

# Música por computadora

Ernesto Romero y Hernani Villaseñor  
Centro Multimedia 201

## Sesión 11

### Conceptos de Audio Digital

El proceso de conversión análogo-digital es aquel en el cual una señal eléctrica es convertida en números binarios digitales (bits) para ser procesada por un aparato digital.

### Conversión ADC - DCA

Para convertir la señal analógica en digital se utiliza un convertidor llamado ADC, *Analog to Digital Converter*. Este convertidor trabaja de manera muy precisa tomando muestras del sonido cada segundo, por lo que utiliza un reloj que comanda cuantas veces por segundo trabaja el ADC.

Asimismo, existe el proceso inverso, es decir, la conversión de datos digitales en analógicos o reconstrucción de una onda que está representada en bits (0 y 1) en una señal eléctrica continua. El componente que revierte el proceso es un convertidor DAC, *Digital to Analog Converter*.

### Teorema Nyquist

Nos dice que para poder tener una captura adecuada del rango de frecuencia de una señal, la frecuencia de muestra debe ser al menos el doble de la frecuencia más aguda que queremos digitalizar.

frecuencia mínima de muestra = 2 x frecuencia más alta a digitalizar

La frecuencia de muestra (*sampling frequency*) se expresa mediante la siguiente fórmula:

$f_s/2$

Entonces si la frecuencia más aguda que escuchamos es 20,000 Hz, la frecuencia de muestra debe ser al menos de: 20,000 x 2, o sea, 40,000 Hz. Esto quiere decir que el reloj digital ADC debe realizar 40,000 muestras en un segundo, así nos aseguramos que al menos el pico positivo y el pico negativo de una onda son digitalizados.

## **Frecuencia de Muestra (*Sample Frequency*)**

Es el número de muestras tomadas en 1 segundo a una señal análoga de sonido. Se mide en Hz y determina la velocidad con la que trabaja el convertidor análogo digital, normalmente es de 44.1 kHz para sonido en CD y de 48 kHz para video.

## ***Aliasing***

Es importante que señales mayores a la mitad de la frecuencia de muestra no entren en el proceso de conversión de la señal, si esto sucede, frecuencias erróneas conocidas como frecuencias alias, pueden irrumpir en la señal audible como falsas frecuencias escuchandose una distorsión armónica.

En SC se producen frecuencias Alias en los agudos al usar los UGens LF, como LFSaw. Podemos hacer la comparacaión gráfica como sugiere Collins:

```
(  
{  
[LFSaw.ar(1000), Saw.ar(1000)]  
}.plot(0.01)  
)
```

## **Resolución o cuantización (*Bit Rate*)**

Representa el componente de amplitud del proceso de digitalización e indica cuántos pasos hay disponibles para codificarla. Es la traducción de los niveles de voltaje de una señal análoga continua en números binarios. Esta información es guardada en el dominio digital para posteriormente ser procesada o simplemente almacenada. Se mide en bits.

Normalmente la resolución de calidad CD es de 16 bits, lo cual quiere decir que tenemos 65,536 pasos para representar la forma de onda en su amplitud.

El resultado se expresa en una palabra de n bits, donde palabras digitales más largas se traducen en un incremento de resolución, ya que crece el número de pasos en que la señal puede ser codificada de manera digital.

8 bit = 256

16 bit = 65,536

20 bit = 1,048,576

24 bit = 16,777,216

32 bit = 4,294,967,296

## Proceso de conversión de audio análogo/digital:

Entrada de audio - Dither - Filtro Anti Alias - Sample & Hold - A/D - Multiplexor - Corrección de errores - Modulación - Salida digital a medio de almacenamiento.

La señal de audio entra por un amplificador de línea en forma de voltaje, que en electricidad representa a la señal de audio y que es una señal continua.

Dither: el siguiente paso es agregar dither a la señal de audio, el cual es un ruido aleatorio usado para reducir la probabilidad de distorsión armónica en los bits menos significativos (LSB) que son cuantizados en 0.

Filtro Anti-Alias: es un filtro pasa bajos que corta las señales más agudas de la frecuencia de muestra y evita el fenómeno de Aliasing. Debido a la pendiente de este filtro la frecuencia de muestra se debe escoger un poco más alta que la frecuencia más aguda a digitalizar. Como estándar se ha escogido la frecuencia de 22,050 Hz que al multiplicarla por 2 resulta la frecuencia de muestra usada en los CD: 44,100 Hz o 44.1 kHz.

Muestra/retención (sample & hold): Este componente es el encargado de tomar las muestras de la señal análoga y lo hace basado en la frecuencia de muestra. Si es de 44.1 kHz, entonces este componente realiza 44,100 muestras en un segundo. Como trabaja es: toma la muestra de una instante de voltaje, la retiene y la envía al siguiente componente que es el ADC.

ADC: Este dispositivo es el encargado de convertir las muestras de voltaje tomadas por el s&h en valores digitales, o sea en números binarios. Si la cuantización es de 16 bit y la frecuencia de muestra es de 44.1 kHz, entonces el ADC producirá 44100 palabras de 16 bits en 1 segundo:

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| 0101 | 0011 | 0110 | 1001 |
| 0001 | 0011 | 0110 | 1011 |
| 0100 | 0011 | 0110 | 1101 |
| 1101 | 0010 | 0110 | 1011 |
| 0111 | 0011 | 0111 | 1111 |
| 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 1100 | 1000 | 1110 | 0011 |
| 1110 | 1111 | 0001 | 1010 |
| 0110 | 1000 | 1110 | 0011 |

...

Este proceso aún no se tiene una precisión de los datos, por lo que son mandados a un multiplexor que manda la señal a un corrector de datos para posteriormente ser modulados en una onda PCM (tipo de onda cuadrada). Los datos en realidad no se almacenan como 0 y 1, se modulan en una onda cuadrada para poder ser almacenados en un disco duro, cd, usb, flash card etc.

### **Proceso de conversión de audio digital/análogo:**

Es inverso al proceso de conversión análoga a digital.

Entrada digital del medio de almacenamiento - Modulación - Corrección de errores - Multiplexor - DAC - Sample & Hold - Filtro pasa bajos - Salida de audio

### **Formatos de audio**

*Aiff: Audio Interchange File Format*, es el archivo de audio que soportan muchos programas diseñados para Mac.

*Wav: Windows Audio File*, es el archivo de audio que soportan muchos programas para windows y algunos de Mac.

### **Formatos de audio con compresión:**

Se comprime la información para ocupar menor espacio y tener mayor velocidad de transmisión. Hay dos tipos de compresión, la destructiva y la no destructiva.

Mp3: formato de compresión de la MPEG (*Moving Pictures Expert Group*), es propietario.

Ogg: formato de compresión de uso libre.



Esta obra está sujeta a la licencia Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> o envíe una carta a Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.