



Comunicação de Dados (2019/2020) Ficha de Exercícios (Códigos para Controlo de Erros)

(nota: em todos os exercícios utilize a mesma sintaxe da sebenta teórica para a representação da palavra de código, dígitos de verificação e dígitos de dados -ver sintaxe no fim da ficha-)

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 as relações existentes entre a distância mínima deste código e a sua capacidade de detecção e correção de erros. Explique e justifique essas relações.
 - c. Assuma que este canal de transmissão recebe dados de um codificador de fonte a um débito de X bits/segundo. Indique, aproximadamente, qual seria o débito observado à saída do codificador de canal.

2. Seja $g(x) = 1+x+x^3$ um polinómio gerador de um códigos 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 ($d_{\min} = 3$).
A1	O código possui um rendimento superior a 75%.
B2	A palavra de código correspondente aos dados $D=(00000000011)$ é $C=(00100000000011)$.
C3	Assuma que uma determinada palavra de código C é transmitida no canal sofrendo erros durante a sua transmissão. Apesar deste facto, é possível que chegue ao receptor uma palavra que ele considere válida.
D4	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):

A1		B2		C3		D4	
-----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--

- 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?
- No âmbito dos códigos para controlo de erros explique o que é o “síndroma”. De que forma ele é usado para a detecção/correção de erros?
- Distinga as seguintes técnicas de correção de erros e explique em que contextos são usadas: i) “*Forward Error Correction*” e ii) “*Automatic Repeat Request*”.
- Sugestão:** Desenvolva uma aplicação que simule a utilização de códigos para controlo de erros num processo de transmissão de dados.
 - Como *input* a aplicação receberá um conjunto de bytes de dados para transmissão.
 - 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) .
 - 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 recepção, que terá unicamente capacidades de detecção de erros. Para cada bloco recebido a função de recepção 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 $g(x)$

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