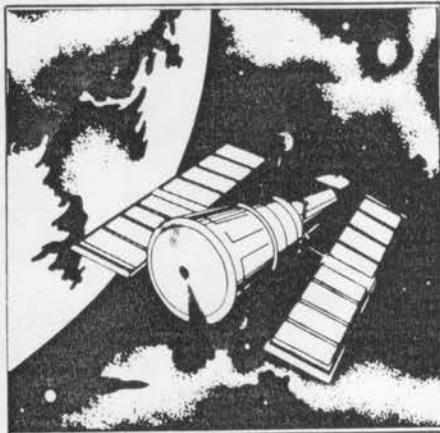


# TV via Satélite



## INTRODUÇÃO

Neste número vamos apresentar as principais características de um componente bastante delicado do sistema de recepção via satélite: o AMPLIFICADOR DE BAIXO RUÍDO, também conhecido por LNA (do inglês *Low Noise Amplifier*). Para compreender sua importância vamos verificar com atenção o que acontece com o sinal emitido pelo satélite, localizado no Equador a uma distância de 36000 km da terra.

## Amplificador de Baixo Ruído Aplicação em TV via Satélite

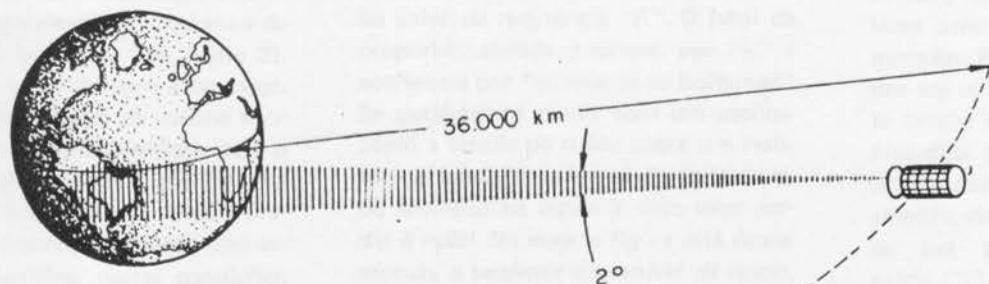
O nosso satélite BRASILSAT já está em órbita. A recepção de sinais de TV via satélite exige amplificadores com características elétricas especiais, para permitir a captação desses sinais com um mínimo de interferências. Dando seqüência aos temas iniciados em números anteriores, os autores desta matéria apresentam aos leitores do IUB toda a tecnologia envolvida na construção dos chamados "Amplificadores de Baixo Ruído" — LNA.

O objetivo deste artigo é permitir ao leitor tomar conhecimento das características elétricas do amplificador de baixo ruído utilizado na recepção de TV via satélite.

O transmissor do satélite, que opera na faixa de 3,7 a 4,2 GHz com uma potência da ordem de 10 watts, alimenta uma antena que irradia sinal na forma de um cone cobrindo a superfície terrestre do Brasil, conforme ilustra a figura 1. Ao percorrer a enorme distância entre o satélite e a estação terrestre, o sinal sofre uma atenuação de 200 decibéis (da ordem de  $1 \times 10^{20}$  vezes!), o que

significa que o nível de saída resultante na entrada do "LNA" seja da ordem de apenas algumas dezenas de pico watts (ou seja,  $1 \times 10^{-12}$  watts). Ora, neste nível de sinal *extremamente baixo*, os sinais interferentes, denominados de "ruído", podem comprometer a recepção, se não forem tomados os devidos cuidados. Nestas condições, o LNA desempenha um papel fundamental,

