

Universidad de Cuenca
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones
Comunicaciones Digitales

Práctica 8: Probabilidad de Error en PCM - Modulación por Pulsos Codificados

- **Período Académico:** Septiembre 2025 - Febrero 2026

Importante

- Cada grupo debe tener sus respectivas sondas y materiales;
- Un informe por grupo debe ser entregado en un plazo de 7 días luego de realizar la práctica

1. Objetivo

- Verificar la Probabilidad de Error en PCM a través de una simulación;

2. Descripción

En esta práctica se pretende verificar la probabilidad de error alcanzada por PCM a través de una simulación. Para esto, se contruirán los diferentes bloques de un transmisor y receptor PCM, indicados en la Figura 1, en MatLab o el lenguaje de programación de su preferencia.

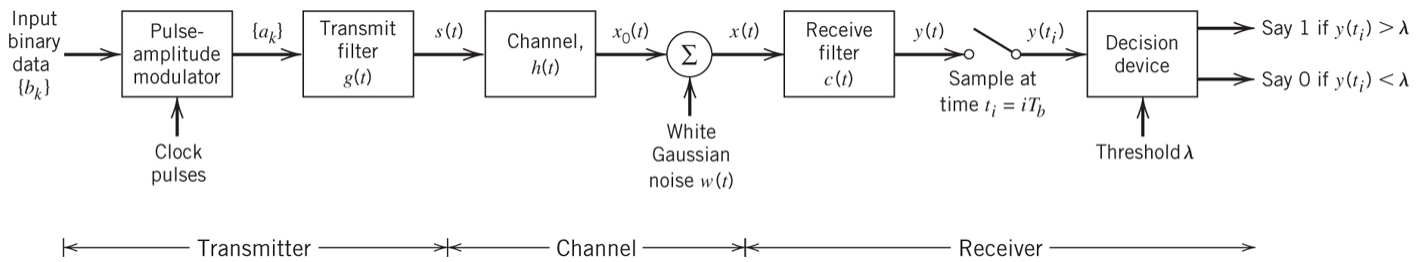


Figure 1: Sistema de transmisión de datos binario. [Tomado de [1]]

Transmisor

De acuerdo a lo observado en la Figura 1, la entrada será un flujo de bits. Para construir este flujo de bits se considerará que los bits 0 y 1 tienen probabilidad de envío $P_0 = P_1 = \frac{1}{2}$.

Para el filtro del transmisor considere la codificación **polar NRZ** con amplitud de pulso y tiempo de bit, T_b , apropiados.

Canal de comunicaciones

Se considerará únicamente el efecto de ruido aditivo para el canal de comunicaciones, por lo que la respuesta al impulso del canal es $c(t) = \delta(t)$. Asimismo, el ruido utilizado será Gausiano, con SNR de 0 dB a 14 dB.

Receptor

El filtro del receptor implementado, es un **filtro acoplado**, el cual estará acorde al código de línea utilizado en el transmisor. Para esto deberá tener en cuenta los parámetros de amplitud de pulso y tiempo de bit, T_b , utilizados en el transmisor.

El dispositivo de decisión requiere del valor de umbral, el cuál será acorde al código de línea utilizado en el transmisor y a las probabilidades de envío de 0 y 1.

3. Equipos Requeridos

Para la realización de esta práctica se utilizarán los equipos indicados a continuación.

Equipo	Descripción	Cantidad
	Computador	1
	Lenguaje de programación (Matlab)	1

4. Instrucciones

Por favor, lea y siga cuidadosamente las instrucciones a continuación

1. Construya el Transmisor y Receptor para la codificación Polar NRZ;
2. Genere un número suficientemente grande de bits, por ejemplo 10.000 bits, donde 0s y 1s tengan probabilidad de envío P_0 y P_1 ;
3. De acuerdo a la señal PCM construída, genere la realización de Ruido Blanco Gaussiano, de tal manera que obtenga valores de SNR de 0 dB a 14 dB, con incrementos de 2 dBs;
4. Con los datos decodificados, obtenga la Probabilidad de Error (P_e) o Tasa de Errores de Bit (Bit Error Rate - BER), de acuerdo a la ecuación

$$P_e = \frac{\text{Número de Bits en Error}}{\text{Número de Bits Enviados}}$$

5. Grafique la Probabilidad de Error, P_e , obtenida en función del SNR. Para la Probabilidad de error utilice una escala logarítmica, y para el SNR utilice dBs.
6. En la misma gráfica incluya la Probabilidad de Error teórica, con el fin de contrastarla.

5. Informe a presentar

El informe debe incluir lo siguiente.

1. Para un buen entendimiento de lo realizado, incluya las gráficas de la señal PCM, la señal recibida en el receptor y la salida del filtro acoplado. Asimismo, incluya las gráficas de la probabilidad de error obtenida y calculada para Polar NRZ;
2. Incluya una gráfica con las probabilidades de error teóricas para **unipolar NRZ**, **polar NRZ** y **bipolar RZ**;
3. Explique los cambios que deberá considerar en la construcción del sistema de comunicaciones basado en PCM para implementar las codificaciones Unipolar NRZ y Bipolar RZ.

Referencias

[1] Haykin, S., Moher, M., Communication Systems. 5th. Edition, Wiley & Sons, Incorporated, John. 2010.