

# Tratamiento y Transmisión de Señales

## Ingenieros Electrónicos

### EXAMEN CONVOCATORIA SEPTIEMBRE 2006

#### TERCERA PARTE: PRÁCTICAS

1 hora y media y 3 puntos.

#### Instrucciones

Se deben realizar las modificaciones indicadas en la sección **Enunciado** partiendo de las prácticas realizadas durante la asignatura. El resultado del examen se debe entregar en formato electrónico utilizando Microsoft WORD respondiendo claramente a lo que se pide en el apartado **Resultados**. Cuando se pidan explicaciones de algún tipo sobre los resultados obtenidos, éstas se deben dar por escrito en el documento WORD haciendo referencia a la pregunta a la que se responde. Si se piden gráficas se deben copiar en el portapapeles desde Matlab y pegarlas en el documento WORD. Una vez terminado el documento (con las respuestas a las preguntas e incluyendo, en su caso, las gráficas correspondientes) se debe copiar a un disquete comprobando acto seguido que la copia del disquete se puede leer sin problemas. Se debe poner el nombre del alumno en el disquete. Finalmente, el disquete se debe entregar al profesor. Incluir el código Matlab utilizado para la realización del examen.

#### Enunciado

Realizar un script siguiendo los pasos que se indican a continuación con el objetivo de hacer una análisis de la calidad de un sistema SSB:

- Considerar el intervalo temporal  $(-2.4, 2.4)$  segundos y frecuencia de muestreo  $f_s=215$  Hz para generar todas las señales que se piden a continuación.
- Generar la señal moduladora  $m$ . Es un pulso triangular simétrico, centrado en el origen y de duración  $T=2$  segundos. Se puede emplear el comando `tripuls`.
- Calcular la transformada de Hilbert  $mh$  de la señal moduladora  $m$  calculada en el apartado anterior.
- Generar una portadora  $c1$  de amplitud  $A_c=2.78$  y frecuencia  $f_c=51.5$  Hz.
- Generar otra portadora  $c2$  de la misma amplitud y frecuencia que  $c1$ , pero en cuadratura con ésta.
- Generar los coeficientes  $h1$  de un filtro paso bajo de orden 256 y ancho de banda  $W=12$  Hz. Se puede usar el comando `fir1` cuyo primer parámetro es el orden y cuyo segundo parámetro es la frecuencia de corte del filtro normalizada con respecto a la mitad de la frecuencia de muestreo.
- Para hacer que la señal moduladora  $m$  tenga ancho de banda limitado, se decide filtrarla para obtener la nueva señal moduladora  $mf$  usando el filtro  $h1$  (para restringirla al ancho de banda  $W$ ). Determinar entonces la nueva señal moduladora  $mf$ . Se puede usar el comando `filtfilt` cuyo primer parámetro son los coeficientes del filtro, cuyo segundo parámetro es 1 (en nuestro caso) y cuyo tercer parámetro es la señal a filtrar. La función `filtfilt` devuelve la señal filtrada.
- Determinar también la nueva versión filtrada  $mhf$  de la señal moduladora en cuadratura  $mh$  siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado anterior.
- Calcular la potencia  $pot$  de la señal  $mf$ . Esta potencia se deberá usar cuando sea necesario en las fórmulas teóricas de relación señal a ruido (ver más abajo).
- Determinar la señal modulada SSB  $s$  (banda lateral superior) usando la moduladora filtrada  $mf$  y su versión filtrada en cuadratura  $mhf$  haciendo uso de las portadoras  $c1$  y  $c2$ .

