

Projeto de Transceptor para a Frequência de 18 GHz

Edmar Camargo

Marcos Aurelio Luquese

A necessidade de sistemas de comunicações de baixa capacidade e curto alcance, para aplicações em comunicações privadas, fez com que aparecessem no cenário internacional diversas indústrias dedicadas ao projeto e industrialização deste tipo de sistema. Eles se destinam principalmente à transmissão de informação digital de baixa taxa de repetição e de informação analógica, em particular de sinais de vídeo. Normalmente estes sistemas operam em frequências da ordem de 18 a 26 GHz, o que permite o emprego de antenas de pequenas dimensões, resultando em equipamento extremamente compacto. Desta forma, um sistema de comunicação entre dois pontos e que apresentem dificuldades de instalação, tipo entre duas margens de um rio ou entre dois lados de uma avenida de intenso movimento, pode ser estabelecido por um equipamento deste tipo.

DEFINIÇÃO DO SISTEMA

Em um sistema de transmissão de sinais de vídeo, cujo diagrama simplificado está representado na figura 1, o parâmetro mais importante é a obtenção na recepção de uma imagem limpa de boa qualidade. Este fato se traduz eletricamente por uma relação entre a amplitude do sinal de vídeo e o ruído térmico gerado pelo sistema, da ordem de 50 dB, relação padronizada por normas internacionais. Esta característica vai se refletir na potência empregada no transmissor (P_t), nas características de ruído em microondas (F_R), no alcance do rádio enlace (1) e no sistema de modulação para uma dada frequência de operação.

Os sistemas convencionais de transmissão especialmente de difusão de Rádio

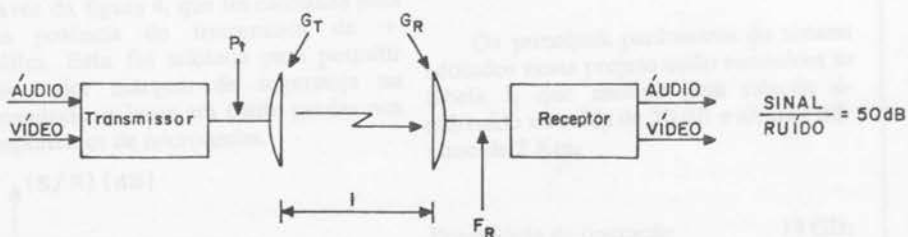


Figura 1
Modelo simplificado de um sistema de transmissão.

No Brasil, este tipo de sistema ainda não foi desenvolvido principalmente devido às dificuldades decorrentes da realização de projetos nestas frequências. Com o objetivo de adquirir este "Know How", a equipe de microondas do Laboratório de Microeletrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, iniciou o desenvolvimento de um transceptor para operação na faixa de 18 GHz, através de um projeto financiado pela FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos.

A primeira etapa do projeto consiste em desenvolver um sistema exclusivamente para transmissão de sinais de vídeo, e em etapa posterior, adaptar os circuitos de banda base para permitir a transmissão de sinais digitais.

e Televisão empregam modulação analógica da amplitude ou da frequência de uma portadora de ondas de rádio. Entretanto, em sistemas profissionais que operam na faixa de microondas, o procedimento usual não é modular diretamente uma portadora em microondas, mas em uma frequência intermediária inferior, geralmente 70 MHz. O espectro de frequências resultante contendo a informação que se deseja transmitir, sofre então uma translação para uma portadora na faixa de microondas, que é transmitida através de ondas de rádio. Neste caso, a portadora de 70 MHz é normalmente modulada em frequência porque este tipo de modulação permite conjugar qualidade de transmissão a fatores econômicos.

Para este projeto ambos os procedimentos são aplicáveis, porém optou-se pelo segundo com modulação típica de

sistemas de televisão, ou seja, modulação em amplitude da informação de vídeo e em frequência da informação de áudio. Desta forma, os circuitos integrados normalmente empregados em videocassetes são utilizados para modular em amplitude uma portadora de 100 MHz, e o sistema de microondas transfere o espectro para 18 GHz (Fig. 2). Na recepção, os circuitos de microondas transferem a informação para uma frequência intermediária de 100 MHz. Em seguida, os circuitos integrados utilizados em receptores de TV permitem recuperar a informação de vídeo através de uma segunda conversão e de um demodulador síncrono. A recepção em banda lateral vestigial é determinada por um filtro localizado antes do demodulador.

