

EJERCICIOS RESUELTOS CAPÍTULO IV

1) Determinar la BCS para los siguientes datos y polinomios generadores CRC

$$\begin{array}{ll} \text{datos } G(x) = x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + x^0 & \text{o } 10110111 \\ \text{CRC } P(x) = x^5 + x^4 + x^1 + x^0 & \text{or } 110011 \end{array}$$

Solución:

Primero se multiplica $G(x)$ por la cantidad de bits en el código CRC, que es 5.

$$\begin{aligned} x^5(x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + x^0) &= x^{12} + x^{10} + x^9 + x^7 + x^5 \\ &= 1011011100000 \end{aligned}$$

A continuación, el resultado se divide entre $P(x)$.

$$\begin{array}{r} \overline{11010111} \\ 110011 \overline{) 1011011100000} \\ \underline{110011} \\ 111101 \\ \underline{110011} \\ 111010 \\ \underline{110011} \\ 100100 \\ \underline{110011} \\ 101110 \\ \underline{110011} \\ 111010 \\ \underline{110011} \\ 01001 = \text{CRC} \end{array}$$

La CRC se agrega a los datos para producir la siguiente corriente de datos transmitidos

$$\begin{aligned} G(x) &= 10110111 \\ \text{CRC} &= 01001 \end{aligned}$$

En el receptor, los datos transmitidos se vuelven a dividir entre $P(x)$.

$$\begin{array}{r} \overline{11010111} \\ 110011 \overline{) 1011011101001} \\ \underline{110011} \\ 111101 \\ \underline{110011} \\ 111010 \\ \underline{110011} \\ 100110 \\ \underline{110011} \\ 101010 \\ \underline{110011} \\ 110011 \\ \underline{110011} \\ 000000 \end{array}$$

Residuo = 0

No hubo error

- 2) **Determinar la VRC y LRC para el siguiente mensaje codificado en ASCII:**
THE CAT. Usar paridad impar para VRC y paridad par para LRC.

Solución:

| Carácter | | T | H | E | sp | C | A | T | LRC |
|---------------------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|-----|
| Hex | | 54 | 48 | 45 | 20 | 43 | 41 | 54 | 2F |
| Código Ascii LSB | b_0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | b_1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | b_2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | b_3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | b_4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | b_5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | MSB | b_6 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| VRC | b_7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

- 3) **Para la cadena de 12 bits de datos 101100010010, calcular la cantidad de bits de Hamming necesarios, incrustar en forma arbitraria esos bits en la cadena de datos, determinar la condición de cada bit de Hamming, suponer un error arbitrario de transmisión de un solo bit, y demostrar que el código Hamming detecta el error.**

Solución

De acuerdo con la ecuación $2^n \geq m + n + 1$ la cantidad de bits de Hamming es:

Para $n = 4$,

$$2^4 = 16 \geq m + n + 1 = 12 + 4 + 1 = 17$$

Como $16 < 17$, cuatro bits de Hamming son insuficientes

Para $n = 5$,

$$2^5 = 32 \geq m + n + 1 = 12 + 5 + 1 = 18$$

$32 > 18$, y, en consecuencia, cinco bits de Hamming son suficientes para satisfacer el criterio de la ecuación $2^n \geq m + n + 1$. Así, la corriente de datos estará formada por un total de $12+5=17$ bits.

Se colocan en forma arbitraria cinco bits de Hamming en la corriente de datos

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| H | 1 | 0 | 1 | H | 1 | 0 | 0 | H | H | 0 | 1 | 0 | H | 0 | 1 | 0 |

Para determinar la condición lógica de los bits de Hamming, se expresan todas las posiciones de bit que contienen un uno como número binario de cinco bits, y se combinan entre sí con XOR.

| <u>Posición de bit</u> | <u>Número binario</u> |
|------------------------|---------------------------|
| 2 | 00010 |
| 6 | 00110 |
| XOR | 00100 |
| 12 | 01100 |
| XOR | 01000 |
| 14 | 01110 |
| XOR | 00110 |
| 16 | 10000 |
| XOR | 10110 = código de Hamming |

$$b_{17} = 1, b_{13} = 0, b_9 = 1, b_8 = 1, b_4 = 0$$

La corriente de datos codificada en 17 bits se transforma en:

$$\begin{array}{ccccccc} & H & & H & & H & H & & H \\ & 1101 & 0100 & 1 & 1010 & 0010 \end{array}$$

