

# **Resumo de trabalho**

## **Multiplexação por divisão de frequência em links de fibra ótica para arranjo de antenas defasadas**

**Disciplina:** Componentes e sistemas de sensoriamento a fibra ótica  
PEA5719

**Professor:** Dr. Josemir Coelho Santos

**Aluno:** Ricardo Caranicola Caleffo

**Número USP:** 9047861

São Paulo, 07 de dezembro de 2016.

## SUMÁRIO

<b>1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>3</b>
<b>2- RESUMO .....</b>	<b>3</b>
<b>3- INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>4- ARRANJO DE ANTENAS DEFASADAS .....</b>	<b>4</b>
<b>5- DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....</b>	<b>5</b>
5.1- LINK ÓTICO DE MICRO-ONDAS.....	5
5.2- FILTROS DE ENTRADA/ SAÍDA ( <i>INPUT/ OUTPUT BIAS-T</i> ).....	6
5.3- TRANSMISSOR/ RECEPTOR DIGITAL.....	6
<b>6- RESULTADOS ESPERIMENTAIS.....</b>	<b>7</b>
<b>7- CONCLUSÕES.....</b>	<b>8</b>
<b>8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>8</b>

## 1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este documento é baseado no trabalho apresentado por Heim e Mcclay<sup>1</sup> e complementado pelo trabalho de Guggenmos e Jhonson<sup>2</sup>.

## 2- RESUMO

Um multiplexador por divisão de frequência é descrito no qual um sinal de micro-ondas na faixa de 1 GHz a 8 GHz é eletricamente combinado com um sinal digital com taxa de transmissão de 1 MB/s a 10 MB/s e transmitidos diretamente por um link de fibra ótica.

O sinal de micro-ondas não afeta a taxa de erro de bit (BER) do sinal digital que utiliza codificação Manchester, no entanto, o sinal digital afeta a qualidade do sinal de micro-ondas, gerando ruído de intermodulação. A densidade de potência do ruído de intermodulação é proporcional aos sinais de micro-ondas e digital que são injetados na entrada do sistema, o que permite modelar o sistema como um modulador AM. É verificado que a codificação Manchester posiciona o pico do ruído de intermodulação longe do sinal de micro-ondas no espectro de frequência, prevenindo dessa maneira, uma maior degradação da portadora.

## 3- INTRODUÇÃO

Links analógicos de fibra ótica de alta velocidade estão sendo cada vez mais utilizados para distribuição de sinais de rádio frequência (RF) em arranjo de antenas defasadas, pois, tais links apresentam algumas vantagens como: pequeno tamanho físico, baixo peso, imunidade eletromagnética (EMI), baixo *crosstalk* e grande largura de banda (característica inerente das fibras óticas). No entanto, a linearidade do sistema é um fator limitante.

As atuais arquiteturas de arranjo de antenas defasadas utilizam tecnologia monolítica para desenvolver circuitos integrados de micro-ondas (*Microwave Monolithic Integrated Circuit* - MMIC), permitindo obter menor custo e dimensões físicas reduzidas.

A tecnologia MMIC aprimora a confiabilidade por incorporar todos os componentes dos circuitos monolíticos, no qual, cada circuito requer entradas digitais para controlar as fases dos sinais a serem irradiados pelas antenas.

