

Entender a modulação óptica coerente

Contents

[Introdução](#)

[Informações de Apoio](#)

[Propriedades da Luz](#)

[Problema](#)

[Solução](#)

[Chaveamento de mudança de fase \(PSK\)](#)

[BPSK \(Binary Phase Shift Keying, Chaveamento de Deslocamento de Fase Binária\)](#)

[Chaveamento de Fase de Quadratura](#)

[Modulação de Amplitude em Quadratura \(QAM\)](#)

[8-QAM](#)

[16-QAM](#)

[32-QAM e 64-QAM](#)

[Multiplexação por Polarização \(PM\)](#)

[Monitoramento de desempenho óptico](#)

Introdução

Este documento descreve os princípios básicos de esquemas de modulação óptica coerente usados em redes DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexed).

Informações de Apoio

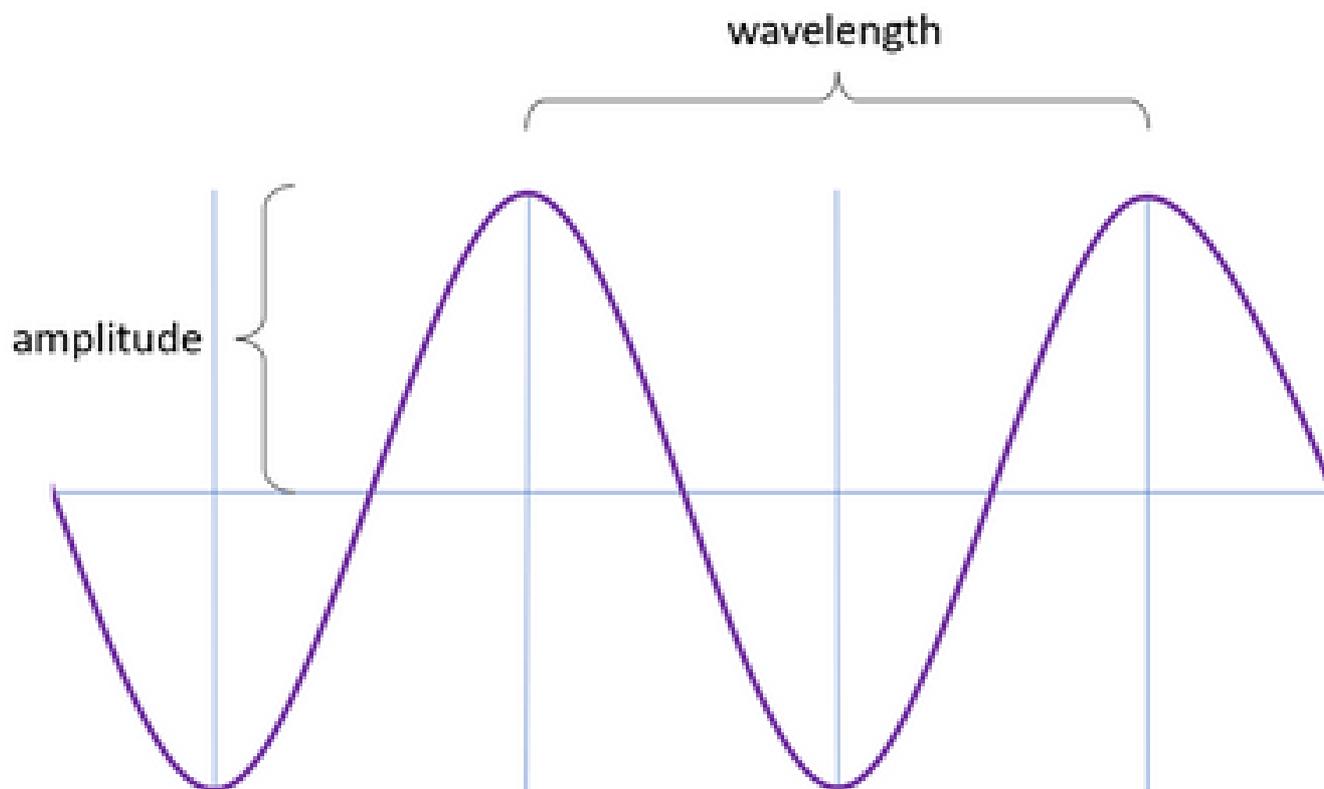
Um esquema de modulação altera continuamente a propriedade ou propriedades de uma forma de onda. Nesse caso, é leve, para codificar a informação binária na forma de onda. As redes ópticas modernas usam uma variedade de esquemas de modulação para transportar os dados por centenas a milhares de quilômetros.

Propriedades da Luz

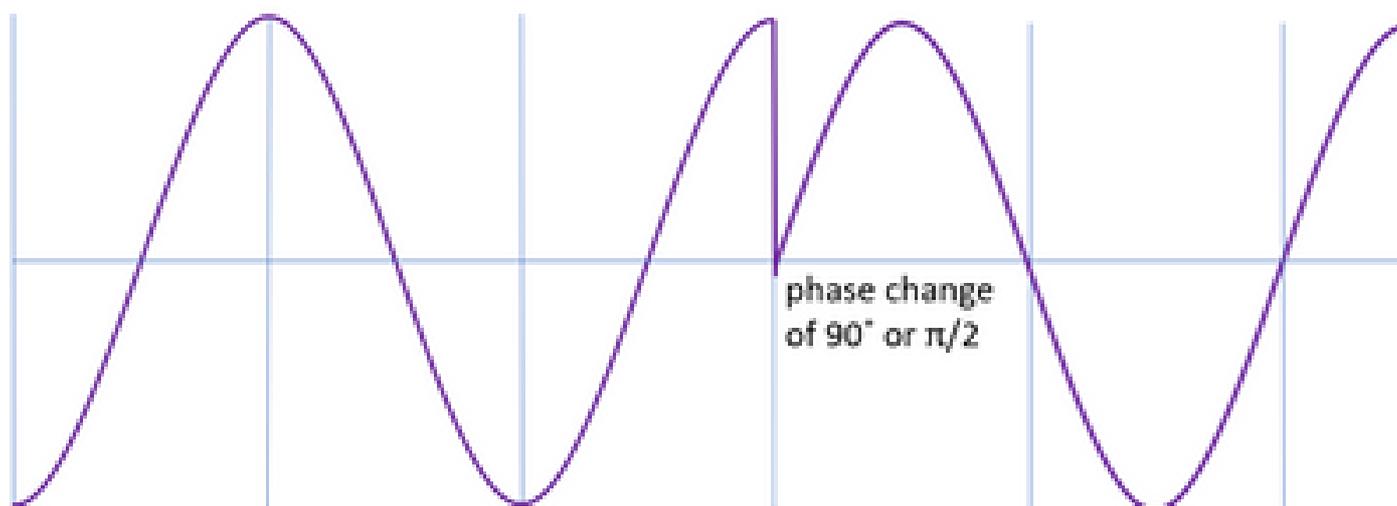
As redes DWDM utilizam várias propriedades de luz para codificar eficientemente as informações.

1. Comprimento de onda ou frequência - cada canal em uma rede DWDM usa um comprimento de onda específico na banda C, entre aproximadamente 1527 nm e 1565 nm. Cada sinal pode fornecer largura de banda variável, dependendo da taxa de baud e do esquema de modulação.
2. Fase - o ângulo de uma forma de onda normalmente medido em radianos. A alteração da fase traduz o período da forma de onda no tempo.
3. Amplitude - uma medida da potência total de um sinal em decibéis-miliwatts (dBm).
4. Polarização - As ondas eletromagnéticas têm dois estados de polarização primários definidos pelos campos elétrico e magnético. Cada polarização pode conter informações

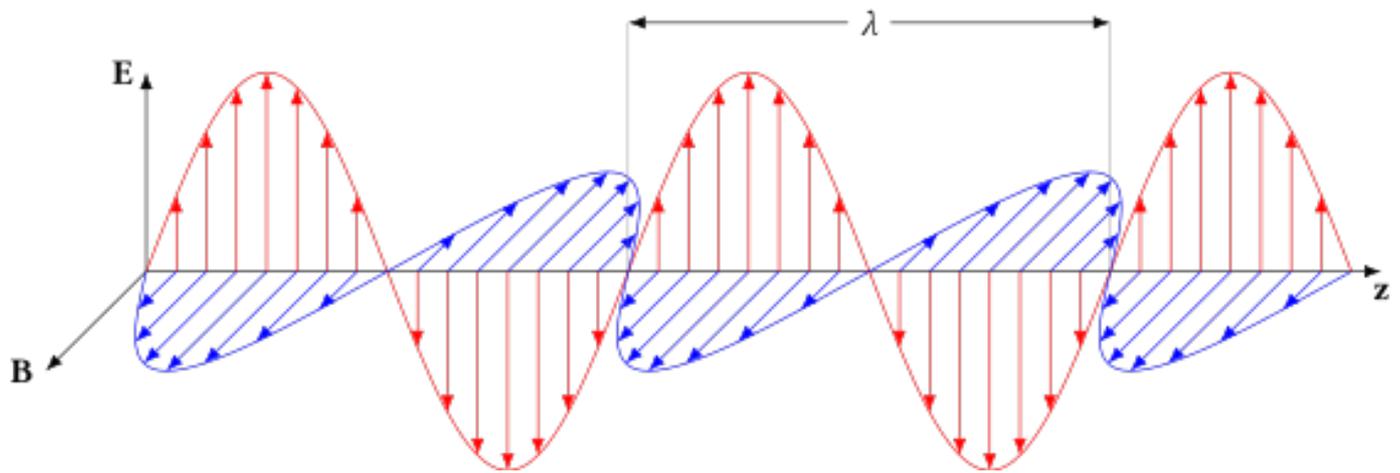
codificadas por um esquema de modulação. Alguns produtos ópticos da Cisco usam a notação Coherent Polarization-Multiplexed (CP) ou Polarization Multiplexed (PM) para identificar o uso da polarização na modulação.



Comprimento de onda e amplitude



Modulação de fase



Polarização transversal da luz

Problema

A transmissão elétrica de dados tem limitações de distância significativas em comparação à transmissão óptica. Os esquemas de codificação óptica legados que usam sinalização de ligar/desligar, como o Non-Return to Zero (NRZ), sofrem os efeitos da dispersão cromática (CD), limitando a distância efetiva sem o uso de unidades de compensação de dispersão (DCU). Para transferir dados com eficiência por vários quilômetros a taxas superiores a 10 Gbps, os transceptores devem usar esquemas de modulação coerentes.

Solução

A alteração da fase e/ou amplitude de uma onda codifica informações como um símbolo, uma única unidade de transmissão contendo um ou mais bits. O valor do símbolo depende da fase e amplitude medidas no receptor. Todos os esquemas listados podem usar multiplexação de polarização para aumentar a taxa de dados.

Chaveamento de mudança de fase (PSK)

A modulação PSK desloca a fase do sinal para codificar um bit ou bits. Como a fase do sinal pode mudar à medida que atravessa a fibra, o receptor mede a diferença de fase entre símbolos sucessivos para determinar mais precisamente seu valor. Isso é chamado de Differential Phase Shift Keying (DPSK).

BPSK (Binary Phase Shift Keying, Chaveamento de Deslocamento de Fase Binária)

BPSK altera a fase do sinal por radianos π ou 180 graus a fim de codificar um 0 ou um 1. A diferença notável entre as fases resulta em baixos requisitos de Proporção entre Sinal Óptico e Ruído (Optical Signal to Noise Ratio - OSNR) e os sinais que usam essa modulação podem viajar potencialmente milhares de quilômetros. O número baixo de bits por símbolo limita a taxa de dados de sinais BPSK para cerca de 100 Gbps.

