

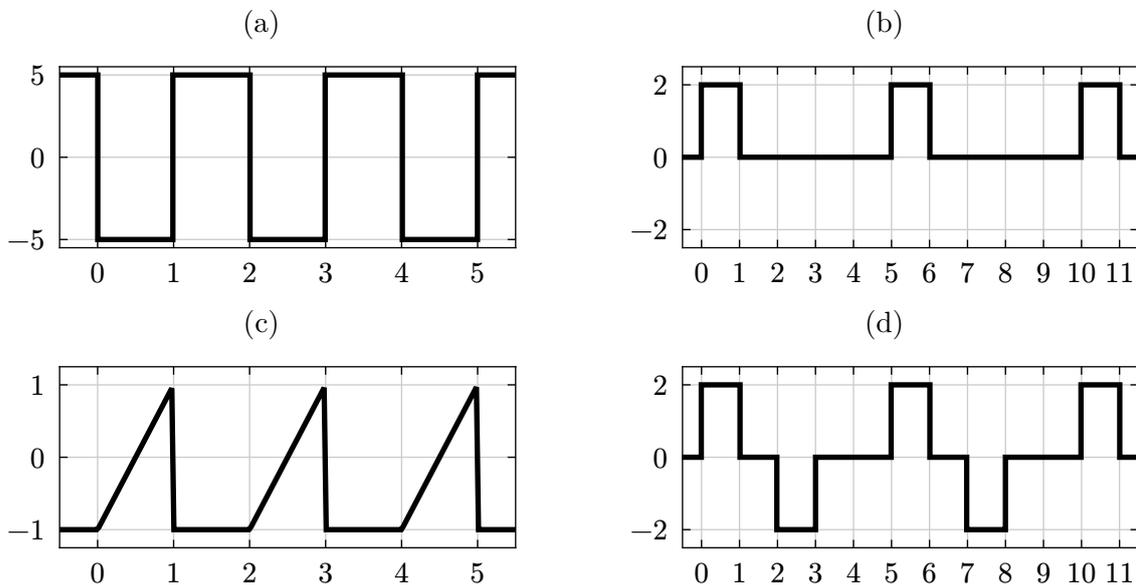
Sistemas de Comunicação I
Engenharia de Telecomunicações

Professor: Roberto Wanderley da Nóbrega

Semestre: 2025.1

Lista de Exercícios 1

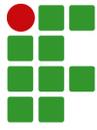
1. Calcule a potência média dos sinais periódicos abaixo, mostrando seus cálculos.



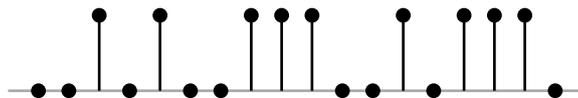
Assuma o eixo horizontal em segundos e o eixo vertical em volts.

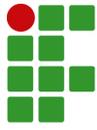
2. [1, 3.3] Esboce o espectro e especifique a taxa de Nyquist e o intervalo de Nyquist para cada um dos sinais abaixo:

- (a) $m(t) = \text{sinc}(200t)$.
- (b) $m(t) = \text{sinc}^2(200t)$.
- (c) $m(t) = \text{sinc}(200t) + \text{sinc}^2(200t)$.
- (d) $m(t) = 1 + 2 \cos(2\pi 200t) + 3 \cos(2\pi 400t)$.
- (e) $m(t) = 2 + 600 \text{sinc}(200t) + 8 \cos(2\pi 50t)$.

