
Sistemas de Comunicación

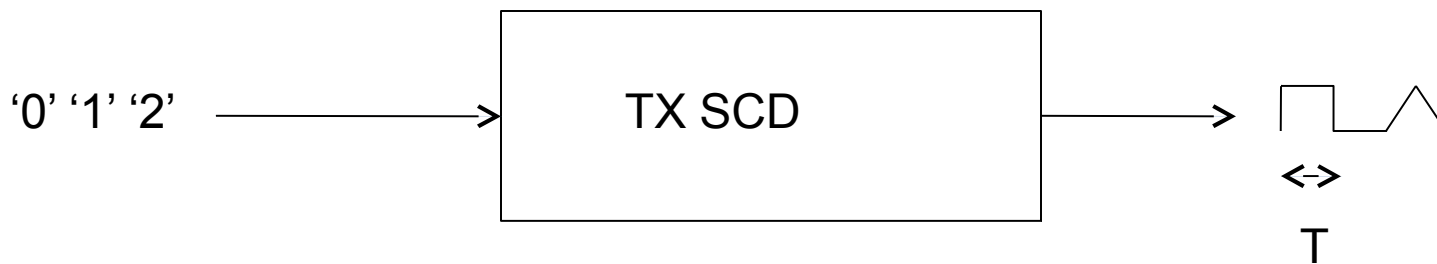
Clase 12: Introducción Sistemas de
Comunicación Digitales - Códigos de
Línea

Objetivo

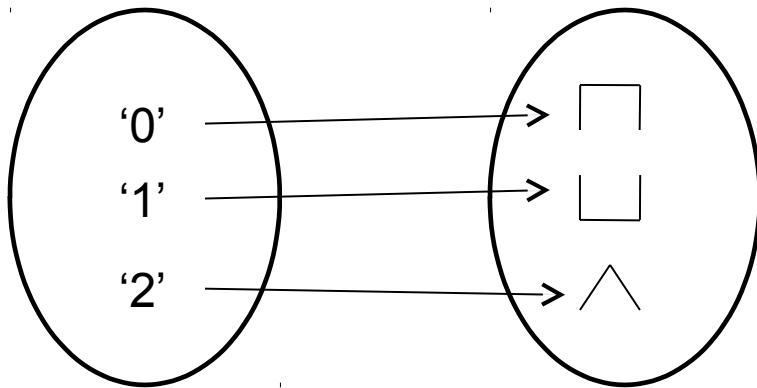
- Introducción sistemas de comunicación digitales
 - Modelado de la señal
 - Códigos de Línea
-

Sistemas de Comunicación Digital

- Objetivo: Enviar un mensaje digital: secuencia de símbolos ('0' '1' '2' '2'....) a una cadencia de r bits/s a través de un canal analógico.
- Un Sistema de Comunicación Digital (SCD) transmite durante un intervalo finito T una señal analógica elegida de un conjunto finito de señales posibles, dependiendo del símbolo a transmitir.



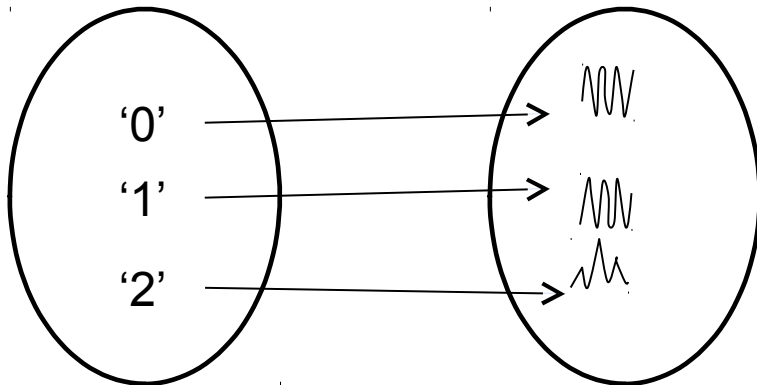
Sistemas de Comunicación Digital



Banda Base

Mensaje: '0' '1' '2' '2'

Señal :  A square wave followed by a triangle wave.

