

Sistemas de Comunicaciones Digitales

Guía Práctica N° 2: Demodulación/Detección Banda Base

Problemas

1) Determine si $s_1(t)$ y $s_2(t)$ son ortogonales sobre el intervalo $(-1.5 T_2 < t < 1.5 T_2)$, donde $s_1(t) = \cos(2\pi f_1 t + \varphi_1)$, $s_2(t) = \cos(2\pi f_2 t + \varphi_2)$, y $f_2 = 1/T_2$ para los siguientes casos.

- (a) $f_1 = f_2$ y $\varphi_1 = \varphi_2$
- (b) $f_1 = 1/3 f_2$ y $\varphi_1 = \varphi_2$
- (b) $f_1 = 2 f_2$ y $\varphi_1 = \varphi_2$
- (c) $f_1 = \pi f_2$ y $\varphi_1 = \varphi_2$
- (d) $f_1 = f_2$ y $\varphi_1 = \varphi_2 + \pi/2$
- (e) $f_1 = f_2$ y $\varphi_1 = \varphi_2 + \pi$

2) a) Demuéstrese que las tres funciones ilustradas en la figura P2 son ortogonales, tomadas de a pares en el intervalo $(-2, 2)$.

B) Determinése el valor de la constante, A, que hace que el grupo de funciones en la parte (a) sea ortonormal.

c) Expresese la forma de onda siguiente, $x(t)$, en términos del grupo ortonormal de la parte (b).

$$x(t) = \begin{cases} 1 & \text{para } 0 \leq t \leq 2 \\ 0 & \text{en otra parte} \end{cases}$$

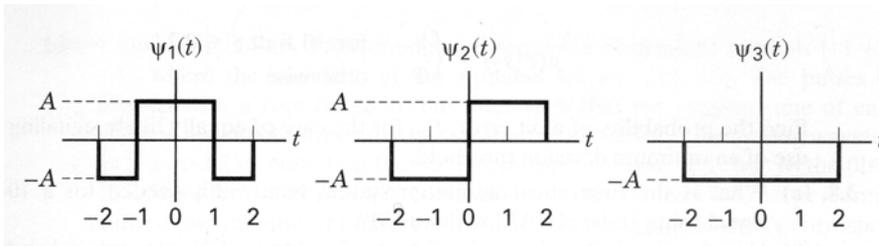


Figura P2

3) Considérense las funciones

$$\psi_1(t) = e^{-|t|} \quad \text{y} \quad \psi_2(t) = 1 - A e^{-2|t|}$$

Determinése la constante, A, tal que $\psi_1(t)$ y $\psi_2(t)$ sean ortogonales sobre el intervalo $(-\infty, \infty)$.

4) Supóngase que en un sistema de comunicación digital binario la componente de señal a la salida del receptor de correlación es $a_i(t) = +1$ o -1 V con igual probabilidad. Si el ruido es gaussiano y la salida del correlador tiene una varianza unitaria, encuéntrase la probabilidad de error de bit.

5) Una señal binaria bipolar, $s_i(t)$, es un $+1$ o -1 V durante intervalo del pulso $(0, T)$. A la señal, se le suma ruido blanco gaussiano teniéndose una densidad espectral de potencia doble lado de 10^{-3} W/Hz. Si la señal recibida se detecta por medio de un filtro adaptado, determinése la máxima tasa de bit que puede enviarse con una probabilidad de error $P_B \leq 10^{-3}$.



6) Las señales de pulso bipolares, $s_i(t)$ ($i=1,2$), de amplitud ± 1 volts se reciben con la presencia de ruido gaussiano con $\sigma^2 = 0.1 \text{ V}^2$. Determinese el umbral óptimo de detección γ_0 , (mínima probabilidad de error) para detección por filtro adaptado si las probabilidades a priori son (a) $P(s_1)=0,5$; $P(s_1)= 0,7$; (c) $P(s_1)=0,2$. (d) Explíquese el efecto de las probabilidades a priori sobre el valor de γ_0 .