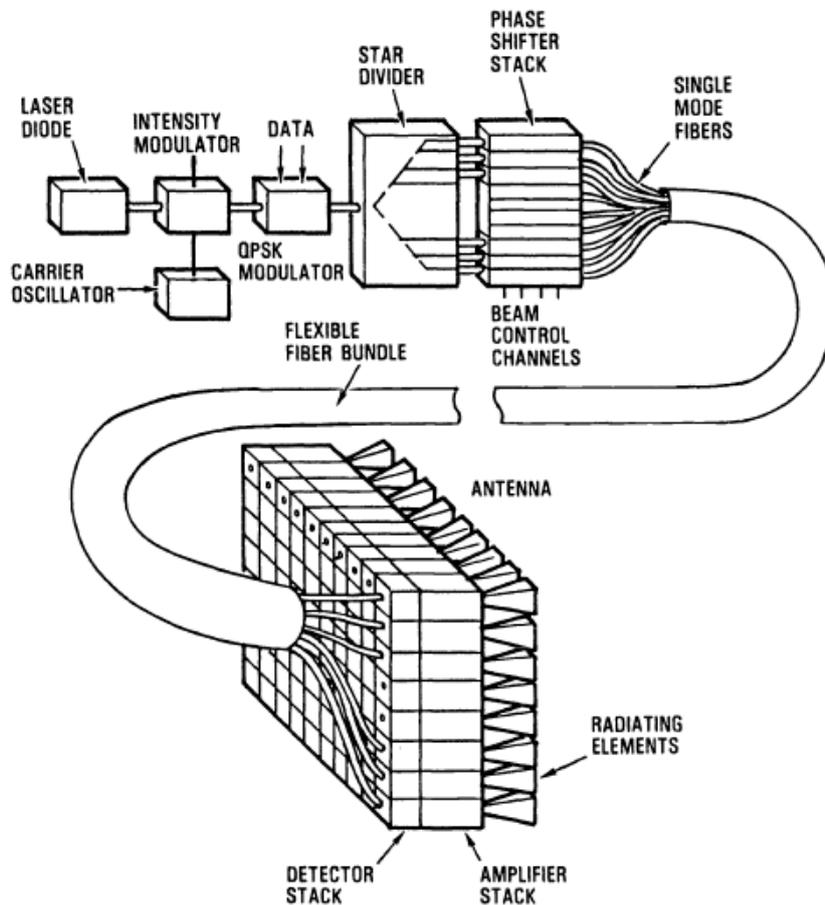
Várias opções estão disponíveis para multiplexar e transmitir sinais digitais e RF em links óticos, tais como: *Frequency Division Multiplexing (FDM)* e *Wavelength Division Multiplexing (WDM)*.

Esse trabalho estuda o desempenho de um FDM, no qual, um sinal digital/ RF são eletricamente combinados e transmitidos por um link de fibra ótica.

#### 4- ARRANJO DE ANTENAS DEFASADAS

Um exemplo de arquitetura de arranjo de antenas (*antenna array*) utilizando um modulador ótico é ilustrado pela Figura 1. O trabalho de Guggenmos e Jhonson<sup>2</sup> trata e explica o assunto em detalhe.

Figura 1 - Exemplo de arranjo de antenas.



Fonte – Guggenmos e Jhonson<sup>2</sup>.

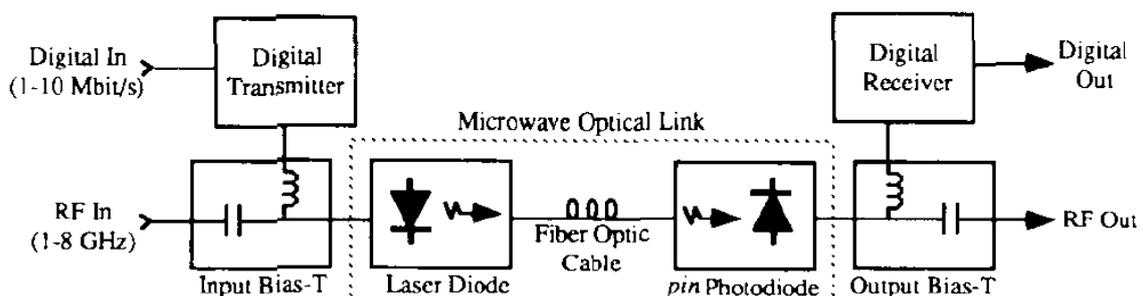
Na Figura 1 um sinal em alta-frequência é combinado com um sinal digital e transmitido via fibra ótica para as antenas, elementos que irão radiar ondas eletromagnéticas em uma determinada faixa de frequência. O intuito é enviar um único sinal de micro-ondas com diferentes valores de fase para cada antena. A fase do sinal em alta-frequência é controlada digitalmente.

