

Sistemas de Comunicación

- Comunicaciones Digitales - - Definciones -

Ph.D. Cristian Guarnizo Lemus

cristianguarnizo@itm.edu.co

Contenido – Comunicaciones Digitales

1. Introducción
2. Cuantificación - ADC.
3. ADC Modulación.
4. Codificación de línea.
5. Modulación digital.

Por qué ir hacia lo Digital?

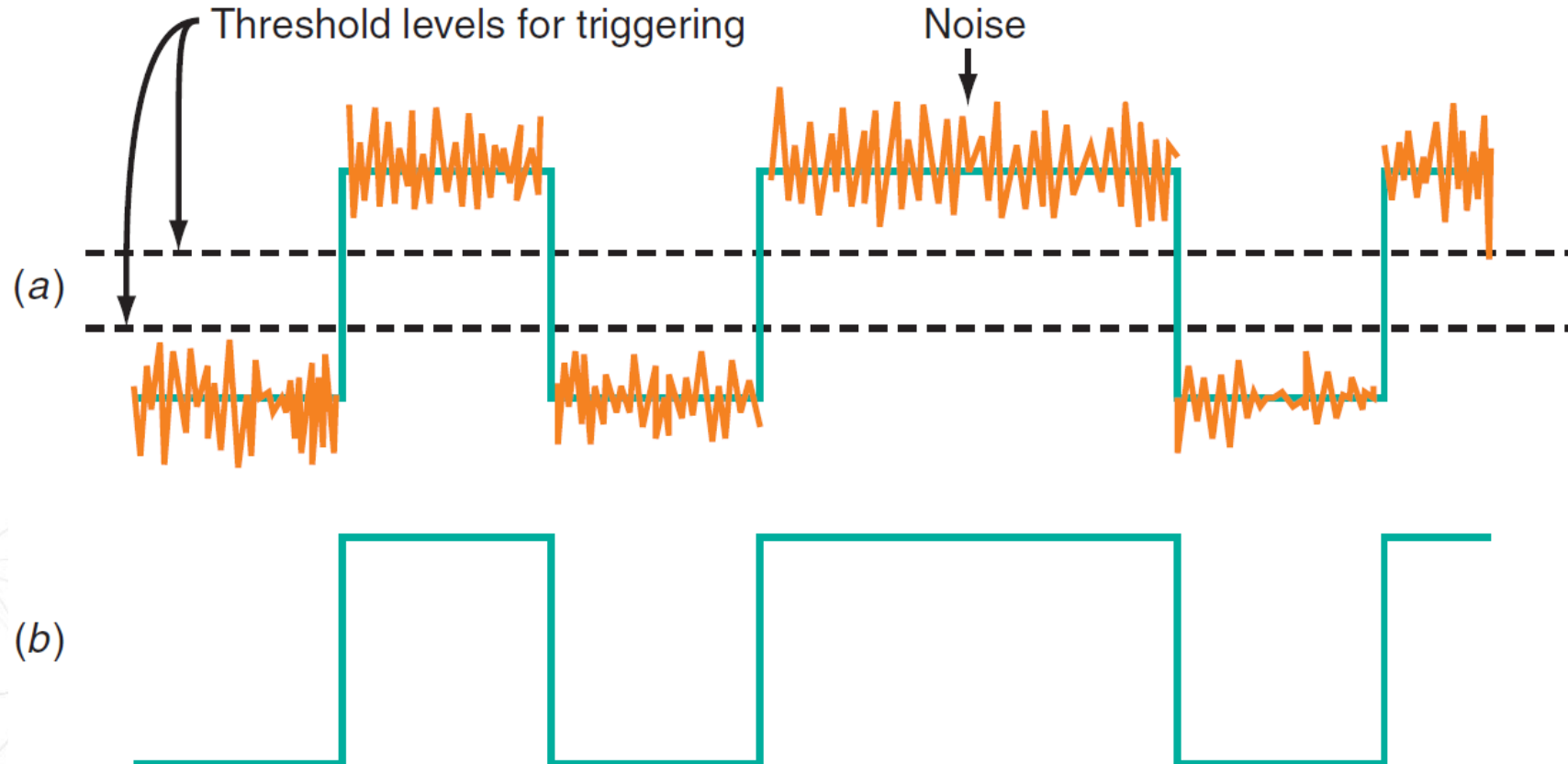
- El incremento de la demanda por servicios de comunicaciones, pero el espectro es limitado.
 - Se necesita de formas mas eficientes de transmitir datos a través de RF.
- Los esquemas de modulación digital tiene una **mayor capacidad para enviar grandes cantidades de información** que los esquemas análogos.

Por qué ir hacia lo Digital?

- La comunicación digital es mas robusta que la analógica.
- Es mas fácil multiplexar señales digitales que analógicas.
- La señales digitales se pueden codificar y encriptar.

Inmunidad al ruido

(a) Noise on a binary signal. (b) Clean binary signal after regeneration.