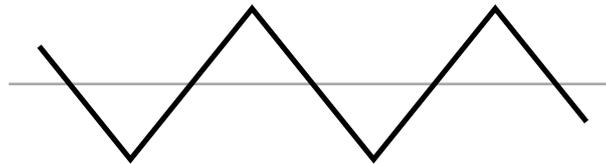


3. [2, 5.19], [3, 6.2-3] Determine a taxa de bits na saída de cada um dos conversores analógico-digital abaixo:
- (a) • Entrada: Sinal de vídeo com largura de banda de 4.5 MHz.
 - Amostragem: 15% superior à taxa de Nyquist.
 - Quantização: Uniforme com 1024 níveis.
 - Codificação: Binária.
 - (b) • Entrada: Sinal de áudio com largura de banda de 15 kHz.
 - Amostragem: 20% superior à taxa de Nyquist.
 - Quantização: Uniforme, com máximo erro de quantização tolerável de 0.25% do valor de pico do sinal de entrada.
 - Codificação: Binária.
4. [2, 3.16] Um sinal de voz com duração de 10 s é amostrado a uma taxa de 8 kHz, quantizado uniformemente e codificado. Calcule a mínima capacidade de armazenamento necessária para a versão digitalizada do sinal, supondo uma SQNR de 40 dB.
5. [3, 6.2-2] Um *compact disc* (CD) armazena sinais de áudio digitalmente utilizando PCM. Assuma que a largura de banda do sinal de áudio seja de 15 kHz.
- (a) Determine o número de bits necessários para representar cada amostra, assumindo quantização uniforme com 65 536 níveis.
 - (b) Supondo que o sinal de áudio tenha potência média de $0.1 V^2$ e valor de pico de 1 V, encontre a razão sinal-ruído de quantização do quantizador do item (a).
 - (c) Determine o número de dígitos binários por segundo (bit/s) necessários para codificar um sinal de áudio estéreo (canais direito e esquerdo), considerando amostragem à taxa de Nyquist e o quantizador do item (a).
 - (d) Repita o item anterior utilizando uma taxa de amostragem de 44 100 amostras por segundo.
 - (e) Sabendo que a duração do CD é de 74 minutos, calcule a capacidade de armazenamento em MiB (Obs.: $1 \text{ MiB} = 2^{20}$ bytes e $1 \text{ byte} = 8 \text{ bits}$).
6. [2, 5.20] A sequência de bits mostrada a seguir foi obtida na saída de um sistema PCM. Esboce a sequência de amostras quantizadas do sinal, sabendo que foi utilizado um quantizador uniforme *mid-tread* de 8 níveis, cujo menor nível vale $-20 V$.

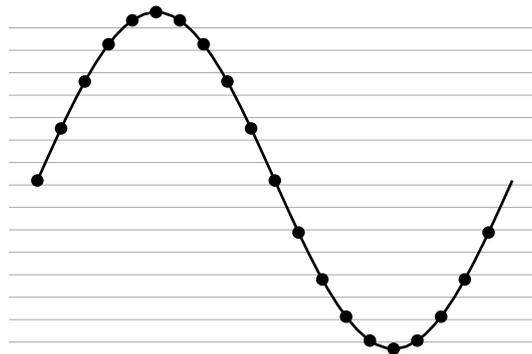




7. Um sinal $m(t)$ é transmitido utilizando PCM binário sem compressão.
- (a) [3, 6.2-6] Assumindo $m(t)$ sinusoidal, determine o mínimo número de bits por amostra para alcançar uma SQNR de ao menos 47 dB. Calcule também a SQNR obtida com esse número de bits.
- (b) [3, 6.2-7] Repita o item (a) assumindo $m(t)$ triangular cíclico como mostrado abaixo.



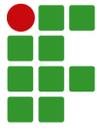
8. A onda sinusoidal de 2 kHz da figura a seguir representa um trecho de sinal de áudio codificado utilizando PCM uniforme, com os limiares de quantização finitos indicados pelas linhas horizontais. Assuma que o nível inferior é mapeado em 0000, o seguinte em 0001, e assim sucessivamente.



- (a) Determine os 20 primeiros bits na saída do codificador.
- (b) Calcule a taxa de amostragem, em amostras por segundo.
- (c) Calcule a taxa de bits do codificador, em bits por segundo.

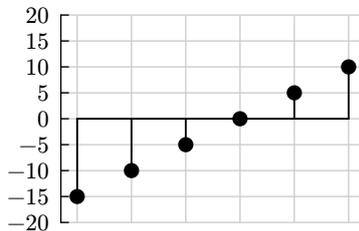
Bibliografia

- [1] S. Haykin, *Communication Systems*, 4th ed. John Wiley & Sons, 2001.
- [2] S. Haykin and M. Moher, *Introduction to Analog and Digital Communications*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2007.
- [3] B. P. Lathi and Z. Ding, *Modern Digital and Analog Communication Systems*, 4th ed. Oxford University Press, 2009.



Respostas

- (a) $25 V^2$. (b) $0.8 V^2$. (c) $2/3 V^2$. (d) $2 V^2$.
- (a) 200 Hz e 5 ms. (b) 400 Hz e 2.5 ms. (c) 400 Hz e 2.5 ms. (d) 800 Hz e 1.25 ms. (e) 200 Hz e 5 ms.
- (a) 103.5 Mb/s. (b) 324 kb/s.
- 560 kb.
- (a) 16 bit/amostra. (b) 91.1 dB. (c) 960 kb/s. (d) 1.411 2 Mb/s. (e) 746.93 MiB.
- Supondo $-20 V \leftrightarrow 000$, $-15 V \leftrightarrow 001$, $-10 V \leftrightarrow 010$, e assim por diante, até $15 V \leftrightarrow 111$, obtém-se:



- (a) $L \geq 182.79 \Rightarrow 8$ bit. SQNR = 49.93 dB.
(b) $L \geq 223.87 \Rightarrow 8$ bit. SQNR = 48.16 dB.
- (a) 10001010110011101111. (b) 40 kHz. (c) 160 kb/s.