

7

Referências bibliográficas

- [1] TIAN F.; WU W.Z. e YE P.D., Analysis of Polarization Fluctuation in Single-Mode Optical Fibers with Continuous Random Coupling, Journal of Lightwave Technology, vol. st-5, No. 9, 1987.
- [2] TEMPORÃO G. P., Um polarímetro de baixo custo, Dissertação de mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2003.
- [3] SALEH, B. E. A.; TEICH, M. C., Fundamentals of Photonics. New York: Wiley-Interscience, 1991.
- [4] DAMASK, J. N., Polarization Optics In telecommunications, Springer Science, 2005.
- [5] GALTAROSSA, A. e MENYUK, C.R., Polarization Mode Dispersion, Springer Science, 2004.
- [6] DAL FORNO, A.O., Estudo da dispersão dos modos de polarização em fibras ópticas e seus efeitos em transmissões digitais de alta capacidade, Tese de doutorado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1999.
- [7] LINARES, L.C.B, Estudo da compensação da dispersão dos modos de polarização em sistemas ópticos, Tese de doutorado, PUC-Rio, 2003.
- [8] DAL FORNO, A.O.; PARADISI, A.; PASSY, R., e VON DER WEID, J.P., Experimental and Theoretical Modeling of Polarization-Mode Dispersion in Single-Mode Fibers, IEEE Photonics Technology Letters 12(3), pp. 296-298 (2000).
- [9] KARLSSON, M., Geometrical Interpretation of Second-Order PMD, Journal of Lightwave Technology 24(1), pp. 643-651 (2006)
- [10] <http://www.om.tu-harburg.de/Forschung/Pmd/PmdBibliography.htm>

- [11] KARLSON, M.; BRENTTEL, J. e ANDREKSON, P. A., Long-Term Measurement of PMD and Polarization Drift in Installed Fibers, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 18, n°: 7, p. 941-951, July 2000.
- [12] BARCELOS S., PMD Field Audit Reveals Investment Losses, *Lightwave Magazine*, Feb. 2005.
- [13] RAYBON G. e WINZER, P. J., 100Gb/s Challenges and Solutions – Optical Fiber Conference (OFC), 2008.
- [14] VILELA DE FARIA, G.; JIMENEZ, M.R.; VON DER WEID, J.P., PMD Variations From Factory to Field in OPGW Cabled Fibers, *Photonics Technology Letters*, IEEE Volume 18, Issue 1, Jan 2006
- [15] VILELA DE FARIA, G. e VON DER WEID, J.P., Comparison between as-built data and field measurements of PMD in OPGW cabled fibres, *Optoelectronics*, IEE Proceedings - Volume 153, Issue 5, Pages 244 – 247, Oct. 2006.
- [16] PENNINCKX, D.; ROY, F.; LANNE, S. e THIÉRY J. P., Statistical Study of Dynamic Polarization-Mode Dispersion (PMD) Compensation Based on Degree of Polarization Monitoring, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol.: 26, n° 1, p.41, July, 2000.
- [17] GISIN, N.; PASSY R. e VON DER WEID, J. P., Definitions and Measurements of Polarization Mode Dispersion: Interferometric Versus Fixed Analyzer Methods, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol.: 6, n° 6, p.730, June 1994.
- [18] PAN Z., et al; Chirp-free Tunable PMD Compensation Using Hi-Bi Nonlinearly-Chirped FBGs in a Dual-Pass Configuration, *Proc. OFC'2000*, vol.: 3, p. 113, 2000.
- [19] GLINGENER C.; et al, Polarization Mode Dispersion Compensation at 20 Gb/S with a Compact Distributed Equalizer in LiNbO₃, *Optical Fiber Communication Conference Proceedings, OFC'99*, Postdeadline paper, 1999.

