

OSCILADOR A HEMT - 18 GHz

Fatima S. Correra & Edmar Camargo
Laboratório de Microeletrônica
Escola Politécnica - USP
Caixa Postal 8174 CEP 01051
São Paulo - SP
BRASIL

RESUMO

Apresenta-se um oscilador operando em 18 GHz, empregando transistor HEMT e ressoador dielétrico. O transistor foi utilizado na configuração canal reverso, tendo-se projetado o oscilador através de técnica linear, utilizando os parâmetros de espalhamento do transistor. O circuito projetado foi construído por meio de estruturas em microlinha de transmissão sobre substrato flexível. O protótipo construído fornece +10 dBm em 18 GHz, faixa de sintonia mecânica de frequência de 3% e ruído de fase de -90dBc/Hz a 100 KHz da portadora.

INTRODUÇÃO

Os transistores HEMT, introduzidos comercialmente no mercado internacional em 1985, têm sido largamente utilizados em amplificadores de baixo ruído, sendo que sua aplicação em circuitos não-lineares começa a ser reportada [1],[2]. Quanto ao uso desse dispositivo em osciladores pode-se dizer que o elevado ganho do HEMT convencional, bem como suas características de excursão RF, torna-o um dispositivo interessante para osciladores de baixa potência operando no extremo superior da faixa de microondas e em ondas milimétricas.

Neste trabalho apresenta-se um oscilador a ressoador dielétrico empregando HEMT, operando em 18 GHz. O transistor utilizado, 2SK677 fabricado pela SONY, tem comprimento e largura de porta de 0,5 μm e 300 μm respectivamente. Este transistor, na forma encapsulada, apresenta máximo ganho disponível de 11,5 dB em 18 GHz, enquanto transistores MESFET de mesmas dimensões de porta e mesmo encapsulamento têm ganho da ordem de 8 dB. Quanto à potência de saída como amplificador os dois dispositivos apresentam desempenhos similares. Assim, o HEMT utilizado permite, potencialmente, construir um oscilador em 18 GHz com maior potência de saída que empregando um MESFET equivalente, já que uma menor parcela do sinal gerado necessita ser utilizada na realimentação para garantir as condições de oscilação [3].

No circuito projetado empregou-se o HEMT em canal reverso, sendo apresentada uma breve discussão sobre seu comportamento nessa configuração. O projeto do oscilador por meio de técnica linear é descrito, apresentando-se a realização do protótipo e seu desempenho elétrico.

PROJETO DO OSCILADOR

Transistores MESFET em canal reverso têm sido amplamente utilizados em osciladores de microondas por apresentarem tendência natural à oscilação nessa faixa de frequências. Este efeito é devido à forte realimentação entre dreno e porta que caracteriza o transistor nessa configuração, originada pelo aumento da capacitância porta-dreno, C_{gd} , e diminuição da capacitância porta-fonte, C_{gs} , em relação a seus valores na montagem fonte comum. Assim, empregando-se o MESFET em canal reverso, é possível obter-se um circuito oscilador simples, dispensando-se o uso de circuitos de realimentação externos ao transistor, com a vantagem adicional de utilizar-se apenas uma fonte para polarização DC, já que os terminais de dreno e porta são ambos polarizados com tensão negativa.

Empregando-se o HEMT em canal reverso pode-se construir um oscilador com as vantagens citadas acima, devido à similitude de comportamento deste dispositivo com o do MESFET em canal reverso. Deve-se ressaltar, no entanto, que no caso do HEMT as capacitâncias C_{gs} e C_{gd} têm origem física distinta, estando associadas às variações da carga do gas bi-dimensional de elétrons e de cargas na camada de (Ga,Al)As sob a porta, quando esta região não está completamente depletada [4].

Para estudar o comportamento do HEMT em canal reverso foi desenvolvido o modelo de pequenos sinais do transistor 2SK677 encapsulado em fonte comum, apresentado na figura 1 [5].

