



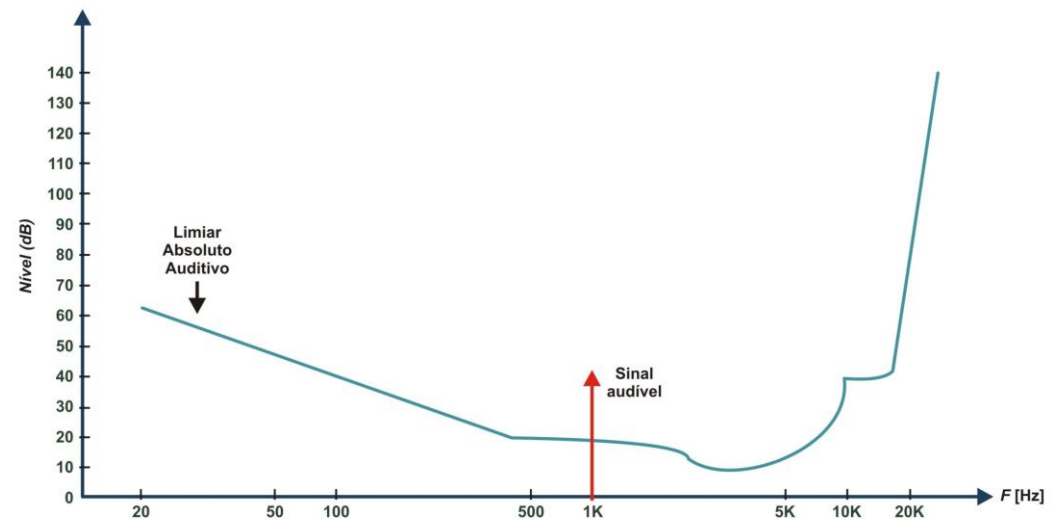
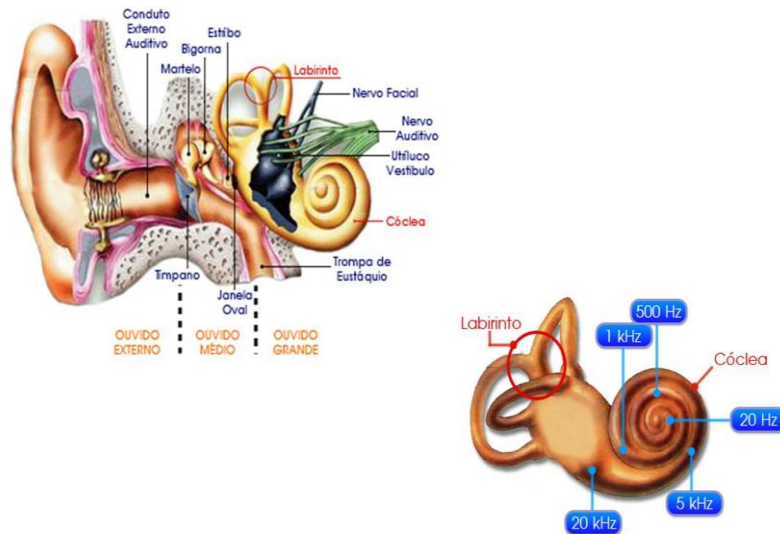
C209 – Computação Gráfica e Multimídia
EC215 – Multimídia

Visão Geral sobre Áudio

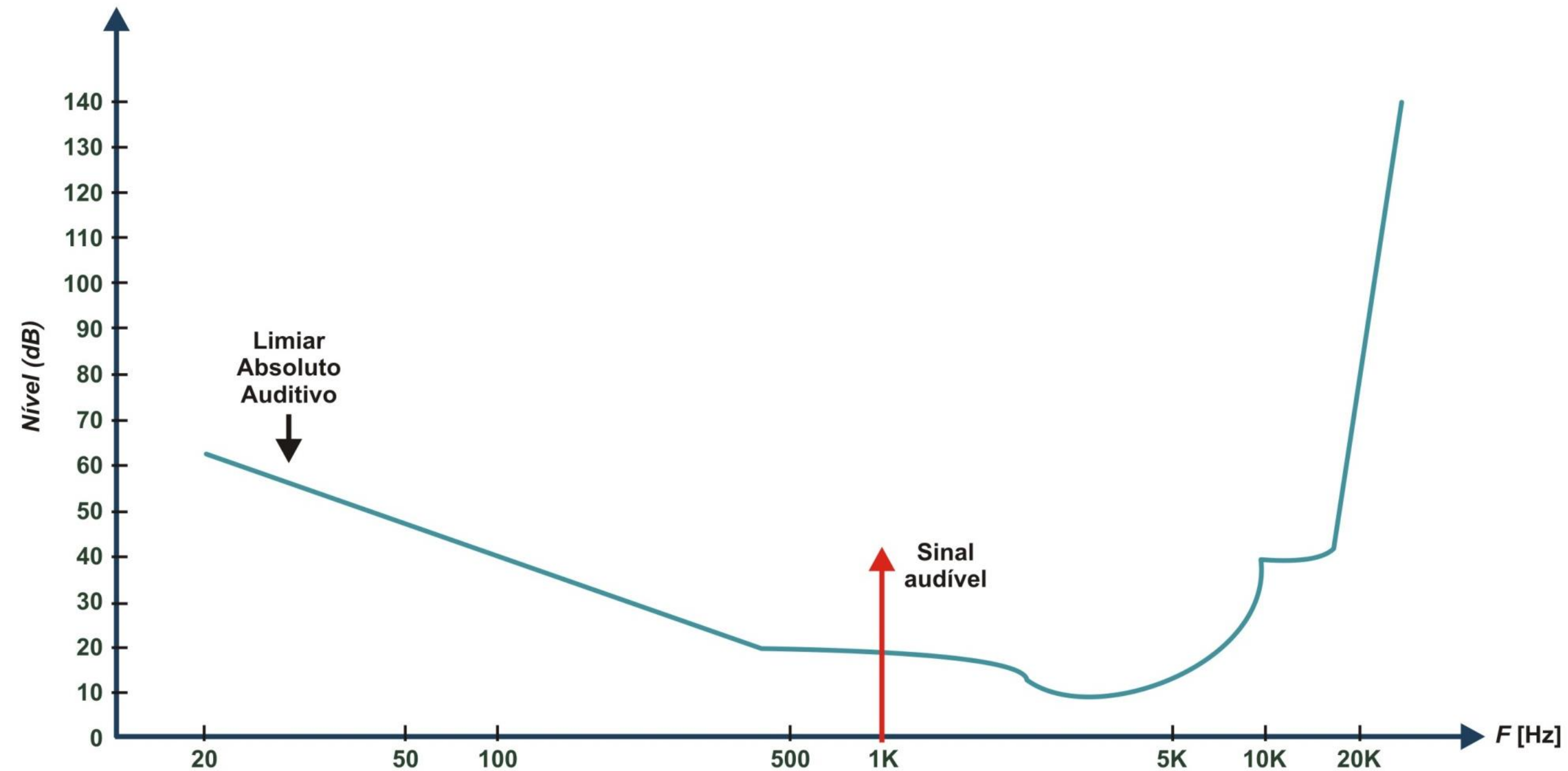
Marcelo Vinícius Cysneiros Aragão
marcelovca90@inatel.br

Sinal de Áudio

- Sinal de áudio: representação da pressão da onda sonora no tímpano humano.
- A sensibilidade do ouvido depende da frequência de vibração da onda sonora.

