

## EE15 Comunicação de Dados



Aula 22-23:  
TRATAMENTO DE ERROS. CONT

### Algoritmo CRC

- Ou FCS (Frame Check Sequence) ou códigos polinomiais.
- Os dados são interpretados como sendo coeficientes de polinômios.
- Uma sequência de  $m$  bits de dados é associada a um polinômio  $M(x)$ .
- O total de verificação é gerado por um polinômio gerador  $G(x)$ , cujo grau é " $r$ ". O total de verificação é o **resto** da divisão:

$$\text{resto} = \frac{2^r \cdot M(x)}{G(x)}$$

- Os bits de dados são e o total de verificação são **combinados** para formar o polinômio a ser transmitido  $T(x)$ .

$$T(x) = 2^r \cdot M(x) \oplus \text{resto}$$

operação  
módulo 2

$$\text{resto} = \frac{2^r \cdot M(x)}{G(x)}$$

- Todas as operações são feitas em módulo 2.
- Adição = subtração = XOR

$$1 - 0 = 0 - 1 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 0 = 0$$

### PRINCÍPIO DO ALGORITMO

- Pela forma que é gerado  $T(x)$  é divisível por  $G(x)$ , isto é **resto=0**.
- O receptor ao receber  $T(x)$ , divide o polinômio recebido  $T_r(x)$  por  $G(x)$ .
- Se o resto for NULO, então  $T_r(x) = T(x)$  (em mais do 99% dos casos).
- Se o resto não for NULO: houve corrupção dos dados, deve-se requisitar a retransmissão.

### Passos para determinação de $T(x)$

1. Definir  $G(x)$ : escolher  $G(x)$ .  
Por exemplo:  $G(x) = 101$ , corresponde a  $1x^2 + 0x^1 + 1x^0$
2. Seja  $r$  o grau do polinômio  $G(x)$ . Anexar  $r$  zeros à direita dos  $m$  bits de dados.  
Isso equivale a  $2^r \cdot M(x)$ .
3. Dividir os  $m+r$  bits por  $G(x)$  operações módulo 2!

$$\frac{2^r \cdot M(x)}{G(x)}$$

4. Subtrair o resto da divisão acima da sequência inicial de  $m+r$  bits.  
operações módulo 2!
5. O resultado da subtração acima é precisamente o polinômio  $T(x)$ :

$$T(x) = \begin{array}{|c|c|} \hline \text{DADOS} & \text{VERIFICAÇÃO} \\ \hline m \text{ bits} & r \text{ bits} \\ \hline \end{array}$$

---

■ O algoritmo CRC é capaz de detectar, na prática, mais de 99% dos erros possíveis. Para isso, é necessário escolher um polinômio gerador **G(x) adequado**. Entre os polinômios padronizados:

■ CRC-12:  $x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x^1 + 1$

■ CRC-16:  $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$

■ CRC-CCITT:  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

■ CRC-32:

$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

### Exercícios

---

1. Dados = 10011010

$G(x) = 1001 \rightarrow r = 3$

operações módulo 2!

5. O resultado da subtração acima é precisamente o polinômio **T(x)**: