

Redes y Comunicaciones

Solucionario

Tema 4: Transmisión digital

Resumen

- La conversión digital a digital involucra tres técnicas: codificación de línea, codificación de bloques y aleatorización.
- La codificación de línea es el proceso de convertir datos digitales a señales digitales.
- Se pueden dividir los esquemas de codificación de línea en cinco amplias categorías: unipolar, polar, bipolar, multinivel y multitransmisión.
- La codificación de bloques ofrece redundancia para asegurar la sincronización y detección de errores inherente. La codificación de bloques se denomina como codificación mB/nB ; sustituye cada grupo de m bits por un grupo de n bits.
- La aleatorización ofrece sincronización sin incrementar el número de bits. Dos técnicas comunes de aleatorización son B8ZS y HDB3.
- La técnica más común para cambiar una señal analógica a datos digitales (digitalización) es la denominada modulación por codificación de pulsos (PCM).
- La primera etapa en PCM es el muestreo. La señal analógica es muestreada cada T_s s, donde T_s es el intervalo de muestreo o periodo. El inverso del intervalo de muestreo se denomina *tasa de muestreo* o *frecuencia de muestreo* y se denota como f_s , donde $f_s = 1/ T_s$. Hay tres métodos de muestreo ideal, natural y de cresta plana.
- De acuerdo al *teorema de Nyquist*, para reproducir la señal analógica original, una condición necesaria es que la tasa de muestreo sea al menos dos veces mayor que la frecuencia mas alta de la señal original.

- Se han desarrollado otras técnicas de muestreo para reducir la complejidad de PCM. La más sencilla es la modulación delta (DM). PCM encuentra el valor de la amplitud de la señal para cada muestra. La modulación delta encuentra el cambio respecto a la muestra anterior.
- Mientras que sólo hay un modo para enviar datos en paralelo, hay tres subclases de transmisión serie: asíncrona, síncrona e isócrona.
- En la transmisión asíncrona, se envía un bit de inicio (0) al comienzo y uno o más bits de parada (1) al final de cada byte.
- En la transmisión síncrona, se envían los bits uno después de otro sin bits de inicio y parada o intervalos. Es responsabilidad del receptor agrupar los bits.
- El modo isócrona ofrece sincronización para el flujo de bits entero. En otras palabras, garantiza que los datos llegan a una tasa fija.

Problemas resueltos

Problema 1

Enumere tres técnicas de conversión digital a digital.

Solución:

Las tres técnicas descritas son: Codificación de línea, codificación de bloques y la aleatorización (*scrambling*).

Problema 3

Indique las diferencias entre tasa de datos y tasa de señales.

Solución:

La tasa de datos define el número de elementos de datos (bits) enviados en 1 s. La unidad es bits por segundo (bps). La tasa de señales es el número de elementos de señal enviados en 1s. La unidad es el baudio.

Problema 5

Defina una componente DC y su efecto en la transmisión digital.

Solución:

Cuando un nivel de voltaje en una señal digital es constante durante bastante tiempo, el espectro crea frecuencias muy bajas, llamadas *componentes DC* que dan lugar a problemas en sistemas que no pueden pasar frecuencias bajas o en sistemas que utilizan acoplamiento eléctrico. Para estos sistemas se necesita un esquema sin componentes DC.

Problema 7

Enumere los esquemas de codificación en línea.

Solución:

Los esquemas de codificación se pueden dividir en cinco categorías: unipolar, polar, bipolar, multinivel y multitransmisión.

Problema 9

Defina la aleatorización e indique su objetivo.

Solución:

La aleatorización es una técnica que sustituye una larga secuencia de pulsos a nivel cero con otra combinación de otros niveles sin incrementar el número de bits para ofrecer sincronización.

Problema 11

¿Cuáles son las diferencias entre transmisión paralela y serie?

Solución:

En una transmisión en paralela se envían los datos, enviando n bits al mismo tiempo. Para ello se requiere de n líneas de comunicación para transmitir el flujo de datos. En una transmisión en serie para transmitir los datos sólo se envía un único bit a un tiempo, de forma que un bit sigue a otro, por lo que solamente se necesita un canal de comunicación, en lugar de n , para transmitir datos entre dos dispositivos.

