



## Fundamentos de Comunicação de Dados (2021/2022)

### Ficha de Exercícios - Códigos para Controlo de Erros - Uma Aula

1. Um determinado canal de transmissão integra um codificador de canal que utiliza um código cíclico sistemático  $(n, k)$ , gerado através do polinómio gerador  $g(x)$ , tendo o código uma distância mínima  $d_{min}$ .
  - a. Explique de que forma são geradas as diferentes palavras de código.
  - b. Indique e explique as relações existentes entre a distância mínima deste código e a sua capacidade de detecção e correção de erros.
  - c. Explique o que é o *síndrome* e de que forma ele é usado para a detecção/correção de erros.
2. Seja  $g(x) = 1+x+x^3$  um polinómio gerador de um código cíclico sistemático  $(7,4)$ .
  - a. Determine as palavras de código, apresentando os respectivos cálculos, correspondentes aos seguintes dados:
 
$$D_1 = (d_0 d_1 d_2 d_3) = (1010)$$

$$D_2 = (d_0 d_1 d_2 d_3) = (1100)$$

$$D_3 = (d_0 d_1 d_2 d_3) = (1111)$$

$$D_4 = (d_0 d_1 d_2 d_3) = (1101)$$
  - b. Explique de que forma poderia gerar rapidamente mais palavras de código e apresentar uma tabela completa com todas as palavras de código deste código cíclico sistemático.
  - c. Tendo em conta a tabela da alínea b) determine a capacidade de detecção e correção deste código.
  - d. Qual o rendimento deste código?
  - e. Na página 246 da sebenta é apresentado um circuito codificador para um código deste tipo. Analise o funcionamento desse circuito para o caso particular do circuito ser alimentado com  $D = (1100)$ .
3. Responda ao seguinte problema:

	Seja $g(x) = 1+x+x^4$ um polinómio gerador de um código cíclico sistemático $(15,11)$ utilizado na transmissão de dados entre duas estações num determinado canal. A distância mínima do código é igual três ( $d_{min} = 3$ ).
<b>A1</b>	O código possui um rendimento superior a 75%.
<b>B2</b>	A palavra de código correspondente aos dados $D=(00000000011)$ é $C=(00100000000011)$ .
<b>C3</b>	Assuma que uma determinada palavra de código $C$ é transmitida no canal sofrendo erros durante a sua transmissão passando a $C'$ . Ainda assim, é possível que o receptor considere $C'$ uma palavra válida e não detete qualquer erro de transmissão.
<b>D4</b>	Estamos na presença de um código que é corrector de erros duplos.

Indique se considera cada uma das afirmações anteriores verdadeira (V) ou Falsa (F):

<b>A1</b>		<b>B2</b>		<b>C3</b>		<b>D4</b>	
-----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--



4. Considere que  $g(x) = 1+x+x^4$  é o polinómio gerador de um código cíclico sistemático (15,11) utilizado para comunicação num canal de transmissão. A palavra de código  $C=(000111110100000)$  é uma palavra válida?
5. Explique resumidamente as seguintes técnicas de correção de erros e discuta em que contextos são usadas: “*Forward Error Correction*” e “*Automatic Repeat Request*”.
6. **Sugestão:** Desenvolva uma aplicação que simule a utilização de códigos para controlo de erros num processo de transmissão de dados.
  - a. Como *input* a aplicação receberá um conjunto de bytes de dados para transmissão.
  - b. Esses bytes serão separados em vários blocos de  $k$  bits, aos quais serão adicionados  $n-k$  dígitos de verificação, através da utilização de um polinómio à sua escolha que seja gerador de um código cíclico sistemático  $(n,k)$ .
  - c. Os blocos resultantes (de  $n$  bits) serão depois submetidos a uma função que simulará a transmissão num canal ruidoso. Essa função será parametrizada podendo (ou não) introduzir um conjunto de erros nos vários bits transmitidos (i.e. sem erro – nenhum bit do bloco é alterado; com erro – um ou mais bits do bloco são alterados).
  - d. A função anterior passará os blocos resultantes a uma função de receção, que terá unicamente capacidades de detecção de erros. Para cada bloco recebido a função de receção avisará o utilizador se o mesmo é considerado válido ou inválido.
  - e. Discuta e analise os resultados obtidos tendo em conta os diferentes códigos  $(n,k)$  utilizados e o número de erros que são introduzidos pela função de transmissão da sua aplicação.

$r(x)$  é o resto da divisão de  $x^{n-k}D(x)$  por  $g(x)$

$$C = (\underbrace{r_0, r_1, r_2, \dots, r_{n-k-1}}_{\substack{n-k \text{ dígitos} \\ \text{de verificação} \\ \text{de paridade}}}, \underbrace{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{k-1}}_{\substack{k \text{ dígitos} \\ \text{da mensagem}}})$$