



PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES

Transmissão Banda Base: **Códigos de Linha e Sinalização M-PAM**

Prof. Daniel Cunha
dcunha@cin.ufpe.br



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

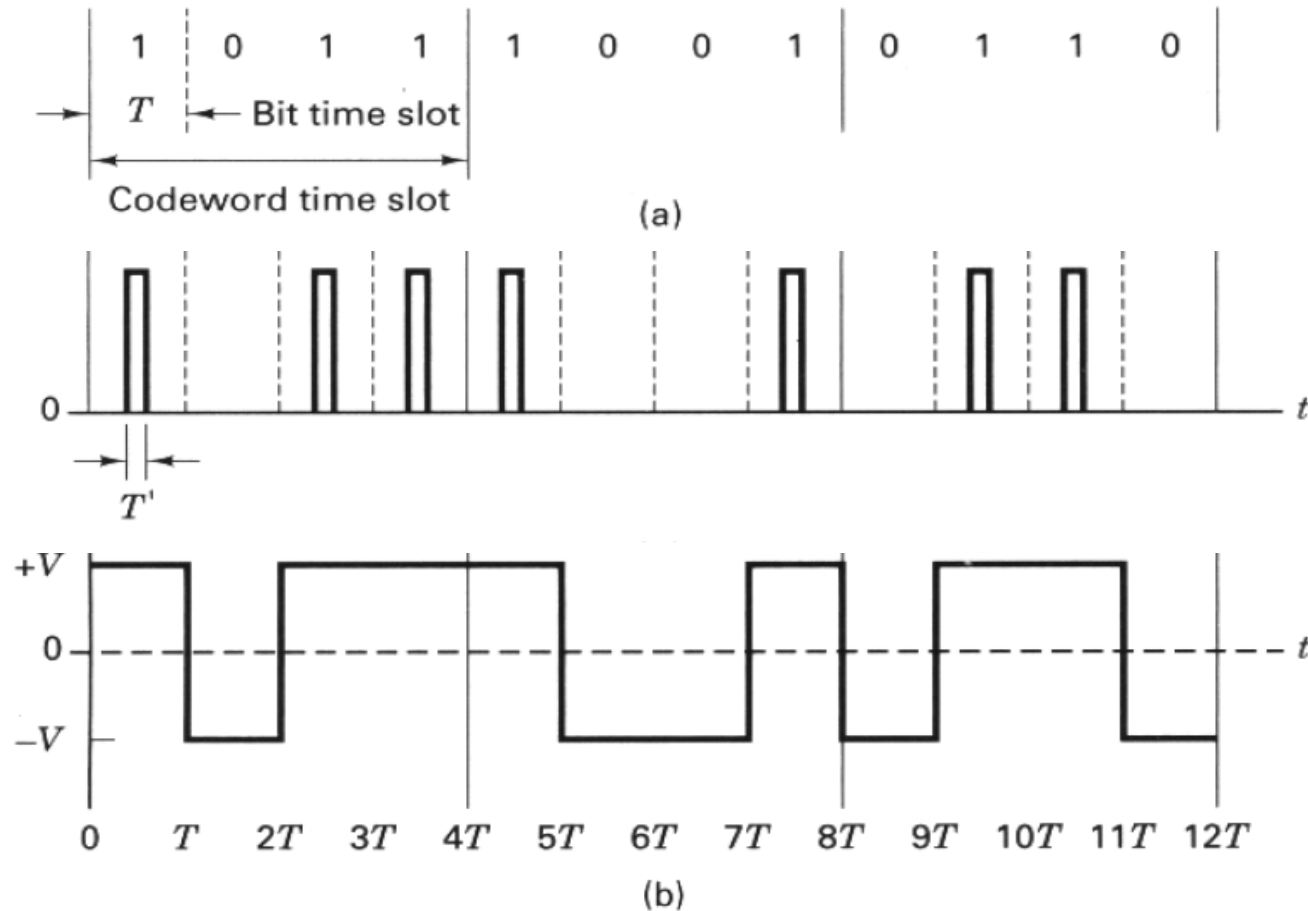
CIn.ufpe.br

Roteiro



- Introdução
- Códigos de linha (sinais PCM)
 - Classificação dos códigos de linha
 - Exemplos de códigos de linha
- Conceito de “bits por amostra” e “bits por símbolo”
- Dimensionamento do quantizador
- Sinalização M-PAM
- Conclusões