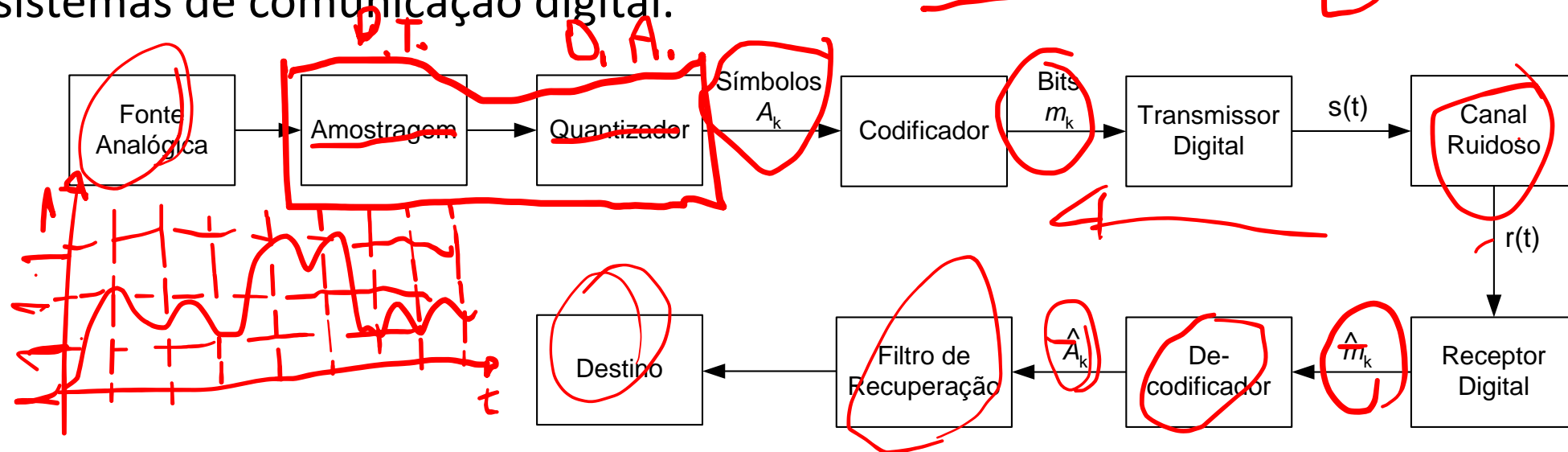


- Faixa considerada audível: 20 Hz ~ 20 kHz.



Digitalização de Áudio

- Os sinais analógicos devem ser digitalizados para serem transmitidos em sistemas de comunicação digital.

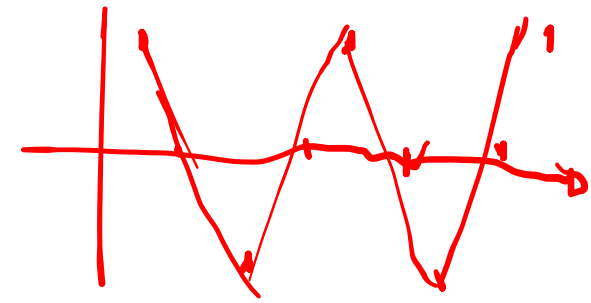


- Os processos necessários para digitalizar um sinal analógico são:

Amostragem

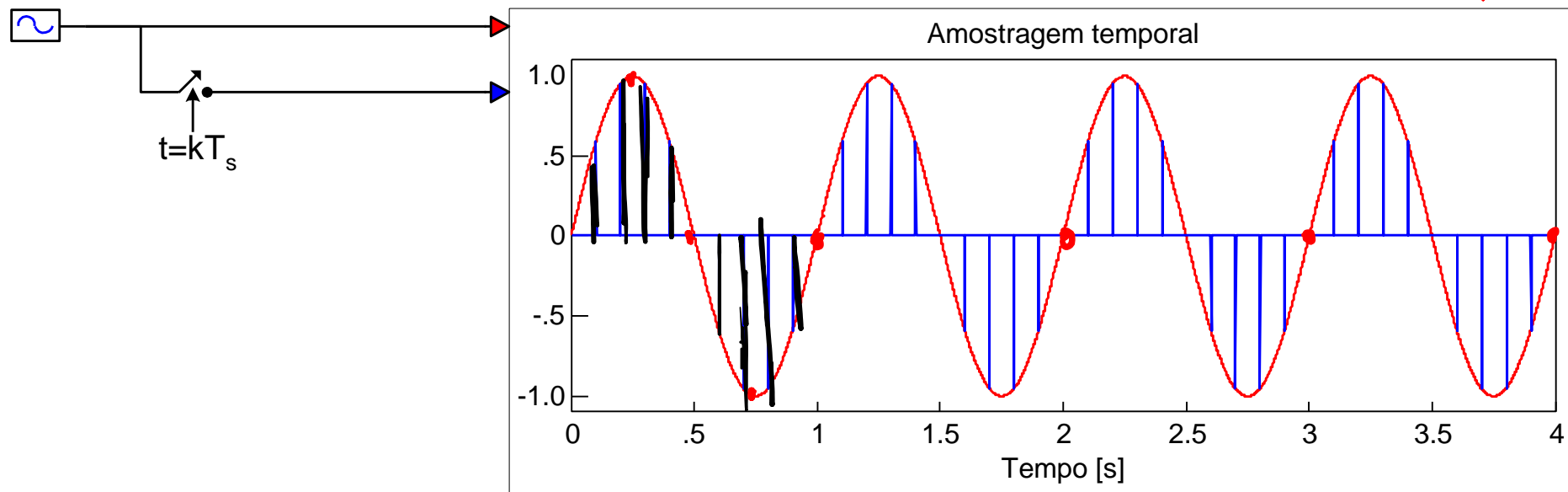
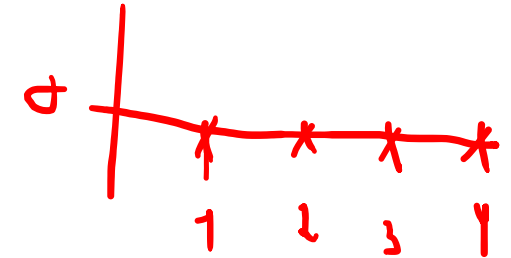
Quantização

Amostragem



- Amostragem: consiste em pegar o valor da amplitude do sinal a cada T_s segundos, que é chamado de período de amostragem.

