

# Princípios de Telecomunicações

PRT60806

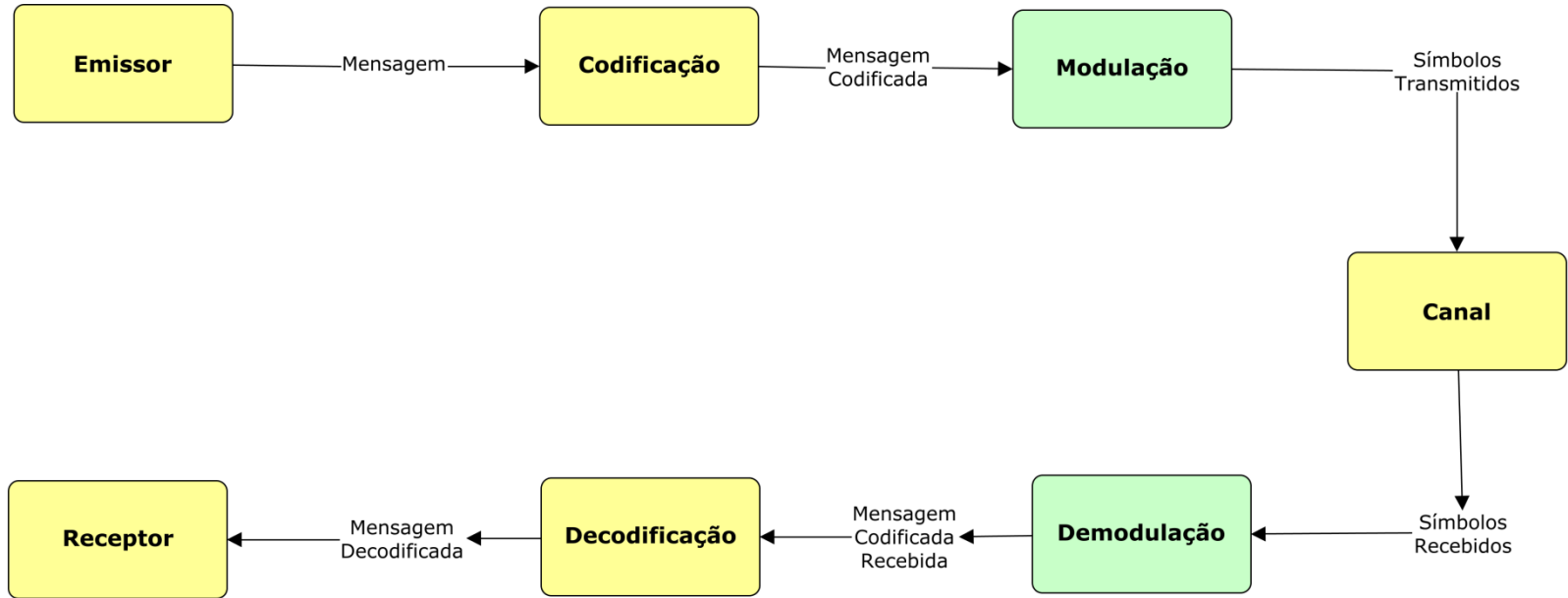
Aula 21: Modulações Digitais (Parte 1)

Professor: Bruno Fontana da Silva

2014



# Bloco de Comunicação Genérico



**Modulações: baseadas em sinais digitais (binários)**

# Modulações Digitais

Em codificação de linha, discutimos a **transmissão direta de sinais digitais** por canais banda base (visto que os códigos de linha ocupam sua banda nas baixas frequências, geralmente entre 0 Hz e  $2R_b$  Hz).

Esse tipo de codificação é útil para transmissão por meios condutores, como par de fios, cabos coaxiais ou fibra óptica. Entretanto, na **comunicação móvel** necessitamos de rádio-enlaces, satélites e **antenas**. Em exemplos anteriores observamos que a viabilidade de antenas em baixas frequências não é possível.