Introdução

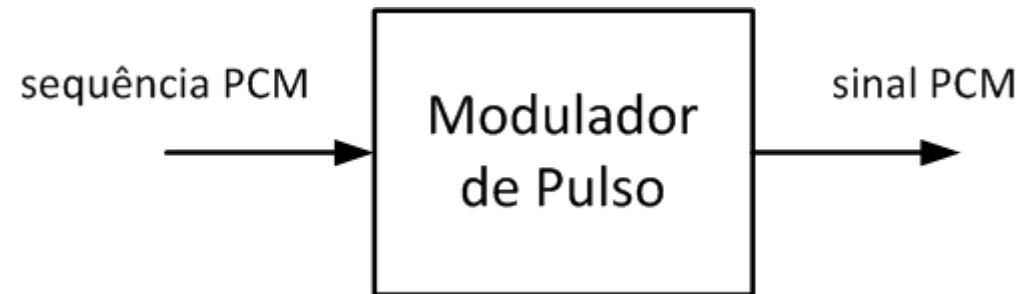


Formas de onda para dígitos binários: (a) sequência PCM. (b) sinais PCM.

Fonte: Adaptado de *Digital Communications*, B. Sklar, 2002.



Códigos de Linha



— Classificação dos códigos de linha

- NRZ (Não Retorno ao Zero)
- RZ (Retorno ao Zero)
- Codificados em fase (Bifase)
- Binário Multinível*

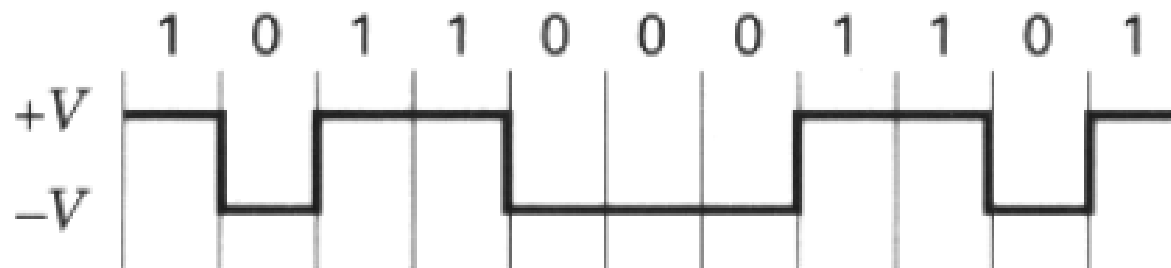


Códigos de Linha

- Grupo NRZ

- **NRZ – L (nível)**

- Muito utilizado em circuitos lógicos digitais.
 - Simples e de fácil implementação.
 - Comunicação entre componentes de um computador.



Sinalização PCM NRZ-L.

Fonte: Digital Communications, B. Sklar, 2002.

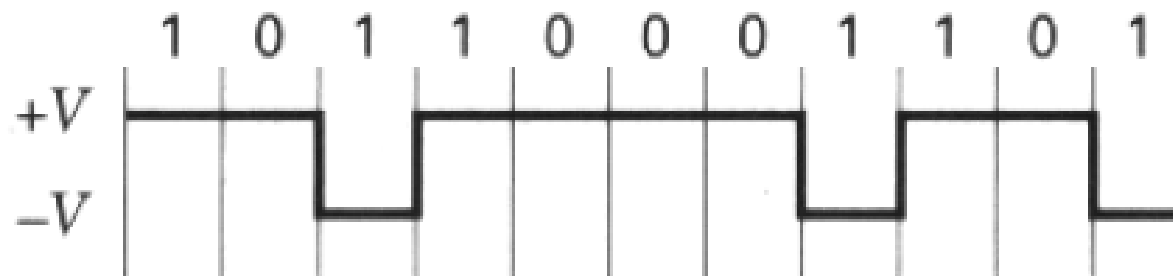


Códigos de Linha

- Grupo NRZ

- **NRZ – M (marca)**

- Utilizado em gravação magnética.
 - Mudança de nível (bit 1), sem mudança de nível (bit 0).
 - Conhecido por “codificação diferencial”.



