

## Tarea 2

---

1. Determine si los siguientes sistemas discretos son: (i) lineales, (ii) invariantes en el tiempo, (iii) causales, (iv) BIBO estables, (v) con memoria, (vi) FIR o IIR.
  - (a)  $y[n] = e^{x[n]}$ .
  - (b)  $y[n] = x[n] - x[n - 1]$ .
  - (c)  $y[n] = \cos(\pi n)x[n + 1]$ .
2. Emplee el procedimiento de 7 pasos visto en clase para graficar y encontrar la forma cerrada de la salida  $y[n]$  de los siguientes sistemas discretos con respuesta impulsional  $h[n]$ , cuando la entrada a los mismos es la señal discreta  $x[n]$ .
  - (a)  $h[n] = \delta[n - 1] + 2\delta[n - 2] + \delta[n - 3]$  y  $x[n] = \delta[n] + \delta[n - 1] + \delta[n - 2]$ .
  - (b)  $h[n] = u[n]$  y  $x[n] = \alpha^n u[n]$ , con  $0 < \alpha < 1$ .

*Ayuda:* puede utilizar la función de MATLAB `conv_m` situada en Canvas para corroborar los resultados obtenidos. Esta función es idéntica a la función `conv` nativa de MATLAB, con la diferencia que además de pasar los valores de las señales discretas también se pasan los valores de  $n$  en donde ocurren. Es decir, la convolución de  $x[n]$  con  $h[n]$  se representa como `conv_m(x, nx, h, nh)`, donde `nx` y `nh` son los tiempos o valores de  $n$  en donde ocurren los valores de  $x[n]$  y  $h[n]$  respectivamente.

3. (MATLAB) **Reverberación convolutiva.** La reverberación es un fenómeno sonoro producido por la reflexión del sonido dentro de los confines físicos de un espacio o cuarto, que consiste en una ligera permanencia del sonido una vez que la fuente original ha dejado de emitirlo. Si bien hay innumerables algoritmos de modelado físico que tratan de simular la reverberación de espacios reales, estos usualmente terminan sonando muy “fríos”, metálicos o demasiado artificiales al compararlos con el sonido de un espacio real. La reverberación por convolución trata de solucionar este problema al convolucionar el audio con la respuesta impulsional del espacio físico (o cuarto) a simular. En este escenario, las respuestas impulsionales son grabaciones de audio extraídas de entornos acústicos reales, es decir, se reproduce una señal de prueba (un globo reventando o un toque en el micrófono, tratando de simular un impulso) en el recinto que deseamos simular y se graba el resultado. Las señales procesadas con este tipo de reverberación sonarán como si la fuente de sonido se encontrase realmente en el entorno simulado.

En este problema usted implementará este efecto por medio de una función en MATLAB. Descargue de Canvas los archivos `ir_church.wav`, `ir_pyramid.wav`, `ir_pringles.wav` y `ir_wc.wav` y colóquelos en la misma carpeta de sus scripts de MATLAB. Estos archivos contienen la respuesta impulsional de varios entornos reales (trate de adivinar cuáles son por

medio del nombre). Descargue y utilice el archivo de guitarra `riff.wav` como el audio a procesar (por simplicidad, todos los archivos de audio a emplear en el problema serán monofónicos, es decir, de sólo un canal). Utilice el script `base problema3.m` para cargar el audio de la guitarra y las respuestas impulsionales mediante la función `audioread`, y complete el código de la función `convreverb` (que también debe descargar desde Canvas y colocar en la misma carpeta junto con todos los demás archivos). La función `convreverb` debe tomar el audio de entrada (la guitarra en este caso) y convolucionarlo (la función `conv` de MATLAB puede serle de ayuda) con una respuesta impulsional especificada para generar el audio de salida del efecto de reverberación. NOTA: la operación de convolución involucra un gran número de sumas y multiplicaciones, por lo que la señal resultante de la operación sobrepasará por mucho (piense por hasta 40 o 50 veces) los límites de  $[-1, 1]$  permitidos en los archivos de audio. Es su tarea regresar la señal resultante de la convolución al rango permitido antes de salir de la función `convreverb` (las funciones `min` y `max` de MATLAB pueden serle de ayuda).

Debe incluir en su tarea:

- (a) El código comentado de la función `convreverb`.
  - (b) Una descripción cualitativa del efecto sonoro de cada respuesta impulsional. Por ejemplo, ¿Se escucha más disperso el audio de salida? ¿Se distingue el sonido de la guitarra? ¿Se escuchan resonancias? etc.
  - (c) Una gráfica múltiple de tres filas y una columna que contenga una gráfica de la señal de audio original (la guitarra), la respuesta impulsional y la señal de salida de la reverberación convolutiva, para cada uno de los ambientes simulados (es decir, 4 figuras múltiples en total).
4. Utilice la definición para encontrar la transformada Z de las siguientes señales discretas. Adicionalmente, encuentre y grafique la región de convergencia.
- (a)  $x[n] = 2 \cos\left(\frac{\pi n}{2}\right) u[n]$ .
  - (b)  $x[n] = 0.25^{|n|}$ .

5. Considere el sistema discreto LTI representado por la ecuación de diferencias

$$y[n] = x[n] - x[n-1] + 0.81y[n-2].$$

Determine

- (a) La respuesta impulsional del sistema.
- (b) La salida del sistema si  $x[n] = \cos(\pi n)u[n]$ .