

# Implementação de Anel de Circulação Óptica

Erikson H. Ferrarini, Ricardo E. Silva e Alexandre A. P. Pohl

**Resumo**—Neste trabalho é descrito um anel de circulação óptico, usado em laboratório para ensaios de sistemas de comunicação óptica. Deixando a luz circular por um segmento de fibra, o anel de circulação simula um sistema comunicação de longa distância e possibilita a caracterização dos parâmetros de propagação no mesmo. O objetivo deste trabalho é apresentar o conceito, a técnica de funcionamento do anel de circulação óptico e sua implementação.

**Palavras-Chave**—Fibra Óptica, Comunicação Óptica, Anel de Circulação.

**Abstract**—This work presents an optical circulation loop used in laboratories for testing optical communication systems. Letting the light circulates in a fiber segment, the optical circulation loop simulates a long distance communication system and allows its characterization. The aim of this paper is to present the concept, the operation technique and the implementation of the optical circulation loop.

**Keywords**—Optical Fiber, Optical Communication, Optical Circulation Loop.

## I. INTRODUÇÃO

O Anel de circulação tem desempenhado um importante papel no ensaio, em laboratório, de sistemas de comunicação de longa distância. Implementados desde a década de 70 [1], inicialmente eles foram utilizados para caracterização da propagação de pulsos em sistemas de longa distância em fibras multimodo e monomodo. Atualmente eles têm sido utilizados no ensaio de transmissão, no teste de sistemas com cadeias de amplificadores ópticos e no estudo de sistemas de compensação de dispersão. Sua vantagem reside na utilização de um número menor de componentes e equipamentos ópticos do que a quantidade necessária para implementar um sistema real, o que torna o experimento menos complexo e de baixo custo. A potencialidade do anel pode ser compreendida quando se analisa, por exemplo, um sistema transoceânico de 10.000 km, que pode ser simulado [1] com apenas 400 km de fibras e 8 amplificadores ópticos dopados com Érbio (um amplificador a cada 50 km). Deixando a luz circular por 25 voltas no anel, pode-se implementar tal sistema no laboratório. Este trabalho apresenta a configuração básica e testes iniciais do anel de circulação óptico em implementação no Laboratório Avançado de Telecomunicações da UTFPR. A descrição aborda dispositivos importantes que o compõe, a técnica de circulação da luz no anel e ensaios com alguns componentes.

## II. CONFIGURAÇÃO E FUNCIONAMENTO

A figura 1 mostra um diagrama do anel de circulação com os componentes necessários para sua implementação, entre os quais se incluem um trecho de fibra óptica, chaves ópticas, acoplador óptico, um gerador de pulsos, uma fonte óptica, um modulador, um amplificador óptico, um circuito de fotodeteção

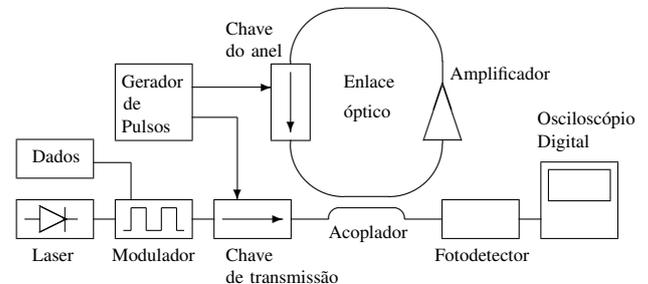


Fig. 1. Configuração do anel de circulação óptico

e um osciloscópio digital de amostragem. A configuração implementada segue o diagrama da figura 1. O funcionamento do anel é descrito a seguir: um fluxo de bits ópticos (sinal modulado) é inicialmente carregado no anel com auxílio de um acoplador óptico, mantendo-se a chave de transmissão fechada (passagem do sinal liberado). Depois do carregamento, a chave de transmissão é aberta e a chave do anel é fechada. O fluxo de bits fica circulando pelo anel e cada vez que passa pelo acoplador óptico uma amostra é direcionada ao fotodetector, acoplado ao osciloscópio digital. Neste procede-se à análise do diagrama de olho e parâmetros como a taxa de erro de bits (BER), fator Q e a dispersão. A seguir descreve-se os principais componentes e suas características.

### A. Fibra óptica

Para montagem do enlace é necessário um trecho de fibra de comprimento e parâmetros conhecidos. A fibra utilizada no experimento é uma fibra óptica monomodo padrão que se encontra em um cabo óptico de aproximadamente 1.200 m de comprimento, modelo Siemens A-DF (ZN)2Y 4x6 E9/12. O cabo possui 4 tubetes com 6 fibras em cada tubete. A realização de emendas entre os 24 trechos de fibra no cabo permitiu montar 3 longos segmentos conectorizados de fibra. A segmentação é necessária para que se possa inserir os dispositivos e equipamentos no anel, tais como a chave do anel, o amplificador óptico e o acoplador. Para as emendas foi utilizada a técnica de fusão de fibras, observando-se uma perda média de 0,1 dB/fusão. A perda total do enlace, medida com um medidor de potência, foi de 7,9 dB. Com o auxílio da equação 1 e do coeficiente de atenuação especificado no manual do fabricante (0,22 dB/km @ 1550 nm), estimou-se o comprimento do anel em 35 km. Entretanto, com o auxílio do OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) verificou-se que o comprimento é de 32km (0,24 dB/km), pois também deve-se incluir a perda originada nas emendas.