Sinalização PCM NRZ-M.

Fonte: Digital Communications, B. Sklar, 2002.

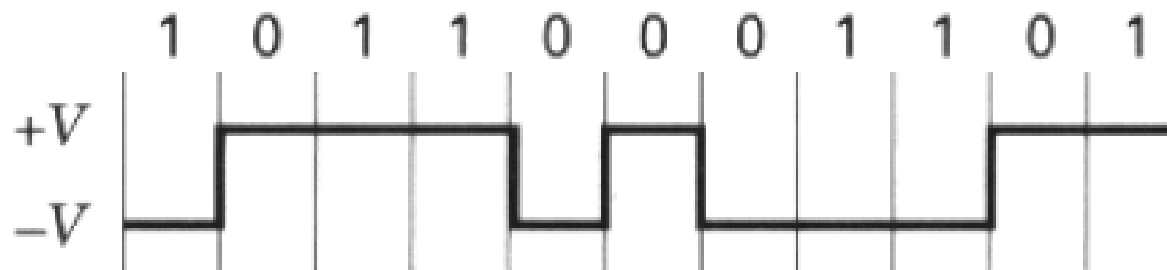


Códigos de Linha

- Grupo NRZ

- **NRZ – S (espaço)**

- Utilizado em gravação magnética.
 - Mudança de nível (bit 0), sem mudança de nível (bit 1).



Sinalização PCM NRZ-S.

Fonte: Digital Communications, B. Sklar, 2002.

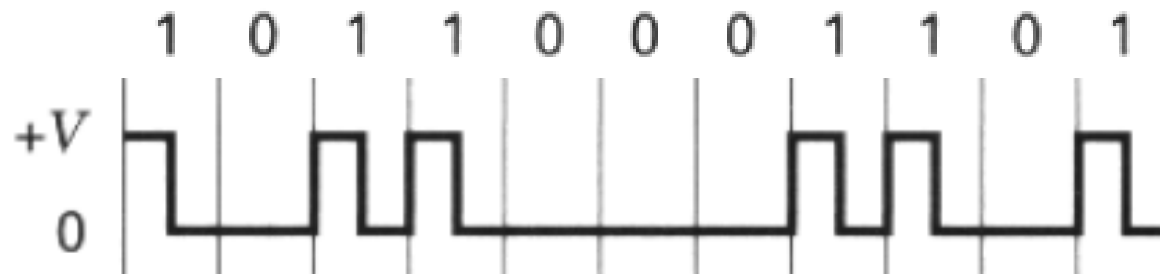


Códigos de Linha

- Grupo RZ

- **Unipolar RZ**

- Pulso positivo de meia duração (bit 1), ausência de pulso (bit 0).
 - Transmissão banda base e gravação magnética.



Sinalização PCM Unipolar RZ.

Fonte: Digital Communications, B. Sklar, 2002.

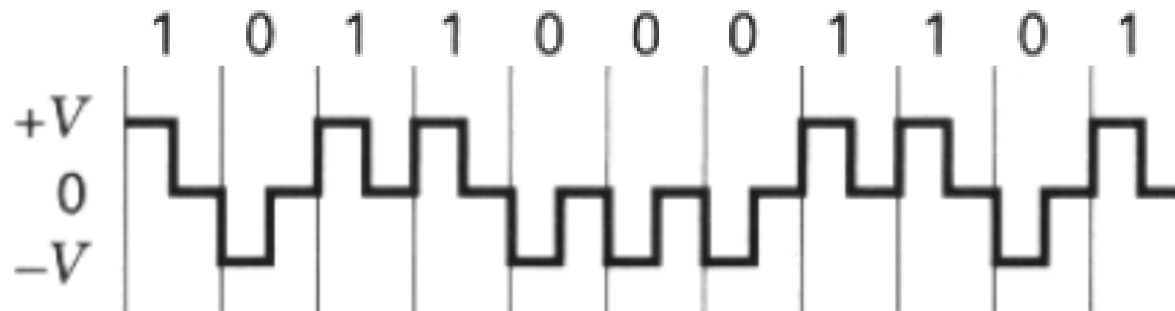


Códigos de Linha

- Grupo RZ

- **Polar RZ**

- Pulso positivo (bit 1), Pulso negativo (bit 0).
 - Os pulsos são de meio intervalo de bit (retorno ao zero).
 - Transmissão banda base e gravação magnética.