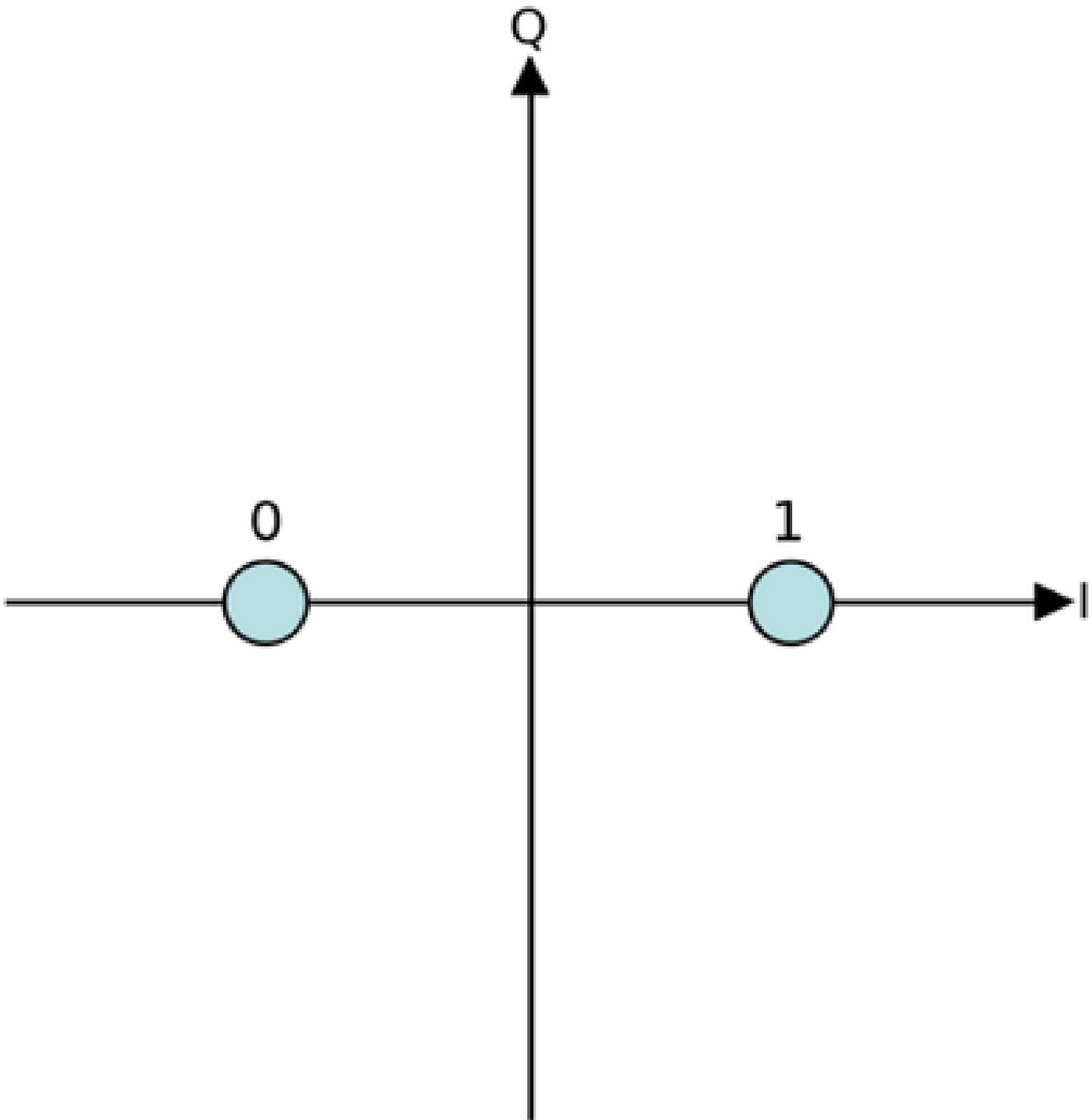


Diagrama de constelação da modulação BPSK

Chaveamento de Fase de Quadratura

QPSK altera a fase entre símbolos sucessivos por radianos $\pi/2$ ou 90 graus. A alteração menor na fase aumenta a densidade de informação para dois bits por símbolo, pois o QPSK tem quatro estados possíveis.