Comparación entre sistemas

Sistema de Comunicación Análoga:

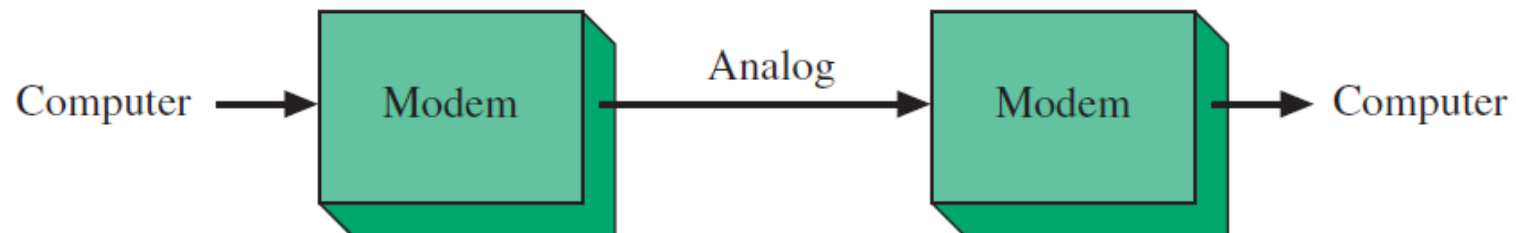
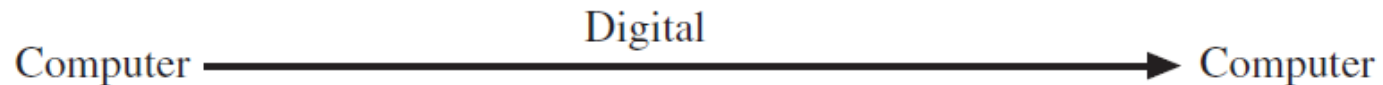
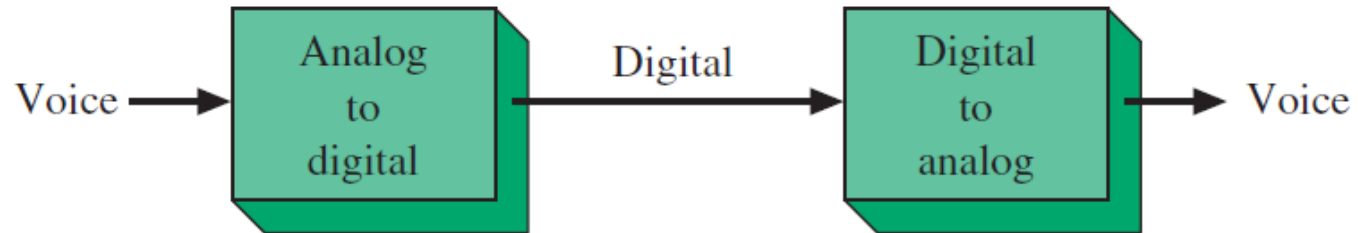


Sistema de Comunicación Digital:



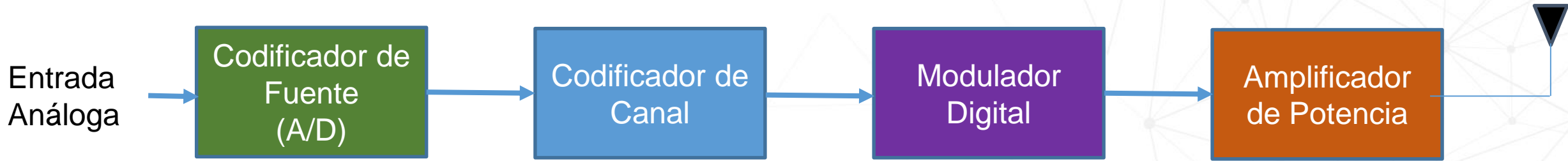
Comparación entre sistemas

Digital communications



Data communications

Transmisión Digital



1. Mod. Pulso

PWM

PPM

PAM

2. Mod. Cod. Pulso

3. Mod. Delta

Cod. de línea

1. RZ

2. NRZ

3. AMI

4. Etc.

1. ASK

2. FSK

3. PSK

4. QAM

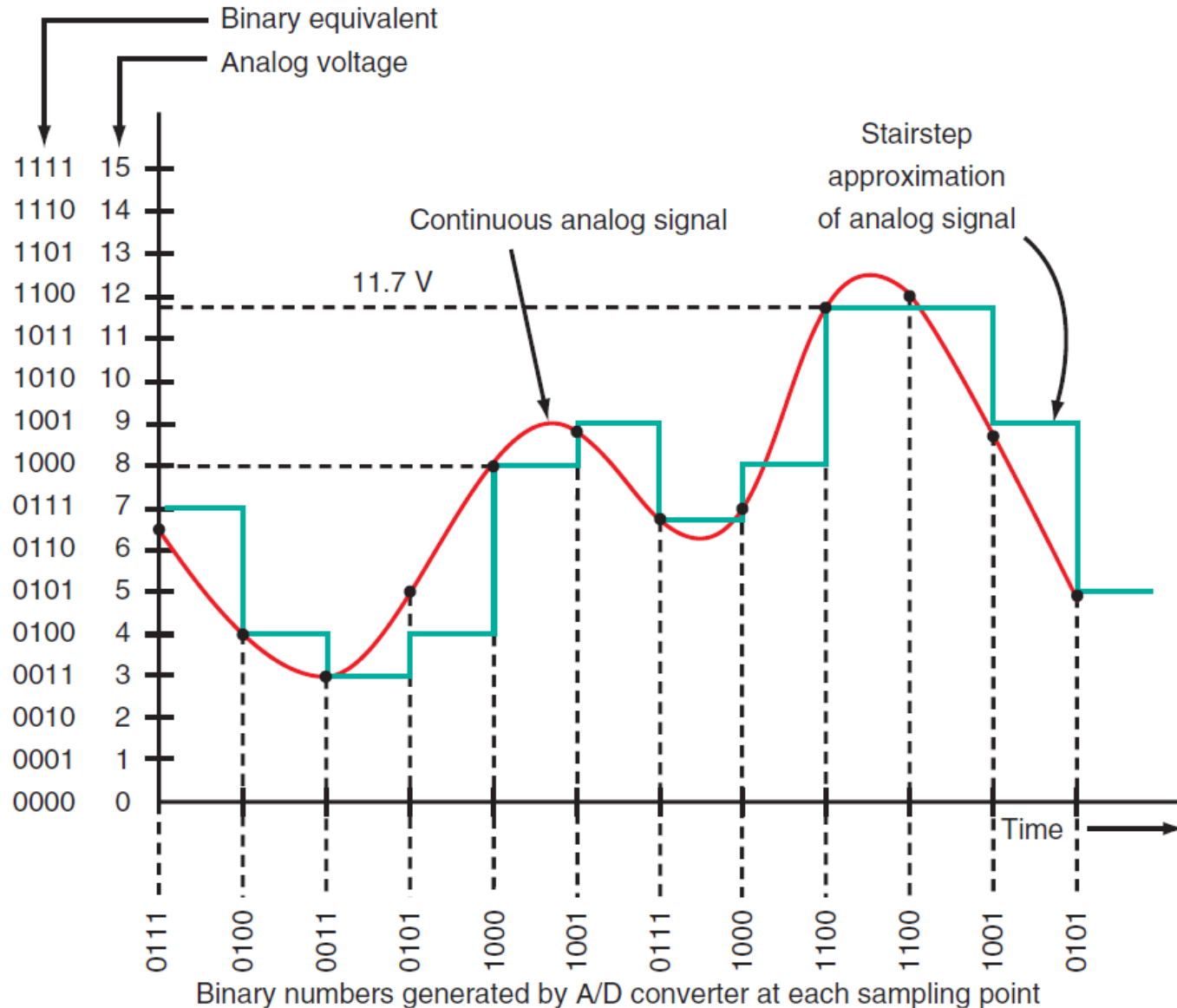
2. Cuantificación - ADC

- En muchos procesos de comunicación, el primer paso es convertir la información de análoga a su forma digital.
- Las señales continuas son cambiadas en series de números binarios.
- En el receptor, los datos digitales deben ser re-convertidos a la forma análoga antes de ser utilizada por el usuario.

2. Cuantificación - ADC

- Traducir una señal análoga en una señal digital se realiza por el dispositivo conocido como conversor análogo a digital o ADC (Analog-to-Digital Conversor).
- El conversor Digital a Análogo o DAC (Digital-to-Analog Conversor), decodificador, realiza la operación inversa del ADC.

2. Cuantificación - ADC



N Numero de bits

2^N Numero de niveles

$2^N - 1$ Numero de incrementos

Binario para voltajes: 9.3, 3.9, 4.8, 9.9, 2.

2. Cuantificación - ADC

Ejemplo: el rango de voltajes de un conversor A/D que utiliza 14-bit es de -6 a +6 V. Determinar a) El numero discreto de niveles (códigos binarios), b) el numero de incrementos de voltaje, y c) la resolución de la digitalización expresada en su incremento de voltaje mas pequeño.

$$a) \quad 2^N = 2^{14} = 16384$$

$$b) \quad 2^N - 1 = 16384 - 1 = 16383$$

$$c) \quad \frac{6 - (-6)}{16383} = \frac{12}{16383} = 0.7325\text{mV}$$

2. ADC - Especificaciones

- **Resolución:** es la cantidad mas pequeña de voltaje reconocida por el conversor.
- **Rango dinámico:** una medida del rango de voltajes de entrada que pueden ser convertidos.
- **Relación Señal-a-Ruido (S/N):** La relación del voltaje de entrada con respecto al ruido total en el sistema.

