



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria  
de Telecomunicació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Dept. Teoria del Senyal i Comunicacions

ComII. 28-10-2009

Grup 30

M. Cabrera

Durada: 1:45'

- **Inicie todas las hojas que utilice escribiendo su nombre y apellidos.**
- *Deben enumerarse las páginas del examen.*
- *Disponga de un documento identificativo a la vista.*
- *No se permite el uso de calculadora*
- **DESCONECTE EL TELÉFONO MÓVIL.** *No se permite su uso durante la prueba ni en su funcionalidad de reloj.*
- **Es obligatorio entregar esta hoja de enunciado para la corrección de los ejercicios.**

NOMBRE: [Redacted Name]

Grupo de Matrícula: 30

### Ejercicio 1 (30%)

En un sistema de comunicaciones binario los dos vectores en el espacio de señal son equiprobables y se expresan según:

$$\mathbf{s}_1 = -\mathbf{s}_2 = \begin{pmatrix} +\frac{d}{2\sqrt{2}} \\ -\frac{d}{2\sqrt{2}} \end{pmatrix};$$

Los vectores están referidos a la siguiente base generadora:

$$\varphi_1(t) = \frac{1}{\sqrt{T/2}} \Pi\left(\frac{t-T/4}{T/2}\right); \quad \varphi_2(t) = \frac{1}{\sqrt{T/2}} \Pi\left(\frac{t-3T/4}{T/2}\right)$$

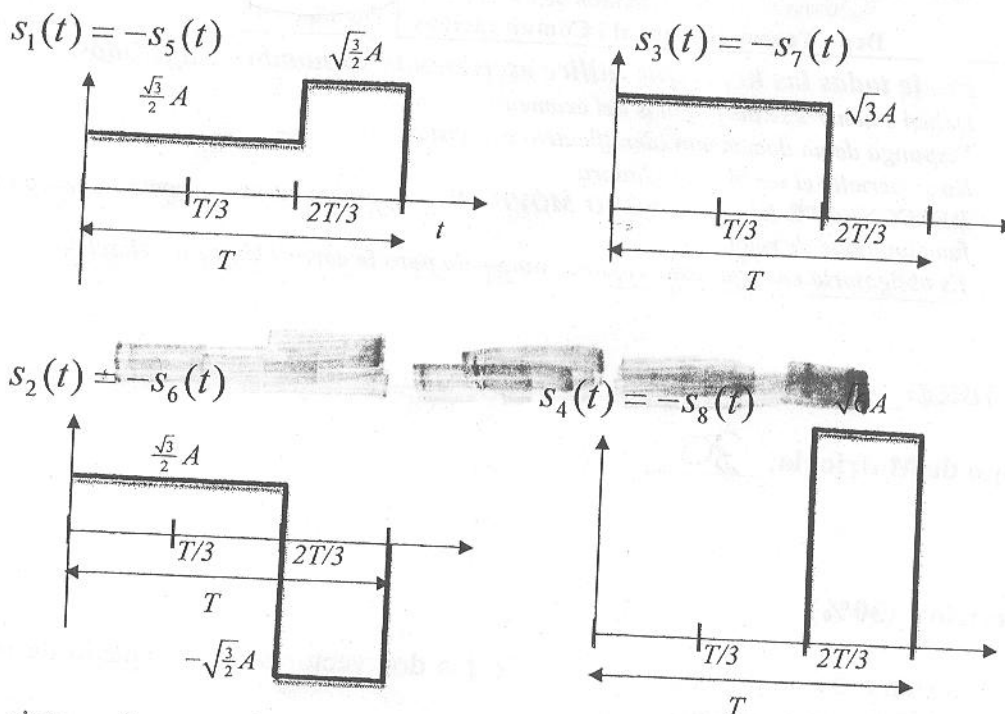
A la salida del proyector de señal y tras el muestreo el vector de señal se distribuye según:

$$\mathbf{y}[n] | \mathbf{s}_i : N(\mathbf{s}_i, \sigma^2 \mathbf{I}); \quad \sigma^2 = \frac{N_0}{2}$$

Se pide:

- Dibuje las formas de onda temporales asociadas a los dos símbolos de señal, dibuje el espacio de señal y dibuje la frontera de decisión (*en este apartado no es necesario que deduzca la frontera que separa las dos regiones de decisión analíticamente*).
- Proponga una matriz de rotación para realizar un cambio de base que facilite el cálculo analítico de la probabilidad de error.
- Obtenga la función de densidad de probabilidad del nuevo vector de ruido sobre dicha base:  $f_{\mathbf{n}'}(\mathbf{n}')$ .
- Halle la nueva base generadora y los vectores de señal sobre dicha base.

## Ejercicio 2 (70%)



En un sistema de comunicaciones se utilizan las 8 señales mostradas en la figura para transmitir una secuencia de bits estadísticamente independientes y equiprobables a la velocidad de símbolo  $r = \frac{1}{T}$ .

Se pide:

- Obtenga una base ortonormal generadora del espacio de señal, obtenga los vectores de señal sobre dicha base y dibuje el espacio de señal transmitida. Identifique la distancia mínima entre dos símbolos  $d$  en función de los parámetros físicos de la modulación  $A, T$ .
- Calcule la energía media transmitida por bit en función de la distancia  $d$ .

La señal modulada se transmite por un canal ideal y AWGN de ruido  $w(t)$  blanco gaussiano de media nula y densidad espectral  $S_w(f) = \frac{N_0}{2}$ . En el receptor se proyecta en el espacio de señal eligiendo como filtros adaptados:  $\phi_l(T-t); l=1, \dots, L$ . Se realiza el muestreo a la salida del proyector de señal.

Se pide:

- Divida el espacio de señal recibida en las 8 regiones de decisión aplicando el criterio MAP. En este apartado calcule analíticamente la frontera de decisión entre las regiones correspondientes a los símbolos  $s_1$  y  $s_3$  y deduzca el resto de fronteras geoméricamente.
- Calcule la cota de la unión para la probabilidad de error de símbolo en función del cociente  $\frac{E_b}{N_0}$ . Comente si es posible dar una cota superior de la probabilidad de error, inferior a la cota de la unión obtenida en este apartado y en caso afirmativo calcule dicha cota.