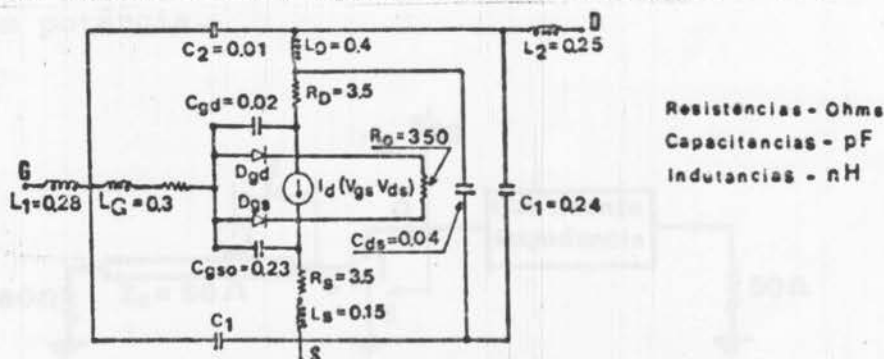


Figura 1 - Modelo do HEMT 2SK677 em fonte comum.

Os parâmetros de espalhamento do HEMT em canal reverso foram estimados a partir do modelo da figura 1, mantendo-se os parasitas de cápsula como no modelo de fonte comum, mas invertendo-se as conexões dos terminais de fonte e dreno do transistor intrínseco à cápsula, como se este estivesse em dreno comum. Este procedimento é válido dado que o transistor em análise pode ser considerado simétrico. Verificou-se que, em canal reverso o HEMT utilizado apresentava tendência à oscilação em banda maior que uma oitava, incluindo a frequência de projeto.

O módulo dos parâmetros S do transistor 2SK677 em fonte comum e em canal reverso foram medidos na faixa de 12 a 18 GHz, sendo apresentados na figura 2.

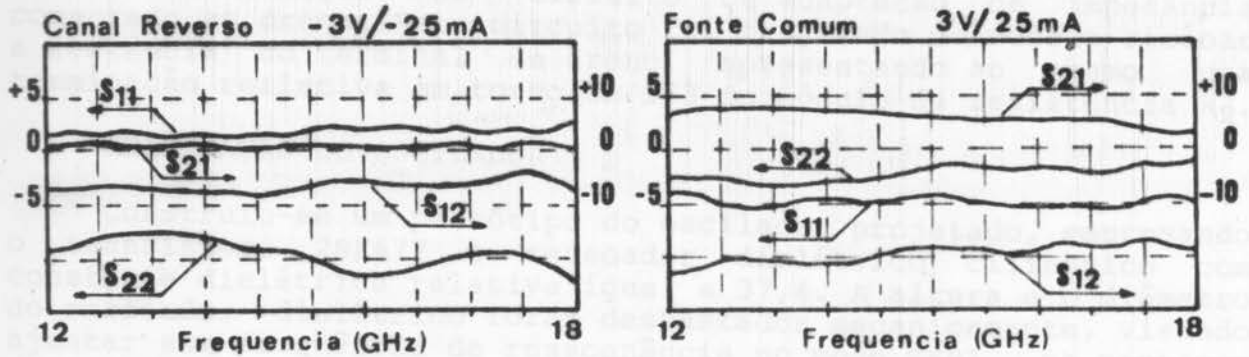


Figura 2 - Parâmetros S do HEMT(dB)

Pode-se verificar que o HEMT na configuração canal reverso apresenta módulo de S_{12} mais elevado, caracterizando o aumento da realimentação dreno-porta, bem como resistência negativa no terminal de porta em toda faixa de frequência medida.

A estrutura básica do oscilador projetado é apresentada na figura 3. O elemento que determina a frequência de oscilação é o ressonador dielétrico, devido a seu elevado índice de mérito. A posição relativa entre o ressonador dielétrico e o transistor, bem como o circuito conectado ao dreno, são projetados visando satisfazer às condições de oscilação e possibilitar um bom desempenho em potência.

