Christopher Ryan Russell Clark
MP6104 PDS
Tarea 2

1. Investigue cómo leer y salvar en GNU/Octave o Python archivos con señales de audio. Elija algún formato de archivo para trabajar, (como por ejemplo .wav).

    Octave proporciona las funciones audioread() y audiowrite() para leer y guardar archivos de audio.

    La función audioread() devuelve una matriz de muestras con los varios canales en las columnas, si están presentes, y la frecuencia de muestreo registrada en el archivo. El nombre del archivo se pasa como un parámetro obligatorio, y los parámetros opcionales permiten leer un número específico de muestras o devolver muestras en un tipo de datos específico diferente al almacenado en el archivo.

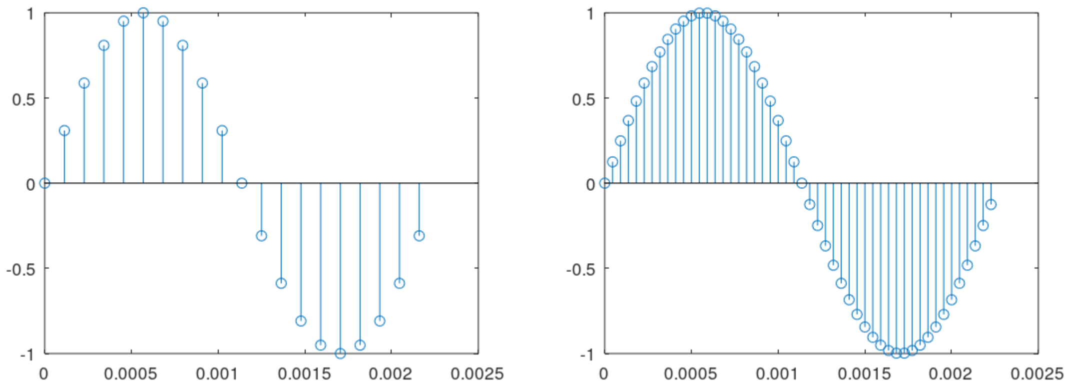
    La función audiowrite() toma el nombre del archivo, una matriz de muestras y una frecuencia de muestreo como parámetros obligatorios. Se pueden especificar parámetros adicionales por códec y opcionales (tasas de compresión, metadatos, etc.) como pares de nombre/valor.

    Los tipos de archivos admitidos se enumeran en la función audioformats(). En mi versión instalada (7.2.0 para Windows), hay soporte para AIFF, AU, AVR, CAF, FLAC, HTK, IFF, MAT4, MAT5, MPC, OGG, PAF, PVF, RAW, RIFF, SD2, SDS, SF, VOC, W64, WAV, WAVX y WVE. Normalmente, cuando trabajo con archivos de audio, uso WAV, porque es el formato de audio nativo de Windows, aunque también he usado AU para trucos rápidos con señales de frecuencia de voz debido a su conveniente interfaz /dev/audio en sistemas Unix, o RAW. cuando trabajando con datos sintéticos.

2. Investigue cómo se puede controlar la frecuencia de reproducción de una señal almacenada en un vector.

    La reproducción en Octave se realiza a través de objetos audioplayer, que toman una frecuencia de muestreo que se utilizará para la reproducción como parámetro en el momento de instanciación. Después de la instanciación, la frecuencia de muestreo para la reproducción se puede cambiar configurando la propiedad SampleRate del objeto.

3. Utilizando los aspectos encontrados en el punto anterior, escriba una función que reproduzca una señal senoidal de 440 Hz, muestreada utilizando N muestras por periodo (su función debe generar la señal tomando como argumento N).



4. Un sistema discreto en el tiempo puede ser
    1. Estático o dinámico
    2. Lineal o no lineal
    3. Invariante o variante en el tiempo
    4. Causal o no causal
    5. Estable o inestable

    Examine los siguientes sistemas respecto de las propiedades enumeradas

    a. $y(n) = \cos[x(n)]$

    Estático
    Lineal
    Invariante
    Causal
    Estable

    b. $y(n) = x(n)\cos(\omega_0 n)$

    Estático
    Lineal
    Variante
    Causal
    Estable

    c. $y(n) = Round[x(n)]$ donde $Round[x(n)]$ indica la parte entera de $x(n)$ obtenida por redondeo.

    Estático
    No-lineal
    Invariante
    Causal
    Estable

d. $y(n) = x(2n)$

Dinámico
Lineal
Variante
No causal
Estable

5. Durante el funcionamiento de un sistema invariante en el tiempo se han observado las siguientes parejas de entrada-salida:

$$x_1(n) = \left\{ \underset{\uparrow}{1}, 0, 2 \right\} \leftrightarrow y_1(n) = \left\{ \underset{\uparrow}{0}, 1, 2 \right\}$$
$$x_2(n) = \left\{ \underset{\uparrow}{0}, 0, 3 \right\} \leftrightarrow y_2(n) = \left\{ \underset{\uparrow}{0}, 1, 0, 2 \right\}$$
$$x_3(n) = \left\{ \underset{\uparrow}{0}, 0, 0, 1 \right\} \leftrightarrow y_3(n) = \left\{ 1, \underset{\uparrow}{2}, 1 \right\}$$

¿Qué se puede decir de la respuesta al impulso del sistema? ¿Puede extraer alguna conclusión relativa a la linealidad del sistema?