Sinalização PCM Polar RZ.

Fonte: Digital Communications, B. Sklar, 2002.

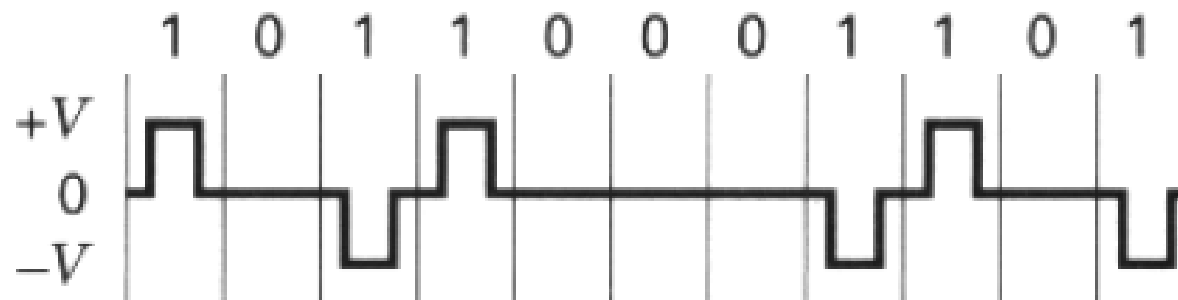


Códigos de Linha

- Grupo RZ

- **AMI (*Alternate Mark Inversion*)**

- Pulsos alternados (bit 1), ausência de pulso (bit 0).
- Utilizado em sistemas telefônicos.
- Problemas de sincronismo com o envio de vários bits 0.



Sinalização PCM AMI.

Fonte: Digital Communications, B. Sklar, 2002.



Códigos de Linha

— Solução para o problema do código AMI !

- **HDB-3 (*High Density Bipolar*)**

- Ocorrência de 4 zeros: substituição por uma sequência especial (**000V** ou **B00V**).
- A escolha da sequência especial é feita de forma que os **pulsos V consecutivos tenham polaridades alternadas**.
- **B00V**: Usada quando há um **nº par** de 1's após a última sequência especial.
- **000V**: Usada quando há um **nº ímpar** de 1's após a última sequência especial.



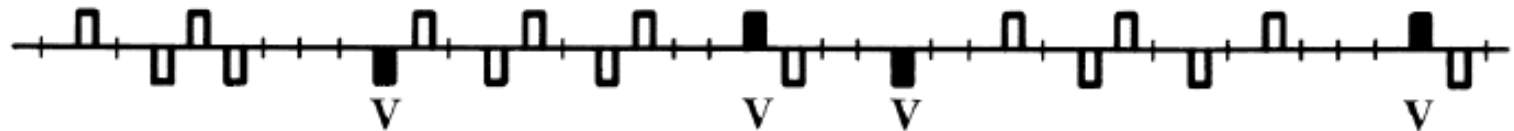
Códigos de Linha

– HDB-3 (*High Density Bipolar*)

Dígitos de entrada 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1

Dígitos codificados 0 1 0 1 1 1 $\boxed{0\bar{0}\bar{0}V}$ 1 0 1 1 0 1 $\boxed{1\bar{0}\bar{0}V}$ $\boxed{1\bar{0}\bar{0}V}$ 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 $\boxed{0\bar{0}\bar{0}V}$ 1

Forma de onda transmitida



Sinalização HDB-3.

Fonte: *Sistemas de Comunicação Analógicos e Digitais Modernos*, Lathi/Ding, 2012.

