

”

## **E-fólio A |** Folha de resolução para E-fólio

**UNIDADE CURRICULAR:** **Sistemas em Rede**

**CÓDIGO:** **21106**

**DOCENTE:** **Arnaldo Santos e Henrique São Mamede**

*A preencher pelo estudante (obrigatório!)*

**NOME:** Diogo Manuel Miguel Gomes

**N.º DE ESTUDANTE:** 2305343

**CURSO:** Engenharia informática

**DATA DE ENTREGA:** 12 de novembro de 2025

---

## TRABALHO / RESOLUÇÃO:

### Questão nº 1 (0,25 valores)

Explique qual é a diferença essencial entre um sistema de **Comutação de Mensagens** e um sistema de **Comutação de Pacotes**. O que acontece quando a comunicação excede o tamanho máximo na comutação de pacotes?

#### Resposta:

Diferença entre Comutação de Mensagens e Comutação de Pacotes

- Na **Comutação de Mensagens**, a rede encaminha a mensagem inteira como uma única unidade. Cada nó intermediário armazena a mensagem completa (store-and-forward) antes de a reenviar para o próximo nó.
- Na **Comutação de Pacotes**, a mensagem original é dividida em múltiplos pacotes. Estes pacotes são encaminhados individualmente pela rede — podendo seguir caminhos diferentes — e são reagrupados apenas no destino final.

Quando a Comunicação Excede o Tamanho Máximo

Se a comunicação (mensagem) ultrapassar o tamanho máximo permitido para um pacote, a mensagem é segmentada em vários pacotes. Cada pacote recebe o seu próprio cabeçalho e é enviado separadamente pela rede. No destino, a mensagem original é reconstruída a partir desses pacotes.

## Questão nº 2 (0,25 valores)

Apresente 2 vantagens e 2 desvantagens da fibra ótica (Fiber Optics) em relação ao cobre (Copper Wire) como meio de transmissão. Explique porque é que a cablagem estruturada de uma organização é geralmente focada **cabo UTP (Unshielded Twisted Pair)** e em vez de fibra ótica nas **LANs (Local Area Networks)**

### Resposta:

Fibra ótica vs. cobre e porque o UTP domina nas LANs

Duas vantagens da fibra ótica em comparação ao cobre

- Largura de banda/velocidade: suporta taxas muito superiores e mantém desempenho em maiores distâncias.
- Imunidade eletromagnética: transporte por luz -> imune a EMI/RFI; ligação mais estável e sem crosstalk.

Duas desvantagens da fibra ótica face ao cobre

- Custo e especialização: cabos, conectores/transcetores, fusões e testagem mais caros; requer técnicos/equipamento específicos.
- Fragilidade física: raio mínimo de curvatura e sensibilidade mecânica; diagnóstico e reparação menos triviais.

Porque a cablagem estruturada nas LANs é maioritariamente UTP

- Custo-benefício: Cat5e/Cat6/Cat6A entregam 1–10 Gb/s até 100 m com material e instalação mais baratos.
  - Cat5e: 1 Gb/s a 100 m
  - Cat6: 1 Gb/s a 100 m (10 Gb/s típico até ~55 m)
  - Cat6A: 10 Gb/s a 100 m
- Instalação e manutenção simples: flexível, fácil de passar em calhas/patch panels, termina com ferramentas comuns, detetar avarias rápido.
- Desempenho suficiente em curtas distâncias: o limite de 100 m cobre praticamente todos os troços horizontais das LANs.

- Compatibilidade e estruturas existentes: muitos edifícios já têm UTP instalado; reutiliza-se infraestrutura e patching existente (poupando meios).
- PoE (Power over Ethernet): o cobre pode alimentar APs, câmeras e telefones IP no mesmo cabo; a fibra não transporta energia.

Conclusão: a fibra é preferida para backbones e ligações entre pisos/edifícios (distância, imunidade, grandes débitos). O UTP domina no acesso/horizontal pela relação custo-desempenho, simplicidade e PoE.

### Questão nº 3 (0,25 valores)

Cite **dois** aspectos em que o modelo **OSI** e o modelo TCP/IP são **iguais**. Cite, igualmente, **dois** aspectos que os **diferenciam**. Explique porque é que o TCP/IP é considerado um **standard de facto**, e o OSI um **stand de Jure**?