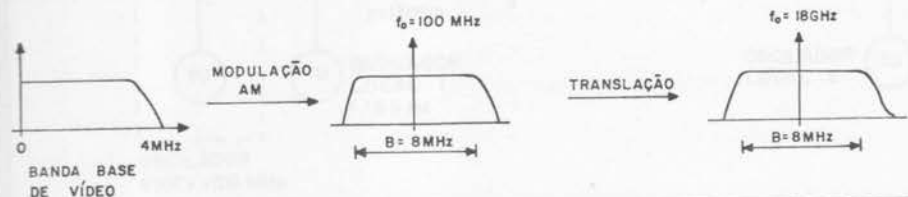


Figura 2
Modulação e translação do espectro de vídeo.

Os parâmetros definidos na figura 1 dependem essencialmente dos componentes de microondas, com exceção da absorção atmosférica. Esta introduz uma atenuação elevada na propagação do sinal e é bastante sensível ao clima. Em tempo bom, na frequência de 18 GHz o sinal sofre uma atenuação de 110 dB ao se propagar em uma distância de 1 Km. Este valor foi utilizado na avaliação do efeito do índice de modulação na potência do transmissor, que depende também do ganho das antenas e da sensibilidade do receptor. O resultado está representado na figura 3, que assume um receptor de 12 dB de figura de ruído e antenas de 35 dB de ganho.

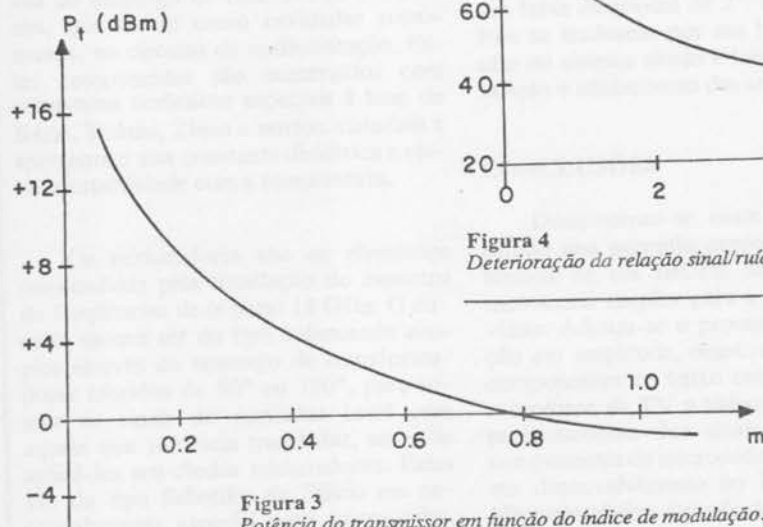


Figura 3
Potência do transmissor em função do índice de modulação.

Verifica-se pela figura que quanto maior a profundidade da modulação menor é a potência requerida do transmissor. Em participar para 100% a potência mínima é inferior a 0 dBm. Porém, este nível de modulação pode gerar distorções inaceitáveis dependendo do tipo de modulador empregado. De acordo com normas internacionais a distorção introduzida não deve ultrapassar 1%. No caso de modulação direta em microondas através de circuitos a diodos de alta frequência a máxima modulação é de 30%. No caso da modulação da portadora intermediária de 100 MHz através de circuitos integrados a máxima modulação permitida é de 80%. Esta última foi adotada no projeto requerendo, de acordo com a figura 3, uma potência de 0 dBm, para um alcance de 1

Km.

A influência da distância entre antenas na qualidade da transmissão, expressa em termos da relação sinal/ruído para o sinal de vídeo, é qualitativamente idêntica à figura anterior. Este fato é comprovado através da figura 4, que foi calculada para uma potência do transmissor de +10dBm. Esta foi adotada para permitir uma maior margem de segurança na transmissão e levar em conta perdas nos componentes de microondas.

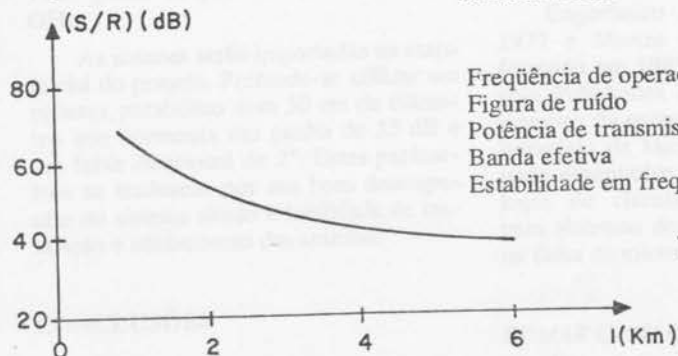


Figura 4
Deterioração da relação sinal/ruído em função da distância entre antenas.