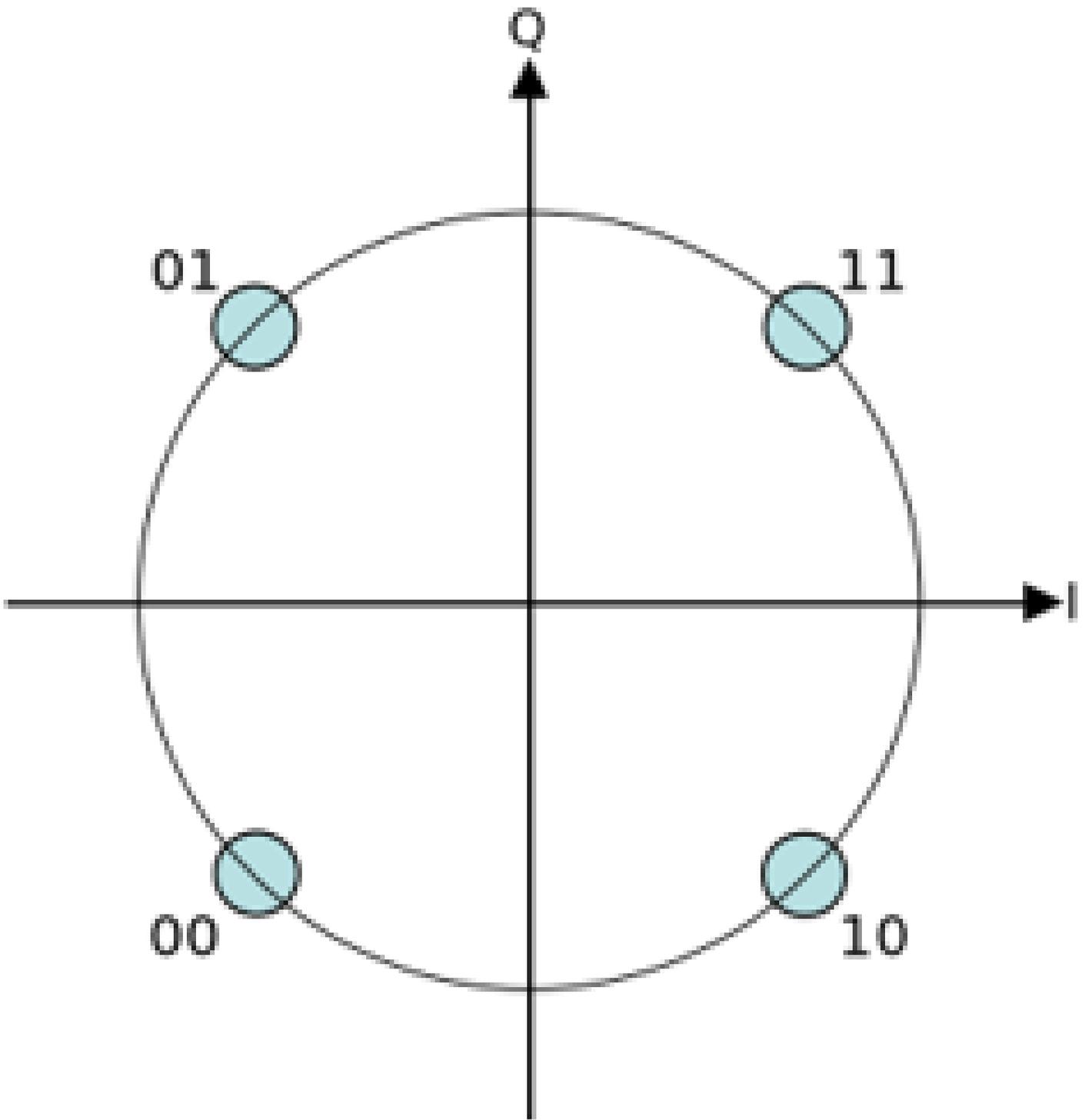


Diagrama de constelação da modulação QSPK

Modulação de Amplitude em Quadratura (QAM)

Para aumentar ainda mais o número de bits por símbolo, o transmissor pode alterar a amplitude do sinal além da fase. O número de pontos na constelação (símbolos) define o tipo de QAM.

8-QAM

Oito estados possíveis fornecem três bits por símbolo para esse esquema de modulação.

