

# PROJETO E REALIZAÇÃO DE AMPLIFICADOR

## DE BAIXO RUÍDO EM 18GHZ

Fernando Colombani & Edmar Camargo

Laboratório de Microeletrônica

Escola Politécnica - USP

Cx. Postal - 8174

01051 - São Paulo

Brasil

### RESUMO

É apresentado o projeto de um módulo amplificador de baixo ruído (ABR) em 18GHz. Este módulo faz parte de um sistema transceptor de curta distância que vem sendo desenvolvido pelo LME. Um protótipo de teste foi montado em substrato flexível, obtendo-se 18dB de ganho e 4,6dB de figura de ruído.

### I - INTRODUÇÃO

Devido ao crescente aumento das comunicações de curta distância e baixa capacidade, surgiram recentemente no mercado internacional, sistemas transceptores de microondas cujas características principais são baixo custo e tamanho reduzido. As frequências utilizadas por este processo estão entre 18 e 26GHz. O desenvolvimento deste tipo de sistema no Brasil é dificultado devido à pouca experiência existente no país nesta faixa de frequência. Com o objetivo de adquirir o conhecimento necessário para este desenvolvimento, o LME através de um projeto financiado pela FINEP iniciou o projeto de um transceptor em 18GHz.

O ABR mencionado faz parte do receptor deste sistema e compreende um módulo amplificador de dois estágios transistorizados. Inicialmente o projeto foi feito com transistores MESFET, os quais poderão ser substituídos por transistores HEMT a fim de reduzir a figura de ruído do sistema.

### II - PROJETO

As características definidas para o sistema de recepção estão relacionadas na tabela I.

Frequência de operação	18GHz
Banda de frequência	10MHz
Figura de ruído	6dB
Ganho das antenas	35dB

tab. I - Características do sistema transceptor de 18GHz

Escolheu-se dois transistores MESFET de baixo ruído de 0,3 $\mu$ m de comprimento de canal fabricados pela Toshiba. Os critérios de escolha foram principalmente as características do dispositivo, custo e disponibilidade no laboratório. As principais características deste transistor em 12GHz estão listadas na tabela II.

Figura mínima de ruído	1,4dB
Ganho associado	10dB
Máximo ganho disponível	11dB

tab. II - Características do transistor S8818A (Toshiba)

Para projetar o primeiro estágio foi realizado um estudo do transistor, operando na região de mínimo ruído<sup>1</sup>. Com isso obteve-se a impedância ótima de ruído e o melhor ponto de polarização do dispositivo ( $V_{DS}=3V$  e  $I_{DS}=10mA$ ). Em seguida foi projetada uma rede de casamento na entrada, composta de um teco em aberto e uma linha série. Calculou-se também a impedância de saída do dispositivo nesta configuração.

O estudo de estabilidade do transistor do segundo estágio, polarizado em máximo ganho ( $V_{DS}=3V$  e  $I_{DS}=30mA$ ), revelou que há certos valores de impedância de entrada e de saída em que o transistor oscila (ganho em torno de 14dB). Desse modo as redes de casamento deste estágio foram projetadas para garantir a estabilidade e fornecer um ganho de 12dB. Neste estágio também optou-se pelo uso de tecos em aberto e linhas série para o projeto das redes. O circuito obtido foi otimizado pelo programa DEMON, disponível no laboratório, sendo os valores das redes de casamento mostrados na figura 1. Os valores de ganho e figura de ruído previstos teoricamente foram respectivamente 19,5dB e 3,0dB em 18GHz, considerando apenas a perda das linhas.

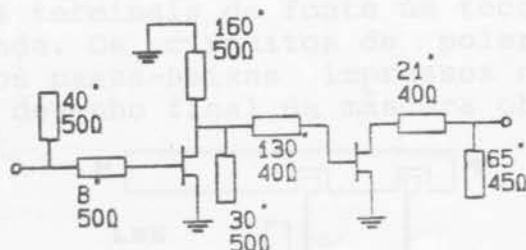


fig. 1 - Esquema do ABR após otimização pelo DEMON

### III - REALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

O circuito projetado foi implementado através de microlinhas de transmissão, utilizando-se as dimensões fornecidas pelo programa DEMON. A fim de facilitar o ajuste, os tecos de casamento não foram efetivamente ligados às respectivas linhas na confecção da máscara de teste. A ligação destes tecos na fase de ajuste mostrou-se de realização crítica, pois devido ao não

modelamento deste tipo de junção, tornou-se necessária a ligação dos mesmos através de linhas mais estreitas (0,2mm) e curtas (0,3mm) dos que os próprios tocos, como mostrado na figura 2. Desse modo é possível prever com maior precisão onde efetivamente o toco está ligado. Contudo foi necessário compensar o aumento desta pequena linha, o que foi feito com boa aproximação apenas subtraindo o valor do comprimento acrescentado daquele originalmente calculado.