2. ADC – Codificación M-aria

- Bi-nario representa un dígito que tiene 2 niveles. Ej: 2 bits (1 y 0).
- M-ario representa un dígito que tiene M niveles.

$$N = \log_2(M)$$

$$2^N = M$$

N = número de bits necesarios

M = número de niveles, o combinaciones posibles con N bits

Para binario $M=2 \rightarrow N=1$

2. ADC – Baudio

- Baudio es la medida es la razón de cambio de una señal sobre el medio de transmisión después que la codificación y la modulación han ocurrido.
- Un modo de medir la calidad de la señal en el transmisor, justo antes de ser transmitida.
- También conocido como símbolos por segundo

$$\text{baudio} = f_s = \frac{1}{t_s}$$

f_s = rata de símbolos (símbolos por segundo)

t_s = intervalo de tiempo de un símbolo

2. ADC – Bit-rate - Capacida

- Bit es el cambio del símbolo a la entrada del modulador.

$$f_b = f_s N = 2BN = 2B \log_2(M)$$

f_b = bit-rate: bit por segundo (bps)

f_s = baudio (símbolos por segundo)

B = ancho de banda mínimo de Nyquist (hertz)

M = numero de señales discretas o niveles de voltaje

N = numero de bits codificados en cada símbolo

2. ADC – Ancho de Banda

- Para un sistema M-ario, sabemos que

$$f_b = f_s N = 2BN = 2B \log_2(M)$$

Entonces el ancho de banda es

$$B = \frac{f_b}{2 \log_2(M)} = \frac{f_b}{2N}$$

2. ADC – Capacidad de Información

- Representa el numero de símbolos independientes que pueden ser transportados a través del sistema en un unidad de tiempo dada.
- Utilizando el limite de Shannon para la capacidad de información, se define como

$$I = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 3.32 B \log_{10} \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$\log_a(N) = \frac{\log_b(N)}{\log_b(a)}, \quad a^P = N, \quad p = \log_a(N)$$

2. ADC – Capacidad de Información

Ejemplo: Un canal de comunicación estándar de voz tiene una potencia SNR de 1000 (30dB) y una señal con ancho de banda de 2.7kHz. Determinar la capacidad de información.

$$I = 3.32B \log_{10} \left(1 + \frac{S}{N} \right) = (2.7\text{kHz})(3.32) \log_{10}(1 + 1000)$$