FIGURA 1



IRRADIAÇÃO DO SINAL DO SATÉLITE  
SOBRE A SUPERFÍCIE DO BRASIL

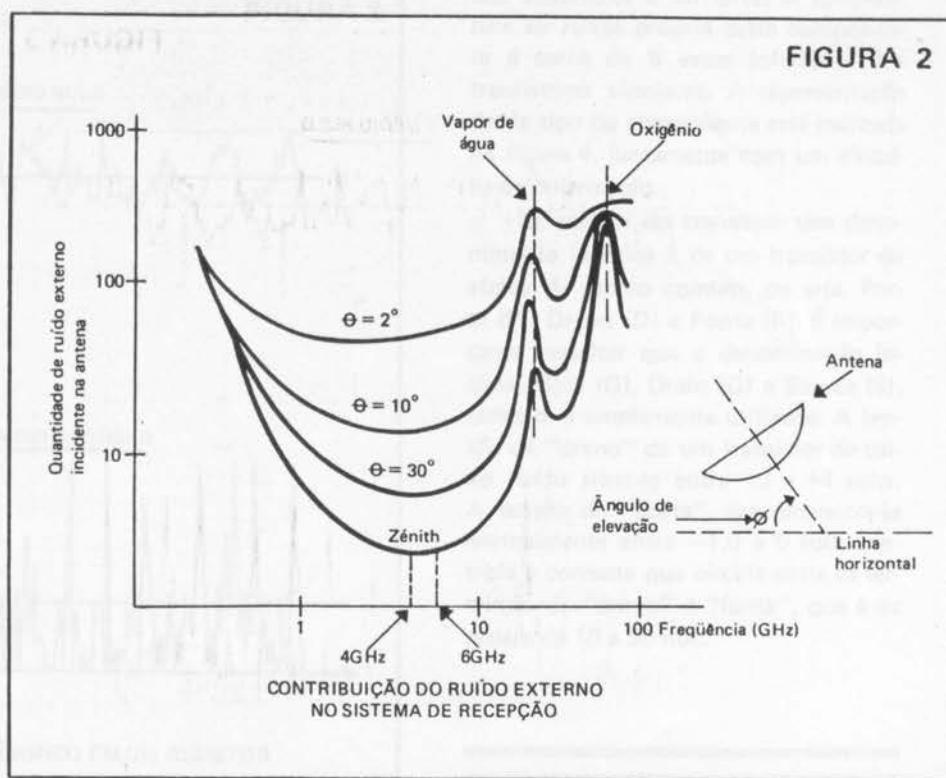
pois ele não deve introduzir muito ruído ao sistema de recepção, sob o risco de "mascarar" o sinal recebido. Em outras palavras, a característica de BAIXO RUÍDO é rigorosamente necessária para garantir uma *boa qualidade de imagem* no receptor de televisão.

Tudo isto vai se tornando realidade, a um custo razoavelmente baixo, graças ao atual estágio de desenvolvimento tecnológico e ao lançamento do "BRASIL-SAT", os quais permitem a recepção de sinal de TV com o uso de antenas parabólicas de apenas 3,0 m de diâmetro, desde que acopladas a um LNA de características adequadas.

## ORIGENS FÍSICAS DO RUÍDO

O "ruído" é um fenômeno sempre presente em qualquer equipamento de recepção e é originário de fontes externas e internas ao receptor.

Entre as *fontes de ruído externas* estão os parasitas provenientes de motores elétricos, retificadores de alta potência, sistemas de ignição, distúrbios atmosféricos etc. Estas perturbações são normalmente produzidas em *baixa freqüência* e não interferem diretamente na faixa de microondas. Por outro lado, toda comunicação radioelétrica se efetua entre a terra e o espaço livre, as quais são duas fontes geradoras de ruído. A interferência destas fontes foi extensivamente estudada e chegou-se à conclusão que a sua contribuição depende do ângulo de elevação da antena e da freqüência de operação (ver figura 2). Os efeitos do vapor de água e do oxigênio estão representados na mesma figura. No caso da antena orientada para o satélite, o ângulo é maior que 30°, de forma que o ruído externo provém praticamente do cosmo. De acordo com esta figura se verifica, nestas condições, que as freqüências de 4 e 6 GHz são as que *menos* recebem interferência do ruído, razão pela qual estas freqüências foram escolhidas para os primeiros sistemas de recepção/transmissão via satélite.



Como *fontes de ruídos internas* ao receptor vamos mencionar apenas a mais importante, o ruído de origem térmica existente nos circuitos elétricos. Este tipo de ruído provém do movimento aleatório dos elétrons no interior de um resistor "R", que se traduz por uma tensão  $V_r$  definida por:

$$V_r = \sqrt{4kTBR}$$

Pode-se perceber por esta expressão que a tensão de ruído "V<sub>r</sub>" é proporcional à raiz quadrada da temperatura absoluta "T", (dada em graus Kelvin), da banda de freqüência considerada "B" e do valor da resistência "R". O fator de proporcionalidade expresso por "k" é conhecido por "constante de Boltzman". Se pudéssemos medir com um osciloscópio a tensão de ruído sobre um resistor, teríamos uma forma de onda do tipo indicado na figura 3, cujo *valor médio é nulo*. Na mesma figura está representada a *potência disponível de ruído*, cujo valor médio é diferente de zero e é calculada pela expressão:

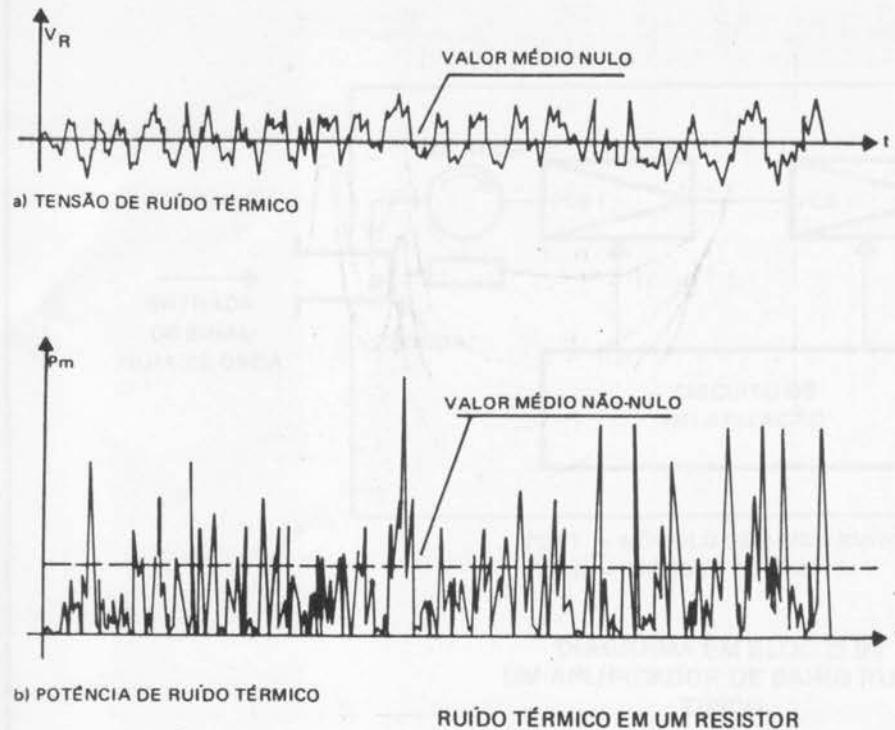
$$P_{média} = kTB$$

É importante observar que a potência de ruído disponível num resistor **INDEPENDE DE SEU VALOR E É FUNÇÃO APENAS DA TEMPERATURA E DA BANDA DE FREQUÊNCIA CONSIDERADA**.

## TEMPERATURA DE RUÍDO DE UM AMPLIFICADOR

Um amplificador de *baixo ruído* é construído com transistores que apresentam, em sua estrutura física, resistores parasitas *impossíveis* de serem eliminados. Portanto, os transistores contidos em um amplificador geram uma certa tensão de ruído que se for excessiva prejudica a recepção. A forma de expressar esta quantidade de ruído em um amplificador de microondas é por meio de sua temperatura equivalente de ruído "T". Este parâmetro está diretamente relacionado à *potência de ruído* que o amplificador adiciona ao sistema de recepção. Tudo se passa como se na entrada de um amplificador ideal (isto é, sem ruído nenhum) fosse colocado uma resistência na referida temperatura

FIGURA 3



T. Portanto, quanto menor a temperatura de ruído do amplificador, menor é a potência de ruído acrescentada e melhor é a qualidade do LNA. Observe que a *temperatura de ruído* é um parâmetro elétrico e não tem nada a ver com a *temperatura física* do amplificador. Por exemplo, um LNA de 100 K (graus Kelvin) corresponde a uma temperatura de  $-173^{\circ}\text{C}$  (graus centígrados)!!! Ora, a temperatura física de um amplificador instalado junto à antena é da ordem de  $+30^{\circ}\text{C}$ , bem diferente da temperatura elétrica referida acima, portanto é importante que o leitor saiba diferenciar perfeitamente estes conceitos.

## TRANSISTORES DE MICROONDAS

Atualmente existem no mercado internacional dois tipos de transistores de microondas. O mais conhecido é o transistor bipolar construído com semicondutor de silício e que funciona até a frequência de 8 GHz. Porém, para aplicações em amplificador de baixo ruído, o

dispositivo mais adequado é um novo tipo de transistor de efeito de campo, conhecido como MESFET (do inglês, Metal Semiconductor Field-Effect Transistor). Este componente é construído com um tipo especial de semicondutor, denominado de Arseneto de Gálio, e que pode operar em freqüê-

cias superiores a 20 GHz. A *temperatura de ruído* própria deste componente é cerca de 5 vezes inferior à dos transistores bipolares. A representação desse tipo de componente está indicada na figura 4, juntamente com um circuito de polarização.