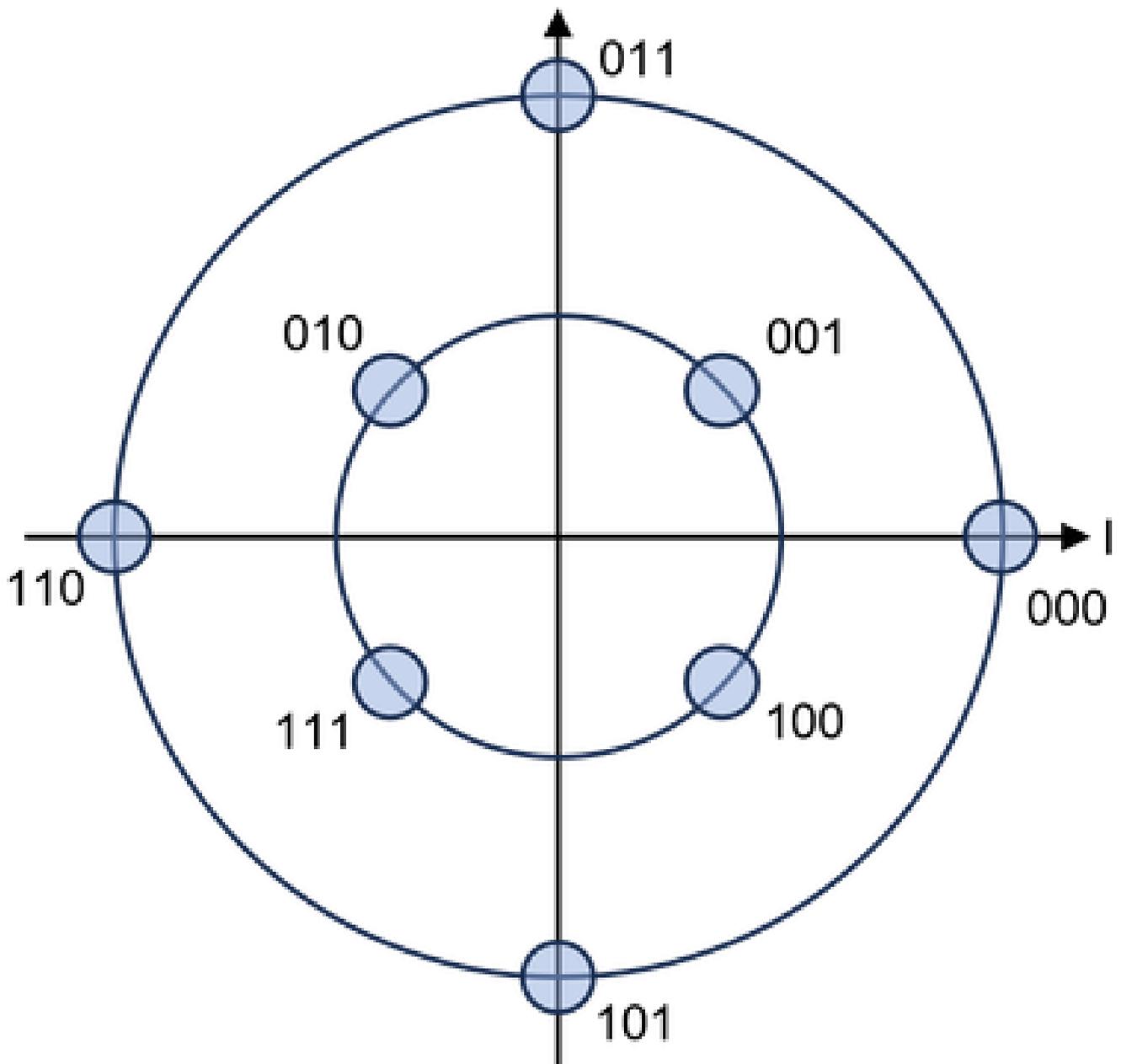


Diagrama de constelação de 8-QAM

16-QAM

Com taxas de baud em torno de 30 Gbaud, o 16-QAM tem uma taxa de dados de 200 Gbps. Aumentar para 60 Gbaud dá taxas de até 400 Gbps. Alterações menores de fase e amplitude aumentam os requisitos do OSNR e limitam seu alcance a algumas centenas de quilômetros.

