

Modulación y Procesamiento de Señales

Práctico 7 PAM, codificación de línea

Cada ejercicio comienza con un símbolo el cual indica su dificultad de acuerdo a la siguiente escala: ♦ básico, ★ medio, * avanzado, y * difícil. Además puede tener un número, como (3.14) que indica el número de ejercicio del libro *Discrete-time signal processing*, Oppenheim/Schafer, 2nd.edition. O también de la forma (H3.14) para el libro *Statistical Digital Signal Processing and Modeling*, Monson H. Hayes.

★Ejercicio 1

Considerar una señal aleatoria binaria con valores 0 y 1 equiprobables, independientes entre sí. Ésta se codifica en forma polar donde a los pulsos se les da la siguiente forma:

$$f(t) = \begin{cases} \cos(\frac{\pi t}{T_b}) & |t| < \frac{T_b}{2} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

T_b es el tiempo de un bit.

- Bosquejar un ejemplo de la onda conformada.
- Encontrar una expresión para la densidad espectral de potencia de la señal. Bosquejar.

*Ejercicio 2

Se quiere transmitir una secuencia $x[k]$ binaria, donde los 1 tienen probabilidad $\frac{1}{3}$ y se les asigna el valor A y los 0 tienen probabilidad $\frac{2}{3}$ y se les asigna el valor $-A$, y son independientes entre sí. La secuencia se quiere transmitir a una cadencia de $r = \frac{1}{T}$ bits/s. Para adecuar la señal al canal se quiere utilizar un código de línea apropiado.

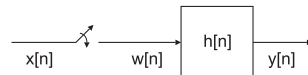


Figura 1: Código de línea

- Hallar y graficar la autocorrelación de la secuencia de entrada y su densidad de potencia.

Para que el proceso $y(t)$ sea estacionario se considera que el pulso de conformación se encuentra retardado un tiempo t_d respecto al origen de la secuencia, con t_d uniformemente distribuido en el intervalo $[0, T]$.

- Hallar la densidad espectral de potencia de $y(t)$.
- En particular hallar y graficar para el caso en que:
 - El conformador saca pulsos rectangulares de ancho T
 - Idem pero en este caso los pulsos $p(t)$ tienen la forma de la Figura 2.

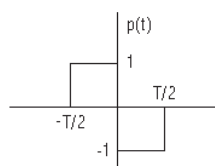


Figura 2: Forma de los pulsos.

- (d) Comparar ambos espectros, ventajas y desventajas.
- (e) Indicar qué pasa con el espectro de la señal de salida cuando se cambia la forma de pulso del conformador. Dar criterios para la elección de dicho pulso.

◆ Ejercicio 3

El sistema de la figura transmite pulsos binarios equiprobables sin retorno a cero. Los valores lógicos '1' y '0' corresponden a pulsos rectangulares de altura $\pm A$ de duración T . El filtro de recepción $H_R(f)$ es un pasabajos ideal, de ancho de banda B_R .

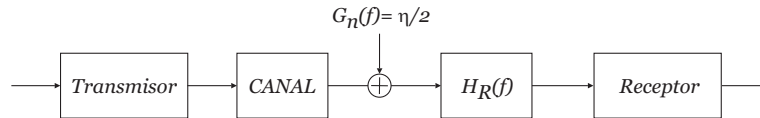


Figura 3: Sistema transmisor de pulsos binarios.

- (a) Dar el nivel de decisión óptimo en el receptor.
- (b) Encontrar la potencia de la señal en recepción asumiendo que la amplificación en el transmisor compensa la atenuación del canal y hallar la probabilidad de error en recepción.
- (c) Diseñar B_R .

* Ejercicio 4

Se transmite una señal binaria que toma valores 0 y A correspondientes a 0 y 1 lógicos en forma equiprobable e independiente de los valores anteriores por un canal con ruido blanco gaussiano aditivo de densidad espectral $\eta/2$. El receptor se esquematiza en la siguiente figura.



El filtro de recepción es un pasabajos ideal de ancho de banda B . Se supone que **no modifica los pulsos**, su finalidad es limitar el ruido.

- (a) Si llamamos v a la señal a la entrada del comparador, hallar y graficar las probabilidades $p_v(v|0)$, probabilidad de la señal v cuando se transmitió un 0 lógico. Ídem con $p_v(v|1)$ para el 1 lógico.
- (b) Especificar los momentos estadísticos de interés.
- (c) Dar el umbral de decisión y hallar la probabilidad de error. Calcular la potencia media de la señal transmitida.

Se supone que cada dígito se transmite m **veces consecutivas**. El receptor las suma antes del comparador según el esquema de la siguiente figura.



- (d) Hallar las densidades de probabilidad $p_v(v|0)$, $p_v(v|1)$, especificando los momentos estadísticos. Graficar las densidades de probabilidad y comparar con el caso anterior.
- (e) Elegir el umbral de decisión, calcular la probabilidad de error y la potencia media transmitida.
- (f) Explicar cómo, manteniendo una misma probabilidad de error en el segundo esquema, la amplitud A puede ser menor que en el primer esquema. ¿Esto implica alguna mejora? ¿Tiene contrapartida?

★ **Ejercicio 5** (Segundo Parcial 2014)

- (a) Describa las transformaciones que sufre una señal PAM digital al viajar desde la fuente hasta llegar al receptor.
- (b) Dibuje el diagrama de bloques del receptor regenerativo usado en la transmisión digital en banda base y describa su funcionamiento explicando qué hace cada bloque.
- (c) Considere que la señal PAM es binaria unipolar NRZ con pulsos de amplitud $A = 1$ y con igual probabilidad de bits. Además, el transmisor compensa la atenuación del canal y el ruido en predetección tiene desviación estándar $\sigma = 0.12$. Si el comparador del receptor regenerativo usa el umbral $V = A/4$, calcule la probabilidad P_{e0} de confundir un cero con un uno, la probabilidad P_{e1} de confundir un uno con un cero y la probabilidad total de error de detección de bits. Compare el resultado con el caso en que el receptor usa el umbral óptimo.

* **Ejercicio 6** (Segundo Parcial 2014)

Se considera un sistema de transmisión bandabase polar binario **RZ** (con retorno a cero) que utiliza pulsos rectangulares. La fuente emite los símbolos lógicos “0” y “1” de forma equiprobable. El tiempo de bit del código es T_b , el retorno a cero se produce en la mitad de tiempo de bit y la amplitud de los pulsos es $\pm A/2$. El filtro de recepción $H_R(f)$ es un pasabajos ideal de ancho de banda B_R y el canal cumple con las hipótesis habituales.

- (a) Calcule y esboce la densidad espectral de potencia de la señal PAM. Además, calcule la potencia de la señal PAM en función de A .
- (b) Indique el valor de la frecuencia de corte B_R del filtro de recepción $H_R(f)$ justificando su elección.

Se considera que el canal introduce ruido blanco gaussiano de potencia η W/Hz y el transmisor tiene un amplificador que compensa la atenuación del canal.

- (c) Esboce la densidad espectral de potencia del ruido antes y después del filtro pasabajos del receptor.
- (d) Calcule la probabilidad de error de bit de este sistema en función de la SNR_R y discuta el resultado comparando con el caso en que se usa codificación del línea polar NRZ.