Se supone que durante la transmisión se presenta un error en el bit de la posición 14. La corriente de datos recibidos es:

$$11000100110100010$$

En el receptor, para determinar la posición del bit erróneo, se extraen los bits de Hamming y se comparan XOR con el código binario para cada posición de bit que contiene un 1.

| <u>Posición de bit</u> | <u>Número binario</u> |
|------------------------|-----------------------|
| Código de Hamming | 10110 |
| 2 | 00010 |
| XOR | 10100 |
| 6 | 00110 |
| XOR | 10010 |
| 12 | 01100 |
| XOR | 11110 |
| 16 | 10000 |
| XOR | 01110 = 14 binario |

Se recibió erróneo el bit 14. Para corregirlo, sólo se complementa ese bit.

4) ¿Cuántos bits de Hamming se requieren para un solo carácter ASCII?

Solución:

Tanto se necesitarán 3 bits de paridad para la codificación de HAMMING. Al momento de codificar, los bits de paridad (P) junto con los bits de información (I) se ordenan de manera que los bits de paridad deben ubicarse de forma tal que su posición sea potencia de 2.

5) Si se usa paridad impar para la detección de errores en ASCII, el número de ceros por cada símbolo de 8 bits es _____

- a) par
- b) impar
- c) indeterminado
- d) 42

6) ¿Cuáles son las condiciones para el polinomio a usar en un generador CRC?

Las condiciones del polinomio para usar como generador de CRC, son:

- No debería ser divisible por x.
- Debería ser divisible por (x + 1).

7) Un sistema PCM-TDM multiplexa 24 canales de banda de voz. Cada muestra se codifica en 7 bits y se agrega un bit de sincronía a cada trama. La frecuencia de muestreo es 9000 muestras/segundo. El formato de línea es codificación BPRZ-AMI. Calcule lo siguiente:

- a) Velocidad de línea en bits por segundo.
- b) Ancho mínimo de banda de Nyquist.

Solución:

$$a) \frac{24 \text{ canales}}{\text{trama}} \times \frac{9000 \text{ tramas}}{\text{seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{\text{canales}} = 1728 \text{ kbps}$$

$$b) AB_m = \frac{fb}{2}$$
$$AB_m = 2 \text{ KHz}$$

8) Un sistema PCM-TDM multiplexa 32 canales de banda de voz, cada uno con un ancho de banda de 0 kHz, en 4 kHz. Cada muestra se codifica con una clave PCM de 8 bits. Se usa codificación UPNRZ. Calcule:

- a) Frecuencia mínima de muestreo.
- b) Velocidad de línea en bits por segundo.
- c) Ancho mínimo de banda de Nyquist.

Solución:

$$a) fm = 2fn$$
$$fm = 2(4\text{KHz}) = 8\text{KHz}$$

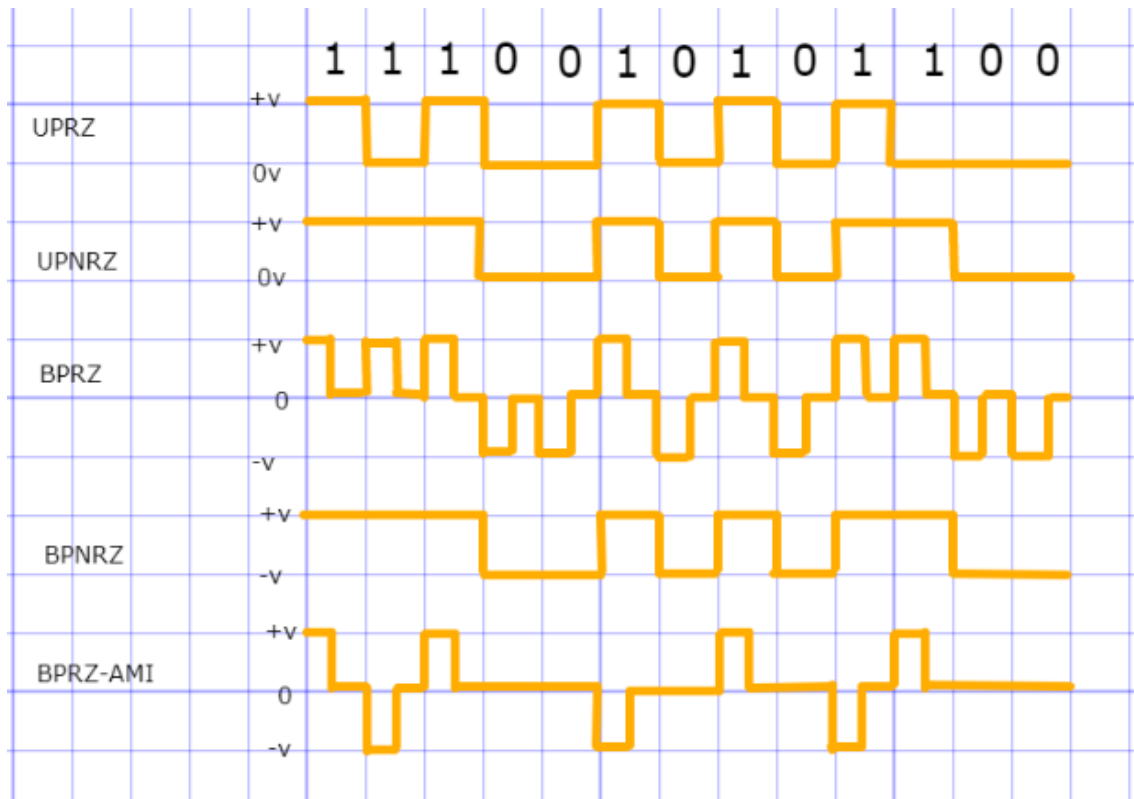
$$b) \frac{3 \text{ canales}}{\text{trama}} \times \frac{4000 \text{ tramas}}{\text{seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{\text{canales}} = 1024 \text{ kbps}$$

$$c) fb = 4\text{KHz}$$
$$B = \frac{fb}{2} = \frac{4\text{kHz}}{2} = 2\text{KHz}$$

9) Para la siguiente secuencia de bits, trace el diagrama de sincronía para codificación UPRZ, UPNRZ, BPRZ, BPNRZ y BPRZ-AMI.

corriente de bits: 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0

Solución:

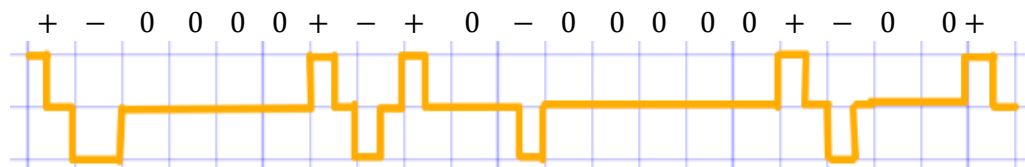


10) Codifique en BPRZ-AMI la siguiente corriente de datos, con B6ZS y B3ZS. [1]

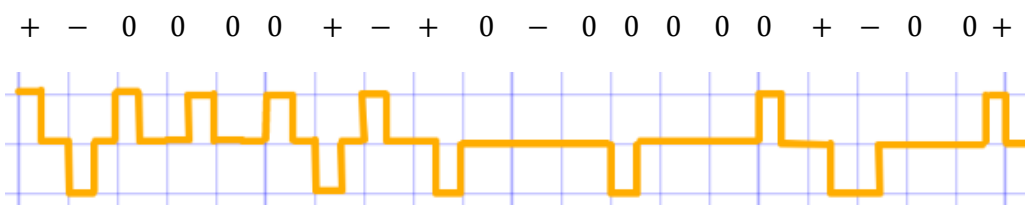
+ - 0000 + - + 0 - 00000 + - 00 +

Solución:

En B6ZS:



En B3ZS:



Bibliografía

- [1] W. Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2003.