Os acessos do transistor têm denominação idêntica à de um transistor de efeito de campo comum, ou seja, Porta (P), Dreno (D) e Fonte (F). É importante ressaltar que a denominação inglesa, Gate (G), Drain (D) e Source (S), também é amplamente utilizada. A tensão de "dreno" de um transistor de baixo ruído situa-se entre +3 e +4 volts. A tensão de "porta", que encontra-se normalmente entre -1,0 e 0 volt, controla a corrente que circula entre os terminais de "dreno" e "fonte", que é da ordem de 10 a 30 mA.

## DESCRÍÇÃO DO CIRCUITO

O diagrama em blocos de um amplificador típico de baixo ruído está representado na figura 5. A entrada de sinal no amplificador é realizada por meio de um trecho de "guia de onda", o qual é conectado ao alimentador da antena. O *guia de onda* é um condutor

FIGURA 4

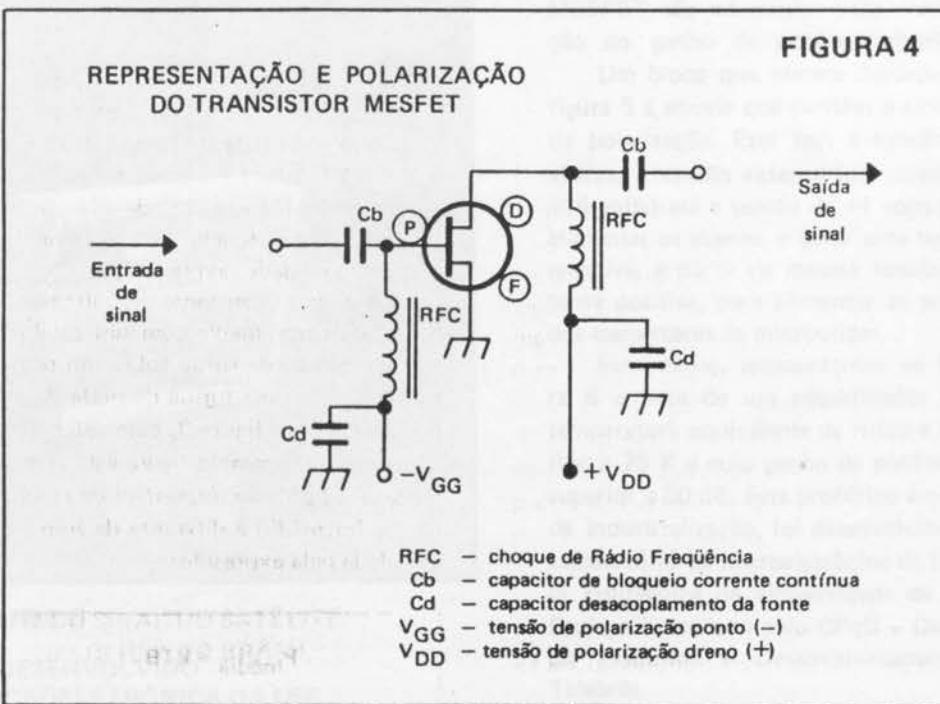
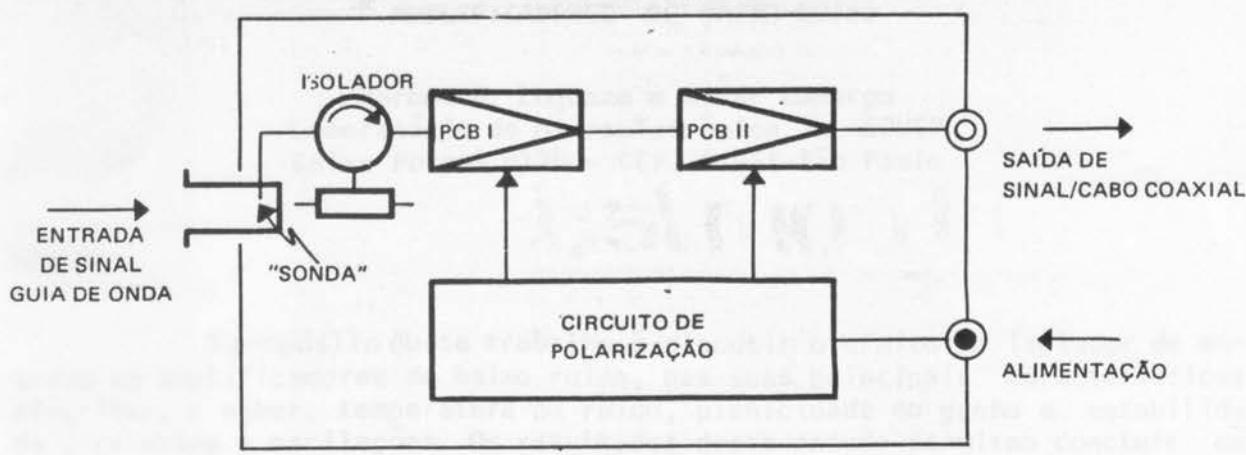