#### Resposta:

Dois aspectos em que são iguais

- Arquitetura em camadas e encapsulamento: funções separadas por camadas, cada camada usa a de baixo e serve a de cima (encapsula/desencapsula cabeçalhos).
- Comutação por pacotes e transporte fim-a-fim: ambos assumem redes de pacotes e oferecem serviço de transporte fim-a-fim independente da rede subjacente.

Dois aspectos em que são diferentes

- Estrutura das camadas: OSI tem 7 camadas (inclui Sessão e Apresentação). TCP/IP tem 4-5; essas funções ficam na Aplicação, e a Ligação “Acesso à Rede” do TCP/IP agrupa Física+Enlace do OSI.
- Natureza/adoção: OSI é modelo de referência normativo; TCP/IP é pilha concreta de protocolos (IP, TCP/UDP, etc.) amplamente implementada.

Porquê “standard de facto” (TCP/IP) vs “standard de jure” (OSI)

- TCP/IP- standard de facto: tornou-se padrão pelo uso massivo na prática (ARPANET/Internet, UNIX/BSD, RFCs abertos, interoperabilidade entre fabricantes), antes de qualquer imposição formal.

- OSI- standard de jure: é um padrão formal definido por ISO/IEC (série X.200 / ISO 7498-1) e ITU-T; foi aprovado por organismos de normalização, mas teve adoção real limitada face ao TCP/IP.

Conclusão: OSI descreve como estruturar; TCP/IP é o que se usa na Internet.

#### Questão nº 4 (0,25 valores)

O que é o **encapsulamento** e **como ocorre** quando um pacote é enviado de uma aplicação até à camada física?

#### Resposta:

Encapsulamento é o processo em que cada camada da pilha acrescenta um cabeçalho (e, no enlace, um trailer) aos dados da camada superior, formando a PDU dessa camada. No destino ocorre o desencapsulamento, removendo esses campos por ordem inversa.

Como ocorre da aplicação até à física (passo a passo)

Aplicação: a app gera os dados (ex.: HTTP).

Transporte (TCP/UDP): cria um segmento TCP (ou datagrama UDP) com portas origem/destino; no TCP acrescenta nº de sequência/ACK, flags e checksum.

Rede (IP): envolve o segmento num pacote IP com IP origem/destino, TTL e campo protocolo (TCP=6, UDP=17).

Enlace (Ethernet/802.11, ...): envolve o pacote numa trama com MAC origem/destino e EtherType; adiciona FCS/CRC no fim.

Física: a camada física envia a sequência de bits pelo meio de transmissão.

Exemplo: Se o tamanho exceder a MTU: em IPv4 pode haver fragmentação (salvo DF); em IPv6 os routers não fragmentam, o emissor ajusta via Path MTU Discovery.

No receptor, cada camada lê o seu cabeçalho, decide (ex.: porta TCP), remove-o e entrega o payload à camada superior até à aplicação.

## Questão nº 5 (0,5 valores)

Nos protocolos de acesso múltiplo, existe o problema das designadas **Colisões**. Para o ultrapassar, pode utilizar-se o protocolo de **Contagem Regressiva Binária (Binary Countdown Protocol)**. Explique-o, apresentando um **exemplo ilustrativo e cenários** de utilização.

### Resposta:

O Binary Countdown Protocol (BCP) é um protocolo determinístico de acesso múltiplo, adequado a barramentos com meio físico partilhado, que evita colisões através de arbitragem bit a bit por prioridade.

1. Prioridades / IDs: cada emissor possui um identificador binário de  $k$  bits (prioridade).
2. Janela de arbitragem: antes da transmissão de dados existe uma janela de  $k$  intervalos, enviados do bit mais significativo (MSB) para o menos significativo (LSB). Todos os emissores participam em paralelo.
3. Lógica de dominância: o meio implementa uma operação tipo wired-OR: o nível “1” é dominante.
  - Se um nó tem “1” num certo bit, coloca “1” no meio.
  - Se tem “0”, emite “0”, mas escuta o meio. Se “vê” um “1” onde enviou “0”, conclui que existe um nó com prioridade superior e desiste de imediato da arbitragem.
1. Vencedor: no fim dos  $k$  bits, apenas permanece o emissor com o maior valor binário; este obtém o direito exclusivo de transmitir a trama de dados. Assim, o tempo de resolução de conflitos é  $O(k) \approx \lceil \log_2 M \rceil$ , sendo  $M$  o número de níveis de prioridade.