- Generar los coeficientes  $h_2$  de un segundo filtro, en este caso paso banda, de orden 256, de ancho de banda  $B_T$  y frecuencia central  $f_{c2}$ . Los parámetros  $B_T$  y  $f_{c2}$  se deben calcular de forma que dicho filtro corresponda al filtro IF equivalente para la señal SSB  $s$  con banda lateral superior definida en el apartado anterior. Se puede usar también el comando `fir1` pero en este caso el segundo parámetro debe ser un vector con dos componentes correspondientes a las dos frecuencias de corte igualmente normalizadas con respecto a la mitad de la frecuencia de muestreo.
- Generar un vector de densidades espectrales de ruido  $N_0$  con  $M=20$  componentes espaciadas logarítmicamente entre  $0.25 \cdot 10^{-7}$  y  $0.89 \cdot 10^{-4}$  usando el comando `logspace`. Cada elemento de este vector representará la densidad espectral del ruido del canal que se considera blanco, Gaussiano, estacionario y con media cero.
- Para cada  $k=1:M$  hacer lo siguiente:
  - Seleccionar la densidad espectral  $N_0(k)$  apropiada para el ruido del canal y determinar su varianza  $\sigma^2$  (usar el teorema de Nyquist).
  - Generar el vector de ruido del canal  $w$  sabiendo que es blanco, Gaussiano, de media cero y de varianza  $\sigma^2$  usando el comando `randn`. Dicho vector  $w$  debe ser del mismo tamaño que la señal modulada  $s$ .
  - Determinar el ruido  $n$  a la salida del filtro de IF equivalente dado por los coeficientes  $h_2$  ya calculados.
  - Determinar la relación señal a ruido experimental a la entrada del detector  $SNRI(k)$  en dB a partir de la señal modulada  $s$  y la versión filtrada del ruido  $n$ .
  - Determinar ahora la relación señal a ruido teórica a la entrada del detector  $SNRI_T(k)$  en dB usando la fórmula teórica para este caso.
  - Se va a emplear un detector coherente para demodular la señal. Determinar la componente de señal  $x$  y la componente de ruido  $x_n$  a la salida del modulador producto (primera parte del detector coherente) a partir de la señal modulada  $s$  y el ruido filtrado  $n$ , respectivamente.
  - Filtrar las dos componentes calculadas antes  $x$  y  $x_n$  usando el filtro paso bajo dado por  $h_1$  (segunda parte del detector coherente) para determinar la componente de señal  $y$  y de ruido  $y_n$  a la salida del receptor.
  - Determinar la relación señal a ruido experimental a la salida del receptor  $SNRO(k)$  en dB a partir de las componentes de señal  $y$  y ruido  $y_n$  a la salida.
  - Determinar ahora la relación señal a ruido teórica a la salida del receptor  $SNRO_T(k)$  en dB usando la fórmula teórica para este caso.
- Al final del bucle se debe disponer de cuatro vectores  $SNRI$ ,  $SNRI_T$ ,  $SNRO$  y  $SNRO_T$  con  $M=20$  componentes.

## Resultados

- Incluir el código utilizado comentando brevemente las partes más significativas del mismo.
- Incluir una gráfica en la que se compare la señal moduladora original  $m$  con la versión ruidosa de la salida  $y+y_n$  para el caso de mayor nivel de ruido en el canal y también para el caso de menor nivel de ruido en el canal. Escalar adecuadamente la señal ruidosa a la salida  $y+y_n$  para que en ausencia de ruido tenga el mismo valor máximo que la señal moduladora original  $m$ .
- Incluir la gráfica que represente  $SNRI$  (con un color) y  $SNRI_T$  (con otro color) ambos frente al nivel de ruido  $N_0$ , todo ello en dBs.
- Incluir la gráfica que represente  $SNRO$  (con un color) y  $SNRO_T$  (con otro color) ambos frente al nivel de ruido  $N_0$ , todo ello en dBs.
- Incluir la gráfica que represente  $SNRO$  (con un color) y  $SNRO_T$  (con otro color) ambos frente a  $SNRI_T$ , todo ello en dBs.
- Comentar brevemente las gráficas anteriores.
- Repetir todos los apartados anteriores para el caso SSB con banda lateral inferior.