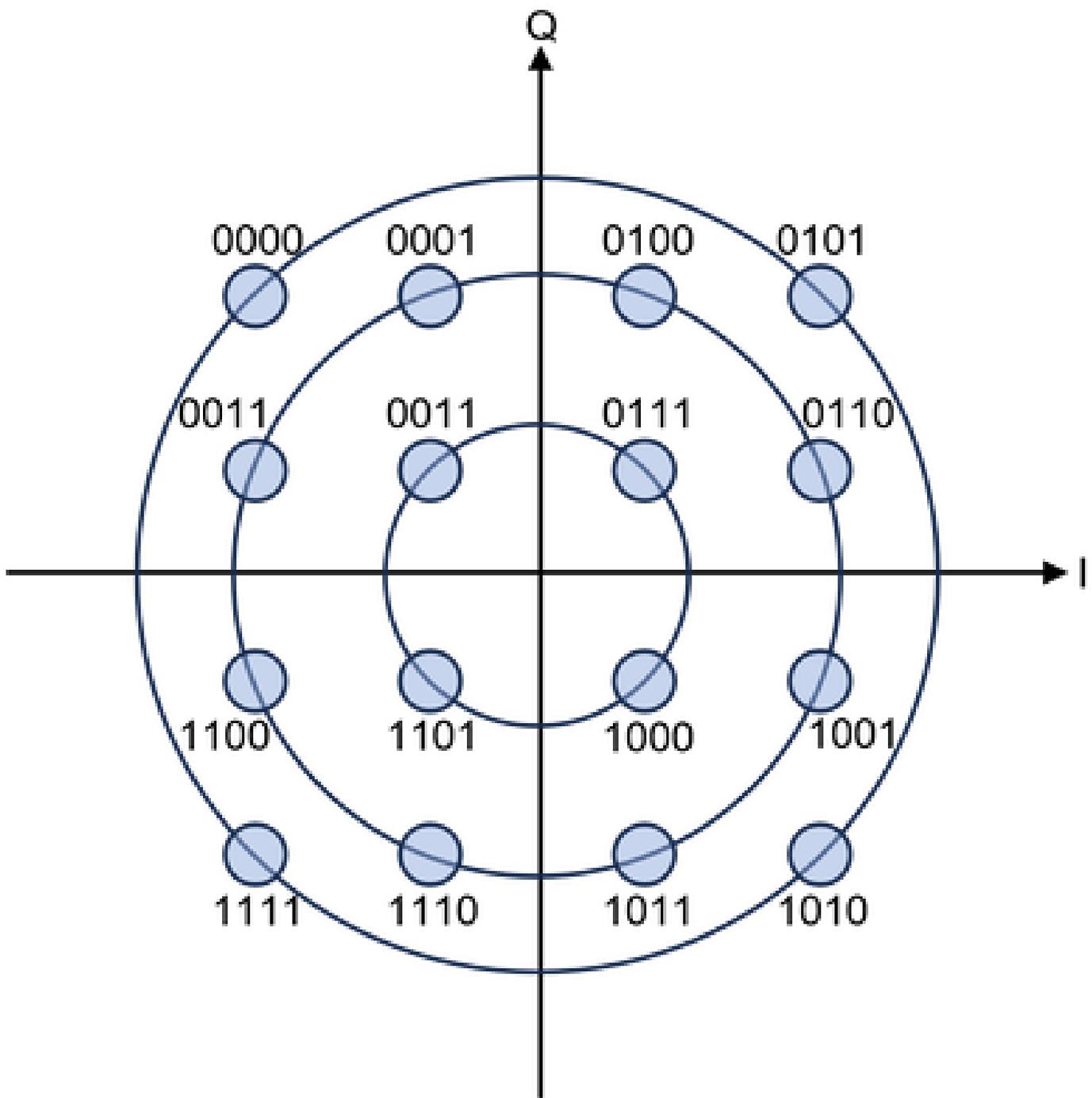


Diagrama de constelação de 16-QAM

32-QAM e 64-QAM

Esses dois esquemas de modulação de alta ordem usam cinco e seis bits por símbolo, respectivamente, permitindo taxas de transmissão de até 600 Gbps. Os altos requisitos de OSNR de 64-QAM limitam o alcance efetivo a menos de 200 km.

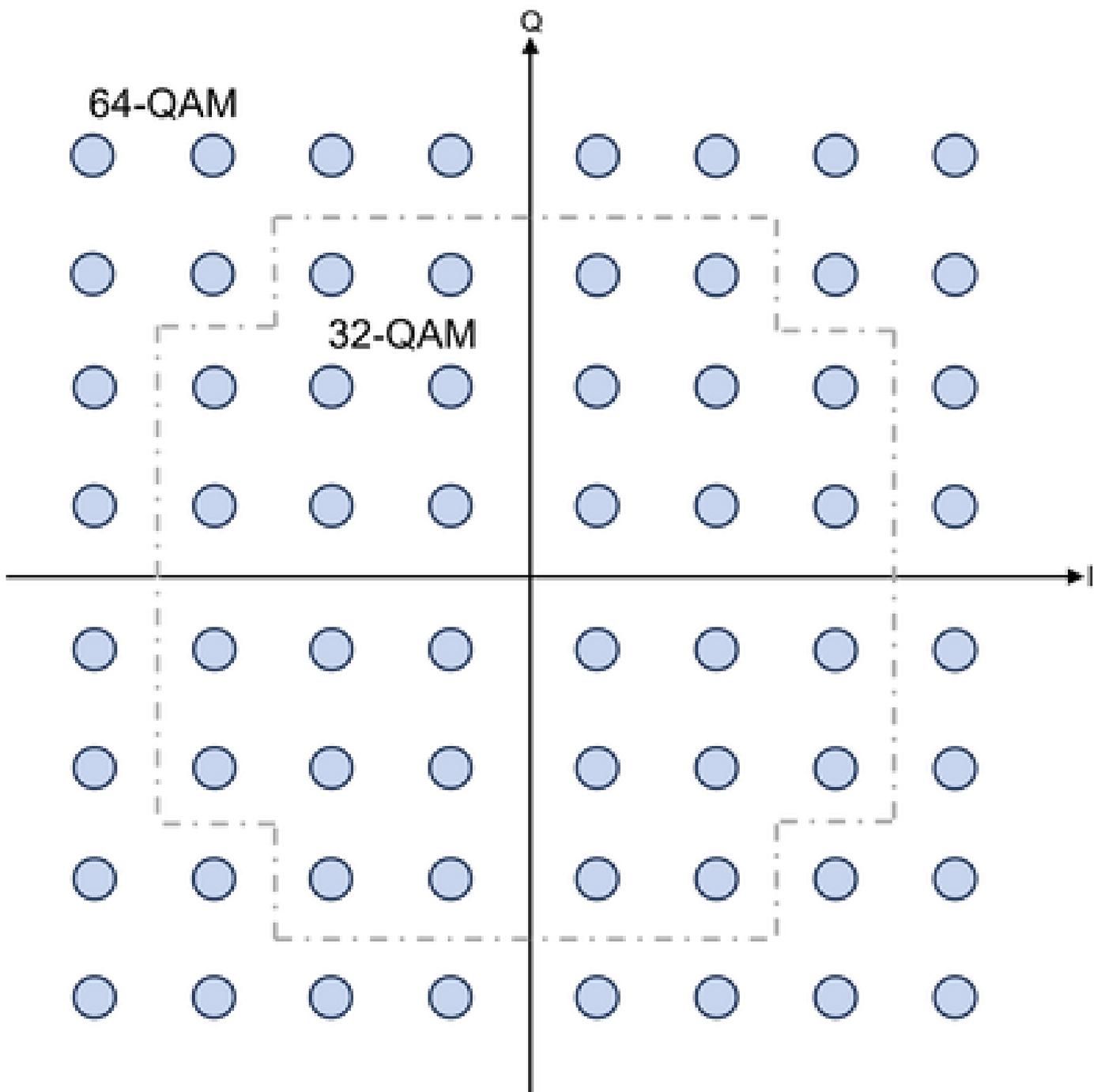


Diagrama de constelação de 32-QAM e 64-QAM

Multiplexação por Polarização (PM)