$$I = 26.9\text{kbps}$$

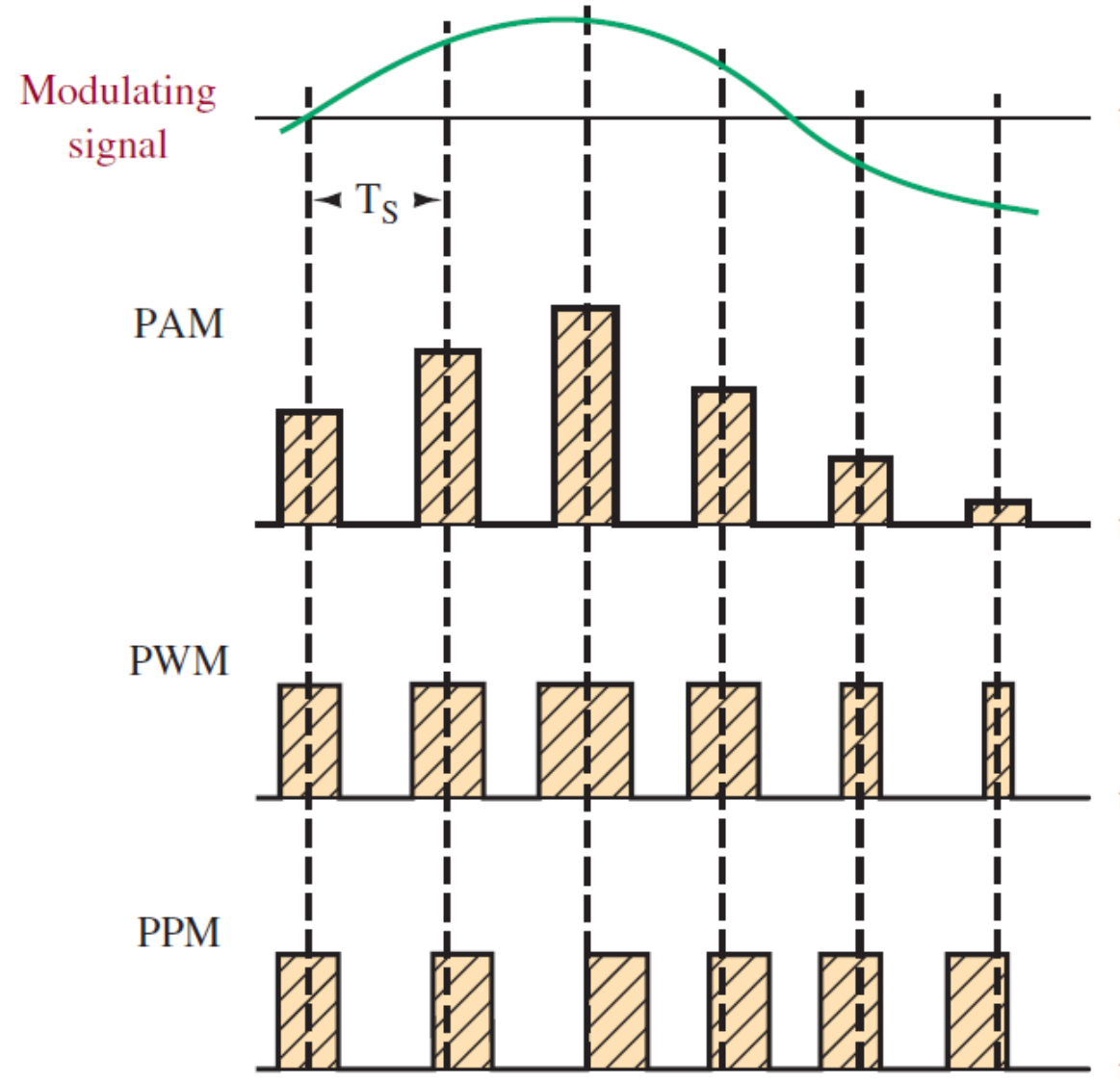
2. ADC – Capacidad de Información

Ejercicio: Un canal de comunicación estándar de voz tiene una potencia SNR de 20dB y una señal con ancho de banda de 3kHz. Determinar la capacidad de información.

$$I = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 3\text{kHz} \cdot 3.32 \cdot \log_{10}(1 + 100) = 19.96\text{kbps}$$

$$\frac{S}{N} = 20\text{dB} \Rightarrow 10^{20/10} = 100$$

3. ADC Modulación



3. ADC Modulación

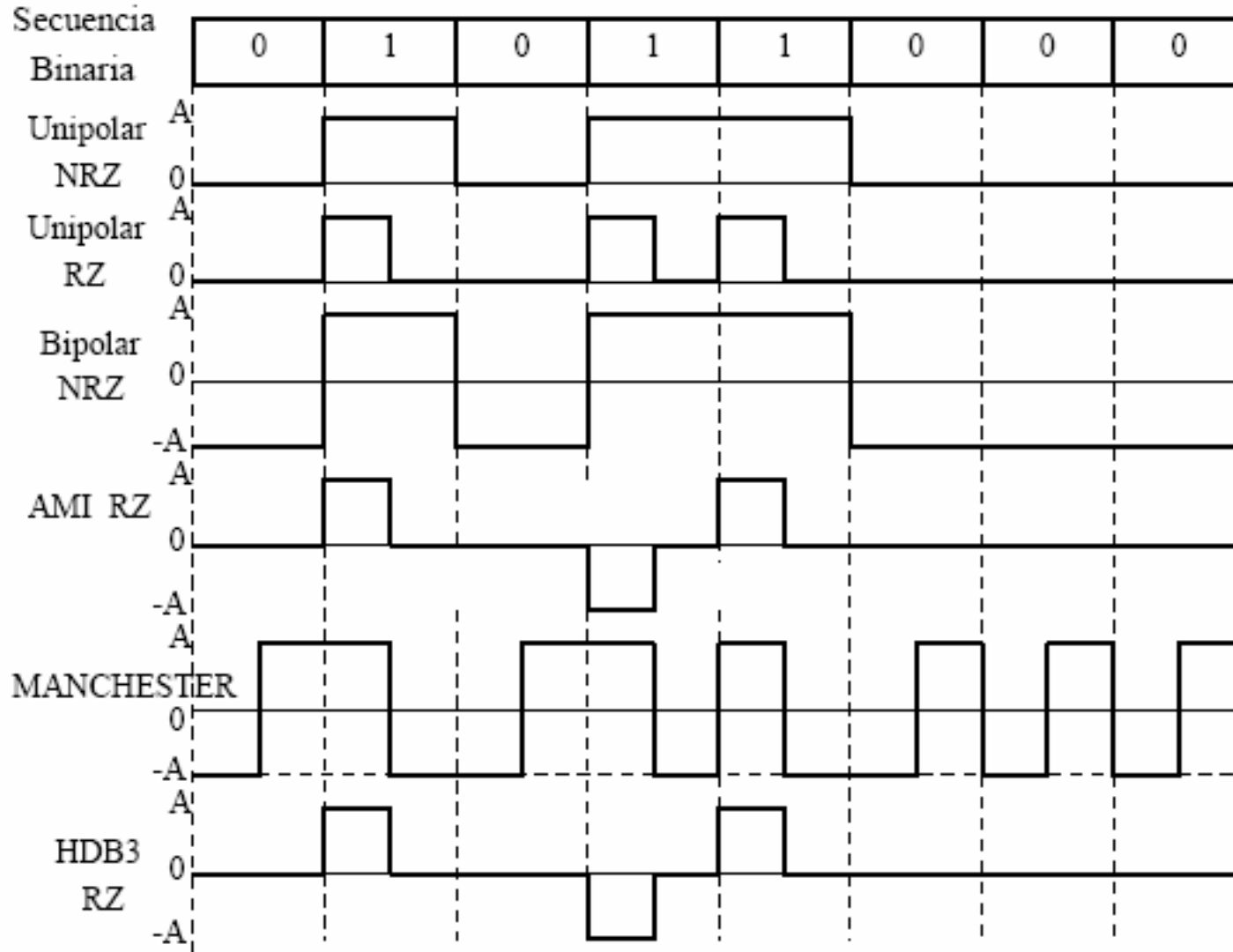
PAM (Pulse Amplitude Modulation): la amplitud del pulso denota la información análoga. Es una serie de pulsos en donde cada pulso representa la amplitud de la señal de información en un instante de tiempo dado.