- [20] FRANCIA, C.; BRUYÈRE, F.; THIÉRY, J. P. e PENNINCKX, D., Simple Dynamic Polarization Mode Dispersion Compensator, *Electronics Letters*, vol.: 35, n° 5, March 1999.
- [21] PENNINCKX, D. e LANNE, S., Ultimate Limits of Optical Polarization-Mode Dispersion Compensators, *Proc. ECOC'2000*, Munich, Germany. September 2000.
- [22] KARLSSON, M.; XIE, C.; SUNNERUD, H. e ANDREKSON, P. A., Higher Order Polarization Mode Dispersion Compensator With Three Degrees of Freedom, *Optical Fiber Communication Conference Proceedings, OFC'2001*, vol.:1, 2001.
- [23] GISIN, N.; RIBORDY, G.; TITTEL, W. e ZBINBEN H., Quantum Cryptography. *Rev. Mod. Phys.*, 74, pp. 145-195, 2002.
- [24] SAUGE, S. et al, Narrowband polarization-entangled photon pairs distributed over a WDM link for qubit networks, *Optics Express*, Vol. 15, Issue 11, pp. 6926-6933, 2007.
- [25] HEFFNER, B. L., Automated Measurement of Polarization Mode Dispersion Using Jones Matrix Eigenanalysis, *IEEE Phot. Tech. Lett.* 4, No. 9, pp. 1066-1069, 1992.
- [26] WOODEN, Ed L. et al, A review of Lithium Niobate Modulators for Fiber-Optic Communications Systems, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, Vol. 6, No. 1, Jan./Feb. 2000.
- [27] LIU, X.; et al, Polarization states encoded by phase modulation for high bit rate quantum key distribution, *Physics Letters A*, V.358, Issues 5-6, Pp 386-389 October 2006.
- [28] XAVIER G B; VILELA DE FARIA G; TEMPORÃO G P e VON DER WEID J P, Scattering effects on QKD employing simultaneous classical and quantum channels in telecom optical fibers in the C-band, *Proc. of QCMC 2008*, Calgary, 2008.

- [29] STUCKI, D; GISIN, N; GUINNARD, O.; RIBORDY, G.; e ZBINDEN, H., Quantum key distribution over 67 km with a *plug&play* system , New J. Phys. 4 41, 2002.
- [30] BENNETT, C. H.; BESSETTE, F.; BRASSARD, G.; SALVAIL, L.; e SMOLIN, J., Experimental quantum cryptography, J. Cryptology., vol. 5, n.1, pp. 3-28, Jan.1992..
- [31] VILELA DE FARIA, G.; FERREIRA, J.; XAVIER, G.B.; TEMPORÃO, G.P. e VON DER WEID, J.P., Polarisation control schemes for fibre-optics quantum communications using polarisation encoding, Electronic Letters, vol. 44, no.3, Jan., 2008.
- [32] GARCIA, J.S.; GONZILEZ, A.G.; e IRIBAS, M.L., Polarization Mode Dispersion Power Penalty; Influence of RiseFall Times, Receiver Q and Amplifier Noise, IEEE Photonics Technology Letters, Vol 8, No 12, Dec. 1996.
- [33] YU, C.; YU, Q.; PAN, Z.; SAHIN, A.B., e WILLNER, A. E., Optically Compensating the PMD-Induced RF Power Fading for Single-Sideband Subcarrier-Multiplexed Systems, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 16, No. 1, Jan. 2004.
- [34] POOLE, C. D.; TKACH, R.W.; CHRAPLYVY A. R., e FISHMAN, D. A., Fading in Lightwave Systems Due to Polarization-Mode Dispersion, IEEE Photonics Technology Lett., vol. 3, pp. 68-70, 1991.
- [35] SANTOS, A.B., Efeitos da Polarização da luz em Sistemas de Comunicações por Fibra Óptica, Tese de doutorado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2005.
- [36] DAMASK, J. N.; SIMER, G. J.; ROCHFORD, K. B., e MYERS, P. R., Demonstration of a Programmable PMD Source, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 15, No. 2, Feb., 2003.
- [37] FERREIRA, M.F., et al, Polarization Mode Dispersion in High-Speed Optical Communication Systems, Fiber & Integrated Optics, Taylor & Francis 24(3-4), pp. 261-285, 2005.
- [38] NOÉ, R., Endless Polarization Control in Coherent Optical Communications Electronics Letters 22, p. 772, 1986.