Portanto, na **transmissão de sinais digitais através de rádio-enlaces**, será necessário deslocar o espectro dos sinais digitais para altas frequências (**canais de banda passante**).

# Modulações Digitais

Além de viabilizar a implementação de antenas para a transmissão, o uso de altas frequências permite explorar **faixas de frequências mais largas**. Isso possibilita aumentar a banda de transmissão (resultando em **maiores taxas** de transmissão ou alocação de **mais canais e/ou usuários**).

Mencionamos anteriormente que a forma de modular um sinal é modificando uma de suas propriedades. Para o caso de portadoras cossenoidais, podemos **modular amplitude ou ângulo**. Esse princípio é aplicável tanto para modulações analógicas quanto modulações digitais, visto que apenas a natureza do sinal modulante é diferente.

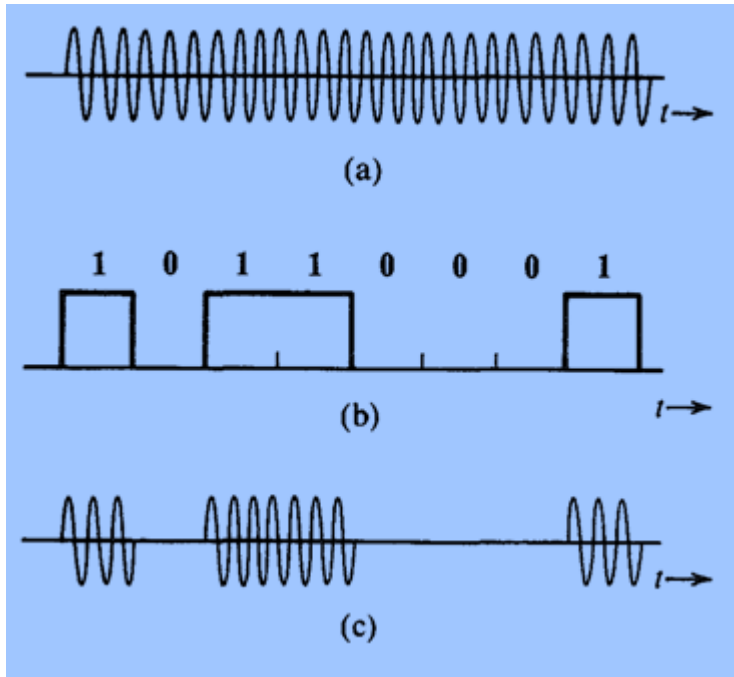
# Modulações Digitais

Podemos considerar que o sinal modulante  $m(t)$  será a informação de alguma **sequência binária** (0s e 1s) de dados ou mesmo um código de linha representando essa sequência.

O sinal modulante irá modificar alguma propriedade (amplitude ou fase) da onda portadora  $p(t) = A_p \cos(\theta_p)$ . Dependendo do tipo (codificação) do sinal digital ou do parâmetro modulado ( $A_p$  ou  $\theta_p$ ) podemos obter diferentes tipos de modulação digital.

# Tipos de Modulações Digitais

**Exemplos:** modulação de amplitude ON-OFF (2-ASK)



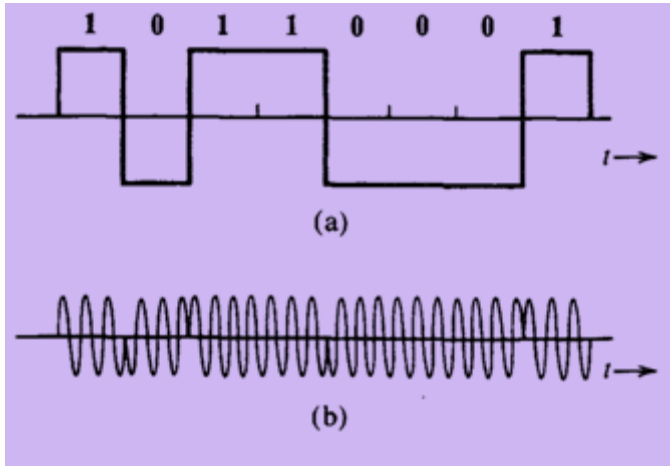
(a) Portadora

(b) Modulante (Unipolar NRZ)