- Frequência de amostragem: $f_s = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{100\text{ms}} = \frac{1000}{100} = 10\text{Hz}$





Amostragem

- Qual deve ser a mínima frequência de amostragem para que um sinal limitado em banda possa ser representado pelas suas amostras?
- Teorema da Amostragem de Nyquist–Shannon:

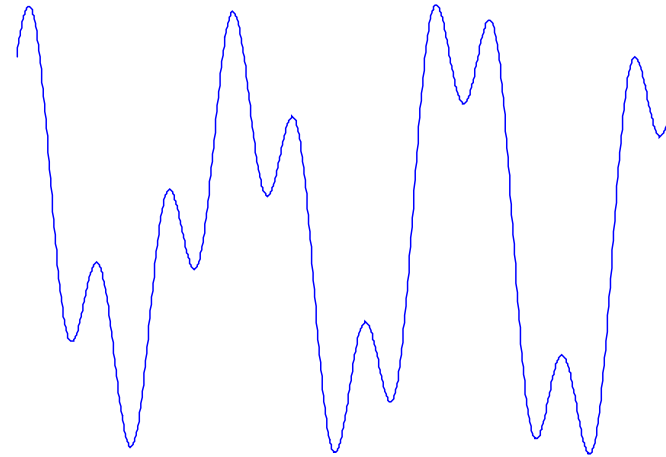
“Um sinal limitado em frequência, cuja frequência máxima é dada por f_{max} , pode ser perfeitamente representado por suas amostras, desde que estas sejam tomadas a uma taxa de amostragem maior ou igual a duas vezes f_{max} , ou seja, se

$$f_s \geq 2 \cdot f_{max}$$

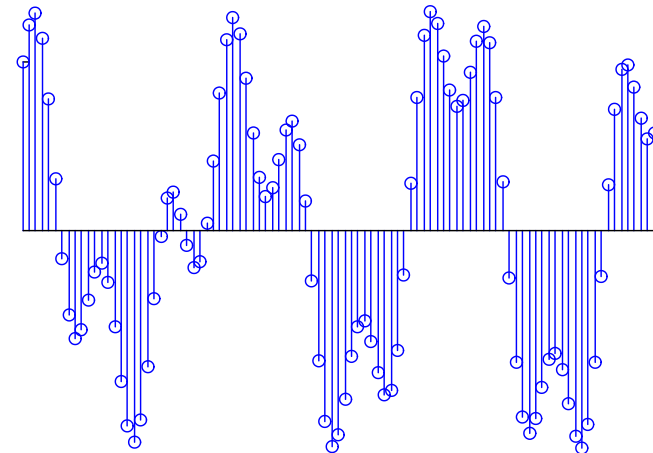
então é possível recuperar o sinal original a partir das suas amostras, sem distorção.”

Amostragem

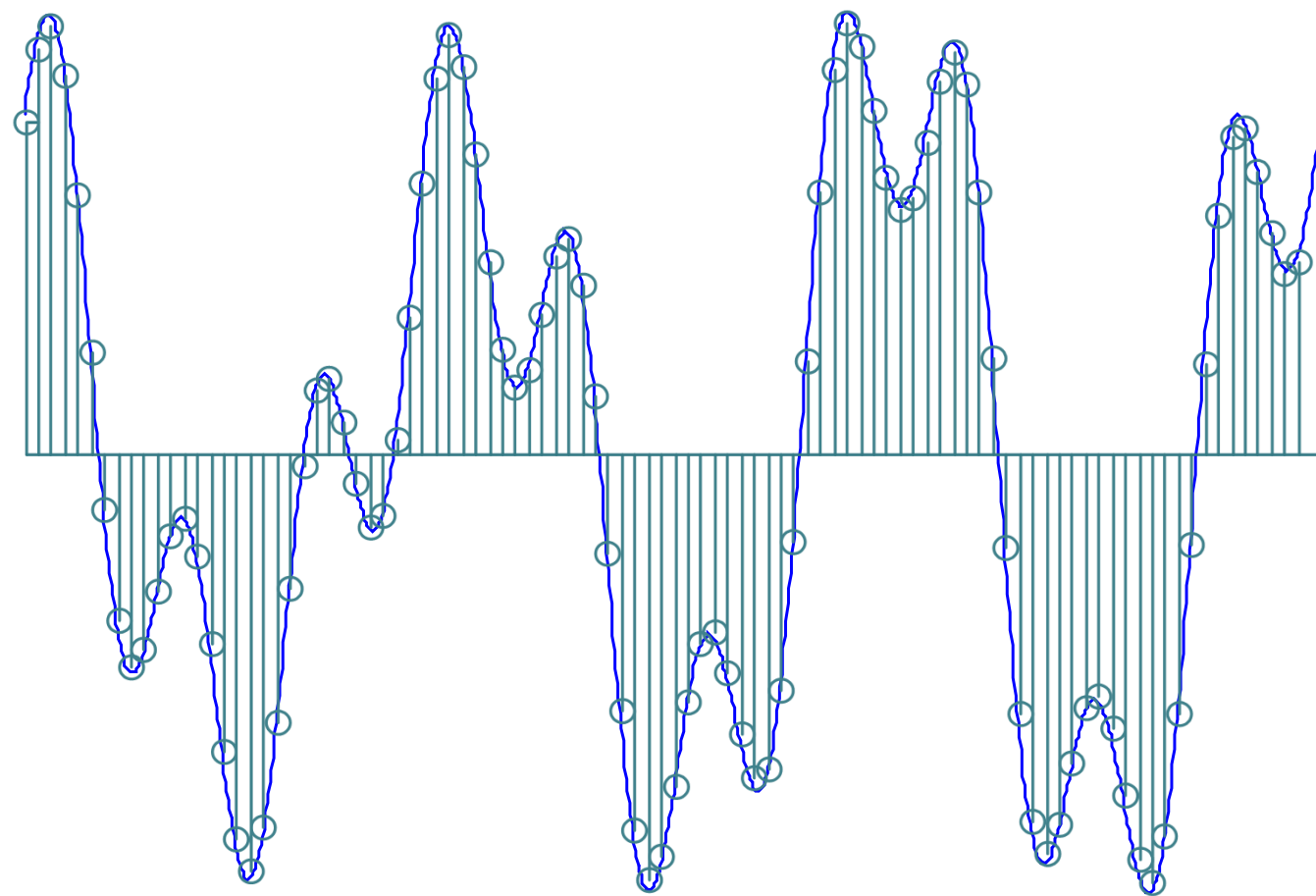
- Sinal limitado em frequência:



- Sinal amostrado:

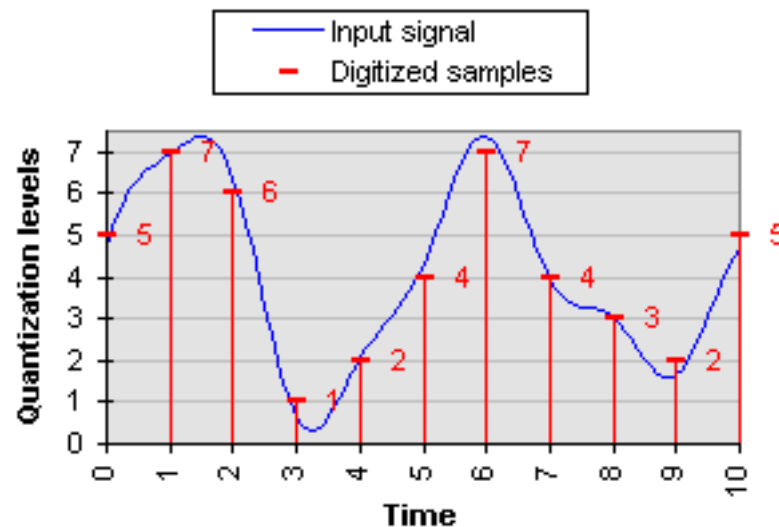


Amostragem



Quantização

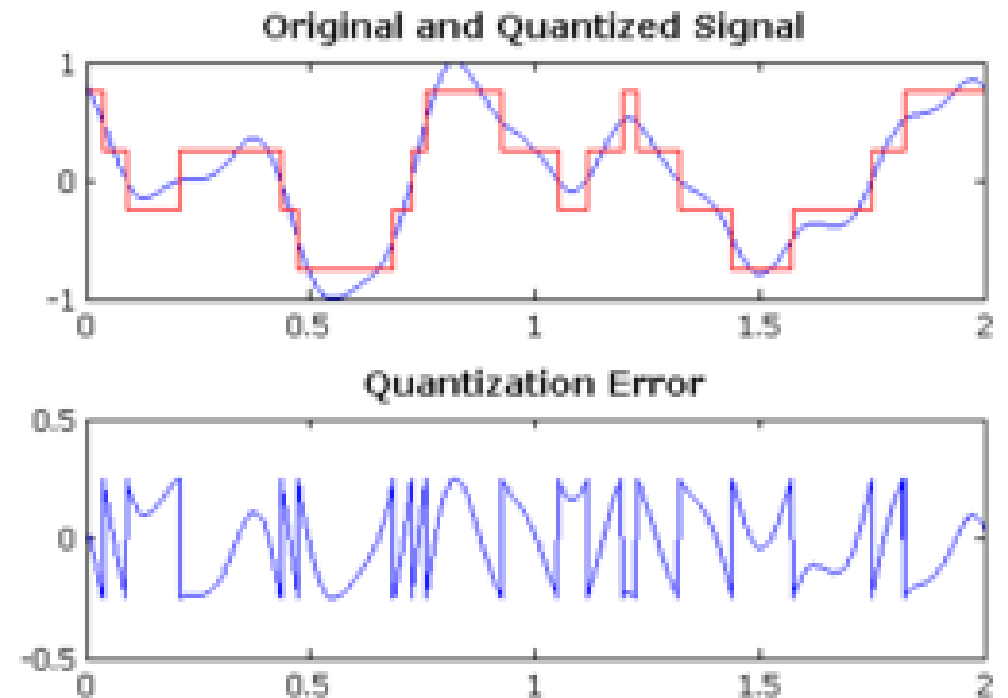
- Quantização: é processo no qual o valor da amplitude das amostras é discretizado.
- Um quantizador permite apenas N_Q níveis de amplitude em sua saída.
- O número de bits necessários para representar cada uma das amostras é $q = \log_2(N_Q)$, ou seja, o número total de níveis possíveis com q bits é $N_Q = 2^q$.



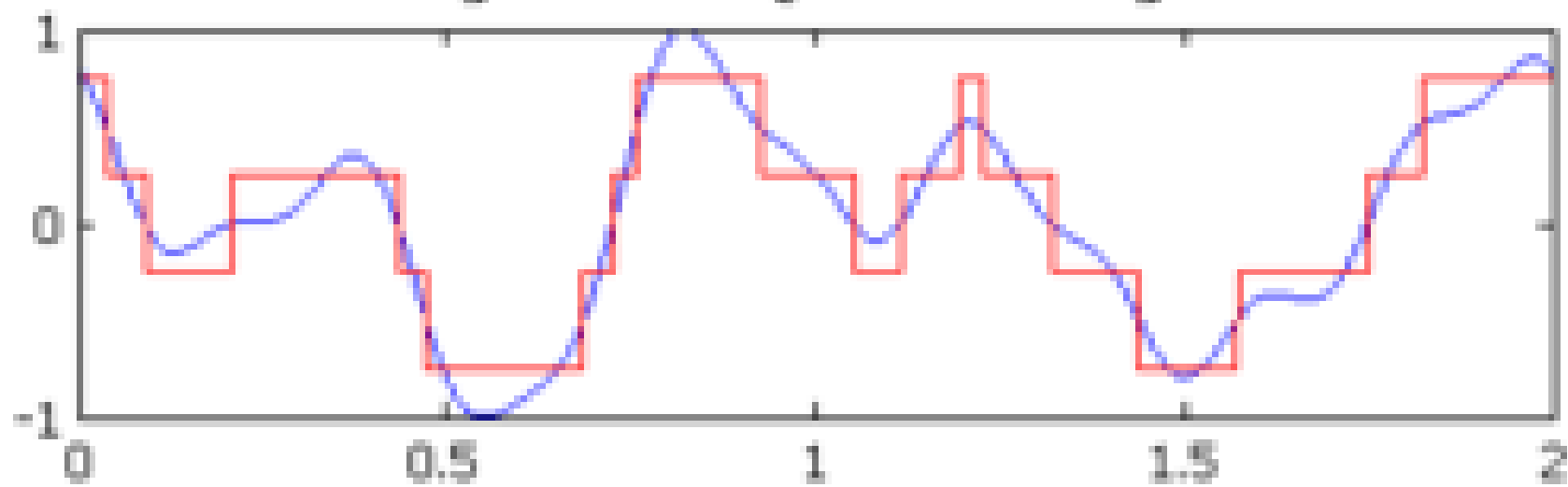
Quantização

- A quantização insere uma distorção que não pode ser mais removida do sinal.
- Essa distorção pode ser modelada como um ruído.
- A taxa de bits mínima para representar essa fonte analógica é limitada pelo Teorema de Shannon-Nyquist e pelo número de amostras na saída do quantizador:

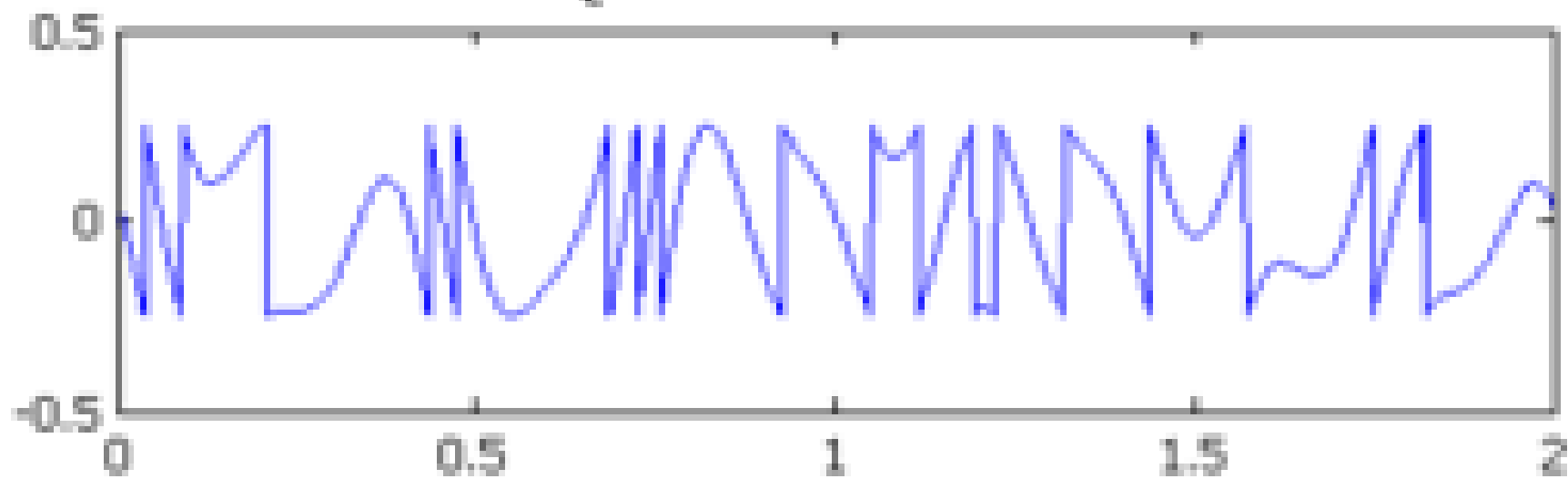
$$R_b \geq 2 \cdot \log_2(N_Q) \cdot f_{max}$$