3. ADC Modulación de Pulso

PWM (Pulse Width Modulation): el ancho del pulso varia de manera proporcional a la amplitud de la señal análoga en el instante de muestreo.

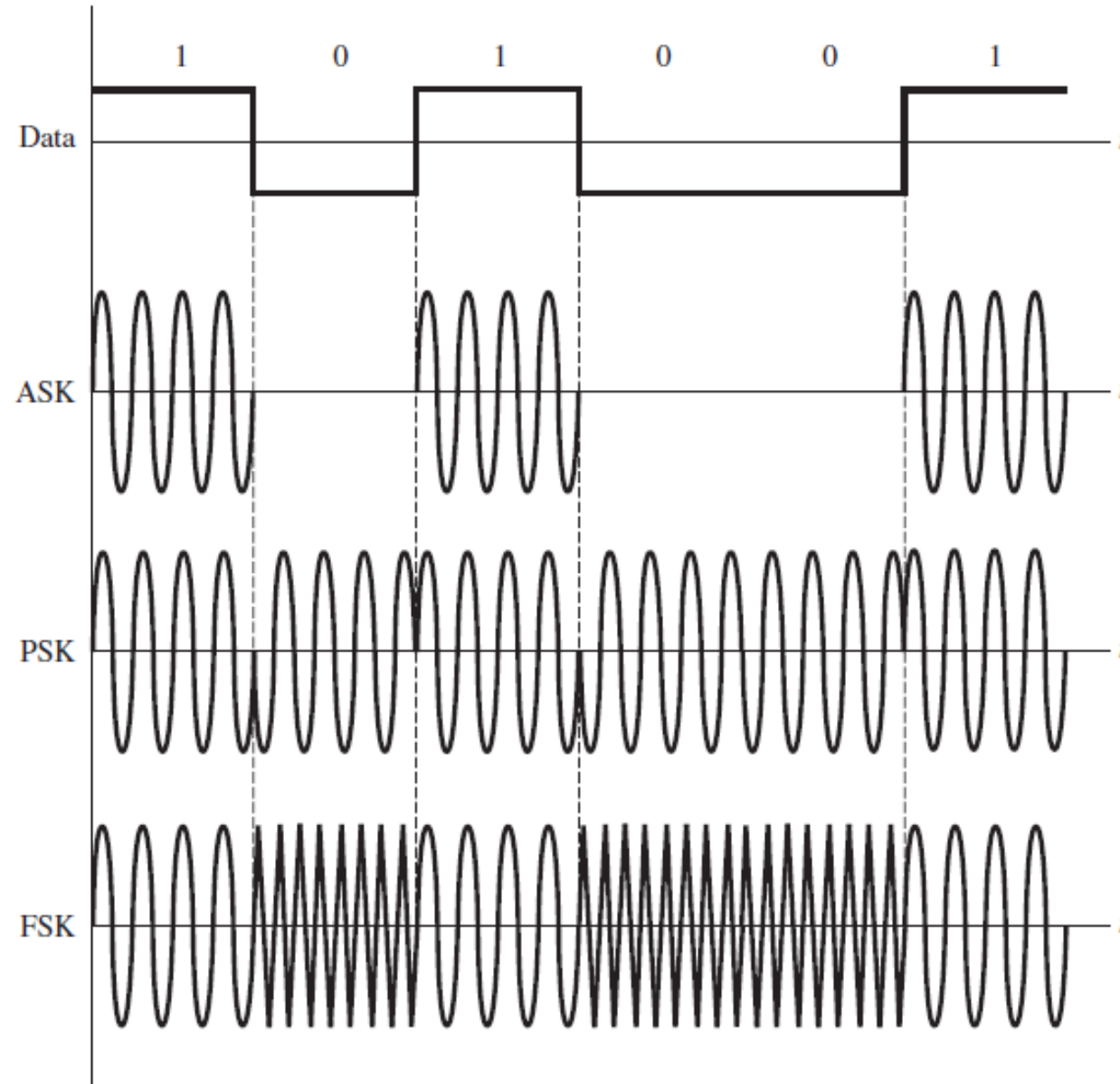
PPM (Pulse Position Modulation): es una serie de pulsos donde el tiempo de cada pulso representa la amplitud de la señal análoga en un instante de tiempo dado.

4. Codificación de línea



RZ: Return to Zero.
NRZ: No RZ.