#### Exemplo (4 bits):

Suponha três nós com prioridades:

- A = 1101 (13), B = 1011 (11), C = 0111 (7).

Arbitragem MSB → LSB:

- Bit 1: A=1, B=1, C=0  $\Rightarrow$  no meio observa-se 1  $\Rightarrow$  C desiste.
- Bit 2: A=1, B=0  $\Rightarrow$  no meio observa-se 1  $\Rightarrow$  B desiste.
- Bits 3 e 4: apenas A continua ativo  $\Rightarrow$  A ganha a arbitragem e transmite.

Cenários de utilização (exemplos):

- Barramentos industriais / backplanes: em sistemas com fio comum (sem comutadores), o BCP garante acesso ordenado por prioridade, latência previsível e elevada eficiência sob carga elevada, uma vez que não há colisões.
- Sistemas embarcados automóvel (analogia com CAN): o Controller Area Network utiliza arbitragem bit a bit por dominância (neste caso com “0” dominante), conceito

funcionalmente equivalente ao BCP: as mensagens com maior prioridade “vencem” a arbitragem sem colisões, o que é crítico para sinais de travagem, motor, etc.

- Redes locais antigas em bus: em LANs com meio partilhado, um esquema de contagem regressiva binária pode ser usado para evitar tempestades de colisões, impondo uma ordem estrita pelas prioridades dos nós.

Vantagens e limitações (síntese):

- Vantagens: protocolo determinístico, elimina colisões e mantém elevada eficiência em alta ocupação; a arbitragem consome apenas  $k$  bits.
- Limitações: exige identificadores/prioridades únicos (pode causar injustiça para nós de prioridade baixa) e um meio físico que suporte dominância de bits e sincronização precisa; é pouco adequado a redes rádio puramente distribuídas.

Conclusão: o BCP resolve o acesso concorrente ao meio partilhado através de uma arbitragem binária por prioridade, sem colisões: o nó com o maior identificador permanece na arbitragem e transmite, enquanto os restantes desistem assim que detetam um “1” num bit onde emitiram “0”.

## Questão nº 6 (0,5 valores)

Considere o seguinte fluxo de bits: **0 1 0 1 1 1 0 1 0 1**

**6-A)** Estruture, graficamente, a codificação **Manchester** do fluxo de bits apresentado, justificando.

**Resposta:**

Princípio: método de codificação de linha auto-sincronizante que combina dados e relógio. Há sempre uma transição no meio de cada bit (ponto de amostragem).

Neste exercício adopto a convenção de G.E. Thomas para Manchester.

Regras G.E. Thomas:

- Bit 0: transição Low → High a meio do bit  
(1.<sup>a</sup> meia-bit em nível baixo, 2.<sup>a</sup> meia-bit em nível alto).
- Bit 1: transição High → Low a meio do bit  
(1.<sup>a</sup> meia-bit em nível alto, 2.<sup>a</sup> meia-bit em nível baixo).

Continuidade entre bits (fronteira):

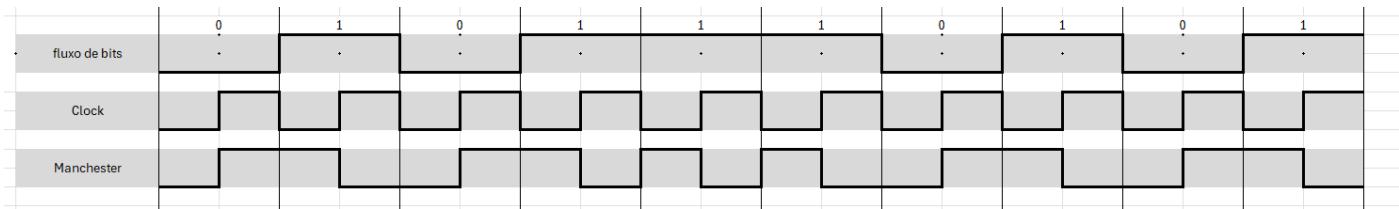
- Se dois bits consecutivos são iguais (00 ou 11), ocorre uma transição adicional no início do segundo bit, para que o nível inicial permita cumprir a transição obrigatória a meio.
- Se os bits são diferentes (01 ou 10), não há transição na fronteira: o nível final de um bit coincide com o nível inicial do bit seguinte, e a única transição é a do meio.

