

## Representación digital del sonido

### Muestreo: discretización y cuantización

El principio de la grabación digital de sonido es parecido al de las películas: se guardan un cierto número de muestras de la amplitud instantánea del sonido, para reproducirlas después a la misma velocidad con la que se han capturado (frecuencia de muestreo). Se percibe como una onda continua.

Pasos del proceso de muestreo:

- Micrófono (transductor). Transforma los cambios de presión del aire (energía mecánica) en voltaje.
- La señal eléctrica pasa por un filtro LP. (Para evitar *aliasing*.)
- *Sample and hold*. Se mide el voltaje, en instantes de tiempo equiespaciados. Entre un instante y otro se mantiene constante.
- El conversor analógico-digital (ADC) asocia a cada valor del voltaje en un valor numérico, de amplitud (cuantización).
- Los números resultantes se almacenan en la memoria.

Reproducción: es el proceso inverso.

- Se leen los números de la memoria y se envían al conversor digital-analógico (DAC), a la misma velocidad a la que han sido grabados.
- El conversor DAC cada número en un voltaje.
- La señal eléctrica pasa por un LP. (Para evitar la energía en las frecuencias agudas debida a la discretización.)
- A continuación es amplificada, antes de ser enviada al altavoz.

### Limitaciones del audio digital

#### Discretización: capacidad de representación

El ordenador sólo puede representar con exactitud frecuencias hasta a lo sumo la mitad de la frecuencia de muestreo. (Teorema de Nyquist)

Es decir, necesitamos tener al menos tantas muestras por segundo como el doble de la frecuencia más alta que queramos representar.

El número de muestras por segundo se llama frecuencia de muestreo. La mitad de la frecuencia de muestreo se llama frecuencia de Nyquist.

Cualquier frecuencia por encima de la frecuencia de Nyquist se pliega por debajo de la frecuencia de Nyquist. Este efecto se conoce como *aliasing*.

El problema principal con el *aliasing* es que puede añadir frecuencias al sonido digitalizado que no estaban presentes en el sonido original.

#### Cuantización: precisión de las muestras

Cuantización: asignar un valor numérico a cada muestra. Representa el valor instantáneo de la amplitud de la señal, en el momento en que se ha tomado la muestra.

Rango de valores:

- debe ser suficientemente amplio, y
- depende del número de bits.

1 bit : 0, 1

2 bits: 00, 01, 10, 11

3 bits: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111

Error de cuantización:  $1/2^n$  veces el rango total de la amplitud.

Efecto del error de cuantización: ruido blanco, no presente en la señal original (ruido de cuantización).

*signal-to-quantization noise-ratio* (SQNR): razón entre la amplitud máxima de la señal y el nivel medio del ruido de cuantización. A 16 bits, el SQNR es de 96 dB. También llamado rango dinámico.

### Memoria

Memoria necesaria para el almacenaje de audio digital: 44100 muestras por segundo, 16 bits por muestra (es decir, 2 bytes), 2 canales (estéreo), 60 segundos por minuto

$$44100 \times 2 \times 2 \times 60 = 10584000$$

10584000 bytes por minuto de grabación, es decir, más de 10Mb.

### Clipping

Si la amplitud de la señal eléctrica excede la amplitud máxima que se puede expresar numéricamente, entonces la señal digital es una versión recortada del sonido real.

## Ventajas del audio digital

### Síntesis digital de audio

Cualquier forma de generar una lista de números que fluctúen con una frecuencia audible nos permite generar una señal sonora de manera computacional.

### Manipulación digital de señales

Un sonido en formato digital no es más que una secuencia de números.

Operaciones aritméticas sobre estos números se traducen en un procesamiento de la señal sonora.

- Multiplicar las muestras equivale a cambiar la amplitud.
- Sumar las muestras correspondientes a dos señales equivale a mezclar estas señales.
- Un eco se obtiene sumando a cada muestra las muestras anteriores.