(c) Sinal modulado (2-ASK)

# Tipos de Modulações Digitais

**Exemplos:** modulação de fase ON-OFF (2-**PSK** ou **BPSK**)

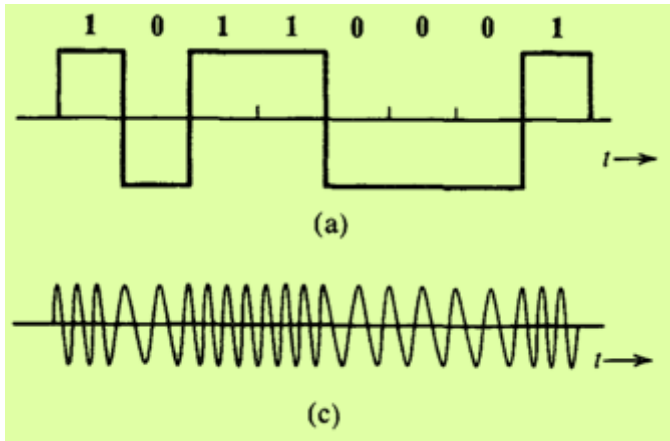


(a) Modulante (Polar NRZ)

(b) Sinal modulado (BPSK)

# Tipos de Modulações Digitais

**Exemplos:** modulação de frequência ON-OFF (2-FSK)



(a) Modulante (Polar NRZ)

(c) Sinal modulado (2-FSK)



# Tipos de Modulações Digitais

## M-ASK (Amplitude Shift Keying)

Modulação de amplitude.

O sinal binário modulante varia a portadora entre  $M$  níveis de amplitude.

## M-PSK (Phase Shift Keying)

Modulação de fase. O ângulo de fase da portadora é modificado pelo sinal binário modulante. O círculo trigonométrico é dividido em  $M$  setores.

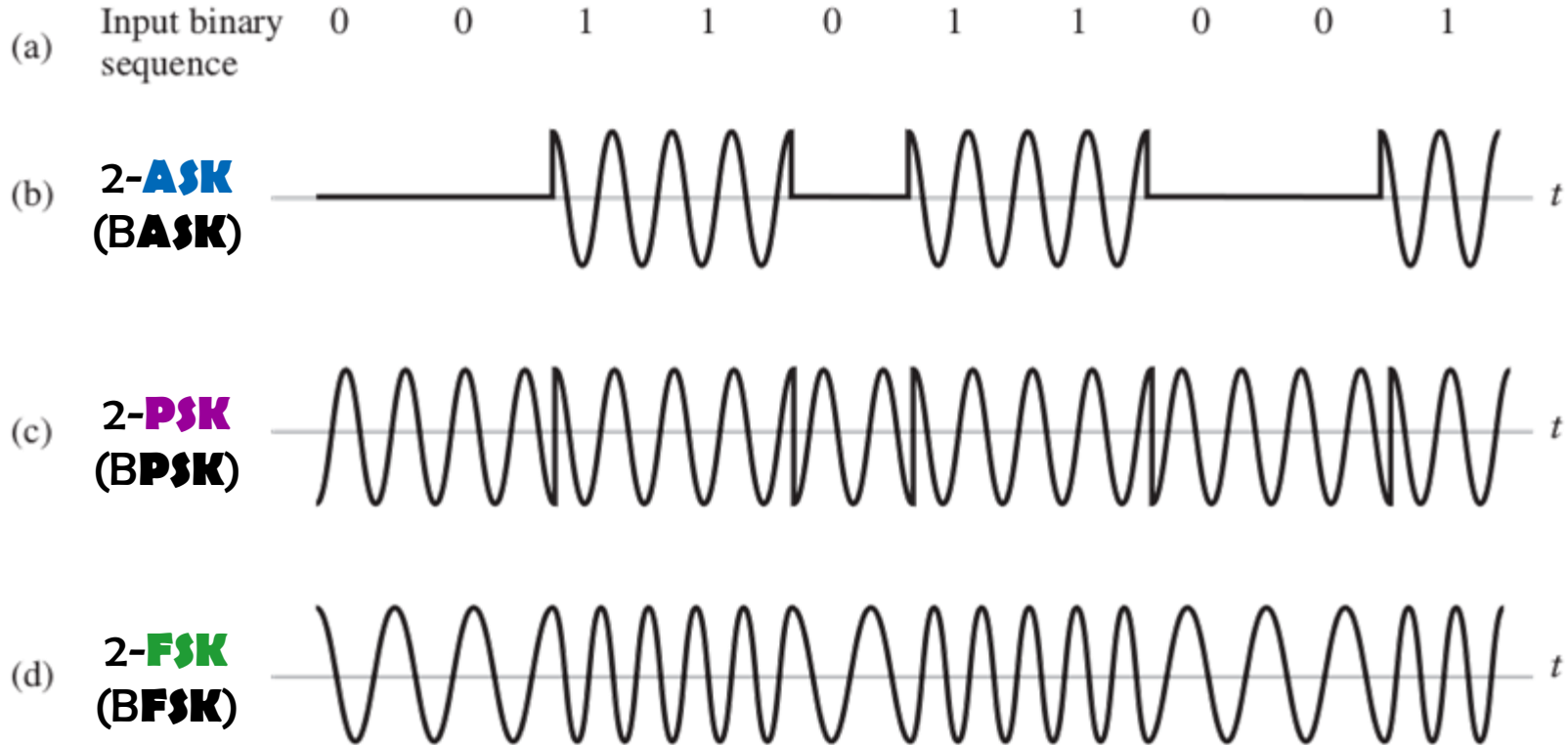
## M-FSK (Frequency Shift Keying)