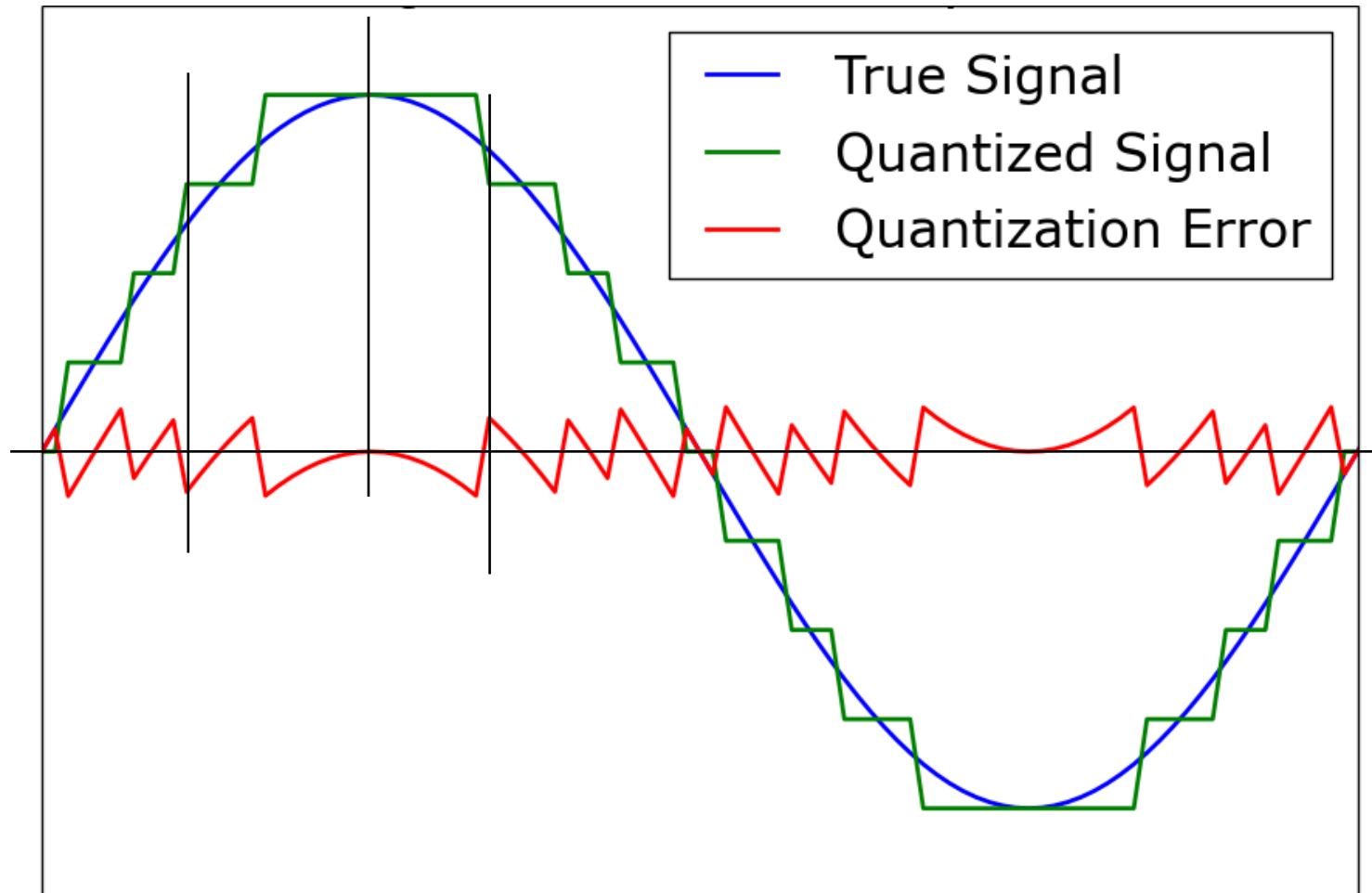
Original and Quantized Signal



Quantization Error

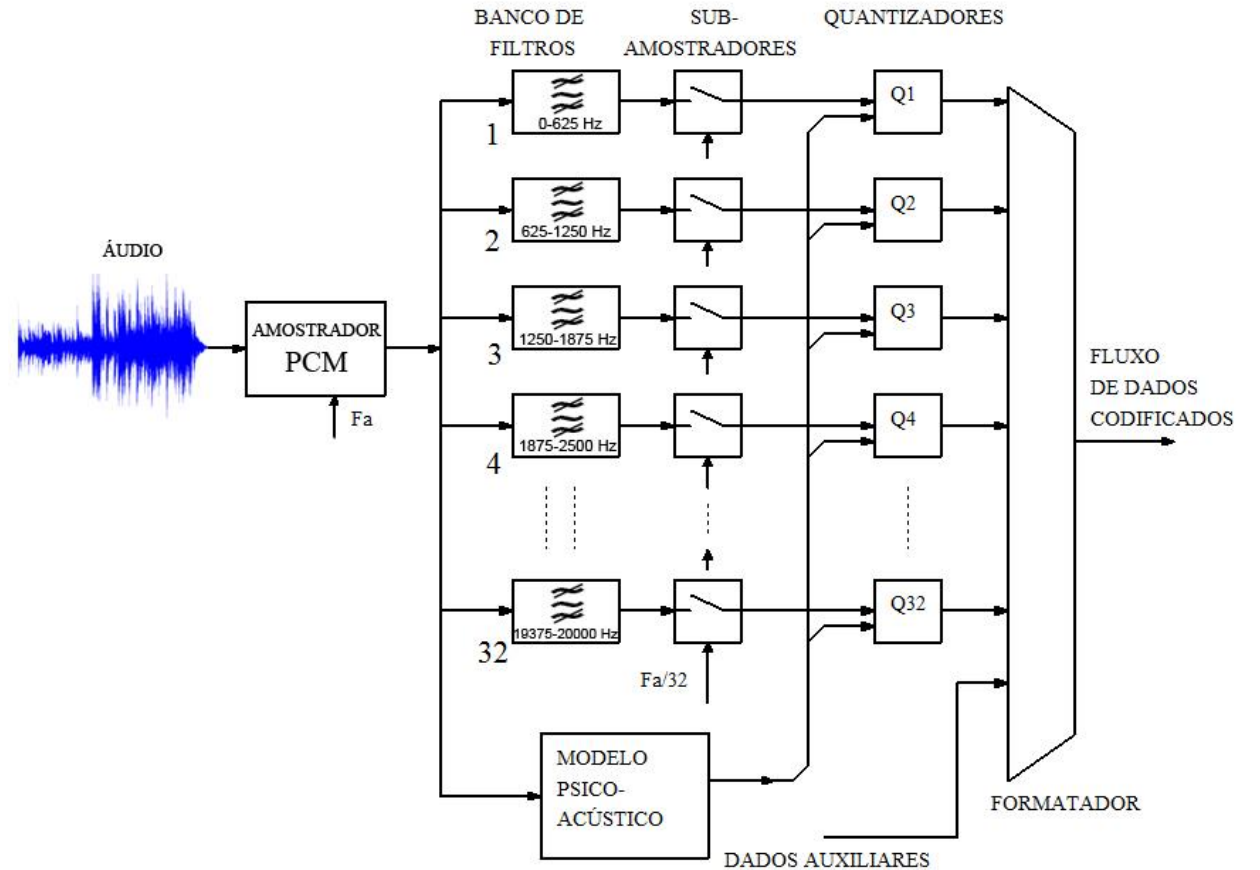


Quantização



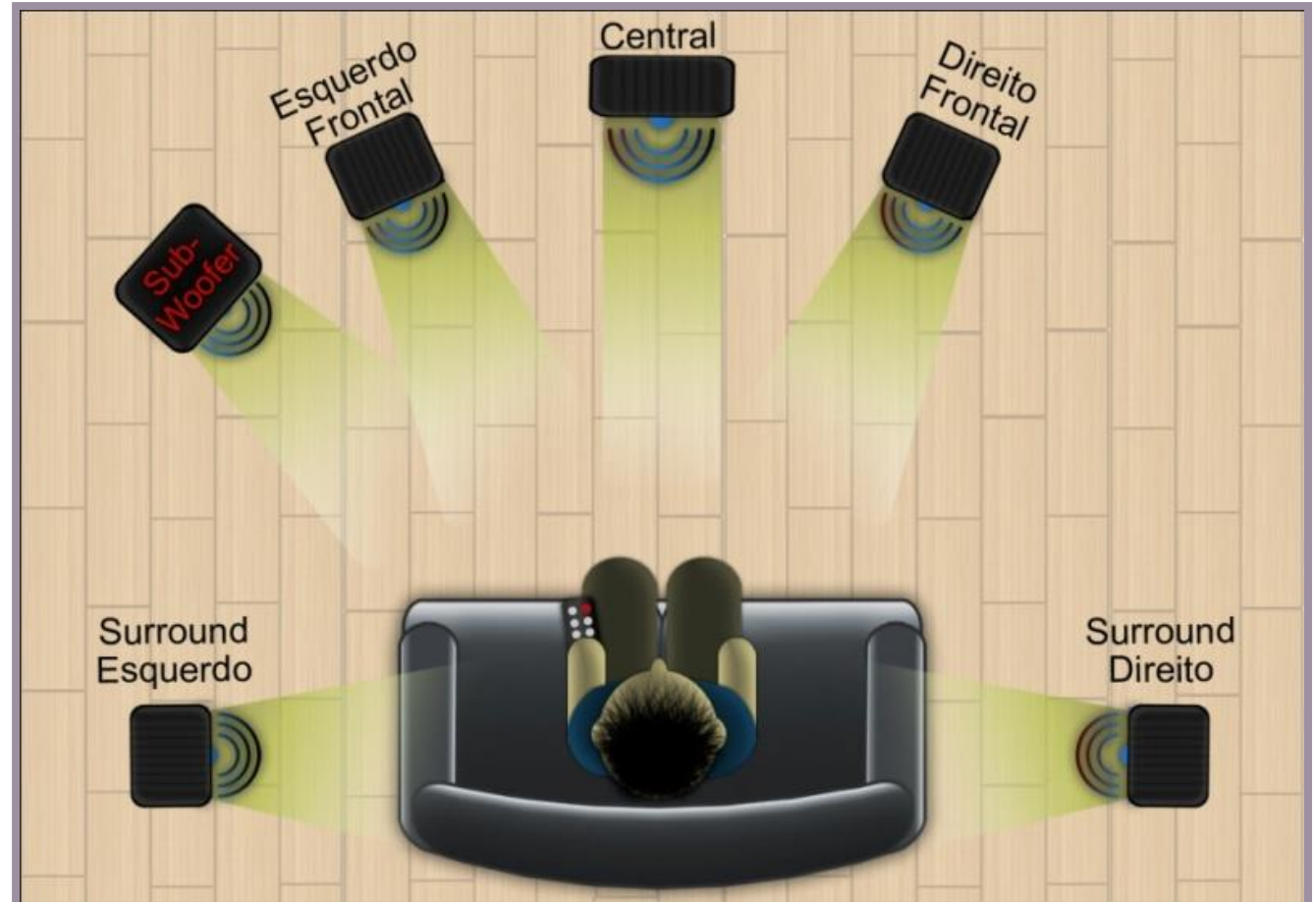
Codificação de Áudio

- O ouvido humano não é uniformemente sensível a todas as frequências.
- Frequências menos perceptíveis são codificadas com menor qualidade.
- Esse processo é denominado de Codificação Multibanda.