Problema 13

Calcule el valor de la tasa de señal para cada caso de la Figura 4.1 si la tasa de datos es de 1 Mbps y $c = 1/2$.

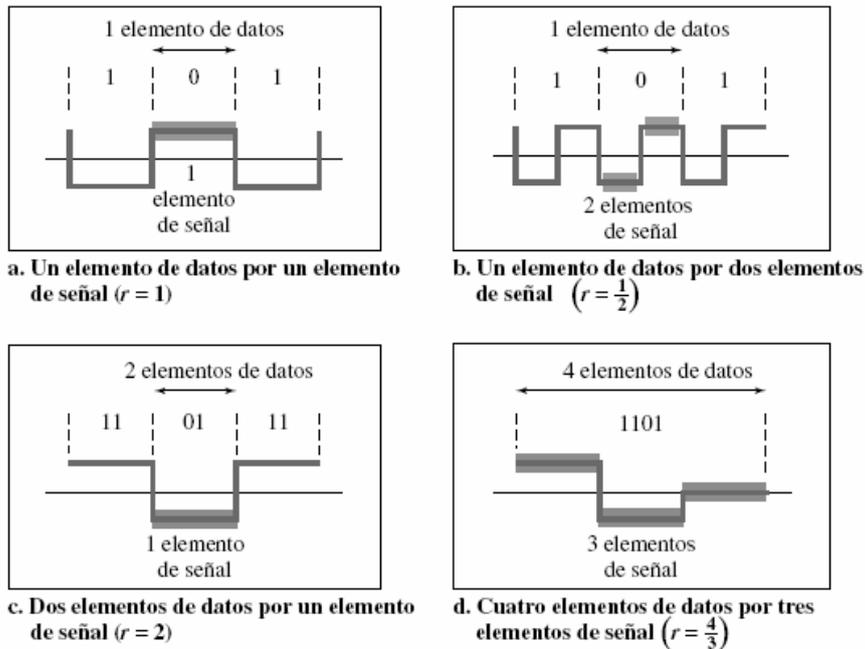


FIGURA 4.1. Elemento de la señal frente a elemento de datos.

Solución:

La relación entre la tasa de datos y la tasa de señales viene dada por la expresión:

$$s = c \times N \times (1/r), \text{ en donde, según enunciado, } c = 1/2.$$

- a. $r = 1 \rightarrow s = (1/2) \times (1 \text{ Mbps}) \times 1/1 = 500 \text{ kbaudio}$
- b. $r = 1/2 \rightarrow s = (1/2) \times (1 \text{ Mbps}) \times 1/(1/2) = 1 \text{ Mbaudio}$
- c. $r = 2 \rightarrow s = (1/2) \times (1 \text{ Mbps}) \times 1/2 = 250 \text{ Kbaudio}$
- d. $r = 4/3 \rightarrow s = (1/2) \times (1 \text{ Mbps}) \times 1/(4/3) = 375 \text{ Kbaudio}$

Problema 15

Dibuje un gráfico del esquema NRZ-L utilizando cada uno de los siguientes flujos de datos. Asuma que el último nivel de señal ha sido positivo. A partir de las gráficas, indique el ancho de banda para este esquema utilizando el número medio de cambios en el nivel de la señal. Compare su valor con la entrada correspondiente de la Tabla 4.1 (libro de texto).

- a. 00000000
- b. 11111111
- c. 01010101
- d. 00110011

Solución:

Ver la Figura 4.2. El ancho de banda es proporcional a $(3/8)N$ el cual está dentro del rango en la Tabla 4.1 ($B = 0$ hasta N) para el esquema NRZ-L.

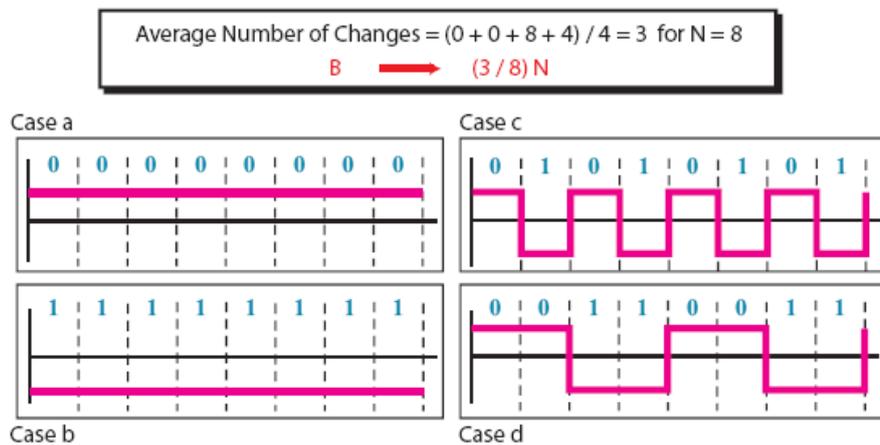


FIGURA 4.2. Solución del ejercicio 15.

Problema 17

Repita el ejercicio 15 para el esquema Manchester.

Solución:

Ver la Figura 4.3. El ancho de banda es proporcional a $(12.5/8)N$ el cual está dentro del rango en la Tabla 4.1 ($B = N$ hasta $2N$) para el esquema Manchester.

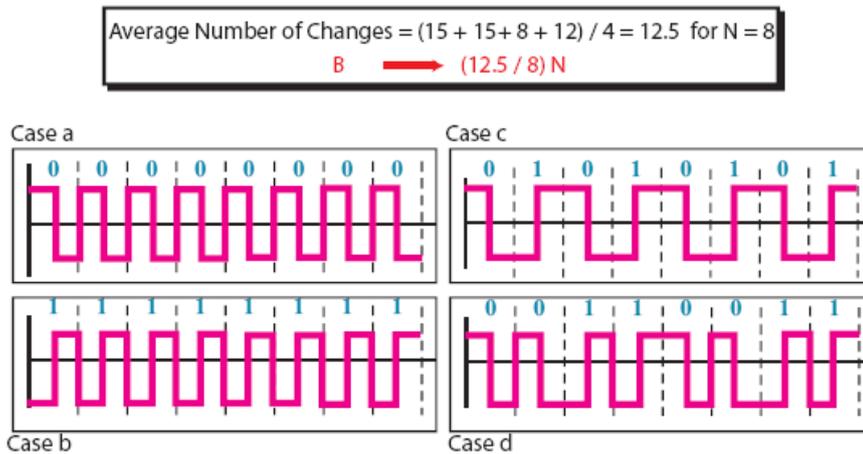


FIGURA 4.3. Solución del ejercicio 17.

Problema 19

Repita el ejercicio 15 para el esquema 2B1Q, pero usando los siguientes flujos de datos:

- a. 0000000000000000
- b. 1111111111111111
- c. 0101010101010101
- d. 0011001100110011

Solución:

Ver la Figura 4.4. B es proporcional a $(5.25/16)N$ el cual está dentro del rango en la Tabla 4.1 ($B = 0$ hasta $N/2$) para 2B/1Q.

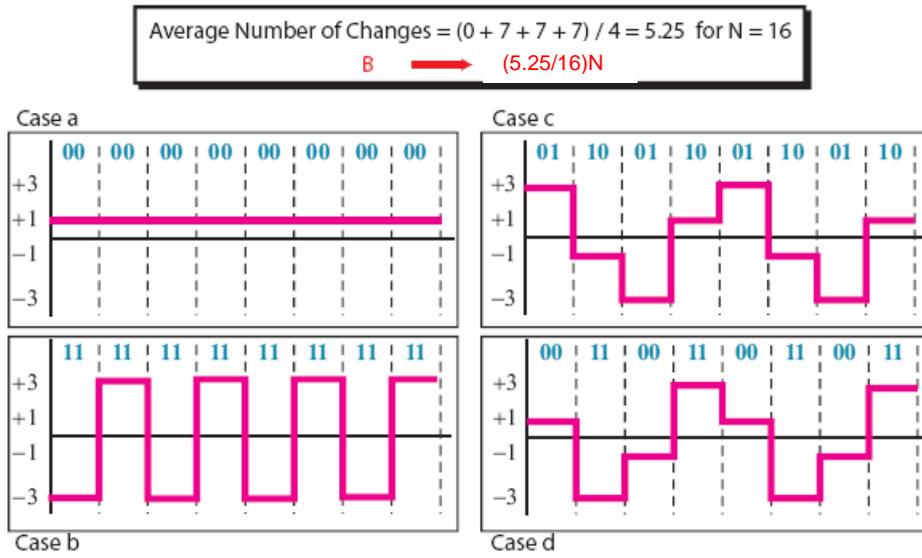


FIGURA 4.4. Solución del ejercicio 19.

Problema 21

Encuentre el flujo de 8 bits de datos para cada caso mostrado en la Figura 4.5.

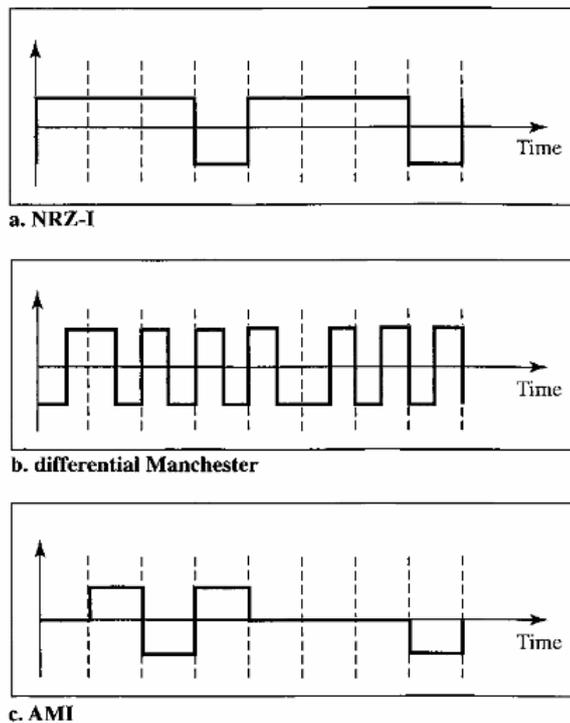


FIGURA 4.5. Ejercicio 21.

Solución:

El flujo de datos puede ser encontrado como

- a. NRZ-I: 10011001.
- b. Differential Manchester: 11000100.
- c. AMI: 01110001.

Problema 23

Una señal Manchester tiene una tasa de datos de 100 Kbps. Utilizando la Figura 4.6 (figura 4.8 del texto) calcule el valor de la energía normalizada (P) para frecuencias de 0 Hz, 50 KHz y 100 KHz.

