

# Modulador UQPSK em Banda S Para Satélites

Ivan Tosetto Júnior e Rodolfo A. S. Araujo

**Resumo** — Este trabalho apresenta o projeto e construção de um modelo de desenvolvimento de um modulador UQPSK (Unbalance-QPSK) para aplicação no transmissor de dados das câmeras dos Satélites CBERS 3&4 operando na faixa de frequência em Banda S, com taxas de transmissão de dados de 69 Mbps e 50 Mbps.

**Palavras-Chave** - Modulador UQPSK, Banda S, CBERS, taxa de transmissão de dados.

**Abstract**—This work presents an UQPSK S-Band Modulator development model design for space application to transmit CBERS 3&4 cameras data, operating on a transmission data rate of 69 Mbps and 50 Mbps.

**Index Terms** - UQPSK Modulator, S Band, CBERS, transmission data rate.

## I. INTRODUÇÃO

É usual o emprego de modulação QPSK para transmissão de dados de câmeras em Satélites, como por exemplo, os Satélites CBERS 1&2 (*China Brazil Earth Resources Satellite*) e os da série SPOT.

A grande vantagem da substituição para uma modulação UQPSK é a possibilidade de transmitir os dados de duas câmeras independentes (sem sincronismo entre elas) em um mesmo canal de RF, reduzindo a faixa de transmissão e possibilitando a utilização de taxas mais elevadas no *down-link*.

Um sinal modulado UQPSK é nada mais do que um sinal QPSK com desbalanceamento entre as componentes I – in-phase (em fase) e Q – quadri-phase (em quadratura) de um modulador QPSK, i.e., possuem diferentes níveis de potência e valores independentes de seqüências de dados a diferentes taxas [1]. O esquema de transmissão é mais eficiente quando se tem duas fontes de dados diferentes com taxas independentes e precisam ser transmitidas em uma banda de frequência restrita. Para a modulação QPSK são necessários dois transmissores / moduladores independentes, os quais necessitam de afastamento entre as duas portadoras moduladas.

### A. Principais Características

Um Modulador UQPSK deve apresentar os seguintes requisitos [2]:

- Os dados devem ser provenientes de dois canais com diferentes seqüências de símbolos e a modulação é feita por chaveamento de fase reversa de duas portadoras quadráticas em fase com amplitudes diferentes.
- O ângulo de fase entre as duas portadoras em quadratura está entre  $(90 \pm 2)^\circ$ .
- O desvio de desbalanceamento de amplitude do valor teórico entre as duas portadoras em quadratura é menor que  $\pm 0,5\text{dB}$ .
- A modulação é tal que para cada canal, a supressão do sinal proveniente do outro canal é maior do que 30 dB.
- A potência de desbalanceamento deve ser menor que 10 dB.
- O desbalanceamento da taxa de símbolo - DTS (dada pela equação abaixo) deve ser maior que 0,05.

$$DTS = (f_{s1} - f_{s2}) / (f_{s1} + f_{s2}),$$

onde  $f_{s1}$  é a taxa de símbolo do canal 1 e  $f_{s2}$  é a taxa de símbolo do canal 2.

## II - PROJETO

Para a construção do modulador UQPSK foram utilizados uma híbrida e um somador (combinador de potência) em Banda S, cabos de RF de interconexão de mesma fase e dois moduladores BPSK operando em 2,2 GHz, sendo modulados com diferentes taxas e seqüência de dados.

Como modulador BPSK utilizamos o circuito integrado (CI) RF2422 fabricado pela RF Micro Devices [3], que é um modulador em quadratura (QPSK) capaz de modular diretamente sinais em altas frequências em AM, PM ou portadoras compostas. É composto de amplificadores diferenciais para as entradas de modulação, rede de defasagem de  $90^\circ$  da portadora, amplificadores limitadores de portadora, amplificadores somadores e amplificador de RF de saída que fornece uma impedância de 50 ohms de 800 MHz a 2500 MHz. O C.I. RF2422 pode ser usado como modulador BPSK conectando-se as suas entradas de dados I e Q.

## III – ESQUEMA PROPOSTO

A Figura 1 mostra o diagrama em blocos do modulador UQPSK usando dois moduladores BPSK (CI RF2422), uma híbrida e um somador em banda S.

Os cabos que ligam a saída do somador às entradas dos moduladores têm a mesma fase assim como os cabos que ligam as saídas dos moduladores às entradas da híbrida.

A diferença de potência nas entradas do somador é dada pela relação de frequência das taxas de modulação utilizadas.

Neste caso, como as taxas são respectivamente 69 Mbps e 50 Mbps devemos ter uma diferença de 1,4 dB nestas entradas (menor taxa = menor potência).

