVAÇÕES: ☐ NÃO HÁ ☐ VER VERSO	
	DEVOLVI EM: _____ ASSINATURA	
APROVADO: ☐ SIM ☐ NÃO ☐ VER VERSO		
DATA _____ CHEFE DIVISÃO _____		
APROVADO: ☒ SIM ☐ NÃO ☐ VER VERSO		
DATA _____ <i>Plinio Tissi</i> Chefe do Departamento CHEFE DEPARTAMENTO		

REVISÃO DE LINGUAGEM	Nº: _____ PRIORIDADE: _____	DATILOGRAFIA
	DATA: _____	
	REVISADO ☐ COM ☐ SEM CORREÇÕES ☐ VER VERSO	
	POR: _____	
DATA _____ ASSINATURA _____		
O(S) AUTOR(ES) DEVE(M) MENCIONAR NO VERSO, OU ANEXAR NORMAS E/OU INSTRUÇÕES ESPECIAIS		
RECEBIDO EM: 02/88		
CONCLUÍDO EM: 03/88		
DATILOGRAFA: M. Lígia M. Carmo <i>clbarmo</i> ASSINATURA		

PARECER	
FAVORÁVEL: ☒ SIM ☐ NÃO ☐ VER VERSO	04/05/88 DATA
	<i>Paulo Mello Marshall</i> RESPONSÁVEL/PROGRAMA

EM CONDIÇÕES DE PUBLICAÇÃO EM: 04/05/88	<i>Paulo Mello Marshall</i> AUTOR RESPONSÁVEL
---	--

Autorizo a publicação: ☐ SIM ☐ NÃO
DIVULGAÇÃO ☐ INTERNA ☒ EXTERNA MEIO: III SBMO
OBSERVAÇÕES: 12/05/88 DATA
DIRETOR

SEC	PUBLICAÇÃO: 4540PRE/1286 PÁGINAS: _____ ÚLTIMA PÁGINA: _____
	CÓPIAS: _____ TIPO: _____ PREÇO: _____