7) Un sistema de comunicación binario transmite señales $s_i(t)$ ($i=1,2$). La prueba estadística del receptor, $z(T) = a_i + n_0$, donde la componente de señal, a_i , puede ser $a_1=1$, $a_2=-1$, y la componente de ruido, n_0 , está uniformemente distribuida, tanto las funciones de densidad como de probabilidad condicional $p(z/s_i)$ están dadas por:

$$p(z/s_1) = \begin{cases} 1/2 & \text{para } -0.2 \leq z \leq 1.8 \\ 0 & \text{en otra parte} \end{cases}$$

$$p(z/s_2) = \begin{cases} 1/2 & \text{para } -1.8 \leq z \leq 0.2 \\ 0 & \text{en otra parte} \end{cases}$$

Encuéntrese la probabilidad de error de bit, P_B , para el caso de señales y igualmente probables y usando el umbral óptimo de decisión.

8) a). ¿Cuál es el mínimo ancho de banda teórico de un sistema necesario para codificar una señal de 10Mb/segundo usando un sistema PCM de 16 niveles sin ISI?

b). ¿Qué valor debe tener el factor de roll-off del filtro que permita utilizar un ancho de banda de 1.375 MHz?

9) Una señal de voz (300 a 3300 Hz) se digitaliza tal que la distorsión por cuantificación sea menor o igual $\pm 0.1\%$ de la tensión de señal pico a pico. Suponer una tasa de muestreo de 8000 muestras/s y un formato PCM multinivel con $M = 32$ niveles. Encuéntrese el ancho de banda mínimo teórico de sistema que evite la ISI.

10) Una forma de onda binaria de 9600 bits/s se convierte a una forma de onda octal que se transmite sobre un sistema con características de roll-off de coseno realzado.

(a) ¿Cuál es la tasa de símbolos?

(b) ¿Cuál es la característica de roll-off del filtro?

11) Una señal de voz en el rango de 300 a 3300 Hz es muestreada a 8000 muestras/s. Estas muestras pueden transmitirse directamente como PAM, o primeramente, convertidas en palabras código usando PCM.

(a). ¿Cuál es el mínimo ancho de banda requerido por el sistema para la detección de PAM sin ISI y con una característica del filtro de roll-off de $r=1$?

(b). Usando un filtro con la misma característica de rol-off, ¿Cuál es el ancho de banda mínimo requerido para la detección de la señal binaria PAM si las muestras están cuantificados en ocho niveles?

(c). Repetir la parte (b) usando 128 niveles de cuantificación.

12) Una señal analógica se convierte a una señal PCM binaria y se transmite sobre un canal que esta limitado en banda a 100 kHz. Suponer la utilización de 32 niveles de cuantificación y que la función de transferencia total que es del tipo de coseno realzado con un factor de roll-off $r=0,6$.



- (a). Encuéntrese la máxima tasa de bit PCM que puede utilizarse en este sistema sin introducir ISI.
(b) Encuéntrese el máximo ancho de banda que puede ser utilizado por la señal analógica.
(c). Repetir las partes (a) y (b) para formas de onda PAM 8-arias.

13) Supónganse que pulsos igualmente probables binarios RZ se detectados coherentemente sobre un canal gaussiano con $N_0 = 10^{-8}$ Watt/Hz. Supóngase una sincronización perfecta y que los pulsos recibidos tienen una amplitud de 100 mV. Si la especificación de la probabilidad de error de bit $P_B = 10^{-3}$, encuéntrese la tasa de datos más alta que se puede transmitir usando este sistema.

14) Considérense que pulsos binarios NRZ se transmiten a lo largo de un cable que atenúa la potencia de la señal en 3 dB (del transmisor al receptor). Los pulsos son coherentemente detectados en el receptor y la tasa de datos es 56 kbit/s. Supóngase que el ruido es gaussiano con $N_0=10^{-6}$ Watt/Hz. ¿Cuál es la cantidad mínima de potencia necesaria en el transmisor para mantener una probabilidad de error de bit $P_B = 10^{-3}$?

15) Demuéstrese que el ancho de banda mínimo de Nyquist para una secuencia binaria aleatoria enviada con pulsos bipolares idealmente formados es igual al ancho de banda equivalente del ruido. Pista: la densidad espectral de potencia para una secuencia bipolar al azar se da en la ecuación (1,38) y el ancho de banda equivalente de ruido es definido en la sección 1,7,2 del libro B. Sklar, Digital Communications 2nd edition.