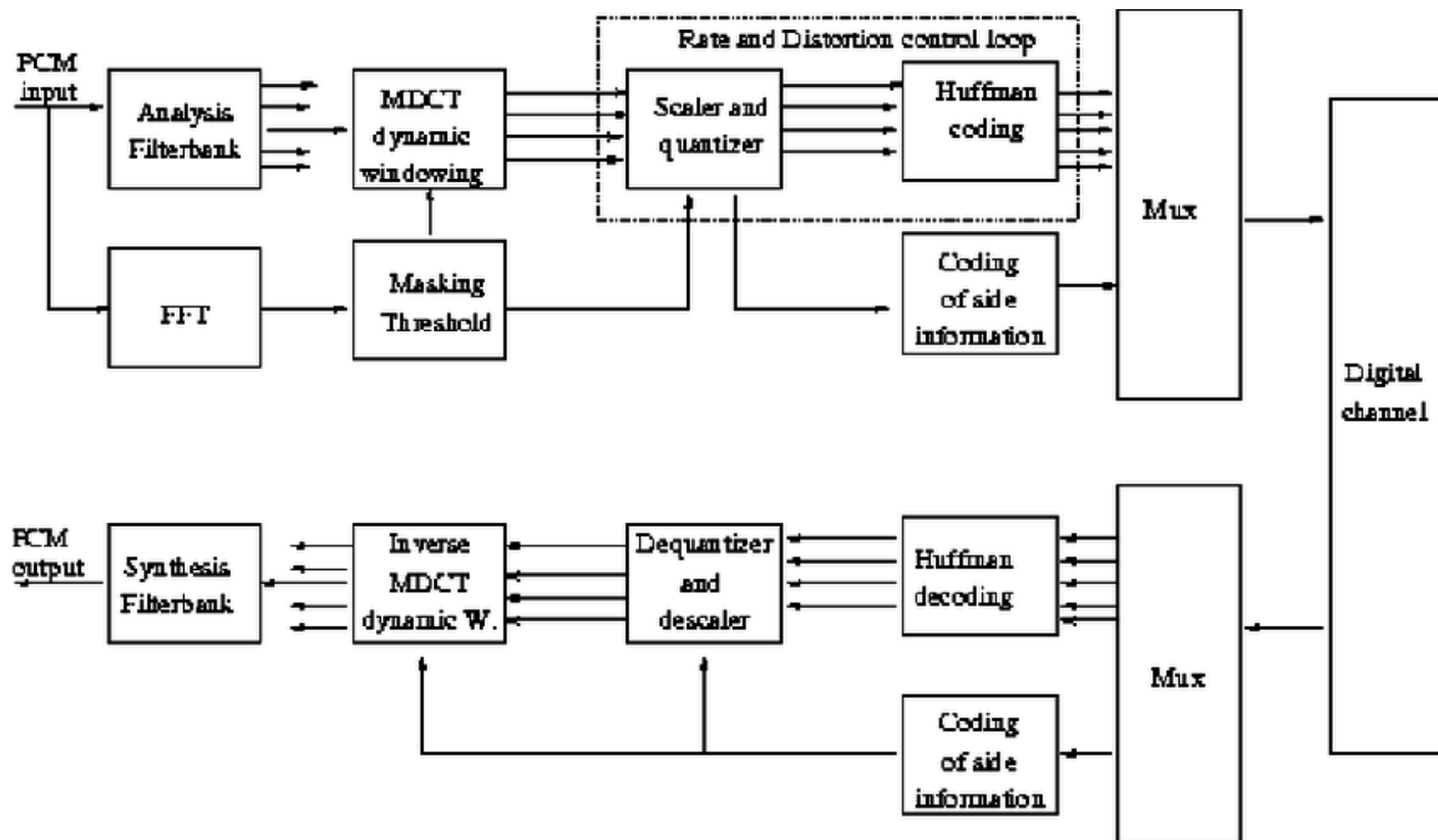


Advanced Audio Coding (AAC)

- AAC: Advanced Audio Coding
- Áudio 5.1: 5 áudios + 1 LFE
 - Low Frequency Effects
 - 10 Hz ~ 120 Hz
 - Low-Frequency Emitter (subwoofer)
- MPEG-2 AAC ([ISO/IEC 13818-7](#)):
tratamento do áudio de alta
qualidade, para taxas de 64kb/s por
canal para operação em múltiplos
canaís;
- 3 perfis: Main, LC (Low Complexity),
SSR (Scalable Sampling Rate)
(especificado no Japão).



MPEG-1/2 Audio Layer 3 (MP3)



Audio File Formats - MP3, AAC, WAV, FLAC

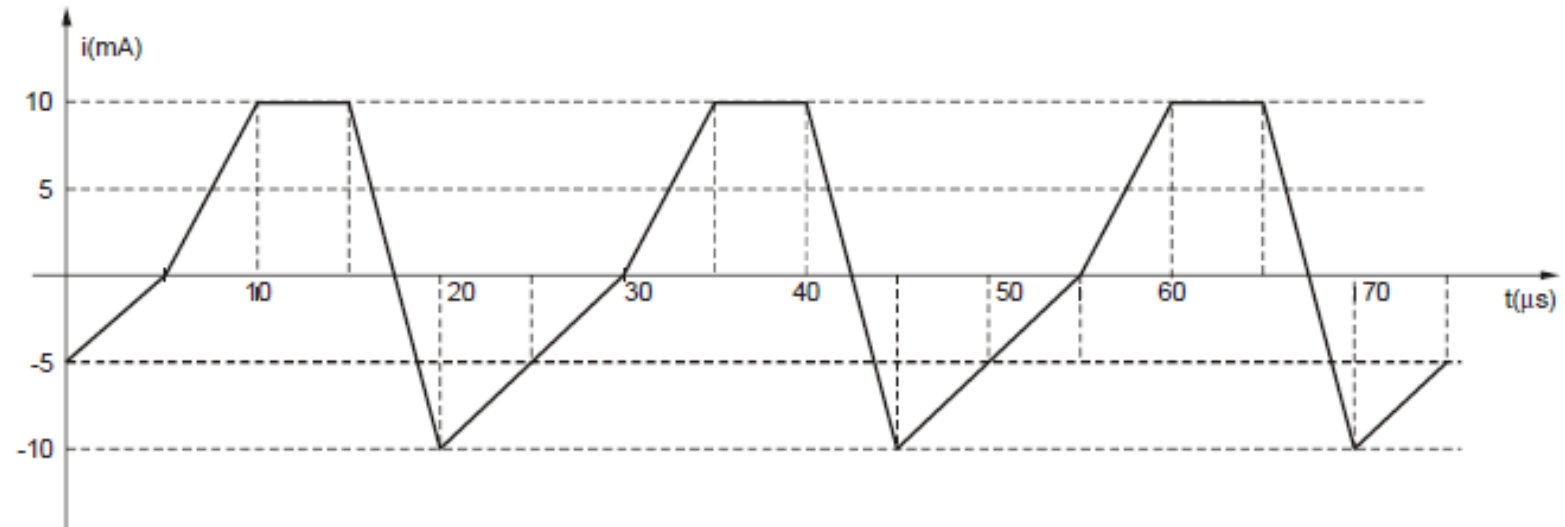


<https://www.youtube.com/watch?v=WIIKXOrt3bk>

Exercícios

Considere o seguinte gráfico de corrente. A frequência do sinal vale:

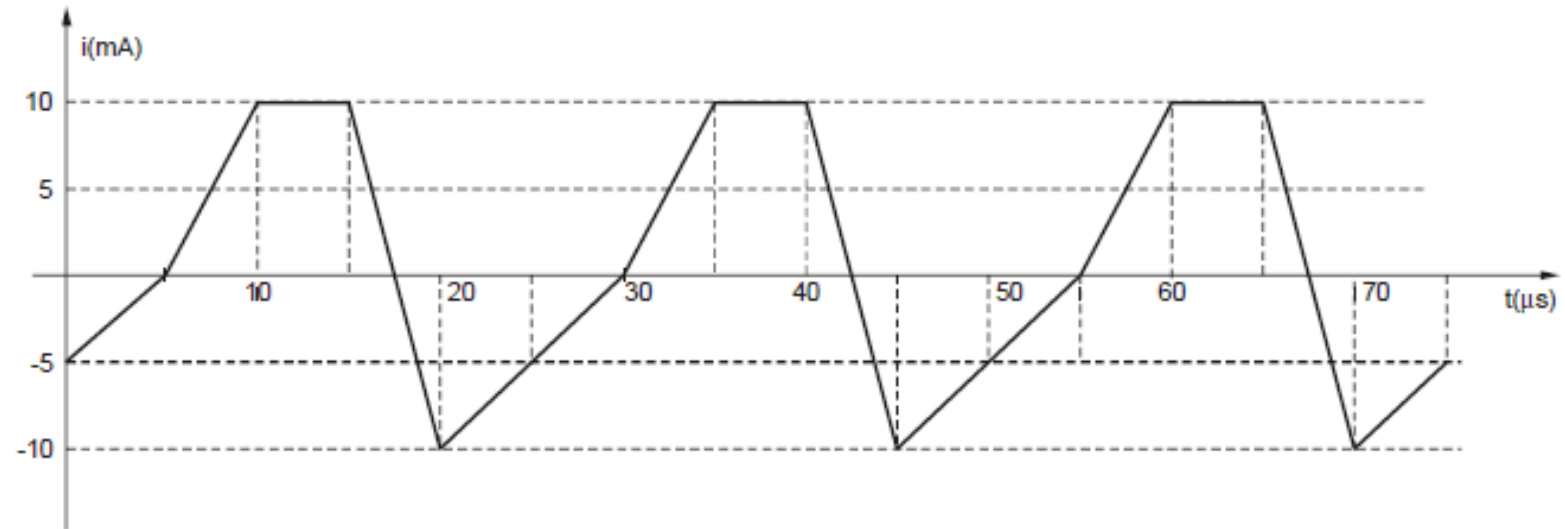
- a) 20 kHz.
- b) 40 kHz.
- c) 60 kHz.
- d) 80 kHz.
- e) 100 kHz.