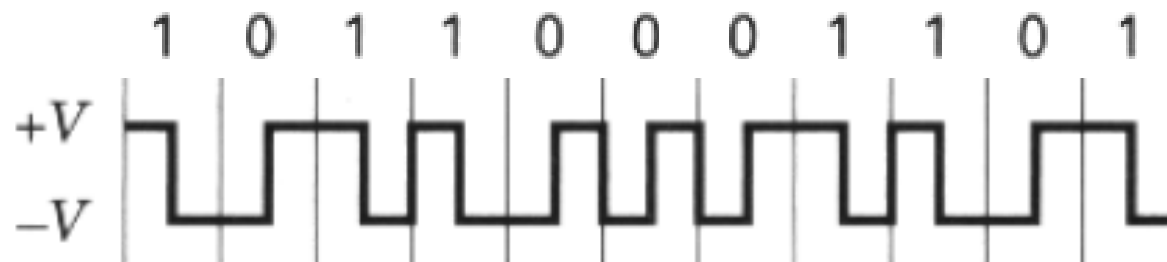


Códigos de Linha

- Grupo Bifase

- **Manchester (bifase-L)**

- Transição de descida (bit 1), Transição de subida (bit 0).
 - Utilizado em redes locais de computadores (Ethernet).
 - Sincronismo sempre presente.



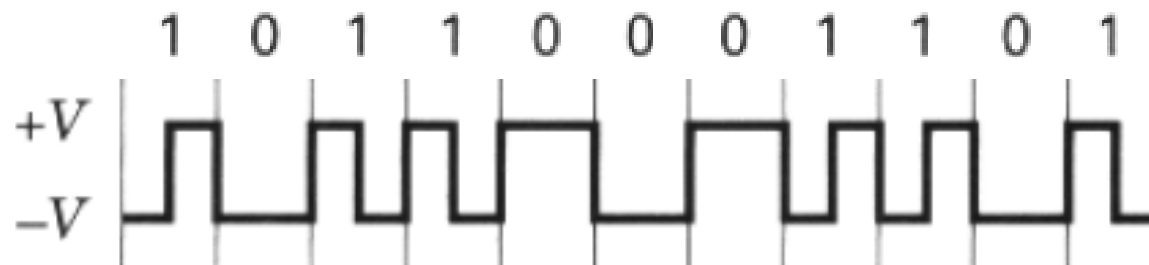
Sinalização PCM Manchester.

Fonte: Digital Communications, B. Sklar, 2002.



Códigos de Linha

- Grupo Bifase
 - **Manchester diferencial (bifase-M)**
 - Transições regulares sempre presentes.
 - Transições intermediárias: somente no bit 1.
 - Utilizado em redes Token Ring.



Sinalização PCM Manchester diferencial.

Fonte: *Digital Communications, B. Sklar, 2002.*



Códigos de Linha

- Qual a razão de haver tantos formatos de sinais PCM?
- **Características da sinalização PCM**
 - Presença da componente DC
 - Auto-sincronismo
 - Detecção de erros
 - Compressão de banda
 - Imunidade a ruído