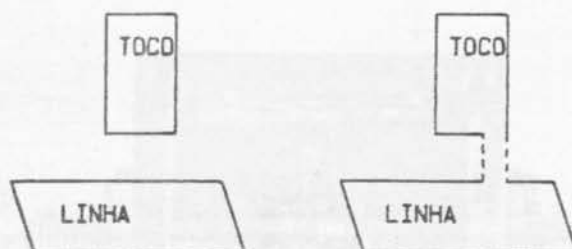


fig. 2 - Ligação de toco de casamento à linha

Devido à imprecisão do posicionamento dos transistores na montagem, foi adicionada uma linha série extra entre os dois estágios. Esta linha tem a finalidade de auxiliar no ajuste de comprimento elétrico entre os transistores. A fim de diminuir o custo e as perdas, os capacitores de bloqueio DC de entrada e de saída foram implementados através de estruturas acopladas de  $1/4$  de comprimento de onda. Testes preliminares destes "capacitores" demonstraram perdas menores que 0,3dB na faixa de 16 a 18GHz. O espaçamento calculado entre os dedos dessas estruturas foi de  $90\mu\text{m}$ . O bloqueio DC entre os estágios foi implementado através de um capacitor de  $2,1\text{pF}$  de baixas perdas, fabricado pela ATC. Este capacitor tem também uma função de ajuste, pois é ele que conecta a linha série adicionada entre os estágios. O aterramento dos terminais de fonte dos transistores foi feito através de furos preenchidos com estanho, situados sob os terminais dos transistores. Para melhorar o aterramento em altas frequências, foi adicionado nos terminais de fonte um toco em aberto de  $1/4$  de comprimento de onda. Os circuitos de polarização foram feitos através de filtros passa-baixas impressos na própria placa. A figura 3 mostra o desenho final da máscara obtida.

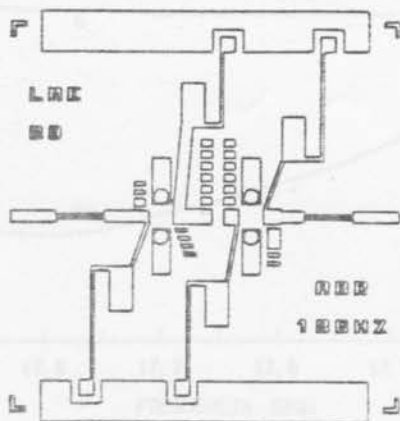


fig. 3 - Máscara final do circuito

O circuito foi impresso em placa de teflon reforçada com fibra de vidro RT/duroid 5880 fabricada pela Rogers. Esta placa tem constante dielétrica de 2,2 e espessura de 0,25mm. A placa foi então soldada em uma caixa de latão dourado com solda de índio. A figura 4 mostra uma foto do circuito montado, antes dos ajustes.

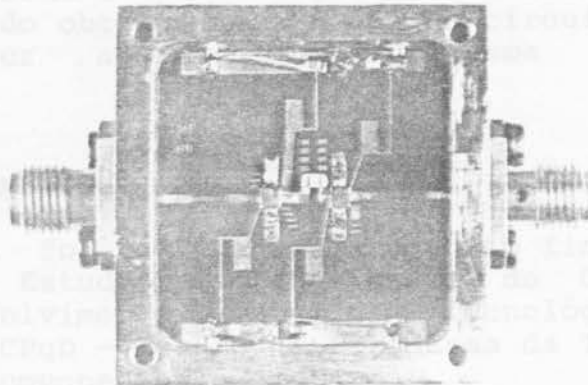


fig. 4 - Foto do circuito montado antes dos ajustes

Após os ajustes necessários o módulo foi caracterizado, obtendo-se as curvas de ganho e figura de ruído mostradas na figura 5. Observou-se que a presença de tampa metálica prejudicava o ganho em 18GHz. Assim, foi colocada uma tampa com parafuso, de modo que ajustando-o adequadamente, essa queda tornava-se muito pequena. A potência de saída do módulo foi de 11dBm com compressão de 1dB.

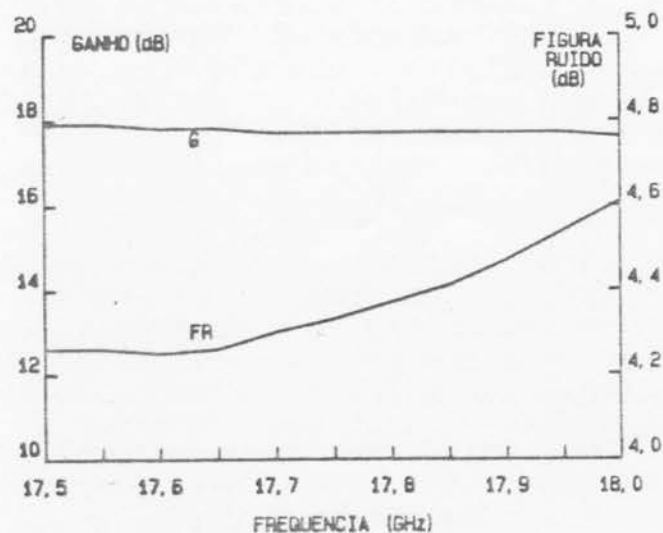


fig. 5 - Característica de ganho e ruído do ABR

#### IV - CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se observar que o procedimento adotado para a realização do módulo teve muito sucesso, principalmente no que diz respeito à introdução de pequenas linhas na ligação dos tocos de casamento. Observa-se também a boa concordância dos resultados experimentais com os valores previamente calculados na fase de projeto. O módulo pode ainda ser melhorado com a substituição dos transistores MESFET por transistores HEMT e pela adição de um isolador na entrada. Contudo o resultado obtido mostra que o circuito já está em condições de ser aplicado ao sistema transceptor em desenvolvimento.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro da FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos e do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Agradece-se a colaboração do CPqD - Centro de Pesquisas da Telebrás S/A pelo fornecimento dos componentes.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fernando Colombani e Edmar Camargo - " Obtenção dos Parâmetros de Ruído de Transistores MESFET " - IV Simpósio Brasileiro de Microondas, julho, 1990.