

# PERIFÉRICOS E INTERFACES

## Práctica: Codificación PCM

### 1.- Introducción

El sistema de codificación de vídeo y audio más sencillo que se puede utilizar es el PCM (Pulse Code Modulation). El codificador PCM se puede considerar formado por un muestreador, un cuantificador uniforme y un codificador de longitud fija. Este sistema se utiliza, por ejemplo, en los ficheros WAV.

El objetivo de esta práctica es implementar el sistema PCM y probarlo para distintos tipos de señales: senoidales, sintetizadas con FM, ficheros de audio, etc.

### 2.- Generación de señales.

Consideraremos tres tipos de señales muestreadas a una frecuencia  $f_s$ .

#### 1) Señales senoidales:

Por ejemplo, el siguiente código genera una señal de duración  $dur$  y frecuencia  $f$  muestreada a una frecuencia  $f_s$

```
dur=10; n=0: (1/fs):dur; yd=cos(2*pi*f*n);
```

#### 2) Señales FM:

Por ejemplo, el siguiente código genera una señal FM de duración  $dur$  muestreada a una frecuencia  $f_s$

```
fc=440; fm=440;  
Ac=6; Im=1.5;  
dur=1; %1 segundo de duracion  
t=0:1/fs:dur;  
xd=Ac.*cos(2*pi*t*fc + Im.*cos(2*pi*fm*t));
```

#### 3) Señal de audio:

Se puede leer directamente de un fichero .wav con el comando wavread.

```
[s,fs,n]=wavread('fichero.wav');
```

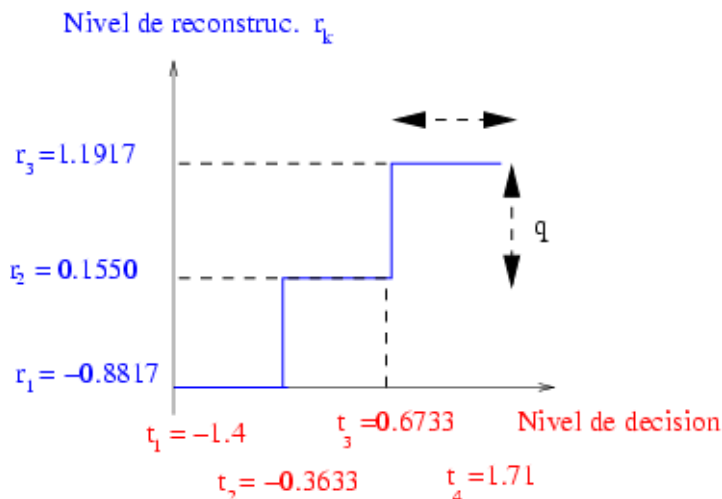
### 3.- Cuantificador uniforme

Un cuantificador uniforme de  $L$  niveles se caracteriza por tener pasos de igual tamaño de forma que el rango de valores de la señal de entrada se divide en  $L$  intervalos de tamaño  $q$ . Por ejemplo, suponga que las muestras de la señal de entrada son:  $S=[-1.4$

-1.2 -1.15 -0.1 0.21 0.36 0.97 1.04 1.56 1.71 ] y utilizamos un cuantificador de  $L=3$  niveles. El paso de cuantificador puede calcularse a partir de estas muestras como:

$$q = (\max(S) - \min(S)) / L = (1.71 - (-1.4)) / 3 = 1.0367$$

De esta forma, dividimos el rango de la señal de entrada en tres intervalos como muestra el eje x de la siguiente figura. Observe que el valor  $t_1$  corresponde al valor mínimo de  $S$  y  $t_4$  al máximo.



Por otro lado, los valores que se asignan a cada intervalo (niveles de reconstrucción) se calculan a partir de los niveles de decisión aplicando la regla:  $r_k = t_k + q/2$  (eje y de la figura anterior). Si cuantificamos la señal  $S$  con este cuantificador obtendremos:

$$Q(S) = [-0.8817 \ -0.8817 \ -0.8817 \ 0.155 \ 0.155 \ 0.155 \dots]$$

Para medir el rendimiento de nuestro cuantificador utilizaremos el MSE (Mean Square Error) que se define como el error cuadrático medio entre la señal de entrada y la de salida:  $MSE(S, Q(S)) = E[(S - Q(S))^2]$ . De esta forma, en el ejemplo anterior resulta un MSE de 1.0286.

Observe que este cuantificador lo hemos diseñado a partir de los valores máximo y mínimo de la señal de entrada. Si esta información no está disponible, deberíamos elegir unos valores arbitrarios (por ejemplo, -2 y 2) y dividir el rango de valores en  $L$  intervalos iguales.

#### 4.- Codificador de longitud fija

El siguiente paso en PCM es un codificador de longitud fija que asigna palabras de longitud  $n = \log(L)$  a cada nivel del cuantificador. En el ejemplo anterior podríamos hacer corresponder las palabras 00, 01 y 10 con cada intervalo. Así la señal resultante sería  $C(S) = [000000010101 \dots]$ .

## **5.- Pruebas a realizar.**

Una vez implementado los pasos descritos anteriormente, deberán hacerse pruebas para el mayor número de casos posibles (distintas señales, distintas frecuencias de muestreo, etc.). Para ello, idee una batería de pruebas que cubran los casos que considera más interesantes. Tenga en cuenta que el rendimiento de un sistema PCM puede medirse como el MSE entre la señal original y la señal a la salida del cuantificador.

También puede medir el tamaño final a la salida del codificador y compararlo con el valor teórico calculado a partir de la frecuencia de muestreo y del número de bits de codificador. Puede medir también el tiempo empleado, etc..