Modulação de frequência. O sinal binário modulante seleciona entre  $M$  frequências diferentes para modular a portadora.

## M-QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

Combina as modulações ASK e PSK. Todas as combinações de amplitude e fase disponíveis ( $M$  possibilidades) são utilizadas para modular a portadora. A frequência é constante.

# Tipos de Modulações Digitais



# Símbolos e Bits

Em codificação de linha, um símbolo era representado por um pulso (banda base), o qual carregava a informação de um bit ou vários bits (multinível).

Em transmissões por canais de banda passante, o pulso é um sinal modulado (tom) que carrega a informação de  $k = \log_2 M$  bits.

Um **símbolo** é uma forma de onda com parâmetros constantes que persistem durante um período determinado de tempo (**período de símbolo**  $\tau_s$ ).

Chamamos de **taxa de símbolo (baud)** a quantidade de símbolos por segundo [1 baud = 1 símbolo/s]:

$$R_s = \frac{1}{\tau_s}$$

# Símbolos e Bits

Modulações M-árias consistem de M possíveis símbolos para transmitir a informação. Como trata-se da transmissão de sinais digitais (binários), cada símbolo carrega  $k = \log_2 M$  bits/símbolo, ou seja, a quantidade de símbolos necessários na modulação está relacionada com a quantidade de bits que cada símbolo carrega ( $M = 2^k$ ).

O período de cada bit está relacionado com o período de cada símbolo:

$$T_b = \frac{\tau_s}{k}$$

$$T_b = \frac{\tau_s}{\log_2 M}$$

# Símbolos e Bits

O período de cada bit está relacionado com o período de cada símbolo:

$$T_b = \frac{\tau_s}{\log_2 M}$$

Em termos de taxa de transmissão, podemos relacionar a taxa de símbolo com a taxa de bit:

$$R_b = k \times R_s \quad \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right]$$

$$R_b = \log_2(M) \times R_s \quad \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right]$$

Nota-se que quanto mais símbolos uma modulação possuir (diz-se que a modulação é mais densa), maior a taxa de transmissão do sinal digital.