O sinal ótico que chega até o divisor estrela possui o sinal de micro-ondas combinado com o sinal digital. O divisor estrela seleciona qual fibra ótica irá guiar o sinal, e o defasador elemento que está conectado em seguida, defasa o sinal a ser enviado para as antenas. O sinal defasado é transmitido via fibra ótica até o detector que, capta o sinal ótico e transforma em sinal elétrico. Após a obtenção do sinal elétrico, este é amplificado e injetado nas antenas para que as mesmas irradiem a informação desejada.

## 5- DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema considerado nesse trabalho transmite simultaneamente um sinal contínuo de micro-ondas na faixa de 1 GHz a 8 GHz e um sinal digital em codificação Manchester com taxa de transmissão de 1 MB/s a 10 MB/s. O sistema ilustrado pela Figura 2 consiste de três componentes básicos: link ótico de micro-ondas, filtros de entrada/ saída (*input/ output Bias-T*) e transmissor/ receptor digital.

Figura 2 - Diagrama em blocos do sistema.



Fonte - Heim e Mcclay<sup>1</sup>.

### 5.1- LINK ÓTICO DE MICRO-ONDAS

O link ótico de micro-ondas consiste de um diodo laser InGaAsP operando no comprimento de onda de 1300 nm e um fotodiodo PIN InGaAsP no receptor.

Um atenuador ótico é inserido entre o laser e o fotodiodo para simular a perda ao longo do link ótico. O diodo laser é casado em banda larga para uma impedância de referência de  $50 \Omega$  por meio de um resistor série.

## 5.2- FILTROS DE ENTRADA/ SAÍDA (*INPUT/ OUTPUT BIAS-T*)

Esses filtros são responsáveis por separarem o sinal de baixa frequência (sinal digital) do sinal em alta frequência (micro-ondas). O capacitor atua como um curto-circuito em altas frequências e um aberto em baixas frequências, e o indutor atua como um curto-circuito em baixas frequências e um aberto em altas frequências.

## 5.3- TRANSMISSOR/ RECEPTOR DIGITAL

O transmissor digital realiza uma codificação Manchester em uma série de dados binários captados na entrada digital. Foi escolhida a codificação Manchester, pois essa oferece um espectro de potência com insignificantes componentes em baixa frequência e componente DC, permitindo o receptor ser um acoplador AC. O receptor digital precisa ser um acoplador AC porque a modulação analógica do diodo laser resulta em uma potência ótica média quiescente no fotodetector, devendo ser rejeitada. O receptor digital possui um decodificador Manchester.

## 6- RESULTADOS ESPERIMENTAIS

O ruído de intermodulação gerado no canal de RF pelo o sinal digital é ilustrado pela Figura 3. O sinal de RF possui frequência de 2 GHz e potência de 3 dBm.

Figura 3 - Espectro do sinal de micro-ondas depois da transmissão através do link de fibra ótica.

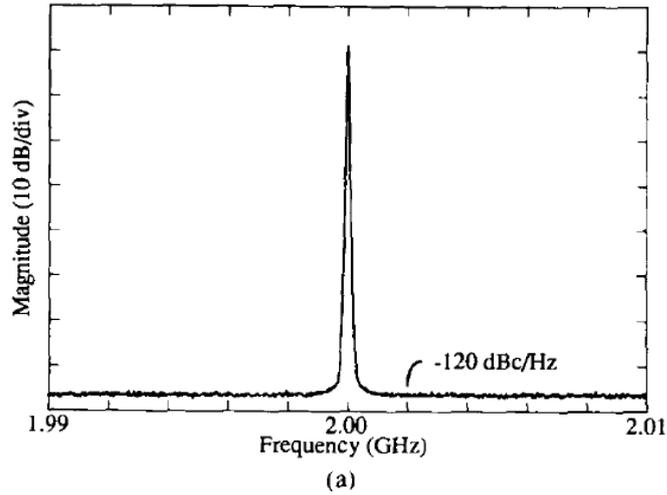


Figura 3 (a) - Espectro do sinal de micro-ondas sem a presença do sinal digital.