Todos os esquemas de modulação listados usam a multiplexação de polarização para codificar as polarizações transversais de forma independente, dobrando a taxa de dados, mas introduzindo possíveis defeitos, como a Perda Dependente de Polarização (PDL - Polarization Dependent Loss) e a Dispersão do Modo de Polarização (PMD - Polarization Mode Dispersion). Com essa técnica, a taxa de dados é aproximadamente igual à taxa de baud vezes os bits por símbolo vezes dois.

Modulação	Descrição	Bits por	Taxas de	PIDs de exemplo*
-----------	-----------	----------	----------	------------------

		Símbolo	dados típicos (Gbps)	
BPSK	Chaveamento de Deslocamento de Fase Binária	1	100	NCS1K4-1.2T-K9
QPSK	Chaveamento de Fase de Quadratura	2	100, 200	NCS2K-100G-CK-C
8-QAM	Modulação de Amplitude de Quadratura de 8 estados	3	100, 200	NCS1K4-2-QDD-C-K9, QDD-400G-ZRP-S
16-QAM	Modulação de Amplitude de Quadratura de 16 estados	4	200, 300, 400	ONS-CFP2-WDM, QDD-400G-ZRP-S, NCS2K-100G-CK-C
32-QAM	Modulação de Amplitude em Quadratura de 32 estados	5	400, 500	NCS1K4-1.2T-K9
64-QAM	Modulação de amplitude de quadratura de 64 estados	6	500, 600	NCS1K4-1.2T-K9

* Muitos PIDs suportam vários tipos de modulação. Esta lista não é exaustiva.

Monitoramento de desempenho óptico

Os transceptores ópticos da Cisco medem várias estatísticas de desempenho diferentes relacionadas à modulação coerente. Esta seção fornece uma breve definição de cada um.

- Atraso de grupo diferencial (DGD - Differential Group Delay) - a diferença no tempo de propagação dos dois modos de polarização, do transmissor ao receptor, medida em picosegundos.

- Dispersão cromática (CD) - diferentes comprimentos de onda trafegam em taxas mais rápidas ou mais lentas através de uma guia de onda (fibra). A alteração no tempo de propagação por espectro unitário é medida em nanômetros de picosegundo (ps-nm) e se acumula linearmente à medida que o sinal atravessa a fibra. A quantidade de dispersão cromática tolerada no receptor varia muito dependendo do esquema de modulação. Os transceivers com uma tolerância mais baixa para dispersão exigem unidades de compensação de dispersão para remover esse efeito antes de alcançar o receptor. Os tipos de fibra podem ter coeficientes CD significativamente diferentes.
- Razão entre o Sinal Óptico e o Ruído (Optical Signal to Noise Ratio - OSNR) - a diferença entre a energia do sinal e a energia do ruído em dB, medida no receptor. O valor de OSNR necessário para manter a integridade do sinal depende principalmente do esquema de modulação usado.
- Dispersão em modo de polarização (PMD) - esta quantidade corresponde à DGD e representa a diferença acumulada total no tempo de propagação entre os modos de polarização medidos em picosegundos.
- Dispersão de Modo de Polarização de Segunda Ordem (SOPMD - Second Order Polarization Mode Dispersion) - semelhante à dispersão cromática, o efeito da dispersão de modo de polarização depende do comprimento de onda. O SOPMD caracteriza essa dependência com unidade picosegundos ao quadrado (ps^2).
- Taxa de Alteração de Polarização (PCR) - a taxa média na qual os estados de polarização mudam à medida que o sinal atravessa a fibra, medida em múltiplos de radianos por segundo.
- Perda Dependente de Polarização (PDL - Polarization Dependent Loss) - a atenuação efetiva em dB devido a alterações nos estados de polarização na fibra.

Sobre esta tradução

A Cisco traduziu este documento com a ajuda de tecnologias de tradução automática e humana para oferecer conteúdo de suporte aos seus usuários no seu próprio idioma, independentemente da localização.

Observe que mesmo a melhor tradução automática não será tão precisa quanto as realizadas por um tradutor profissional.

A Cisco Systems, Inc. não se responsabiliza pela precisão destas traduções e recomenda que o documento original em inglês ([link fornecido](#)) seja sempre consultado.