Códigos de Linha

— Atributos especiais de um sinal PCM

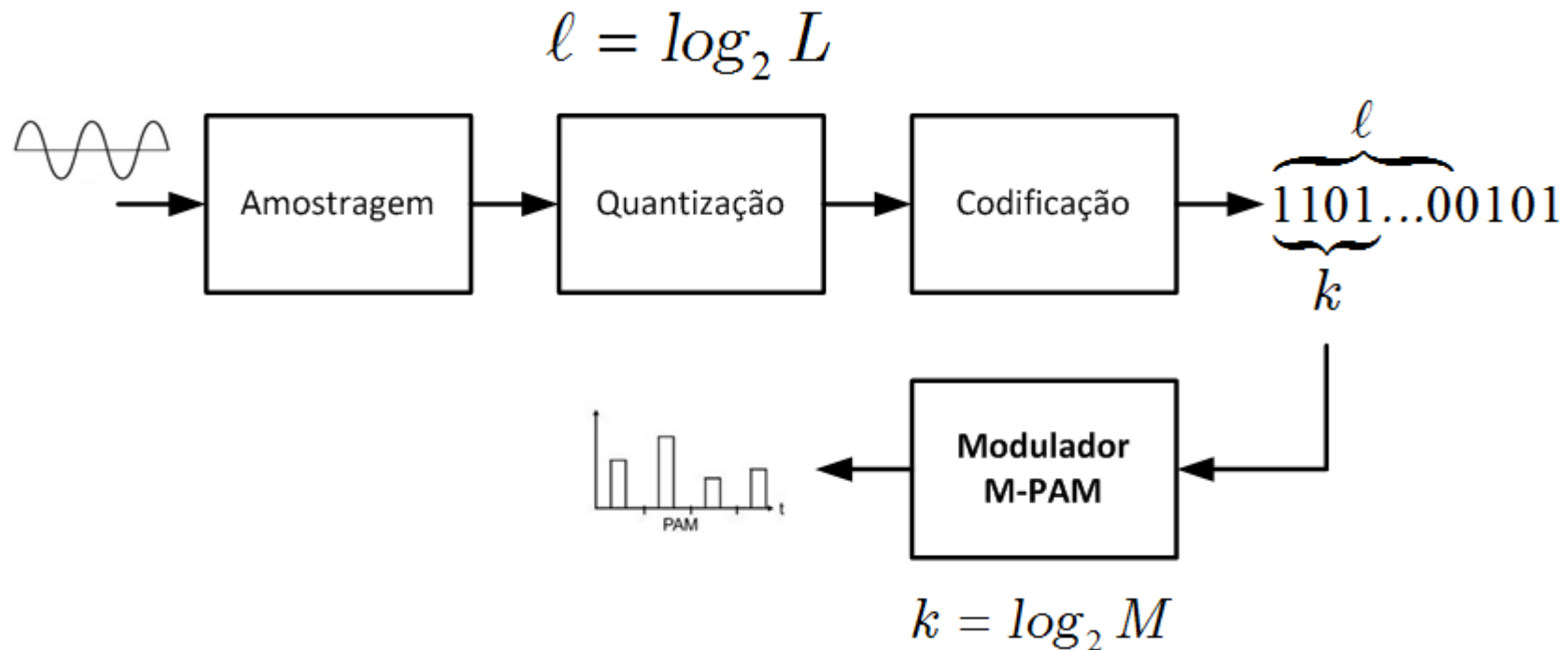
- Caracterização espectral
- Capacidade de sincronização de bit
- Capacidade de detecção de erros
- Imunidade a ruído e interferência
- Custo e complexidade de implementação



Bits por amostra e bits por símbolo

– Formatação de informação analógica

- Amostragem, quantização e codificação.





Bits por amostra

- Como dimensionar o número de bits por amostra?
 - Em função da distorção de quantização tolerável.

$$|e| \leq p V_{pp}$$

(ERRO DE DISTORÇÃO DE QUANTIZAÇÃO)