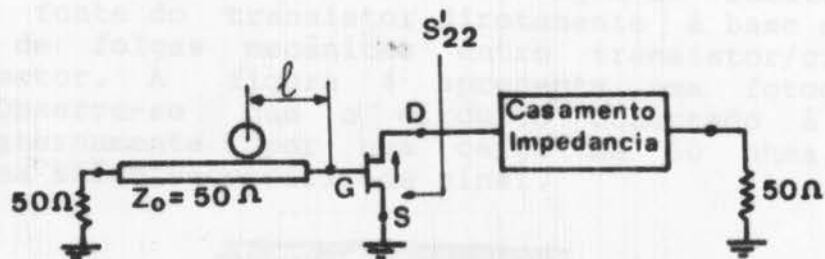


Figura 3 - Estrutura básica do oscilador.

No projeto do oscilador utilizou-se os parâmetros S do HEMT em canal reverso obtidos a partir do modelo equivalente do transistor já que não se dispunha de equipamento de caracterização que permitisse medidas de fase com precisão em 18 GHz. O projeto foi realizado seguindo as etapas:

- Determinação da distância l entre o ressonador dielétrico e a porta do HEMT. Assumiu-se que na frequência de ressonância o ressonador dielétrico refletia um circuito aberto no plano de acoplamento à microlinha de transmissão (ressonador sem perdas), determinando-se l de modo a maximizar o módulo do coeficiente de

reflexão do acesso de dreno. Obteve-se módulo máximo de $S_{22}' = 1,96$, e impedância de dreno correspondente a $Z_2 = R_2 + jX_2 = -29 - j40$ ohms.

- Determinação do circuito de adaptação de impedância conectado ao dreno. Este circuito foi projetado de modo a ressoar a reatância do terminal de dreno, apresentando ao mesmo uma terminação resistiva em torno de $1/3$ do módulo da resistência R_2 .

REALIZAÇÃO DO OSCILADOR

Construiu-se um protótipo do oscilador projetado, empregando o transistor 2SK677 e ressoador dielétrico cilíndrico com constante dielétrica relativa igual a 37,4. A altura e o diâmetro do ressoador dielétrico foram desbastados mecanicamente, visando ajustar sua frequência de ressonância no modo TE₀₁, na montagem utilizada, para 17,9 GHz. Apesar das imperfeições mecânicas resultantes do processo de usinagem do ressoador dielétrico, este apresentou índice de mérito não-carregado da ordem de 5.000.

Verificou-se que o uso de substratos de constante dielétrica relativa elevada dificultaria o ajuste do circuito devido à miniaturização excessiva das dimensões do mesmo. Optou-se assim, entre os substratos disponíveis, por utilizar Duroid 5880, de constante dielétrica relativa igual a 2,2, com 0,254 mm de espessura, apesar da dificuldade de fixação do ressoador dielétrico sobre esse substrato e de sua instabilidade térmica.

O oscilador foi montado em caixa de latão dourada, adotando-se procedimentos rigorosos para minimização dos parasitas de montagem, considerando-se a elevada frequência de operação. Entre esses procedimentos pode-se citar: soldagem do substrato e dos terminais de fonte do transistor diretamente à base da caixa e minimização de folgas mecânicas entre transistor/circuito e circuito/conector. A figura 4 apresenta uma fotografia do oscilador. Observe-se que o circuito conectado à porta é terminado externamente por uma carga de 50 ohms, podendo constituir uma saída secundária de sinal.

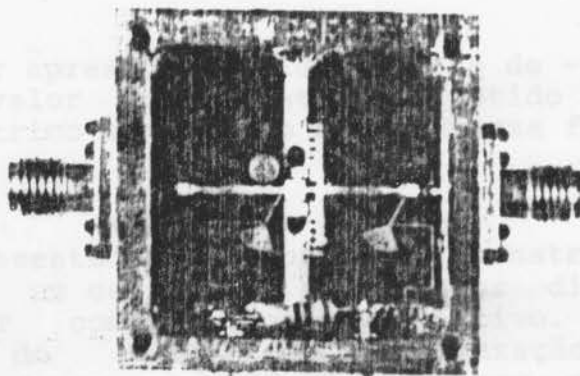


Figura 4 - Fotografia do oscilador.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

O ressoador dielétrico foi acoplado à microlinha de transmissão conectada à porta do HEMT, verificando-se experimentalmente que sua posição ótima era aproximadamente a prevista em projeto. Conectando-se ao dreno o circuito de adaptação de impedância projetado, o oscilador forneceu um sinal de 8 dBm em 17,9 GHz. Adicionando-se um ajuste a esse circuito a potência de saída aumentou para 10 dBm. Estimou-se a terminação resistiva do dreno nessa condição, verificando-se que seu valor era metade do módulo da resistência negativa de dreno em pequenos sinais.