5. Modulación Digital



5. Modulación Digital de Amplitud

La técnica de modulación más sencilla es la modulación digital de amplitud., que corresponde a AM-DSB.

$$v_{\text{ask}}(t) = [1 + v_m(t)] \left[\frac{A}{2} \cos(\omega_c t) \right]$$

$v_{\text{ask}}(t)$ = voltaje de la onda de amplitud modulada

$\frac{A}{2}$ = amplitud de la portadora no modulada (volts)

$v_m(t)$ = señal binaria moduladora (volts)

$\omega_c t$ = frecuencia de la portadora en radianes (rad por segundo)

5. ASK – On-Off Keying

$v_m(t)$ es un código de línea NRZ. Entonces

Cuando $v_m(t) = 1$

$$v_{\text{ask}}(t) = [1 + 1] \left[\frac{A}{2} \cos(\omega_c t) \right] = A \cos(\omega_c t)$$

Cuando $v_m(t) = -1$

$$v_{\text{ask}}(t) = [1 - 1] \left[\frac{A}{2} \cos(\omega_c t) \right] = 0$$

5. Modulación Digital de Amplitud

Aplicaciones:

ASK se usa en fibra óptica, RFID, NFC.

OOK por su consumo menor, se emplea en controles remotos, y también en fibra óptica.

5. Modulación Dig. De frecuencia

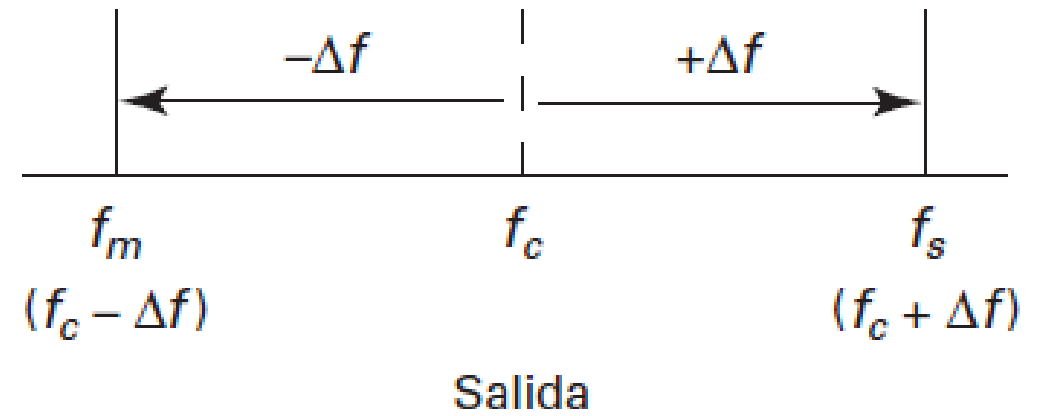
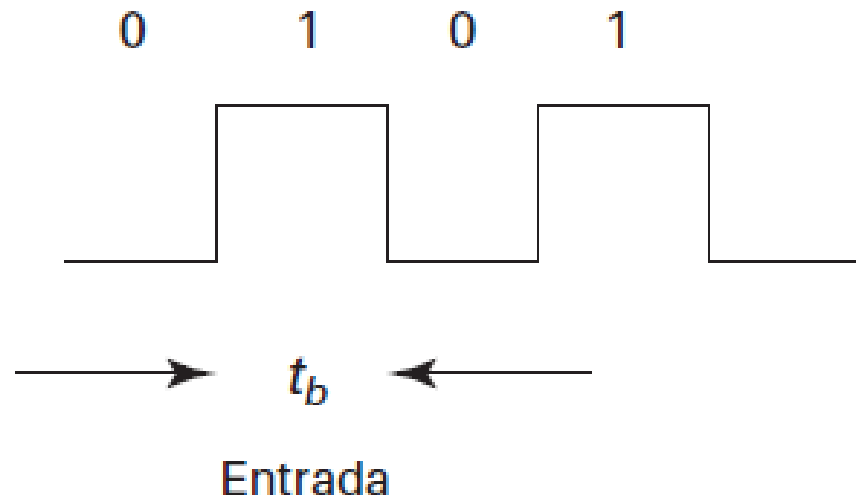
La técnica de modulación más sencilla es la modulación digital de amplitud., que corresponde a AM-DSB.