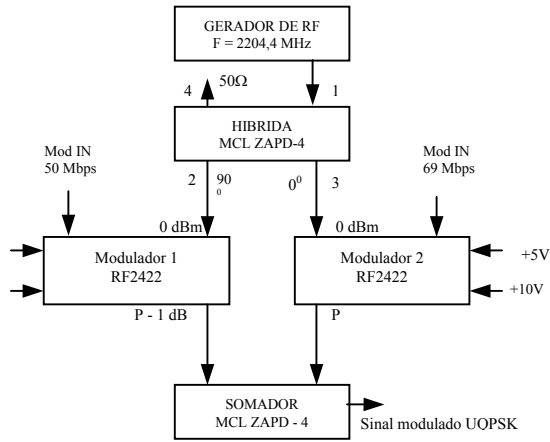


Fig. 1 – Diagrama de blocos do Modulador UQPSK

IV – RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 2 abaixo mostra a curva experimental, medida no Analisador de Espectros da HP, do modulador UQPSK modulado por dois sinais pseudoaleatórios, PRN ( $2^N - 1$ , onde  $N = 20$ ) com taxas de 69 Mbps e 50 Mbps respectivamente. A Figura 3, para efeito de comparação, mostra a mesma curva simulada no software *System View* da ELANIX [4].

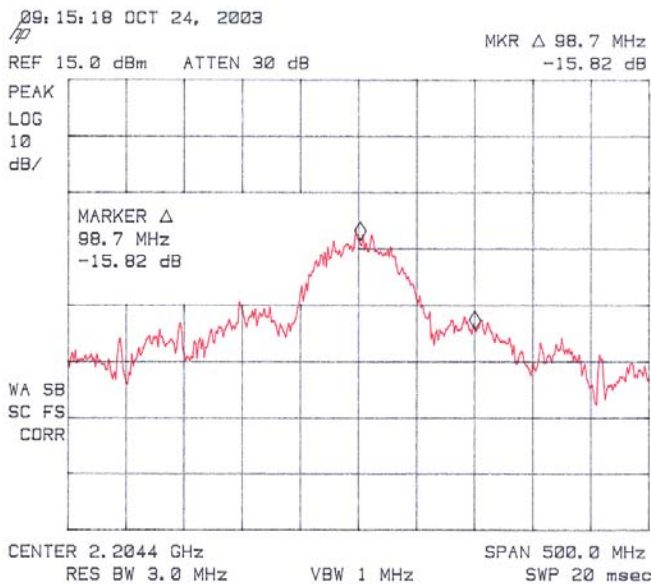


Fig. 2 – Modulador UQPSK

- Medida de Fase:

Para que o ângulo de fase entre as duas portadoras em quadratura esteja entre  $(90 \pm 2)^\circ$ , é necessário que não haja diferença de fase entre os moduladores utilizados (considerando que a margem fica por conta da híbrida e do somador).

O diagrama do teste de medida de fase é mostrado na Figura 4 e os resultados obtidos nas Figuras 5 e 6.