FIGURA 5



PCB I – MÓDULO DE BAIXO RUÍDO  
PCB II – MÓDULO DE GANHO

DIAGRAMA EM BLOCOS DE  
UM APLIFICADOR DE BAIXO RUÍDO  
TÍPICO

retangular oco, normalmente de alumínio, dentro do qual se propagam ondas eletromagnéticas. Uma pequena sonda colocada no interior do guia "capta" os sinais e os transfere para um dispositivo denominado de isolador. Este permite que o sinal se PROPAGUE EM APENAS UMA DIREÇÃO e tem a função de ga-

rantir as características de ruído do amplificador, quando este é conectado à antena.

O amplificador propriamente dito é constituído de dois módulos com características distintas, a saber: o módulo de baixo ruído e o módulo de ganho. O primeiro é normalmente construído com

dois transistores do tipo MESFET em cascata, cujos circuitos de adaptação utilizam capacitores e indutores especiais para microondas. O segundo módulo é construído com três ou quatro transistores dependendo do ganho de potência do amplificador completo, que pode ser de 50 dB ou 60 dB. Neste caso, tanto os transistores bipolares como os transistores do tipo MESFET são adequados para a obtenção do ganho de potência desejado.

Um bloco que merece destaque na figura 5 é aquele que contém o circuito de polarização. Este tem a função de abaixar a tensão externa (por exemplo +15 volts) até a tensão de +4 volts para alimentar os drenos, e gerar uma tensão negativa, a partir da mesma tensão externa positiva, para alimentar as portas dos transistores de microondas.

Finalmente, apresentamos na figura 6 a foto de um amplificador cuja temperatura equivalente de ruído é inferior a 75 K e cujo ganho de potência é superior a 50 dB. Este protótipo em vias de industrialização, foi desenvolvido no Laboratório de Microeletrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e financiado pelo CPqD – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Telebrás.

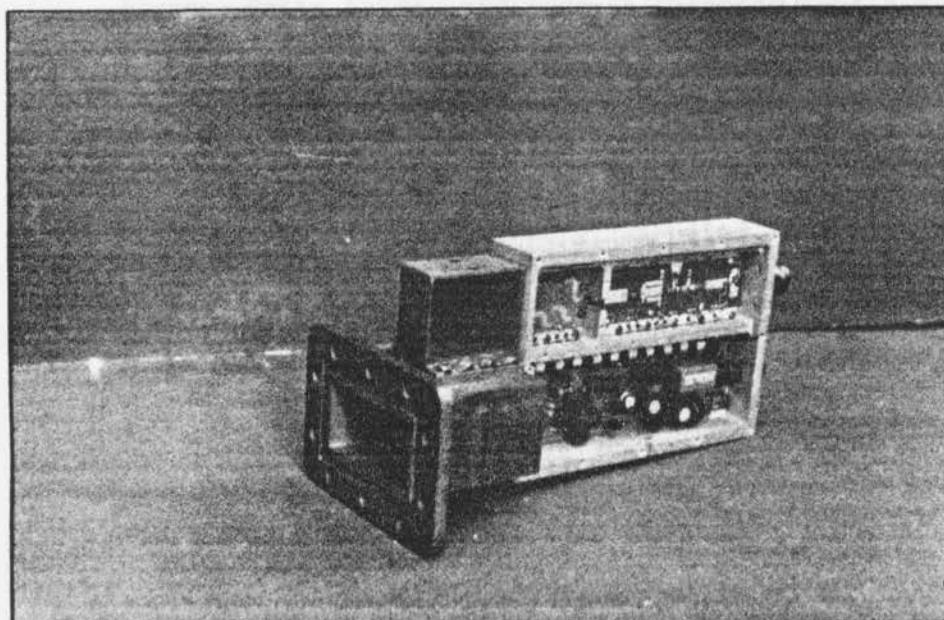


FIGURA 6

FOTO DO LNA DESENVOLVIDO  
NO LABORATÓRIO DE MICROELETRÔNICA DA USP  
COM APOIO DE TELEBRÁS