$$C = \frac{\text{Perda Total}}{\text{Constante de Atenuação}} \quad (1)$$

### B. Chaves ópticas

Para controlar o fluxo de bits no anel e manter o sinal circulando no enlace é necessário duas chaves ópticas com desempenho compatível ao tempo de circulação da luz no enlace e uma alta razão de extinção. O tempo de loop é um parâmetro importante no anel de circulação. Ele está diretamente ligado com a aplicação da técnica de circulação do fluxo de bits no enlace. O tempo de circulação,  $T_{loop}$ , é determinado [2] dividindo-se o comprimento do enlace,  $C$ , pela velocidade de grupo da luz na fibra,  $V_g$ .

$$T_{loop} = \frac{C}{V_g} \quad (2)$$

A velocidade de grupo é calculada [3] dividindo-se a velocidade de propagação da luz,  $c$ , pelo índice de refração de grupo da fibra,  $N_g$ , cujo valor é encontrado na folha de especificação da fibra ( $N_g = 1,4682$ ). Considerando-se a velocidade da luz no vácuo como  $c = 299.792.458 m/s$ , pode-se calcular a velocidade de grupo na fibra como:

$$V_g = \frac{c}{N_g} = \frac{299792458}{1,4682} = 204.190.478 m/s \quad (3)$$

Na ausência de chaves apropriadas, foram utilizados atenuadores ópticos variáveis, controlados por tensão, cuja atenuação pode ser variada em um intervalo de 0 a 55 dB, em um tempo de 200  $\mu s$  segundos, modelo Santec MOVA-1.

### C. Gerador de pulsos

O gerador de pulsos é o responsável por controlar as chaves ópticas. Através dele é gerado a forma de onda que permite a comutação das chaves (de transmissão e do anel, figura 2). Como o gerador de pulsos está diretamente ligado à técnica de circulação, ele deve ser escolhido tendo como base o tempo de comutação desejado da chave óptica, ou seja, o tempo que a chave deve permanecer aberta ou fechada para acomodar o fluxo de bits no anel. O tempo de resposta do gerador precisa ser menor do que o tempo de comutação da chave para não comprometer o desempenho desta.

Como módulo gerador de pulsos foi utilizado um sistema microcontrolado e um circuito amplificador elétrico. Tal amplificador é acoplado ao gerador de pulsos, caso o nível de tensão gerado por este não seja suficiente para o acionamento das chaves ópticas. Foi utilizado o microcontrolador 8051 devido a sua simplicidade. Suas funções de **timer** foram utilizadas para gerar a forma de onda e controlar as chaves ópticas.

### III. RESULTADOS PRELIMINARES

Com o valor da velocidade de grupo, utilizando a equação 2, pode-se gerar uma curva do comprimento do enlace em função do tempo de circulação da luz no anel. Esta curva permite avaliar se a chave óptica tem desempenho suficientemente rápido para acomodar o fluxo de bits desejado no comprimento de fibra existente. Através dela verifica-se que quanto menor o comprimento do enlace, maior deve ser a velocidade da chave óptica para que esta cumpra seu papel na técnica da circulação da luz. Com o valor do comprimento e da velocidade de grupo,

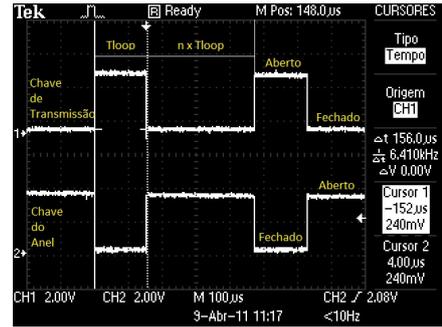


Fig. 2. Diagrama das chaves ópticas.

utilizado a equação 2, verificou-se que o tempo de circulação da luz em uma volta do anel é de 156  $\mu s$ . A figura 3 mostra o transiente de potência no anel quando a corrente do laser de bombeio do amplificador foi configurada para 20% (curva superior) e para 50% (curva inferior) do seu valor máximo.

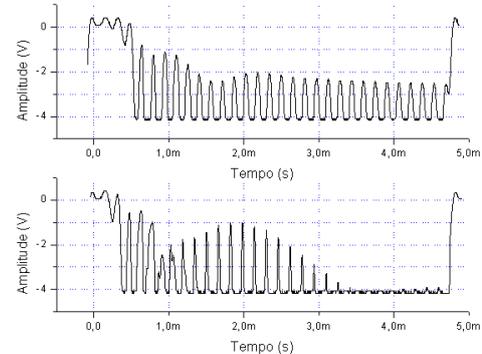


Fig. 3. Transiente de Potência observada no fotodetector para circulação com 30 volts

### IV. CONCLUSÕES

O anel de circulação óptico é uma importante ferramenta para simulação experimental de sistemas de transmissão óptica de longa distância em laboratório. O anel foi implementado utilizando-se os circuitos de controle e atenuadores variáveis como chaves ópticas. Contudo, chaves eletro- ou acusto-ópticas, com tempo de resposta menor, devem ser usadas. Todavia, o emprego de atenuadores variáveis pode ser uma alternativa viável no momento. Ensaios iniciais mostraram que os transientes de potência no anel podem ser controlados variando-se a corrente de bombeio do amplificador óptico.

### AGRADECIMENTOS

Erikson H. Ferrarini agradece ao CNPq pela bolsa PIBIT e Ricardo E. Silva agradece a CAPES pela bolsa de mestrado.

### REFERÊNCIAS

- [1] Bergano, N.S.; Davidson, C.R.; , "Circulating loop transmission experiments for the study of long-haul transmission systems using erbium-doped fiber amplifiers," Lightwave Technology, Journal of , vol.13, no.5, pp.879-888, May 1995.
- [2] "Optical circulation loop measurement", <http://www.anritsu.com/en-us/downloads/applicationnotes/applicationnote/dw11493.aspx>, Anritsu Corporation, Application Note.
- [3] Ribeiro, José Antonio Justino, "Comunicações ópticas", São Paulo, Érica, 2003.