

<p>Universidade do Minho - Dep.^{to} Informática</p> <p>Mestrado em Engenharia de Telecomunicações & Informática</p> <p>Serviços de Rede & Aplicações Multimédia</p>
<p>1º Teste Escrito - Março 2023</p> <p>Duração Total: 100 Minutos</p>

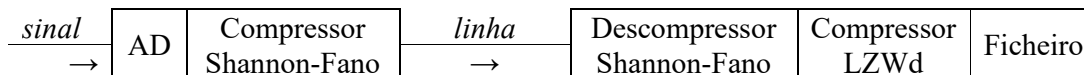


Figura 1: Sistema Multimédia.

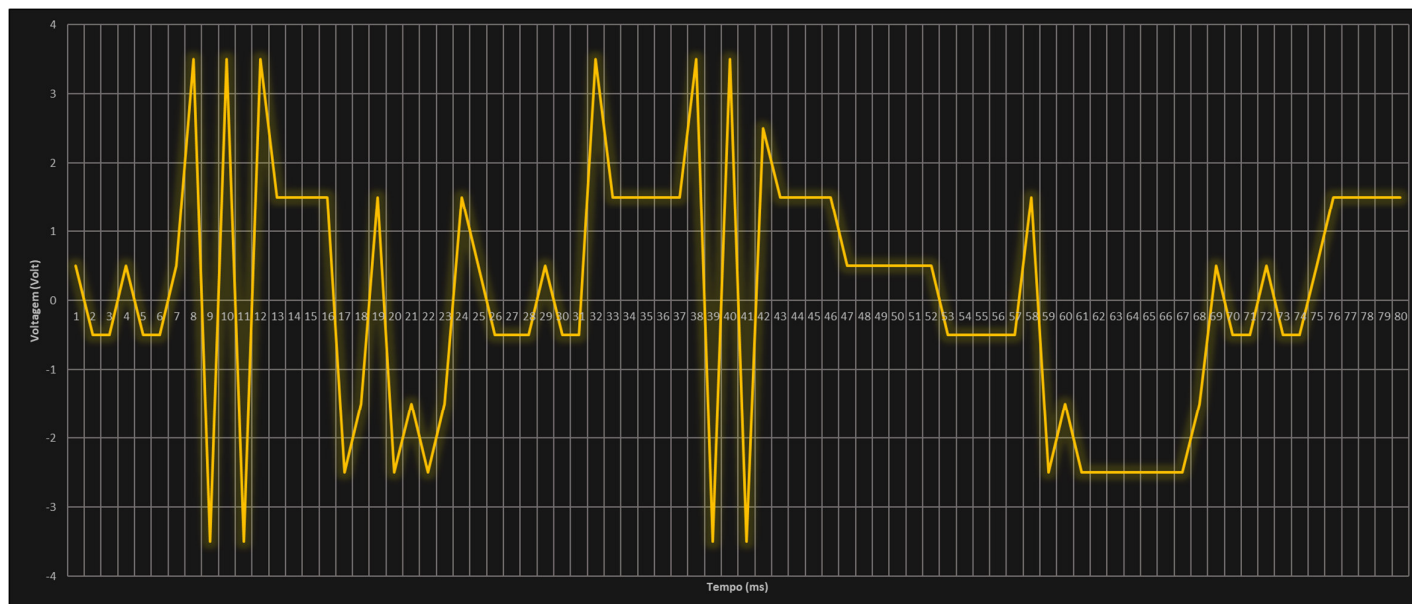


Figura 2: Um bloco exemplificativo de 80 ms do *sinal* acústico.

Na figura 1 está esquematizado um sistema de digitalização, transmissão e gravação em ficheiro digital dum *sinal* analógico vindo dum microfone subaquático. A figura 2 é uma ilustração deste *sinal* num determinado período de 80 ms. O *sinal* é captado por um sensor que transforma a pressão acústica numa voltagem entre -4 e +5 Volt. A largura de banda B do *sinal* acústico é de 500 Hz.

O sistema digitaliza o *sinal* de voltagem do sensor através dum conversor AD com quantização uniforme e qualidade superior a 22 dB, gerando uma sequência PCM binária que é depois codificada num módulo com compressão estatística Shannon-Fano. Cada sequência binária resultante duma amostra (K bits/amostra) é considerada um símbolo de entrada no compressor. Este módulo compressor analisa estatisticamente e comprime as sequências binárias PCM resultantes da digitalização de 80 ms do *sinal*, ou seja, calcula as probabilidades estatísticas dos símbolos e uma tabela de codificação nova a cada 80 ms, pelo que, antes de enviar a sequência resultante de cada compressão, envia a meta-informação estatística, necessária para a construção da tabela de codificação, num bloco de $3 \times 8 = 24$ bits.

A sequência binária resultante da compressão Shannon-Fano da sequência de símbolos (que inclui um bloco de meta-informação estatística de 24 bits a cada 80 ms) é enviada num sistema de transmissão digital (representado numa forma simplificada pela *linha*) com largura de banda B_T .

No destino do sistema de transmissão existe um descompressor Shannon-Fano que realiza o trabalho inverso do compressor: a cada 80 ms analisa a meta-informação estatística, calcula a tabela de decodificação Shannon-Fano (que é igual à de codificação) e descomprime a sequência binária correspondente, obtendo uma outra sequência PCM binária que corresponde à sequência original de símbolos resultante da digitalização de 80 ms do sinal acústico.

Esta sequência de símbolos é depois comprimida através dum codificador LZWd (conforme estudado nas aulas teóricas) que usa como dicionário inicial todos os símbolos do alfabeto da fonte (i.e., todos os símbolos reconhecidos pelo decodificador Shannon-Fano são definidos como padrões iniciais) e um tamanho máximo do dicionário de $2^{10}=1024$ padrões.

Tendo em atenção os dados do sistema multimédia da figura 1, responda às seguintes perguntas, justificando as respostas com todos os cálculos e todos os dados relevantes:

1. Qual o número mínimo de níveis quânticos que o conversor AD tem de implementar para que a qualidade de digitalização necessária seja garantida? **(10%)**
2. Qual o ritmo binário PCM à saída do conversor AD? **(10%)**
3. Que largura de banda de transmissão B_T é necessária para garantir teoricamente a transmissão de qualquer sequência binária à saída do compressor Shannon-Fano (mesmo tendo em consideração a meta-informação estatística necessária a cada 80 ms)? **(20%)**
4. No caso da sequência de 80 ms do exemplo da figura 2:
 - i) Qual o valor teórico da compressão Shannon-Fano obtida (sem ter em consideração os bits adicionais da meta-informação)? **(20%)**
 - ii) Qual o valor dos bits da meta-informação (explique o seu porquê do seu valor) e os bits da sequência resultante da codificação das primeiras 20 amostras? **(10%)**
 - iii) Quais os índices de saída da codificação LZWd correspondentes a essas primeiras 20 amostras? **(20%)**
 - iv) Qual o número mínimo de bits com que os índices de saída da codificação LZWd correspondentes a essas primeiras 20 amostras podem ser armazenados no ficheiro? **(10%)**