Exercícios

Considere o seguinte gráfico de corrente. A frequência do sinal vale:

- a) 20 kHz.
- b) 40 kHz.**
- c) 60 kHz.
- d) 80 kHz.
- e) 100 kHz.



Exercícios

- Sinais analógicos devem ser codificados em digitais, antes de serem transmitidos em sistemas de comunicação digital. Para realizar tal codificação, muitos sistemas empregam o PCM (Pulse-Code Modulation), por exemplo. Para tentar reduzir a perda de informação em um processo de codificação, deve-se
 - a) reduzir a quantidade de níveis de quantização ou realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa superior ou igual à de Nyquist.
 - b) reduzir a quantidade de níveis de quantização e realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa menor do que a de Nyquist.
 - c) aumentar a quantidade de níveis de quantização ou realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa superior ou igual à de Nyquist.
 - d) aumentar a quantidade de níveis de quantização e realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa menor do que a de Nyquist.
 - e) aumentar a quantidade de níveis de quantização e realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa superior ou igual à de Nyquist.

Exercícios

- Sinais analógicos devem ser codificados em digitais, antes de serem transmitidos em sistemas de comunicação digital. Para realizar tal codificação, muitos sistemas empregam o PCM (Pulse-Code Modulation), por exemplo. Para tentar reduzir a perda de informação em um processo de codificação, deve-se
 - a) reduzir a quantidade de níveis de quantização ou realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa superior ou igual à de Nyquist.
 - b) reduzir a quantidade de níveis de quantização e realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa menor do que a de Nyquist.
 - c) aumentar a quantidade de níveis de quantização ou realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa superior ou igual à de Nyquist.
 - d) aumentar a quantidade de níveis de quantização e realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa menor do que a de Nyquist.
 - e) **aumentar a quantidade de níveis de quantização e realizar amostragem do sinal analógico em uma taxa superior ou igual à de Nyquist.**

Exercícios

- Considere uma fonte de áudio analógica com frequência variando de 20Hz a 20kHz.
 - a) Quantos bits são necessários para quantizar este sinal com, no mínimo, 400 níveis de amplitude?
 - a) Qual é a taxa mínima de bits necessária para representar esta fonte usando a quantidade de bits obtida no item anterior? Justifique sua resposta apresentando os cálculos necessários.

Exercícios

- Considere uma fonte de áudio analógica com frequência variando de 20Hz a 20kHz.
 - a) Quantos bits são necessários para quantizar este sinal com, no mínimo, 400 níveis de amplitude?
 - a) Qual é a taxa mínima de bits necessária para representar esta fonte usando a quantidade de bits obtida no item anterior? Justifique sua resposta apresentando os cálculos necessários.

$$ANS = \lceil \log_2 400 \rceil = 9 \text{ bits}$$

$$R \geq 2 \cdot 9 \cdot 20k \rightarrow R \geq 360kbps$$

Exercícios

- De acordo com o teorema de Nyquist, a máxima taxa de transmissão de dados de um canal depende da largura de banda. Assim, caso um canal tenha banda de 2.400 Hz, sem a presença de ruído e codificação binária, a máxima taxa de transmissão de dados é, em bps (bits por segundo):
 - a) 56.000.
 - b) 4.800.
 - c) 1.200.
 - d) 2.400.
 - e) 9.600.

Exercícios

- De acordo com o teorema de Nyquist, a máxima taxa de transmissão de dados de um canal depende da largura de banda. Assim, caso um canal tenha banda de 2.400 Hz, sem a presença de ruído e codificação binária, a máxima taxa de transmissão de dados é, em bps (bits por segundo):
 - a) 56.000.
 - b) 4.800.**
 - c) 1.200.
 - d) 2.400.
 - e) 9.600.

Exercícios

- Nos CDs de áudio modernos, todos os arquivos são gravados no formato denominado MP3. Em muitos casos, entretanto, é comum a realização de download de arquivos de áudio por meio da Internet. Nesse caso, a música não é baixada em formato MP3, pois, entre os formatos disponíveis, este é o que ocupa maior espaço em memória. Em geral, para esse tipo de download, o arquivo é baixado no formato WAV, o qual é obtido quando o arquivo MP3 passa por um programa de compactação que o torna muito menor, mas que, ainda assim, mantém as características sonoras essenciais da gravação.
 - a) Certo
 - b) Errado

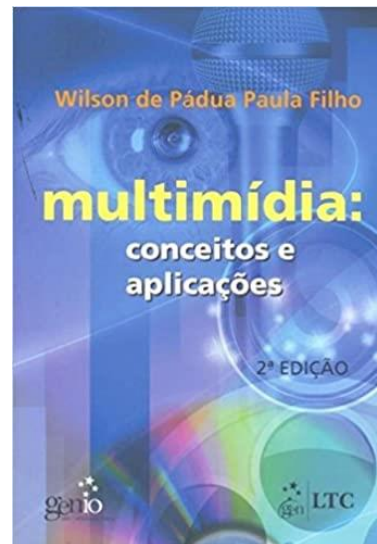
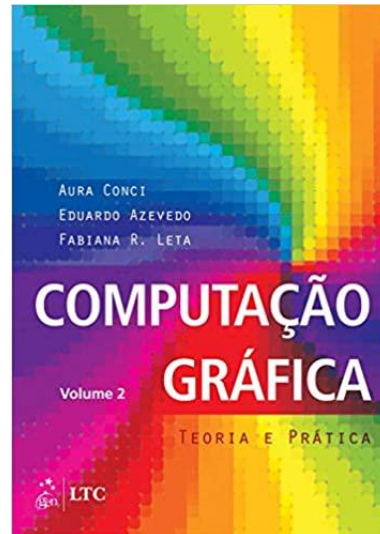
Exercícios

- Nos CDs de áudio modernos, todos os arquivos são gravados no formato denominado MP3. Em muitos casos, entretanto, é comum a realização de download de arquivos de áudio por meio da Internet. Nesse caso, a música não é baixada em formato MP3, pois, entre os formatos disponíveis, este é o que ocupa maior espaço em memória. Em geral, para esse tipo de download, o arquivo é baixado no formato WAV, o qual é obtido quando o arquivo MP3 passa por um programa de compactação que o torna muito menor, mas que, ainda assim, mantém as características sonoras essenciais da gravação.
 - a) Certo
 - b) Errado

Referências & Links Interessantes

- 0612 TV w/ NERDfirst - **Sampling, Aliasing & Nyquist Theorem.**
Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=yWqrx08UeUs>>.
- Analog Quantized - **Quantization.** Disponível em
<https://analogquantized.wordpress.com/2013/02/25/quantization/>

Referências & Links Interessantes



- AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura, Computação gráfica volume 1: geração de imagens. Rio de Janeiro, RJ. Editora Campus, 2003, 353 p. ISBN 85-352-1252-3.
- AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura; LETA, Fabiana R. Computação gráfica volume 2: teoria e prática. Rio de Janeiro, RJ: Editora Elsevier, 2007, 384 p. ISBN 85-352-2329-0.
- PAULA FILHO, Wilson de Pádua, Multimídia: Conceitos e aplicações. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2000, 321 p. ISBN 978-85-216-1222-3.