Verifica-se que até cerca de 2 Km, a referida relação se encontra dentro das normas. Admitindo-se tolerável uma relação 10 dB inferior, o que significa aceitar a mesma qualidade de imagem do sistema de vídeo cassete VHS, verifica-se que a recepção é possível até uma distância de 4 Km.

Além da potência de transmissão e ruído do receptor, outro parâmetro importante na definição do sistema é a estabilidade em frequência dos osciladores locais, de microondas. Num sistema simples como o proposto onde não há um controle automático de frequência sincronizando os osciladores, eles devem apresentar estabilidade suficiente para que o sinal recebido seja convertido para uma banda de frequências contida pelo filtro de frequência intermediária que antecede a detecção. No caso do sistema, a faixa deste filtro é de 6 MHz, o que significa uma variação máxima na frequência dos osciladores de microondas de +/- 3 MHz. Entretanto, a frequência do oscilador empregado na segunda conversão de 100 MHz para 45,75 MHz, é controlada por um sistema de sintonia automática conhecida por AFT (do inglês Automatic Frequency Tuning). Este sistema mantém constante a frequência de 45,75 MHz, para uma faixa de variação da frequência de 100 MHz inferior a 1 MHz. A alternativa proposta neste projeto é modificar os parâmetros deste circuito, de modo a aumentar esta faixa para uma variação máxima de +/- 1,5 MHz de ambos os osciladores locais de microondas.

Os principais parâmetros do sistema adotados neste projeto estão resumidos na tabela I, que assume uma relação sinal/ruído na saída de 50 dB e alcance máximo de 2 Km.

Frequência de operação	18 GHz
Figura de ruído	12 dB
Potência de transmissão	+ 10 dBm
Banda efetiva	6 MHz
Estabilidade em frequência	+/- 1,5 MHz

Tabela I - Principais parâmetros do sistema.

COMPONENTES DE MICROONDAS

O diagrama em blocos resumido do sistema encontra-se na figura 5. Os prin-

principais componentes de microondas são os conversores de frequência constituídos pelo conjunto misturador + oscilador local, o amplificador de potência linear, o amplificador de baixo ruído e as antenas. Estes componentes serão construídos pela tecnologia de microlinha de transmissão em fita sobre substratos de material cerâmico (Alumina) ou plástico que apresentem baixas perdas em microondas.

capazes de operar em frequências superiores a 26 GHz.

O transmissor é constituído por um amplificador de potência linear que será construído com transistores tipo MES-FET. Para atender aos requisitos de linearidade, o amplificador deve operar bem abaixo da saturação. Logo, a transmissão de um sinal com potência entre 10 e 20 mW, requer um amplificador capaz

mais novas técnicas de projeto de circuitos de microondas e de dispositivos que representam o estado atual da arte a nível internacional.

Concluindo, pode-se dizer que este projeto apesar de simples, vai fornecer conhecimentos importantes sobre o desempenho de sistemas de comunicação e de componentes em frequências da ordem de 18 GHz. A experiência adquirida po-