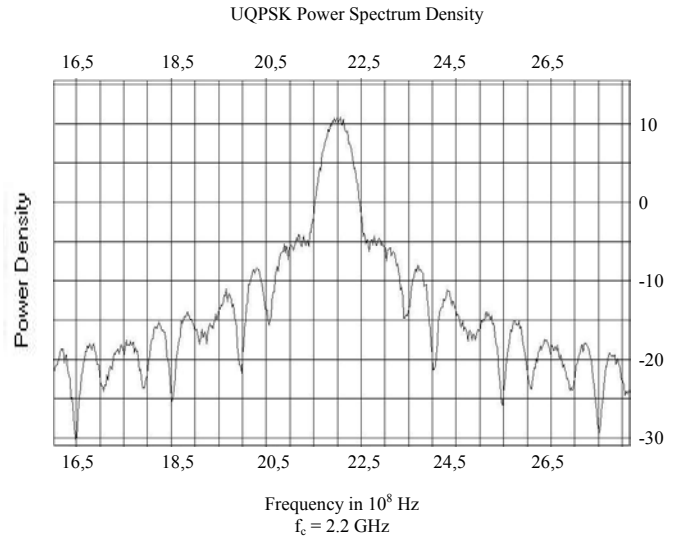


Fig. 3 - Espectro simulado no *System View*

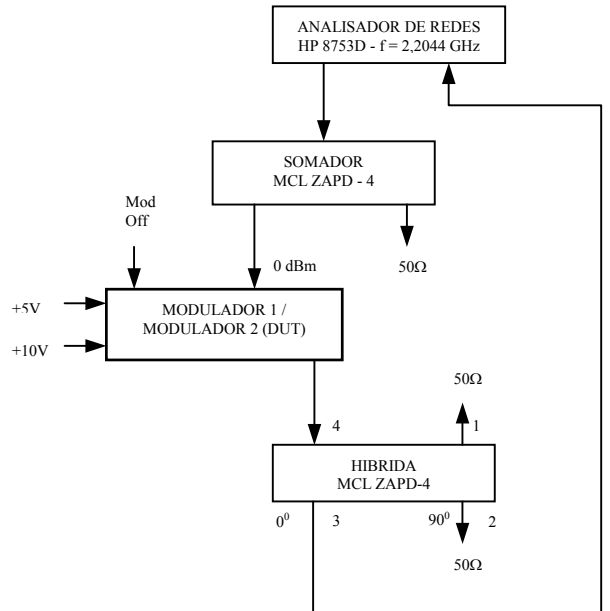


Fig. 4 – Diagrama de medida de fase

## V – CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pode-se verificar que a curva do sinal modulado de saída apresenta a mesma distribuição espectral e amplitudes do sinal simulado no *System View*, onde se conclui que o modulador UQPSK está operando corretamente. Verifica-se, porém, uma diferença de fases de aproximadamente 8 graus entre os dois moduladores utilizados, o que poderá provocar distorções na modulação dos dados, aumentando assim a interferência intersimbólica. Este problema pode ser reduzido escolhendo-se dois moduladores com fases mais próximas.

O grande avanço na construção deste modulador foi a obtenção da distribuição espectral como a soma das duas taxas de bits no sinal modulado em 2,2044 GHz e a constatação de viabilidade deste circuito fazer parte do Transmissor de Dados das Câmeras do Satélites CBERS 3&4. Como continuação deste trabalho este modulador desenvolvido será integrado com um *up-converter* para Banda X (8,2 GHz) e com um SSPA (*Solid State Power Amplifier*) para a realização de medidas a nível de subsistema (BER – *Bit Error Rate*, *Spectrum Regrow*, etc.).

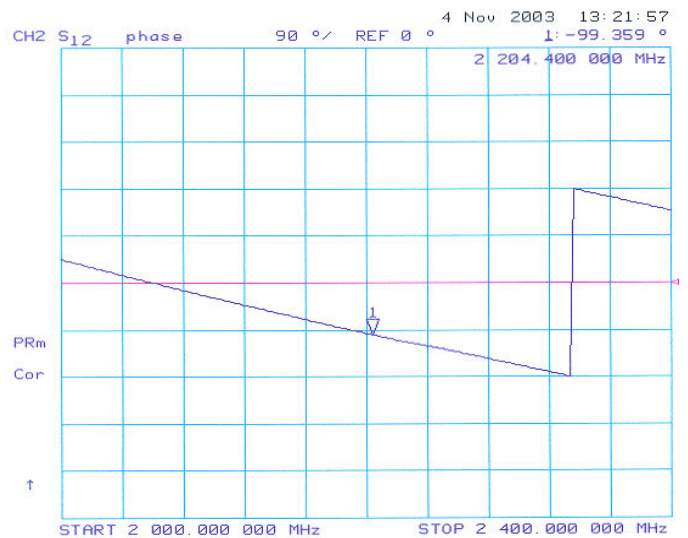


Fig. 6 - Medida de Fase do Modulador 2

## VI – REFERÊNCIAS

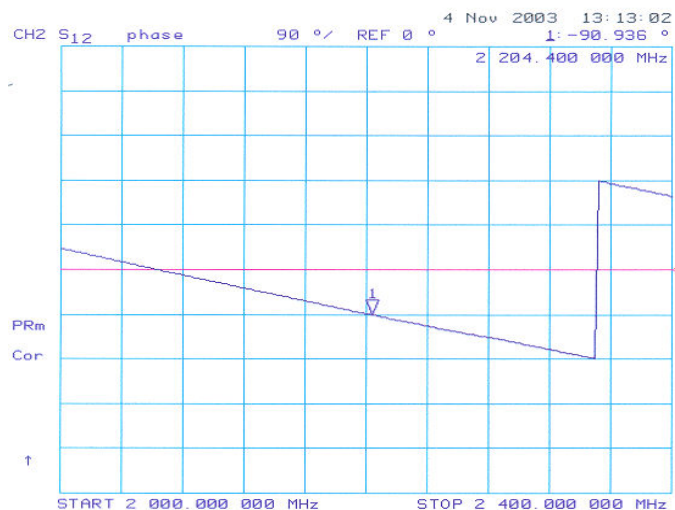


Fig. 5 - Medida de Fase do Modulador 1

- [1] R. M. Gagliard, "Satellite Communications", VNR Co., 1984.
- [2] ESA-ESTEC, "Space engineering – Radio Frequency and modulation", ECSS-E-50-05A, 2003.
- [3] MICRO-DEVICES, "RF2422 - 2.5 GHz Direct Quadrature Modulator Data Sheet", www.rfmd.com.
- [4] System View "The leading Microsoft design environment for DSP, communications and RF/Analog system development", Version 5.