No meu gráfico para o fluxo 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1, cada símbolo respeita estas regras:

- os bits 0 são desenhados com transição Low → High a meio;
- os bits 1 com transição High → Low a meio;
- nas sequências 11 observa-se uma transição extra na fronteira, preparando o nível inicial do bit seguinte.

Esta forma de onda é ainda compatível com a implementação lógica Manchester = Dados XOR Clock, em que o clock tem período de um bit e começa em nível baixo.

Conclusão: o diagrama em seguinte corresponde corretamente à codificação Manchester segundo a convenção de G.E. Thomas para o fluxo de bits dado.



Sinal	Clock	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

**6-B)** Estruture, graficamente, a codificação **Manchester Diferencial** correspondente ao fluxo de bits apresentado, justificando. Parta do princípio de que a linha **está inicialmente no estado baixo**.

**Resposta:**

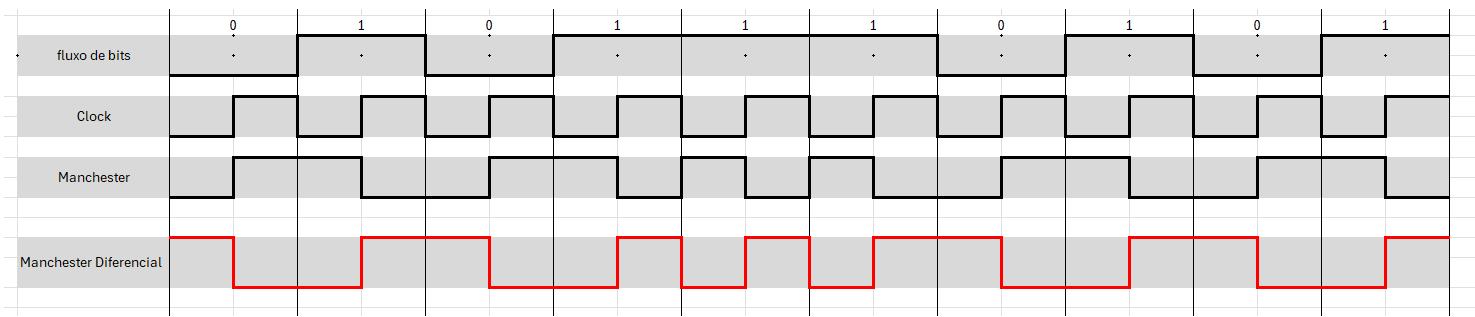
Na codificação Manchester Diferencial há sempre uma transição a meio de cada bit (para sincronização). O valor do bit não é dado pelo nível absoluto, mas sim pela existência ou ausência de transição no início do intervalo:

- Bit 0: há transição no início do bit.
- Bit 1: não há transição no início do bit (o nível mantém-se até meio do bit).

Partindo da linha inicialmente em nível baixo, o meu diagrama (linha vermelha) para o fluxo 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 respeita estas regras:

- em cada bit 0 observa-se uma transição no início e outra a meio;
- em cada bit 1 apenas ocorre a transição obrigatória a meio, sem mudança no início.

Assim, a forma de onda apresentada corresponde corretamente à codificação Manchester Diferencial pedida.



### Questão nº 7 (1 valor)

Um fluxo de bits **10011101** é transmitido com a utilização do método de **CRC** padrão que estudou. O **polinómio** gerador é  **$x^3 + 1$** .

Neste contexto, indique:

**7-A) Qual é a **string de bits** realmente transmitida?**

**Resposta:**

String de bits realmente transmitida (CRC com  $G(x) = x^3 + 1 \Rightarrow 1001$ )

Mensagem  $M = 10011101$ .

1. Anexar  $r = 3$ zeros (grau do gerador):  $M' = 10011101000$ .
2. Divisão binária (XOR) de  $10011101000$  por  $1001 \rightarrow$  resto  $R = 100$ .
3. Trama transmitida  $T = M \parallel R = 10011101 100 = 10011101100$ .

Verificação:  $10011101100 \div 1001 \rightarrow$  resto 000 (válido).