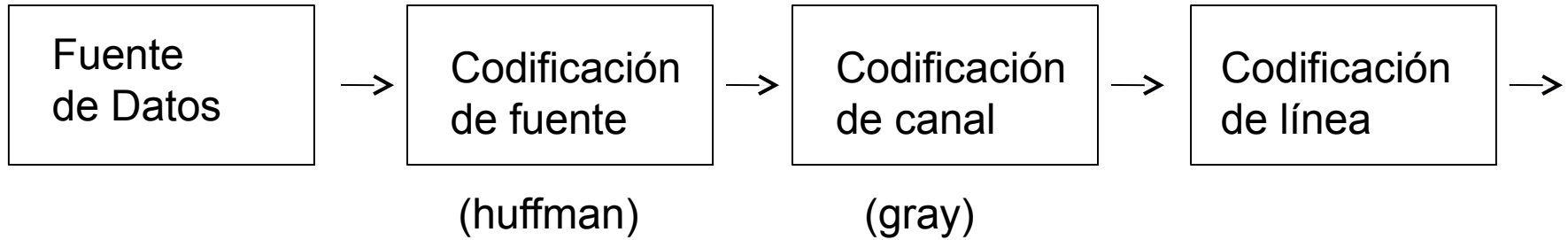


Pasabanda

Mensaje: '0' '1' '2' '2'

Señal :  A sequence of four waveforms: two sine waves followed by two triangle waves.

Trasmisor- SCD



'A'	1	000	
'B'	01	011	
'C'	011	101	
'D'	010	110	

Código M-ario
Ej: caracteres teclado

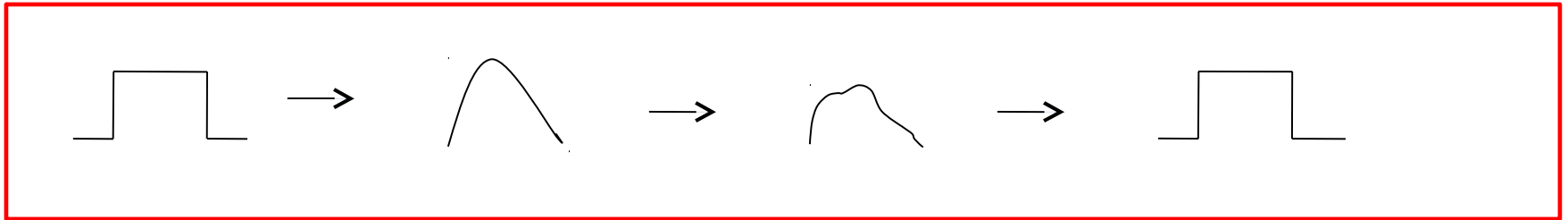
Longitud media mínima
Elimina redundancia

Bit de pariedad
Agrega redundancia,
Inmunidad ruido
canal

Adecuado a
características de
canal analógico

Comunicaciones Digitales vs Analógicas

Regeneración: Posibilidad de recuperar el mensaje sin degradación a pesar de su transmisión en canal ruidoso.

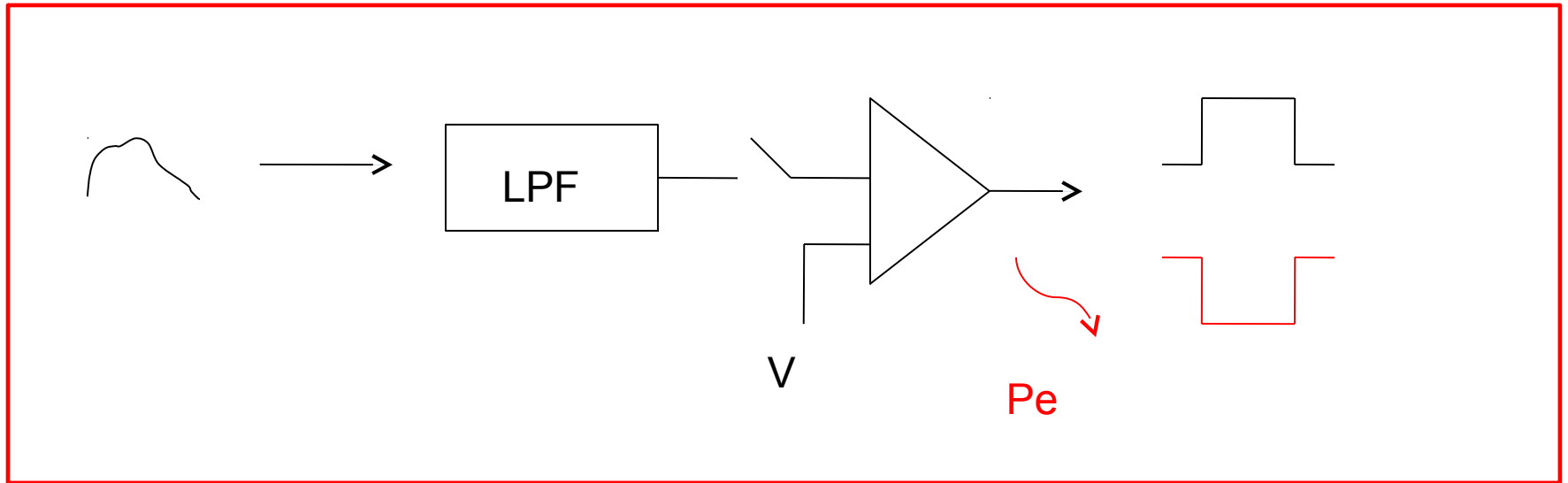
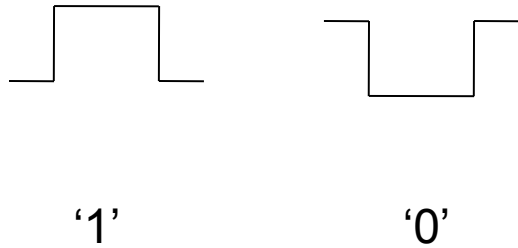