- [39] WALKER, N. G., e WALKER, G. R., Endless Polarization Control Using Four Fiber Speezers, *Electronics Letters* 23(6), p. 290, 1987.
- [40] HEISMANN, F., Improved Optical Compensator for First- and Second-Order Polarization-Mode Dispersion, *IEEE Photonics Technology Letters* 17(5), pp. 1016-1018, 2005.
- [41] XAVIER G. B.; WALENTA, N.; VILELA DE FARIA, G.; TEMPORÃO, G.P.; GISIN, N.; ZBINDEN, H. e VON DER WEID, J.P., Experimental polarisation encoded quantum key distribution over optical fibres with real-time continuous birefringence compensation. Aceito para publicação, *New Journal of Physics*, 2009.
- [42] YU, Q., e Willner, A.E., Performance Limits of First-Order PMD Compensators Using Fixed and Variable DGD Elements, *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 14, No. 3, Mar. 2002.
- [43] SMITH, M. H., e CHIPMAN, R. A., Comparison of different PMD compensator configurations based on outage probability, *Optical Fiber Conference (OFC)*, 2002.
- [44] SUNNERUD, H., et al, A Comparison Between Different PMD Compensation Techniques, *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 20, No. 3, Mar. 2002.
- [45] FÜRST, C., WERNZ, H.; CAMERA, M.; NIBBS, P.; PRIBIL, J.; ISKRA, R. e PARSONS, G., 43Gb/s RZ-DQPSK Field Upgrade Trial in a 10Gb/s DWDM Ultra-Long-Haul Live Traffic System in Australia, *Optical Fiber Conference (OFC/NFOEC)*, 2008.
- [46] XAVIER, G. B.; VILELA DE FARIA, G.; TEMPORÃO, G. P.; e VON DER WEID, J. P., Full polarization control for fiber optical quantum communication systems using polarization encoding, *Optics Express*, Vol. 16, Issue 3, pp. 1867-1873, Jan. 2008.
- [47] XAVIER, G. B. ; FARIA, G. V. ; TEMPORAO, G. P. ; WEID, J. P. V. D. ; ZBINDEN, H. ; GISIN, N. . Stable polarization coded quantum communication through single mode optical fibers. In: *SBrT - XXVI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações*, 2008, Rio de Janeiro. *Proceedings of SBrT 2008*, 2008.

- [48] XAVIER, G. B.; VILELA DE FARIA, G.; VON DER WEID, J. P., Polarization coded quantum key distribution through telecom single mode optical fibers: Problems and solutions. In: Microwave and Optoelectronics Conference, 2007. IMOC 2007. SBMO/IEEE MTT-S International, 2007. p. 341-345.
- [49] BYLANSKI, P. e INGRAM, D. G. W., Digital transmission systems, London, P. Peregrinus on behalf of the Institution of Electrical Engineers, 1976.
- [50] FINAMORE, W.A., Princípios de comunicações, Apostila, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2003.
- [51] TAYLOR, M. G., "Observation of new polarization dependence effect in long haul optically amplified system". OFC '93, San Jose, California, USA, Post-Deadline Paper PD.
- [52] GISIN, N.; VON DER WEID, J.P. e PELLAUX, J.P., Polarization mode dispersion of short and long single-mode fibers, Vol. 9, pp.821-827, Jul. 1991.