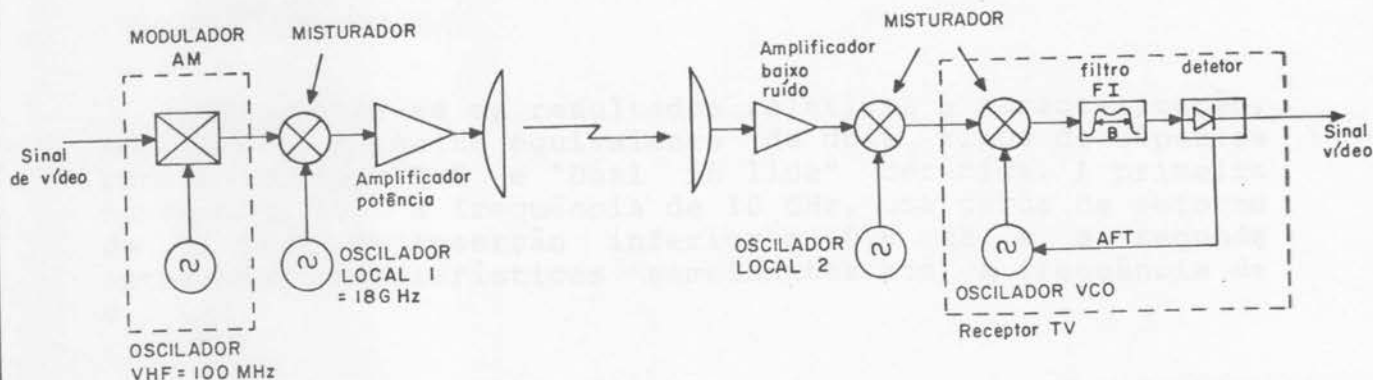


Figura 5
Diagrama em blocos do sistema.

O componente fundamental do sistema é o oscilador local, que deve apresentar uma elevada estabilidade em frequência, parâmetro essencial para garantir a comunicação entre dois pontos. Este componente é responsável pela geração da portadora em 18 GHz através do emprego de um transistor de microondas convenientemente realimentado. Os transistores são do tipo de Efeito de Campo e porta com barreira Schottky construídos com Arseneto de Gálio e apresentam elevado ganho de potência nesta faixa de frequências. Este dispositivo é conhecido na literatura técnica por MESFET (do inglês Metal Semiconductor Field Effect Transistor). A estabilidade é obtida através do emprego de ressoadores dielétricos, que atuam como cavidades ressonantes, no circuito de realimentação. Estes componentes são construídos com compostos cerâmicos especiais à base de Bário, Titânio, Zinco e outros materiais e apresentam alta constante dielétrica e elevada estabilidade com a temperatura.

Os misturadores são os elementos responsáveis pela translação do espectro de frequências de (e para) 18 GHz. O circuito deverá ser do tipo balanceado simples através do emprego de transformadores híbridos de 90° ou 180°, para somar os sinais do oscilador local com aquele que se deseja transladar, antes de aplicá-los aos diodos misturadores. Estes são do tipo Schottky de Silício em encapsulamento especial para microondas,

de fornecer 100 mW no início de sua saturação.

O receptor é constituído por um amplificador de baixo ruído, que será construído com transistores de efeito de campo e porta com heterojunção e que apresenta uma alta mobilidade de seus portadores. Este dispositivo, conhecido por transistor tipo HEMT (do inglês High Electron Mobility Transistor), apresenta uma baixa figura de ruído (2,0 dB) e elevado ganho de potência (10 dB) em 18 GHz.

As antenas serão importadas na etapa inicial do projeto. Pretende-se utilizar um refletor parabólico com 50 cm de diâmetro que apresenta um ganho de 35 dB e um feixe direcional de 2°. Estes parâmetros se traduzem por um bom desempenho do sistema aliado à facilidade de instalação e alinhamento das antenas.

CONCLUSÕES

Desenvolveu-se neste trabalho, um estudo que permitiu especificar os parâmetros de um sistema de comunicação monocal simplex para a transmissão de vídeo. Adotou-se o processo de modulação em amplitude, objetivando empregar componentes de baixo custo comuns em receptores de TV e videocassetes para o processamento dos sinais de vídeo. Os componentes de microondas se encontram em desenvolvimento no Laboratório de Microeletrônica através do emprego das

derá ser aplicada posteriormente no projeto de sistemas que empregam outras formas de modulação da portadora, por exemplo modulação em frequência e em fase e no desenvolvimento de componentes para aplicações na área de telecomunicações.

MARCOS AURELIO LUQUESE

Engenheiro eletricitista formado em 1977 e Mestre em engenharia elétrica formado em 1985, títulos obtidos na Escola Politécnica da USP. Desde 1978 é membro da equipe de microondas do Laboratório de Microeletrônica da EPUSP, onde desenvolve componentes em tecnologia de circuitos integrados híbridos, para sistemas de transmissão e recepção na faixa de microondas.

EDMAR CAMARGO

Engenheiro Industrial formado pela FEI em 1972. Em 1977 e 1986 respectivamente, obteve os títulos de Mestre e Doutor em engenharia elétrica pela Escola Politécnica da USP. Desde 1973 é membro da equipe de microondas do Laboratório de Microeletrônica da EPUSP, onde desenvolve componentes de microondas em tecnologia de circuitos integrados híbridos. Ultimamente se especializou no projeto de circuitos de microondas não-lineares. Membro do I.E.E.E.