Pulso
original

Pulsos
degradados
en el canal

Pulso
regenerado

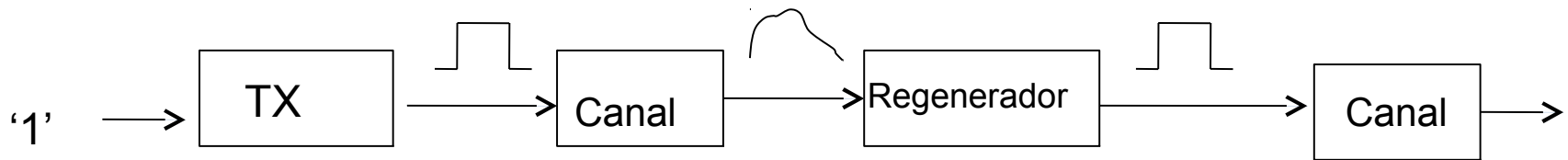
Ej: Regenerador Binario



En condiciones severas de ruido de canal ($\text{SNR}_{\text{R pobre}}$) puede detectar con error. Regeneración

puede introducir error con probabilidad P_e .

Repetidores Regenerativos



Procesan, regeneran el pulso antes que se degrade mucho y genere error en la detección.

Diferencia entre repetidor regenerativo y analógico: En la toma de decisión (detección) uso conocimiento a priori, conozco que se transmitió una de n posibles formas de pulso.

Pregunta: ¿Cuándo copian del pizarrón se comportan como un repetidor regenerativo o analógico?

SC Digital vs Analógico

Reproducción confiable: La perturbación tiene que ser muy grande para que haya un error (cambio de estado). Ej: transmisión de datos $P_e < 10^{-5}$. Es posible transmitir sin errores en canales con ruido (codificando con redundancia) sujeto a restricciones de ancho de banda y energía transmitida.

Estabilidad: Se pueden lograr sistemas que sean más estables en el tiempo al usar hardware con diseño especializado (dsp) en los que la variabilidad se introduce en la codificación algorítmica y no a través de componentes analógicos variables (resistencias, condensadores) que pueden derivar en el tiempo con la temperatura, etc.

SC Digital vs Analógico

Flexibilidad: Se puede cambiar (reprogramar) el algoritmo: aumentar la redundancia, control de errores, encriptado, ecualización simplemente cambiando el software.

Multiplexado de distintas fuentes de información: Se pueden integrar sobre un mismo flujo de datos, información proveniente de distintas fuentes: audio, video, datos lo que facilita la convergencia de servicios y el diseño de los dispositivos en forma económica.

SC Digital vs Analógico

Desventajas:

Complejidad para tareas sencillas: Pasabajos analógico: circuito RC, pasabajos digital: A/D, DSP, D/A, filtro antialiasing.