O oscilador foi sintonizado mecanicamente através de parafuso metálico rosqueado à tampa da caixa do mesmo. A figura 5 apresenta a característica potência de saída versus frequência, sobre uma faixa de sintonia em que as características de ruído e potência de saída praticamente não se deterioraram. Faixas de até 1.200 MHz podem ser sintonizadas mecanicamente sem apresentarem o fenômeno de histerese.

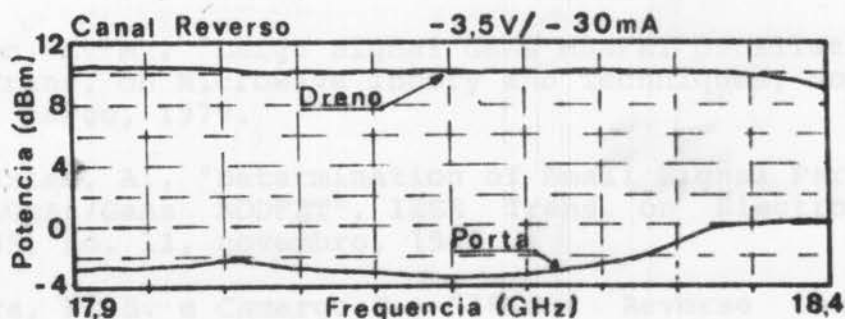


Figura 5 - Potência gerada versus frequência

O índice de mérito externo do oscilador foi estimado em 1.500 através do método de "injection locking". Variando-se a tensão de polarização do transistor de $\pm 0,5$ V em torno de seu valor nominal observou-se uma variação de 2,1 MHz na frequência de oscilação.

O oscilador apresentou ruído de fase de -90 dBc/Hz à 100 KHz da portadora, valor equivalente ao obtido em osciladores a ressoador dielétrico empregando MESFET nessa faixa de frequência.

CONCLUSÕES

Foram apresentados o projeto, construção e desempenho experimental de um oscilador a ressoador dielétrico empregando transistor HEMT como dispositivo ativo. Foi discutido o comportamento do HEMT em configuração canal reverso, demonstrando-se a conveniência de seu uso em osciladores operando no extremo superior da faixa de microondas. Os resultados experimentais obtidos validaram o modelo de pequenos

sinais proposto para o HEMT em canal reverso, bem como o procedimento empregado no projeto do oscilador.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Eng. Fernando Colombani pela determinação do modelo da cápsula do HEMT utilizado. Este projeto recebeu suporte financeiro da FINEP através do contrato MIKA firmado com o LME/USP, sendo que os componentes utilizados foram cedidos pelo CPqD Telebrás.

REFERÊNCIAS

- [1] Wang, G-W et al., "Large-Signal Time-Domain Simulation of HEMT Mixers", IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 35, no. 11, novembro, 1988.
- [2] Weiss, M. R. e Pavlidis, D., "An Investigation of the Power Characteristics and Saturation Mechanisms in HEMT's and MESFET's", IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 35, no. 8, agosto, 1988.
- [3] Johnson, K. M., "Large Signal GaAs MESFET Oscillator Design" IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-27, no. 3, março, 1979.
- [4] Skandarian, A., "Determination of Small Signal Parameters of an AlGaAs/GaAs MODFET", IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 35, no. 11, novembro, 1988.
- [5] Correra, F. S. e Camargo E., "18 GHz Reverse Channel HEMT Oscillator", 1990 MTT-S International Microwave Symposium Proceedings, Dallas - Texas.