$$\ell \geq \log_2 \left(\frac{1}{2p} \right)$$

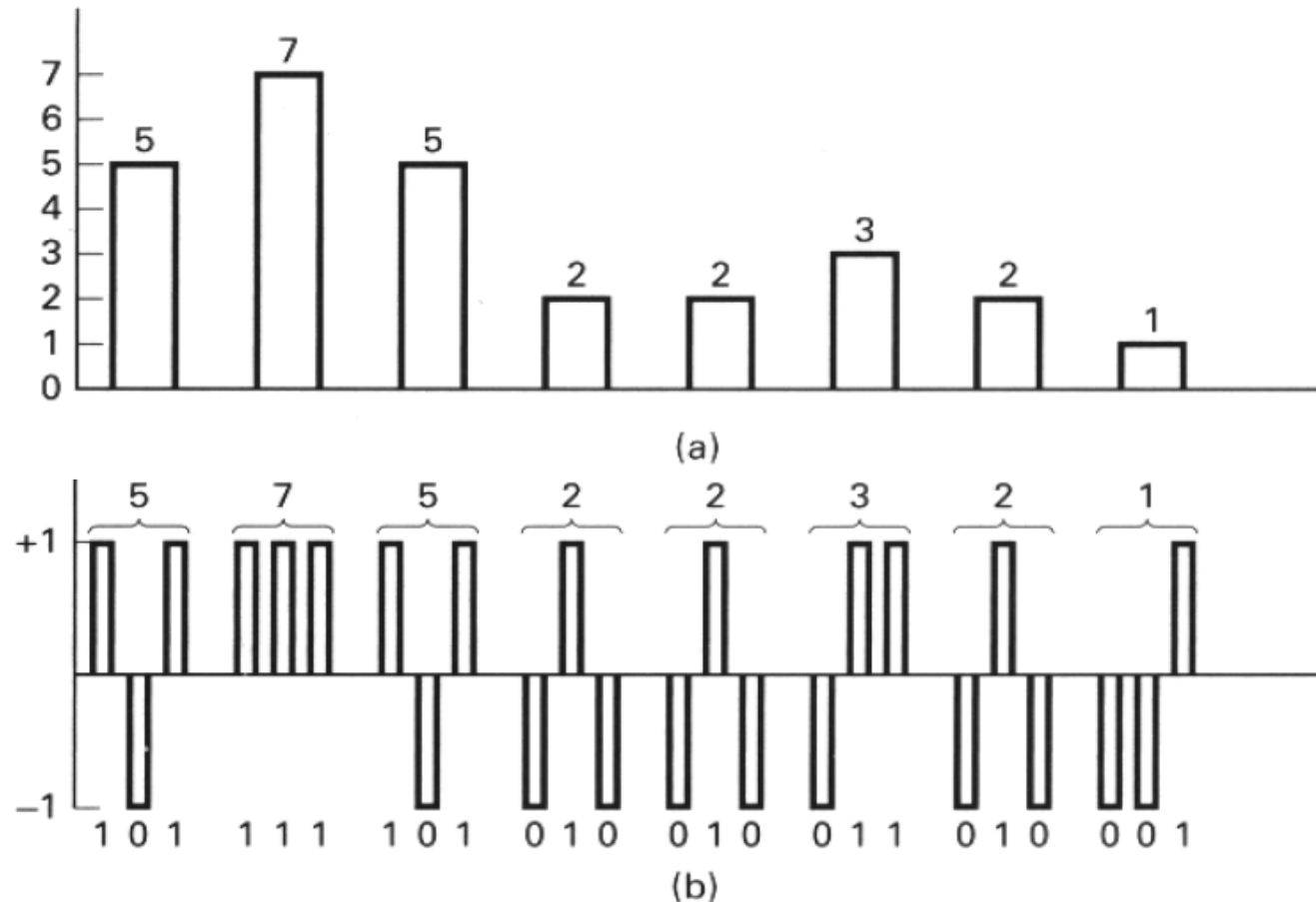


Sinalização M-PAM

- Um de M níveis de amplitude é atribuído para cada um dos M símbolos possíveis.
- **Comparação das formas de onda PCM e M-PAM**
 - Considere uma cadeia de bits com taxa R (bps)
 - Sinalização M-PAM (multinível)
 - Símbolo de k bits;
 - Taxa de símbolo R_s (largura de banda)
 - Redução da largura de banda do sinal transmitido.



Sinalização M-PAM



Modulação M-PAM: (a) 8 níveis. (b) 2 níveis (PCM).

Fonte: *Digital Communications, B. Sklar, 2002.*



Sinalização M-PAM

- **Qual o preço cobrado pela redução de banda?**
 - O receptor precisará distinguir entre mais níveis de cada pulso.
 - Qual a implicação do aumento do número de níveis*?

- **Qual o preço associado ao uso da modulação PCM?**
 - Aumento da largura de banda do sinal.

- **Por que não usar pulsos binários com a mesma duração de pulsos da modulação 8-PAM?**
 - Atraso na transmissão.



Exercício

- A informação em um sinal analógico com $f_m = 3$ kHz é transmitida por um sistema 16-PAM. A distorção de quantização especificada não pode exceder $\pm 1\%$ do valor de tensão pico-a-pico do sinal analógico.
- (a) Qual o nº mínimo de bits/amostra que deve ser usado na digitalização do sinal analógico?
 - (b) Qual a taxa de amostragem mínima que garante a reconstrução do sinal e qual a taxa de dados resultante?
 - (c) Qual a taxa de símbolo (ou taxa de pulsos PAM)?
 - (d) Se a largura de banda de transmissão for de 12 kHz, calcule a eficiência espectral deste sistema.

Conclusões



- Introdução
- Códigos de linha (sinais PCM)
 - Classificação dos códigos de linha
 - Exemplos de códigos de linha
- Conceitos de “bits por amostra” e “bits por símbolo”
- Dimensionamento do quantizador
- Sinalização M-PAM