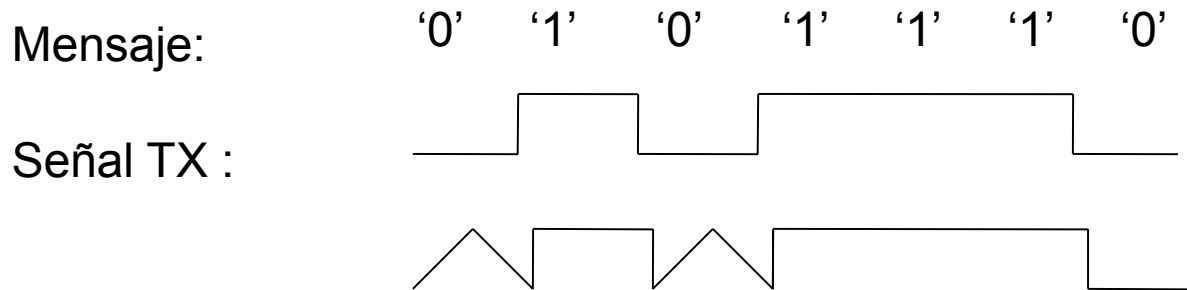
Necesidad de Sincronismo TX-RX: Muestreo en instante óptimo.

Desventajas/Ventaja: Requerimiento de ancho de banda:

PCM binario n bits: requiere B
 $T=nW$ (n=8).

TV Digital con MPEG: logra transmitir 4 canales digitales con calidad standard en el ancho de banda de un canal analógico (6MHz)

Modelado de la Señal Digital



Expresión analítica de la Señal Digital :

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} a_k p_k(t - kT - t_d) \quad \text{con } t_d = U[0, T]$$

$$a_k = \{a_0, a_1, \dots, a_{M-1}\} \quad \text{y} \quad r = \frac{1}{T}$$

En cada intervalo de duración T se envía un pulso de duración T con forma $p_k(t)$ y amplitud a_k .

Caso particular: M-ario unipolar con forma de pulso $p(t)$ (PAM digital).

$p(t)$: fijo vario amplitud según símbolo a TX

$$p_0(t) = p_1(t) = p(t)$$

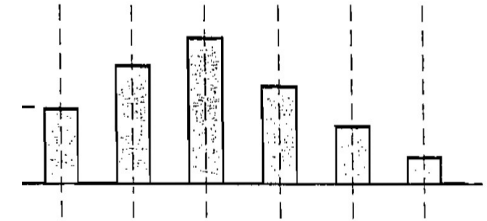
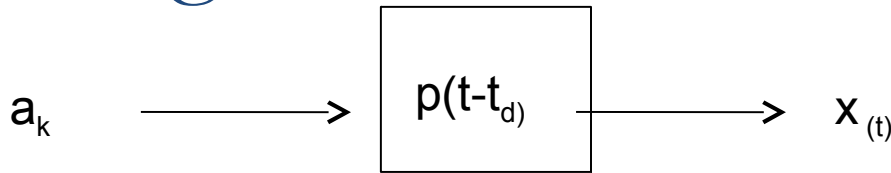
$$a_0 = -a_1 \quad \text{binario polar}$$

$$a_k = \{0, A, 2A, \dots, (M-1)A\} \quad \text{M-ario unipolar}$$

Toma la forma de una señal PAM digital :

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} a_k p(t - kT - t_d)$$

PAM Digital



Secuencia
randómica
estacionaria
sentido amplio

$p(t)$: pulso
conformador
determinítico t_d
retardo aleatorio $U[0, T_s]$

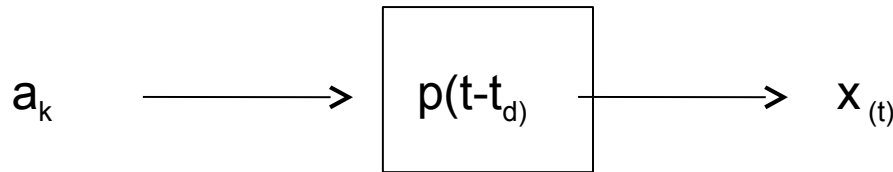
Proceso
estacionario
en sentido
amplio

$$G_x(f) = |P(f)|^2 G_a(f) \quad \text{con} \quad G_a(f) = \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} R_a[k] e^{-j2\pi f k T_s}$$

Sup : Símbolos no correlacionados :

$$G_x(f) = \sigma_a^2 r |P(f)|^2 + (m_a r)^2 \sum_{k=-\infty}^{+\infty} |P(nr)|^2 \delta(f - kr)$$

Códigos de línea



$$G_x(f) = \sigma_a^2 r |P(f)|^2 + (m_a r)^2 \sum_{k=-\infty}^{+\infty} |P(nr)|^2 \delta(f - kr)$$

Espectro depende del pulso conformador y de la codificación.