Apêndice A

Espectro de potência e formatos de modulação utilizados

O espectro de potência de para sinal digital aleatório de símbolos não correlacionados pode ser descrito pela equação:

$$G_x(f) = \sigma_a^2 r |P(f)|^2 + (m_a r)^2 \sum_{n=-\infty}^{\infty} |P(nr)|^2 \delta(f - nr)$$

no qual,

$P(f)$ - Espectro do impulso $P(t)$;

R - Taxa de modulação;

m_a - Média da amplitude do símbolo;

σ_a - Desvio padrão da amplitude do símbolo.

O espectro de potência de $x(t)$ contém impulsos nas harmônicas da taxa de modulação, a menos que $m_a = 0$ ou $P(f) = 0$ para todas as frequências $f = n/T_s$, no qual T_s é a duração do símbolo.

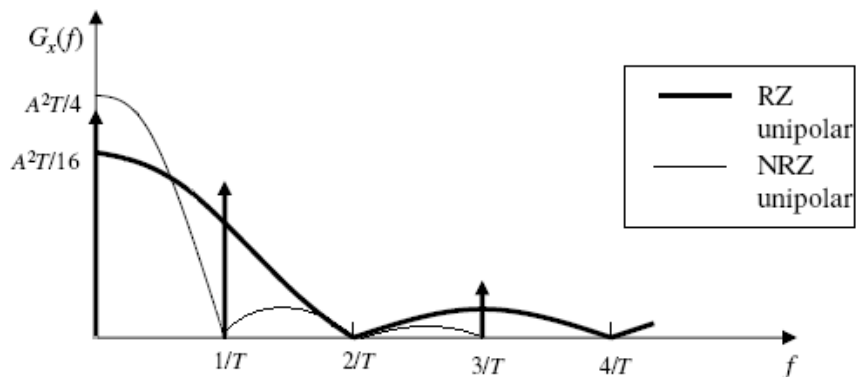


Figura A1 – Espectro de modulação dos códigos de linha em NRZ e RZ.

Amplitude Shift Keying

O formato ASK é uma forma de modulação digital que representa os dados como variações na amplitude de uma portadora.

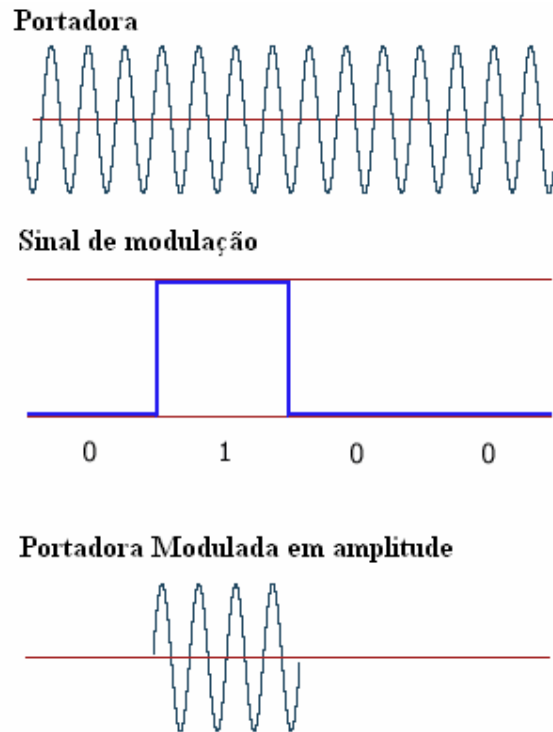


Figura A1 – Representação do formato de modulação ASK.

Phase-shift keying

O formato PSK é um regime de modulação digital que transmite os dados alterando a fase de um sinal de referência. Qualquer regime de modulação digital utiliza um número finito de sinais distintos para representar dados digitais. O PSK utiliza um número finito de etapas, cada uma atribuído um único padrão de bits binários. Normalmente, cada fase codifica um número igual de bits. Cada padrão de bits forma o símbolo que é representado por uma fase específica. O demodulador, que é projetado especificamente para o conjunto de símbolos utilizado pelo modulador, determina a fase do sinal recebido e faz a transformação para o símbolo que representa, recuperando os dados originais.

