

## Tarea 3 Transformada Z

Fecha de asignación: 4 de octubre, 2022  
Grupos: 1 persona

Fecha de entrega: 11 de octubre, 2022  
Enlace a la asignación: GitHub Classroom

### 1. Supresor del habla

En el año 2012, el Doctor Kazutaka Kurihara ganó el premio Ig Nobel<sup>1</sup> por su pistola supresora de habla<sup>23</sup>. El sistema consiste en emitirle al hablante una versión retrasada de su misma voz. Lo anterior confunde al mismo y le imposibilita continuar la actividad de forma natural. El prototipo original está compuesto de un micrófono y altavoz unidireccionales y un procesador que le agrega a la señal el retraso  $D$  digitalmente. Finalmente el dispositivo incluye un medidor de distancia para calcular, basado en la velocidad del sonido, el retraso causado por la distancia  $D_l$  y con éste ajustar el proporcionado por el procesador a manera de  $D = f(D_l)$ .

Es posible demostrar este principio de manera sencilla ignorando el factor de la distancia (y, en general, cualquier retraso emitido por los sistemas electrónicos). Lo anterior permite prototipar el sistema con su computadora personal sumado a un micrófono y unos audífonos. Su tarea es diseñar dicho sistema LTI  $T_D$ .

a) Presente para el sistema LTI  $T_D$ :

- Diagrama de bloques
- Función de transferencia
- Ecuación de diferencias
- Respuesta al impulso

b) Provea una expresión que convierta el retraso  $D$  de milisegundos a número de muestra.

c) Escriba programa en GNU/Octave o Python que:

- Capture su voz del micrófono.
- Reciba un valor de retraso  $D$  **en milisegundos**.
- Implemente  $T_D$  que introduzca dicho retraso a la señal.

<sup>1</sup>The 2012 Ig Nobel Prize Winners. <https://www.improbable.com/ig-about/winners/>. Accesado 3 de octubre del 2020. 2012.

<sup>2</sup>Kazutaka Kurihara y Koji Tsukada. *SpeechJammer: A System Utilizing Artificial Speech Disturbance with Delayed Auditory Feedback*. 2012. arXiv: 1202.6106 [cs.HC].

<sup>3</sup>Kazutaka Kurihara y Koji Tsukada. *SpeechJammer: A System Utilizing Artificial Speech Disturbance with Delayed Auditory Feedback*. <https://sites.google.com/site/curihara/top-english/speechjammer>. Accesado 3 de octubre del 2020. 2012

- Reproduzca la señal resultante a los audífonos.
- d) ¿Cuál es el valor de  $D$  en milisegundos que fue más efectivo para suprimir el habla?
- e) ¿Por qué dicho sistema sólo puede ser operado utilizando audífonos?

## 2. La vuelta al mundo en 80 polos

En 1872 el escritor francés Julio Verne escribió su famosa novela *La vuelta al mundo en 80 días*<sup>4</sup>. En honor a dicha historia su tarea es diseñar un sistema que contenga 80 polos alrededor del mundo: un sistema LTI que distribuya homogéneamente 80 polos sobre el círculo unitario con el primero de ellos ubicado en 1. Para dicho sistema:

- Presente el diagrama de polos y ceros del sistema.
- Presente la función de transferencia del sistema.
- Presente la ecuación de diferencias del sistema.
- ¿Cómo se puede generalizar este sistema a  $N$  polos?
- ¿Cómo se puede variar la distancia  $d$  de los polos al círculo unitario?
- Clasifique el mismo en términos de causalidad y si es FIR o IIR.
- Clasifique el mismo en términos de estabilidad, para diferentes valores de  $d$ .

## 3. El resonador bicuadrático

Los osciladores digitales son ampliamente utilizados en el Procesamiento Digital de Señales. Diseñe un sistema que genere la siguiente señal  $y(n)$  dada por:

$$y(n) = r^n \sin(\omega_0 n) u(n)$$

utilizando un sistema LTI de segundo orden.

Para dicho sistema:

- Presente el diagrama de polos y ceros del sistema.
- Presente la función de transferencia del sistema.
- Presente la ecuación de diferencias del sistema.
- Clasifique el mismo en términos de causalidad y si es FIR o IIR.
- Clasifique el mismo en términos de estabilidad para diferentes valores de  $r$ .
- ¿Qué señal de entrada permite la oscilación?
- ¿Qué valor de  $r$  permite una oscilación (teórica) estable (consante)?
- ¿Se recomienda esta técnica para implementar osciladores digitales? Justifique.

---

<sup>4</sup>Julio Verne. *La vuelta al mundo en 80 días*. Pierre-Jules Hetzel, 1872.

- Implemente en GNU/Octave o Python dicho sistema para  $F_0 = 440Hz$ .

#### 4. Transformada Z:

Calcule la Transformada Z directa o inversa (según corresponda) para las siguientes señales:

- Transformada Z de:

$$x(n) = \left\{ 3, 0, 0, 0, 0, \underset{\uparrow}{6}, 1, 4 \right\}$$

- Transformada Z de:

$$x(n) = \begin{cases} \left(\frac{1}{2}\right)^n & \text{si } n \geq 5 \\ 0 & \text{si } n \leq 4 \end{cases}$$

- Señal causal cuya Transformada Z es:

$$H(z) = \frac{1}{(1 - 2z^{-1})(1 - z^{-1})^2}$$

- Transformada Z de:

$$x(n) = r^n \sin(\omega_0 n) u(n)$$