

## Resumo

A investigação do potencial de formatos de modulação "partial-response signalling", tais como, duo-binário, duo-binário modificado e "dicode", a débitos de 10 Gbit/s e aplicados em sistemas de comunicação por fibra óptica, foi o objectivo primordial desta Tese. Mais especificamente, o impacto das não-linearidades da fibra óptica sobre estes formatos de modulação foi objecto de análise. A premissa, na utilização deste tipo de sinais, deveu-se ao facto de, alguns deles, poderem permitir, devido a possibilitarem compressão espectral, uma imunidade acrescida à dispersão cromática da fibra bem como às suas não-linearidades.

De todas as classes de sinais PRS, era já conhecido que apenas os acima-mencionados são, na verdade, adequados para uso em sistemas por fibra óptica. No tocante à dispersão, verificou-se que, apesar de reduzirem a largura de banda óptica da ligação, não apresentavam, mesmo assim, vantagem alguma sobre modulação binária convencional. Tal só foi alcançado através de limitação da banda, por meio de filtragem dos sinais eléctricos; todavia, tais melhorias eram dependentes do formato em questão. Uma técnica alternativa de implementação de duo-binário permitiu estender a distância, limitada pela dispersão, a cerca de 150 km, uma melhoria quase duas vezes superior quando comparada com sinais binários. Todavia, esta acrescida imunidade à dispersão teve o reverso da medalha: uma simetria rígida dos parâmetros de funcionamento dos transmissores ópticos PRS relativamente ao caso binário.

A necessidade, sustentada, de cada vez maior capacidade dos sistemas, conduziu a maiores débitos, maiores potências ópticas injectadas e menor espaçamento entre canais, o que por sua vez permitiu aumentar o número de canais do sistema. No entanto, todos estes factores exacerbaram a diafonia cruzada não-linear entre canais, a qual é devida aos efeitos não-lineares da fibra. Por conseguinte, avaliar o impacto das não-linearidades sobre os vários formatos de modulação estudados foi objecto de análise. As principais não-linearidades devidas ao efeito de Kerr ("self-phase modulation", "cross-phase modulation" e four-wave mixing") assim como o efeito de Raman foram avaliados individualmente.

## Abstract

This Thesis investigates the potential of duobinary, modified duobinary and dicode signalling schemes operating at 10 Gbit/s for application in optical fibre communication systems. In, particular, the impact of optical fibre non-linearities on these modulation formats is investigated. The premise for exploring these signals was that, because some of them allow spectral compression and carrier-suppression, an enhanced immunity to non-linearities as well as to chromatic dispersion should be achieved. All signalling methods are investigated through theoretical considerations and computer simulations.

Of all of the classes of partial response signalling (PRS), it was previously known that the above mentioned electrical three-level PRS signals were suitable for transformation into optical signal format for transmission along the optical fibre. Regarding fibre dispersion, it is found that in spite of the fact that duobinary and modified duobinary reduce the optical bandwidth of near rectangular pulses, they offer no advantage over conventional binary modulation. An improvement in dispersion immunity is achieved only by properly filtering of the electrical signals prior to be injected into the fibre - these improvements are modulation format dependent.

An alternative duobinary signalling scheme allows the dispersion-limited distance to be extended to ~150 km, an improvement of more than two times over conventional binary format. However, this increasing in dispersion immunity comes with a price: strict symmetry requirements in the PRS transmitters compared to conventional binary transmitter.

The sustained increasing demands for capacity have pushed for higher channel bit rates, high optical powers per channel and narrower spacing between channels to allow increased channel count. These factors exacerbate non-linear cross talk between the channels due to the non-linear properties of the optical fibre. Thus, the impact of fibre non-linearities on the various modulation formats under investigation is analysed. The main effects due to Kerr non-linearity (self-phase modulation, cross-phase modulation and four-wave mixing) and Raman scattering are assessed. Each of the non-linear effects is analysed separately.