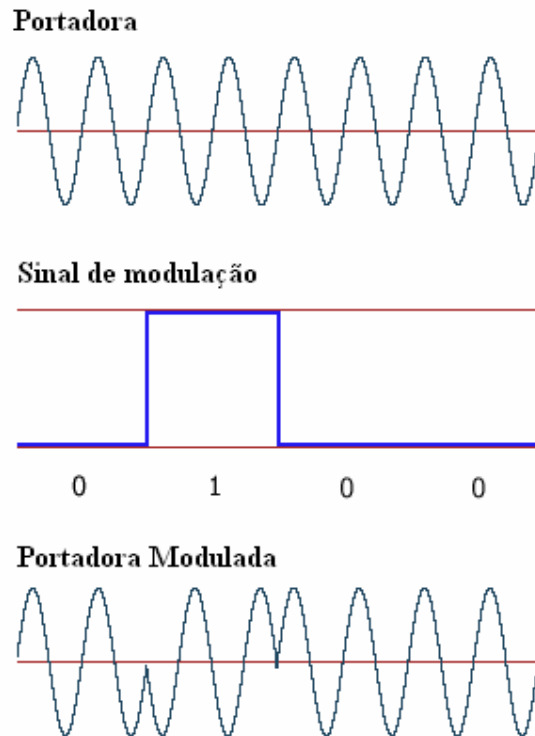


Figura A2 – Representação do formato de modulação PSK.

Diferencial Phase-shift keying

Alternativamente, em vez de usar uma fase absoluta para um símbolo, o símbolo pode ser expresso por uma relação com a fase do símbolo anterior. O demodulador então determina as mudanças na fase do sinal recebido e não a fase absoluta. Uma vez que este regime depende da diferença entre as fases sucessivas, é denominada de Diferencial Phase-shift Keying. O DPSK pode ser significativamente mais simples de implementar do que PSK, uma vez que não há necessidade do demodulador de ter uma cópia do sinal de referência para determinar exatamente a fase do sinal recebido.

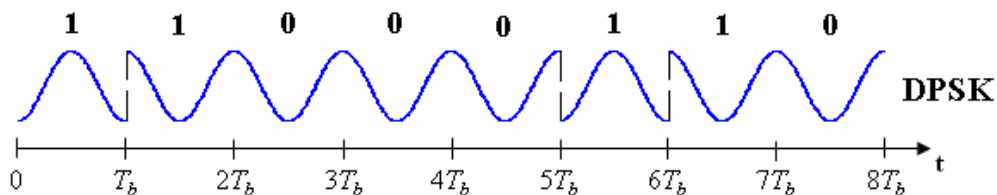


Figura A3 – Representação do formato de modulação DPSK.

Na recepção, em geral, utiliza-se um interferômetro com a diferença temporal igual ao período de um bit para recuperar o sinal.

Diferencial Quadrature Phase-shift keying

É uma variação do DPSK, porém com quatro valores diferentes para as fases relativas. Cada valor de mudança de fase é relacionado a um conjunto de dois símbolos, assim para uma mesma banda de frequência é possível obter o dobro da taxa de transmissão.

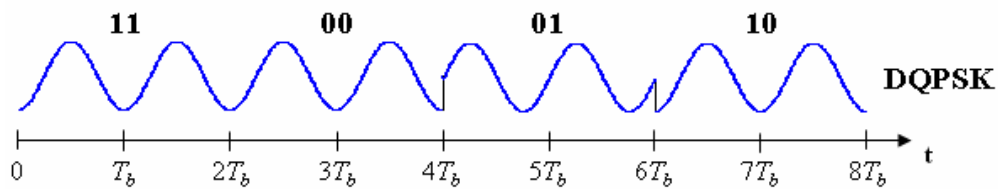


Figura A4 – Representação do formato de modulação DQPSK.

Na recepção, em geral, utiliza-se um interferômetro com a diferença temporal igual ao período de dois bits para recuperar o sinal.