Para que el sistema se describa por su respuesta de impulso, debe ser LTI.

Dado que se dice que el sistema es invariante en el tiempo, la respuesta a una entrada desplazada es una salida igualmente desplazada. Debe demostrarse que también es lineal para ser LTI.

La propiedad de homogeneidad de los sistemas lineales significa que la respuesta a una entrada escalada debe ser una salida igualmente escalada.

Dado que el sistema es invariante en el tiempo, la respuesta a una entrada desplazada es una salida igualmente desplazada.

La entrada x_3 es una versión escalada y desplazada de la entrada x_2:

$$x_3(n) = \frac{1}{3} x_2(n-1)$$

Para que el sistema sea, dado que x_3 es una versión escalada y desplazada de x_2, entonces y_3 debe ser una versión igualmente escalada y desplazada de y_2.

$$x_3(n) = \frac{1}{3} x_2(n-1) \Leftrightarrow y_3(n) = \frac{1}{3} y_2(n-1)$$

$$y_3(n) = \left\{ 1, \underset{\uparrow}{2}, 1 \right\} \neq \frac{1}{3} y_2(n-1) = \left\{ \underset{\uparrow}{1}, 0, 2 \right\}$$

$$\therefore \textit{El sistema no es lineal}$$

Dado que el sistema no es lineal, no puede ser LTI y, por lo tanto, no puede describirse con una respuesta de impulso.

6. Investigue y describa un ejemplo real donde se utilicen las propiedades del aliasing por muestreo para un fin práctico. Provea al menos un ejemplo numérico donde desarrolle matemáticamente el rol del aliasing en la aplicación. Asegúrese de utilizar los conceptos de la lección 1, tales como: ancho de banda de la señal, frecuencia de muestreo, rango fundamental, tasa de Nyquist, entre otros.

   El aliasing se explota comúnmente en aplicaciones de radio definido por software (SDR) donde permite usar el submuestreo, lo que reduce drásticamente la frecuencia de muestreo requerida para digitalizar una señal. Esto reduce en gran medida la sobrecarga de procesamiento requerida y permite el uso de ADC más lentos pero de mayor resolución para reducir el ruido de cuantificación.

   Un ejemplo sería un diseño de receptor digital hipotético para recibir las señales horarias moduladas en AM de las estaciones de onda corta WWV/WWVH a una frecuencia portadora de 10 MHz.

   La interpretación ingenua del límite de Nyquist sugeriría que este receptor tendría que muestrear a una frecuencia de más de 20 megamuestras por segundo. Esta interpretación se aplica a las señales de banda base y solo sería necesaria para capturar toda la información en el ancho de banda completo de 10 MHz desde CC a 10 MHz.

   En realidad, el ancho de banda de la señal de una transmisión AM de onda corta es más como 10 kHz. Este ancho de banda se centra en la frecuencia portadora de 10 MHz y, por lo tanto, se extiende desde 9,095 MHz hasta 10,005 MHz. Se requiere un filtrado analógico alrededor de esta banda para aislar la señal deseada y eliminar todas las demás señales que, de lo contrario, también tendrían un alias en el rango de frecuencia fundamental. El muestreo a una frecuencia más baja permite que este rango de frecuencia aparezca como un alias en el rango fundamental, siempre que la frecuencia de muestreo sea suficiente para que no haya superposición de componentes con alias.

   Para lograr esto, la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble del ancho de banda, y la señal a muestrear no debe cruzar un múltiplo entero de la frecuencia de Nyquist. Además, la frecuencia de muestreo se puede elegir como un submúltiplo del borde de la banda de muestreo inferior para que el alias no se invierta en frecuencia, aunque la inversión de frecuencia normalmente no es un problema durante el procesamiento posterior en el software.

   Para capturar el ancho de banda de 10 kHz de 9,995 a 10,005 MHz, se requiere una frecuencia de muestreo de al menos 20 ksps. Como los únicos submúltiplos enteros de 9,995 MHz son 5 kHz y 1,999 MHz, ninguno de los cuales es atractivo para el muestreo, podemos expandir el ancho de banda de captura a la banda de 20 kHz de 9,990 a 10,010 MHz. La tasa de Nyquist entonces sería de 40 ksps. Uno de los submúltiplos enteros de 9,990 MHz mayor que 40 kHz es 45 kHz, el subarmónico 222.

Submuestrear 222 veces con una frecuencia de muestreo de 45 ksps traduciría la banda de 9,990 a 10,010 MHz hasta la banda base y capturaría la señal deseada de 9,095 a 10,005 MHz como un alias entre 5 kHz y 15 kHz, con la frecuencia portadora original de 10 MHz con alias a 10 kHz.