$$v_{fsk}(t) = V_c \cos(2\pi(f_c + v_m(t)\Delta f)t)$$

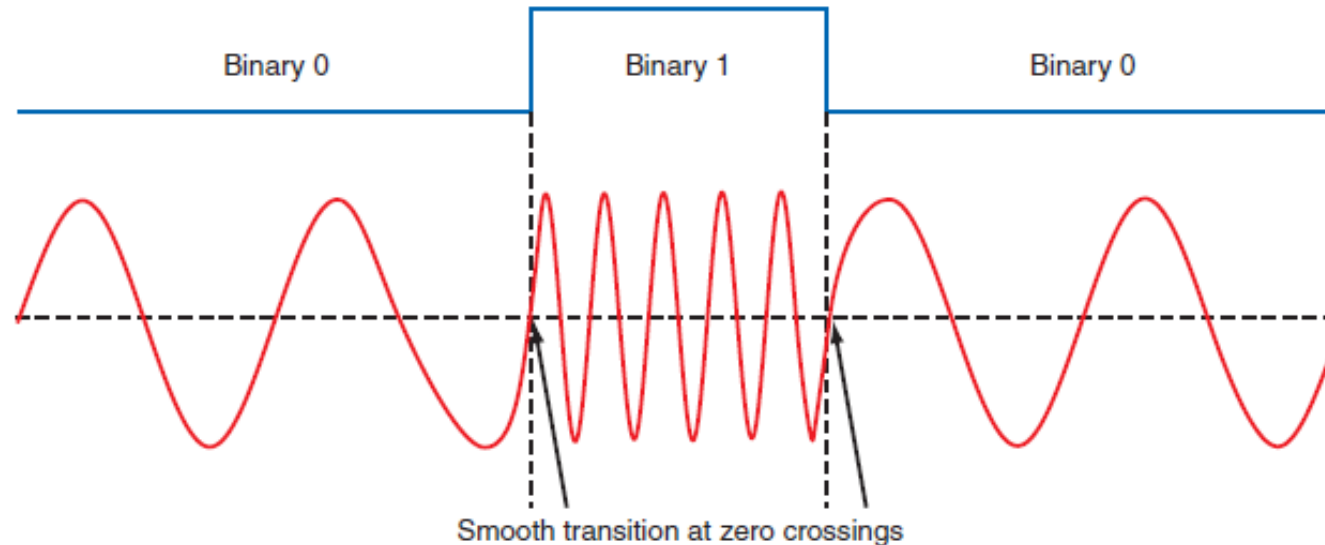
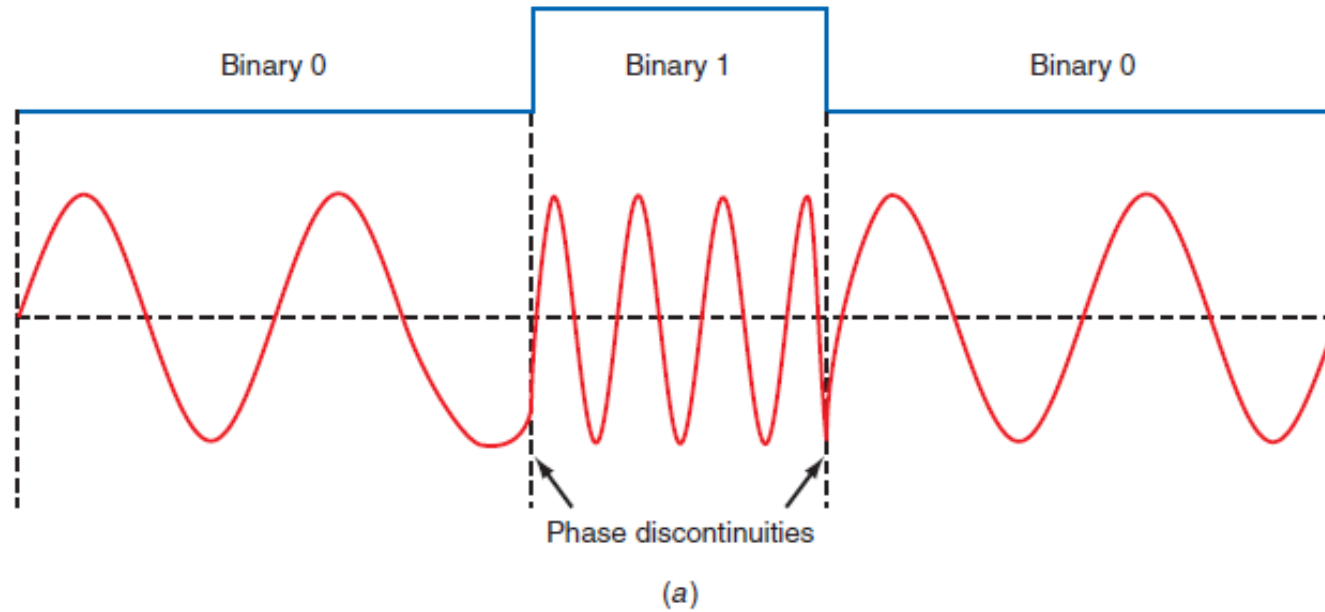
$v_{fsk}(t)$ = voltaje de la onda modulada en frecuencia

Δf = desviación de frecuencia (hertz)

$v_m(t)$ = señal binaria moduladora (volts)



5. Modulación Dig. De frecuencia



5. Modulación Dig. De frecuencia

En FSK, el índice de modulación es

$$\Delta f = \frac{|f_m - f_s|}{2}$$

Δf = desviación máxima de frecuencia (hertz)

f_m = frecuencia de marca (hertz)

f_s = frecuencia de espacio (hertz)

Bibliografía

- FRENZEL, Louis. (2016) Principles of Electronic Communication Systems. 4th Edition.
- WAYNE, Tomásí. (2003) Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. 4^a ed. Prentice Hall.