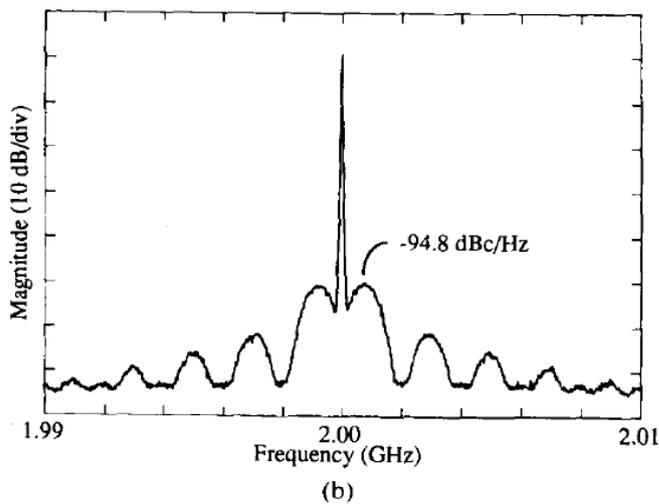


Figura 3 (b) - Espectro do sinal de micro-ondas com a presença do sinal digital a uma taxa de 1 Mb/s.

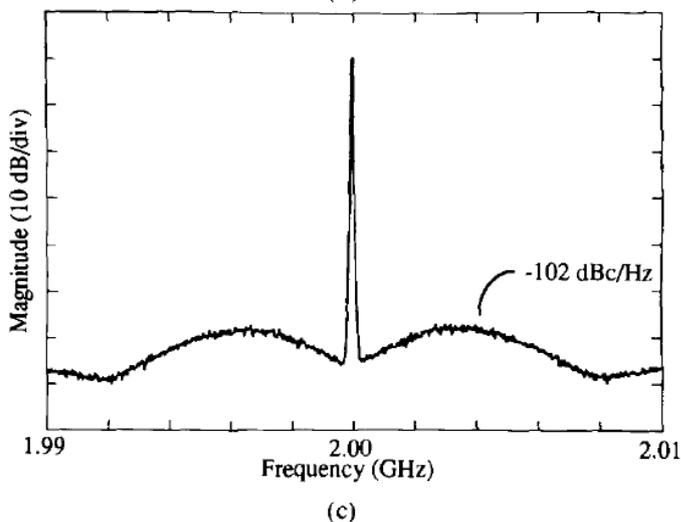


Figura 3 (c) - Espectro do sinal de micro-ondas com a presença do sinal digital a uma taxa de 5 Mb/s.

Foi verificado que o diodo laser é o elemento não linear dominante causador do ruído de intermodulação.

Foi verificado também que o aumento da taxa de dados reduz a potência do ruído de intermodulação, conforme exibido pela Figura 3. De acordo com a Figura 3, o aumento da taxa de dados de 1 MB/s para 5 Mb/s reduziu a potência de intermodulação de -95 dB/Hz para -120 dB/Hz.

## 7- CONCLUSÕES

Foi demonstrado e caracterizado um FDM em link de fibra ótica que transmite simultaneamente um sinal de RF e um sinal digital. Esse sistema representa uma proposta simples e barata para redes de distribuição de sinais para arranjos de antenas. Foi verificado um ruído de intermodulação no canal de RF gerado pela modulação do sinal digital, degradando a qualidade original do sinal em alta frequência.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 HEIM, P. J.; MCCLAY, C. P. Frequency Division Multiplexed Microwave and Baseband Digital Optical Fibers Link for Phased Array Antennas. **Transactions on Microwave Theory and Techniques**. vol. 38, n. 5, 7p, 1990.
- 2 GUGGENMOS, J. L.; JHONSON, R. L. Fiber Based Phased Array Antennas. **Optical Technology for Microwave Applications III**. vol. 789, 8p, 1987.