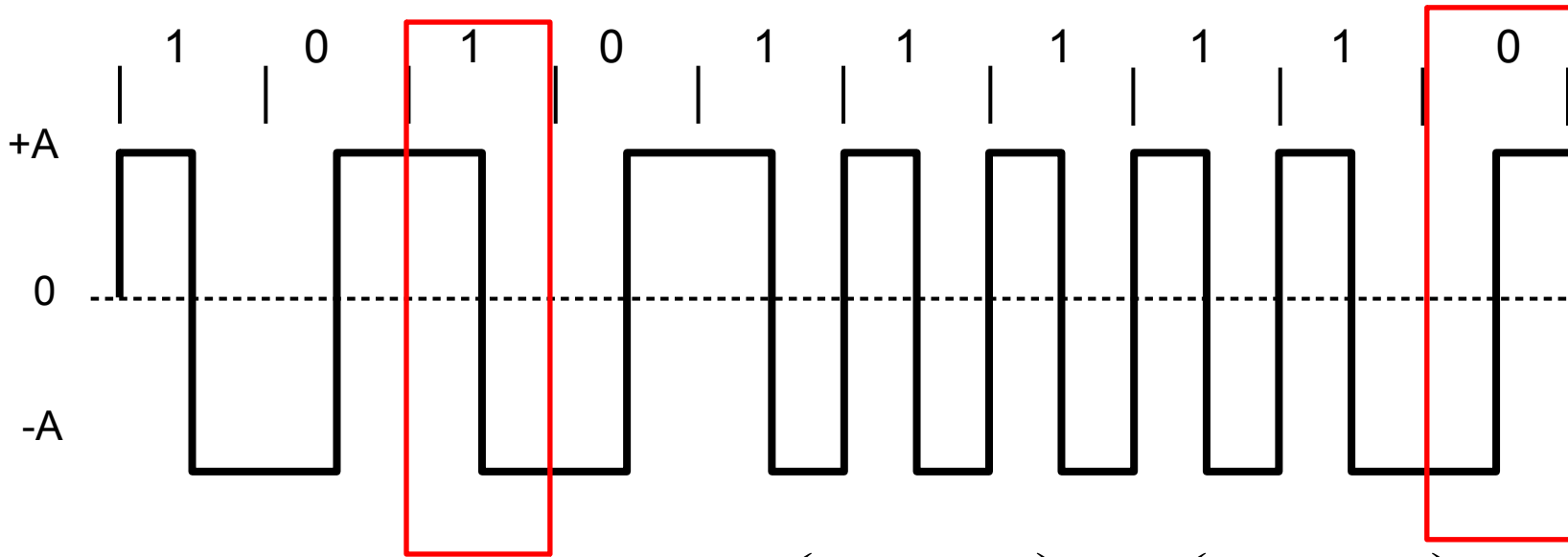
Modificando estos parámetros puedo generar distintos códigos de línea (distintos formatos para enviar datos).

Códigos de línea- Características Deseables

- Requiera menor ancho de banda de transmisión.
- Lleve información de sincronismo en la señal
- No tenga continua (mayor eficiencia en el uso de la potencia, menor P_e para la misma S_T).
- Espectro adecuado a las características del canal.

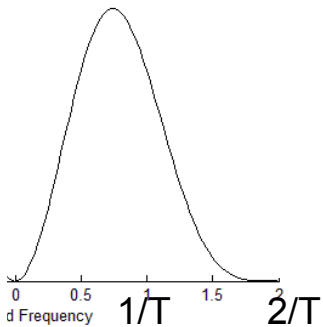
Ej: NRZ no es adecuado para líneas telefónicas: alternan polaridad, mala respuesta a bajas frecuencias.

Manchester



$$p(t) = \pi \left(\frac{t - T/4}{T/2} \right) - \pi \left(\frac{t + T/4}{T/2} \right)$$

$$G_x(f) = \frac{TA^2}{4} \text{sinc}^2 ft \text{sen}^2 \frac{\pi f T}{2}$$



∃ Transición en cada bit - sincronismo