16. Considérese la secuencia modulada PAM 4-aria de símbolos del mensaje $\{+1 +1 -1 +3 +1 +3\}$, donde los miembros del alfabeto del sistema son: $\{\pm 1, \pm 3\}$. Los pulsos se han formado con un filtro raíz-de coseno realzado tal que el tiempo de soporte de cada pulso filtrado es de 6 tiempos de símbolo y la secuencia transmitida es la forma de onda análoga mostrada en la figura P.16. Obsérvese que aparece la forma de onda distorsionada debido a la ISI inducida por el filtro. Demuéstrese cómo puede implementarse un banco de N correladores para llevar a cabo la demodulación de filtro adaptado de la secuencia recibida del pulsos, $r(t)$, donde N corresponde al número de símbolos en el tiempo de soporte del símbolo. [Pista: Para el banco de correladores, utilice señales de referencia de la forma $s_1(t - kT)$, donde $k = 0, \dots, 5$ y T es el tiempo del símbolo.]

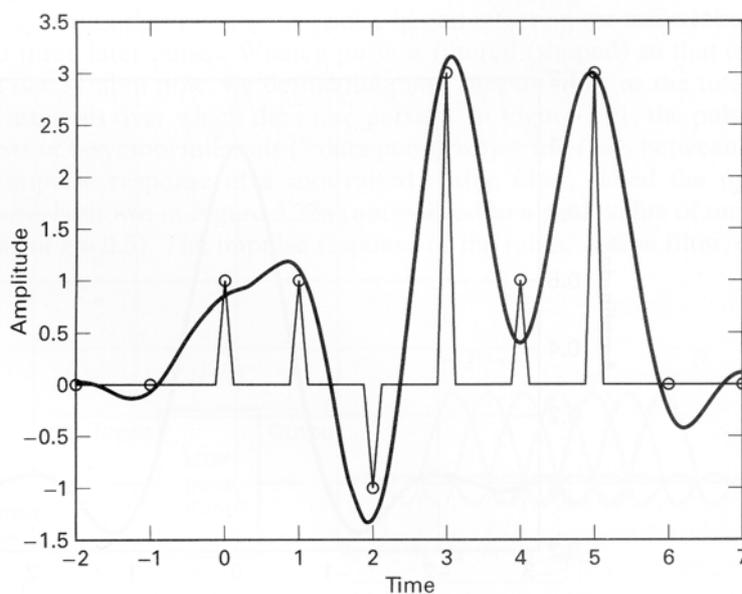


Figura P16



17. Una respuesta impulso deseada de un sistema de comunicación, es la ideal $h(t) = \delta(t)$, donde $\delta(t)$ es la función impulso de Dirac. Asuma que el canal introduce ISI de modo que la respuesta total impulso se convierte en $h(t) = \delta(t) + \alpha \delta(t - T)$, donde $\alpha < 1$ y T es el tiempo del símbolo. Derívese una expresión para la respuesta impulso de un filtro forzador de ceros que ecualice los efectos de la ISI. Demuéstrese que este filtro suprime la ISI. Si la supresión que resulta se juzga inadecuada, ¿Cómo se puede modificar el diseño del filtro para aumentar la supresión de ISI?

18. El resultado de una sola transmisión de pulso (impulso) es una secuencia recibida de muestras (respuesta impulso), con los valores $0.1, 0.3, -0.2, 1.0, 0.4, -0.1, 0.1$, donde la más temprana de las muestras está a la izquierda. El valor 1.0 corresponde al lóbulo principal del pulso, y las otras entradas corresponden a las muestras adyacentes. Diseñese un ecualizador transversal 3-etapas que fuerce la ISI a cero en un punto de muestreo a cada lado del lóbulo principal. Calcúlense los valores de los pulsos igualados de la salida en los tiempos $k = 0, \pm 1, \dots, \pm 3$. Después de la ecualización, ¿cuál es la muestra más de mayor magnitud que contribuye a la ISI, y cuál es la suma de todas las magnitudes de ISI?

19. Repítase el problema 18 para el caso de una respuesta impulso del canal descrita por la siguientes muestras recibidas: $0.01, 0.02, -0.03, 0.1, 1.0, 0.2, -0.1, 0.05, 0.02$. Utilice una computadora para encontrar los pesos del ecualizador transversal de nueve etapas para cumplir el criterio de mínimo MSE. Calcúlense los valores de los pulsos ecualizados a la salida en los tiempos $k = 0, \pm 1, \dots, \pm 8$. Después de la ecualización, ¿cuál es la muestra de mayor magnitud que contribuye a la ISI, y cuál es la suma de todas las magnitudes de ISI?