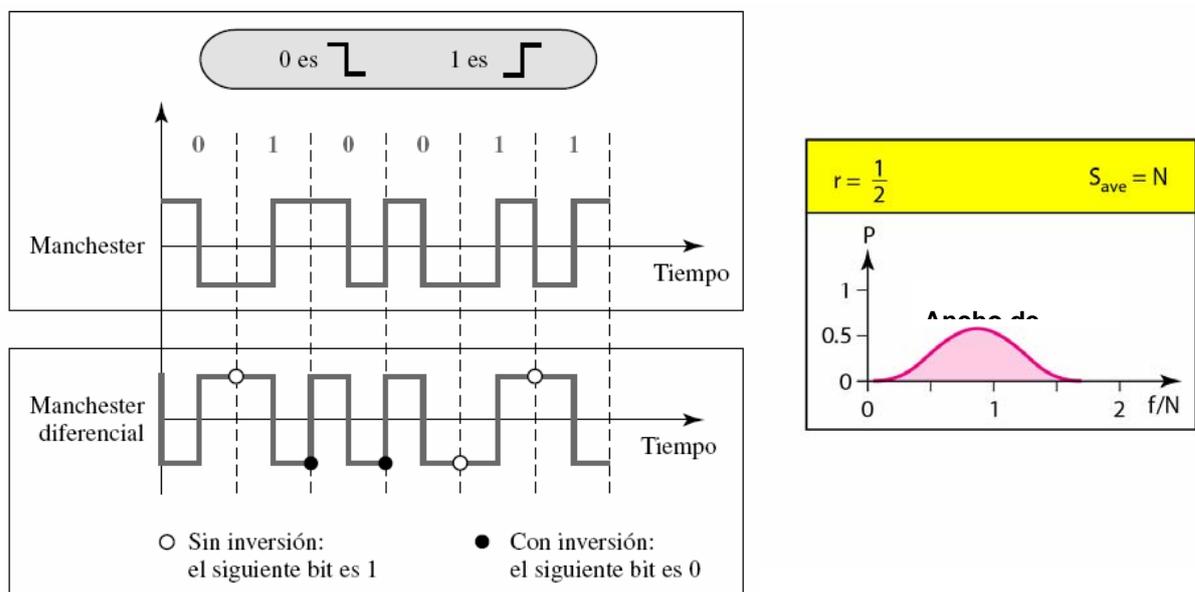


FIGURA 4.6. Bifásica polar: Esquemas Manchester y Manchester diferencial..

Solución:

La tasa de datos es 100 Kbps. Para cada caso, primero necesitamos calcular el valor f/N . Después usamos Figure 4.6 para encontrar P (energía por Hz). Todos los cálculos son aproximaciones.

- a. $f/N = 0/100 = 0 \rightarrow P = 0.0$
- b. $f/N = 50/100 = 1/2 \rightarrow P = 0.3$
- c. $f/N = 100/100 = 1 \rightarrow P = 0.4$

Problema 25

¿Cuántos códigos inválidos (no usados) se pueden tener en la codificación 5B/6B?
¿Cuántos en la codificación 3B/4B?

Solución:

En 5B/6B, se tiene $2^5 = 32$ secuencias de datos y $2^6 = 64$ secuencias codificadas. El número de códigos no usados es $64 - 32 = 32$.

En 3B/4B, se tiene $2^3 = 8$ secuencias de datos y $2^4 = 16$ secuencias codificadas. El número de códigos no usados es $16 - 8 = 8$.

Problema 27

¿Cuál es la tasa de muestreo de Nyquist para cada una de las siguientes señales?

- a. Una señal de paso bajo con un ancho de banda de 200 KHz.
- b. Una señal de paso banda con un ancho de banda de 200 KHz si la frecuencia mas baja es 100 KHz.

Solución:

De acuerdo al teorema de Nyquist, la tasa de muestreo debe ser, al menos, dos veces la frecuencia más alta contenida en la señal. Si la señal es de paso bajo, el ancho de banda y la frecuencia más alta tienen el mismo valor. Si la señal

analógica es pasabanda, el valor del ancho de banda es menor que el valor de la frecuencia máxima.

a. En una señal de paso bajo, la mínima frecuencia es 0. Por lo tanto, se tiene

$$f_{\max} = 0 + 200 = 200 \text{ KHz.} \rightarrow f_s = 2 \times 200000 = 400000 \text{ muestras/s}$$

b. En una señal de paso banda, la máxima frecuencia es igual a la mínima frecuencia más el ancho de banda. Por lo tanto, se tiene

$$f_{\max} = 100 + 200 = 300 \text{ KHz.} \rightarrow f_s = 2 \times 300000 = 600000 \text{ muestras/s.}$$

Problema 29

¿Cuál es la tasa de datos máxima de un canal con un ancho de banda de 200 KHz si se usan cuatro niveles de señalización digital.

Solución:

La tasa de datos máxima se calcula como sigue:

$$N_{\max} = 2 \times B \times n_b = 2 \times B \times \log_2 L = 2 \times 200 \text{ KHz} \times \log_2 4 = 800 \text{ kbps}$$

Problema 31

Se tiene un canal de banda base con un ancho de banda de 1 MHz. ¿Cuál es la tasa de datos para este canal si se usa uno de los siguientes esquemas de codificación de línea?

- NRZ-L.
- Manchester.
- MLT-3.

d. 2B1Q.

Solución:

Se calcula la tasa de datos para cada método:

a. NRZ $\rightarrow N = 2 \times B = 2 \times 1 \text{ MHz} = 2 \text{ Mbps}$

b. Manchester $\rightarrow N = 1 \times B = 1 \times 1 \text{ MHz} = 1 \text{ Mbps}$

c. MLT-3 $\rightarrow N = 3 \times B = 3 \times 1 \text{ MHz} = 3 \text{ Mbps}$

d. 2B1Q $\rightarrow N = 4 \times B = 4 \times 1 \text{ MHz} = 4 \text{ Mbps}$