M(x)								r zeros			G(x)				
1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
+	1	0	0	0	1			1			1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1						1	0	0	0	0
+	0	0	0	0	0			0			1	0	0	0	0
0	0	0	1	1				0			1	0	0	0	0
+	0	0	0	0	0			0			0	1	0	0	0
0	0	1	1	0				1			0	1	0	0	0
+	1	0	0	1				0			0	0	1	0	0
0	1	0	0	0				0			0	0	1	0	0
+	1	0	0	0	1			1			0	0	0	1	0
0	0	0	1	0				0			0	0	0	0	0
+	0	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0
0	0	1	0	0				0			0	1	0	0	0
+	0	1	0	0	0			0			0	0	1	0	0
0	0	1	0	0				0			0	0	0	1	0
+	0	0	0	0	0			0			0	0	0	0	0
0	1	0	0	0				0			0	0	0	0	0

*Divisão Polinomial*

## Confirmação

**7-B)** Suponha que o **terceiro bit, a partir da esquerda**, seja **invertido** durante a transmissão. Mostre que **esse erro é detetado** na extremidade receptora.

## Resposta:

Se o 3.º bit a partir da esquerda for invertido, a sequência recebida passa a ser

$$T' = 10111101100.$$

Aplicando o mesmo gerador  $G(x) = x^3 + 1 \Rightarrow 1001:$

$$10111101100 \div 1001 \Rightarrow \text{resto } 100 \neq 000.$$

Como o resto não é nulo, o CRC indica que ocorreu um erro na transmissão,

logo o erro é detetado na extremidade recetora.

### *Confirmação com "erro"*

### Questão nº 8 (1 valor)

Determine o padrão de bits transmitido para a mensagem **1101001100111101**, supondo que se utilize a **paridade par** no **Código de Hamming**. (1 valor)

#### Resposta:

O código de Hamming é uma técnica de deteção e correção de erros que acrescenta bits de paridade nas posições que são potências de 2. Aplicando-o à mensagem 1101001100111101, inserem-se esses bits nas posições reservadas antes de calcular os respetivos valores.

P1 P2 1 P4 1 0 1 P8 0 0 1 1 0 0 1 P16 1 1 1 0 1

As posições a amarelo correspondem aos bits de paridade. Para cada uma, somam-se (paridade par) os bits das posições que essa paridade cobre; se a soma for par, o bit de paridade é 0; se for ímpar, é 1.

Para P1

P1 P2 1 P4 1 0 1 P8 0 0 1 1 0 0 1 P16 1 1 1 0 1

$$P1 = \text{vazio} + 1 + 1 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 1 + 1 + 1 = 8 = 0$$

---

Para P2

P1 P2 1 P4 1 0 1 P8 0 0 1 1 0 0 1 P16 1 1 1 0 1

$$P2 = \text{vazio} + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 1 + 1 = 6 = 0$$

---

Para P4

P1 P2 1 P4 1 0 1 P8 0 0 1 1 0 0 1 P16 1 1 1 0 1

$$P4 = \text{vazio} + 1 + 0 + 1 + 1 + 0 + 0 + 1 + 0 + 1 = 5 = 1$$

---

Para P8

P1 P2 1 P4 1 0 1 P8 0 0 1 1 0 0 1 P16 1 1 1 0 1

$$P8 = \text{vazio} + 0 + 0 + 1 + 1 + 0 + 0 + 1 = 3 = 1$$

---

Para P16

P1 P2 1 P4 1 0 1 P8 0 0 1 1 0 0 1 P16 1 1 1 0 1

P16= vazio + 1 + 1 + 1 + 0 + 1 = 4 = 0

Dada verificação conclui-se que a mensagem final que vai ser transmitida assumindo uma codificação de paridade par de Hamming é a seguinte:

0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1

### Bibliografia:

- Tanenbaum, A. S., Wetherall, D.J. Computer Networks. 6th Edition, Pearson New International Edition, USA (2021)
- Material de apoio fornecido pelo professor no fórum
- OpenAI. (2025). ChatGPT (novembro de 2025). Disponível em <https://chat.openai.com>.
- [https://www.youtube.com/watch?v=h97NXd\\_vj-U](https://www.youtube.com/watch?v=h97NXd_vj-U)
- <https://www.youtube.com/watch?v=ErKnfvH7rko>
- [https://www.youtube.com/watch?v=dwgQhBXa\\_9Y](https://www.youtube.com/watch?v=dwgQhBXa_9Y)