

# Tratamiento y Transmisión de Señales

## Ingenieros Electrónicos

### EXAMEN EXTRAORDINARIO ENERO 2006

### SEGUNDA PARTE: PROBLEMAS

Tiempo disponible: 2 horas y media.

**PROBLEMA 1. (1.5 puntos)** Se realiza un estudio de un sistema de transmisión usando FM que utiliza un canal ruidoso sin distorsión. El ruido es aditivo, blanco y Gaussiano con media cero y densidad de espectral de potencia  $N_0/2$ . La sensibilidad en frecuencia del modulador es  $k_f = 240\text{KHz/V}$ . El receptor está formado por un limitador seguido de un discriminador en frecuencia y un filtro de post-detección. El discriminador tiene una sensibilidad de  $k_d = 10^{-6}\text{V/Hz}$ . La frecuencia de la portadora es  $f_c = 25\text{MHz}$ .

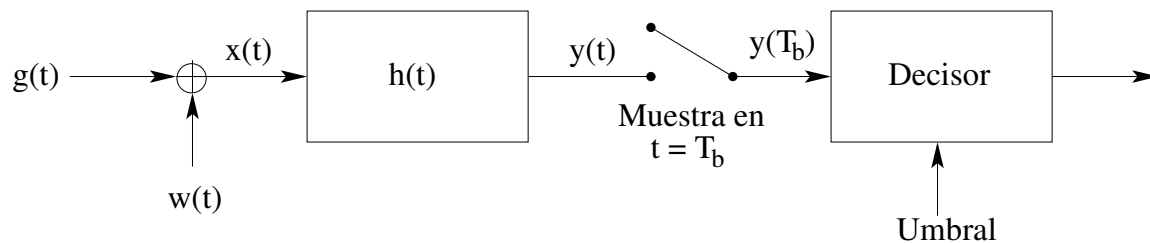
- Si se envía una señal  $m_1(t) = \text{sinc}(320 \cdot 10^3 t)$ , ¿cuál es la máxima frecuencia instantánea de la señal modulada en FM? ¿Cuál es el ancho de banda de la señal modulada en FM?. Considerar que el ancho de banda se define como el valor medio de los valores dados por la regla de Carson y del 1%.
- La señal que llega al receptor FM debe cumplir una condición para poder combatir el denominado efecto umbral. Si denotamos con  $A_c$  a la amplitud de la componente de señal a la entrada del receptor FM, determinar la condición que debe cumplir dicha amplitud  $A_c$  para evitar el umbral cuando la señal moduladora es la señal  $m_1(t)$  definida en el apartado (a).

Se decide combinar este sistema de transmisión con un sistema de multiplexado en frecuencia FDM. Así, la señal  $m_2(t)$  de entrada al modulador de FM es una señal FDM formada por 40 canales telefónicos, en la que cada canal tiene un ancho de banda de 4KHz. Además en la señal FDM, todos los canales tienen igual potencia. El primer canal se encuentra en banda base, y los restantes se ordenan consecutivamente mediante modulación SSB usando banda lateral superior con subportadoras 4, 8, ..., 156KHz, respectivamente. Vamos a suponer que la potencia de la señal FDM a la entrada del modulador de FM es  $P = 1\text{W}$ .

- Suponiendo que se logra una SNR a la entrada del receptor de FM de 30dB, comprobar la condición del apartado (b) para la nueva situación. ¿Está funcionando el sistema por encima del umbral?
- A la salida del demodulador de FM, ¿en qué canal FDM es menor la potencia de ruido? ¿Cuánto vale dicha potencia de ruido? Seguir suponiendo que la SNR a la entrada es de 30dB.

- (e) Se desea que todos los canales FDM a la salida del demodulador de FM tengan una SNR de al menos 40dB para una SNR a la entrada del demodulador FM de 30dB. Para comprobar si esto es cierto determinar en primer lugar cuál es el canal FDM con más potencia de ruido y calcular dicha potencia (caso peor). En segundo lugar determinar la potencia de la señal FDM completa a la salida del demodulador FM a partir de la SNR a la salida y el ruido total a la salida. Finalmente, determinar la SNR para el canal FDM correspondiente al caso peor extrayendo las conclusiones correspondientes.

**PROBLEMA 2. (1.5 puntos)** Considere un sistema de comunicación digital binario en banda base con símbolos equiprobables, señalización NRZ polar y pulsos rectangulares de amplitud  $A=10\text{mV}$ . Vamos a suponer el siguiente modelo para el receptor



donde  $w(t)$  es un ruido blanco, Gaussiano, con media cero y con densidad espectral de potencia  $S_w(f) = N_0/2$ , con  $N_0=5 \cdot 10^{-12} \text{W/Hz}$ .  $T_b$  es la duración de bit dada en segundos. El filtro  $h(t)$  del receptor viene dado por

$$h(t) = \Pi\left(\frac{t - T_b/2}{T_b}\right).$$

Supongamos que se desea lograr una probabilidad de error media de  $10^{-5}$ .

- Determinar la tasa binaria  $R_b$  máxima de transmisión a la que el sistema puede funcionar.
- Determinar el ancho equivalente de ruido del filtro  $h(t)$  cuando el sistema está funcionando a la máxima tasa de transmisión.

**NOTA.** La función  $\text{erfc}(u)$  para valores del argumento  $u \geq 1.5$  se puede aproximar mediante la expresión

$$\text{erfc}(u) = \frac{\exp(-u^2)}{u\sqrt{\pi}}$$