

# **Análisis de Sistema FIR - IIR en TD**

Gloria Mata Hernández

7 de marzo de 2017

# Índice general

1.1. Objetivo de aprendizaje . . . . .	2
1.2. Introducción . . . . .	2
1.2.1. Generador y Eliminator de Ecos . . . . .	2
1.3. Material y equipo . . . . .	2
1.4. Actividad de investigación y desarrollo previo . . . . .	3
1.5. Actividad Experimental: Simulación . . . . .	3
1.6. Actividad Experimental: Señal de audio . . . . .	3
1.7. Preguntas de Reflexión . . . . .	4
1.8. Conclusiones . . . . .	4
1.9. Bibliografía . . . . .	4

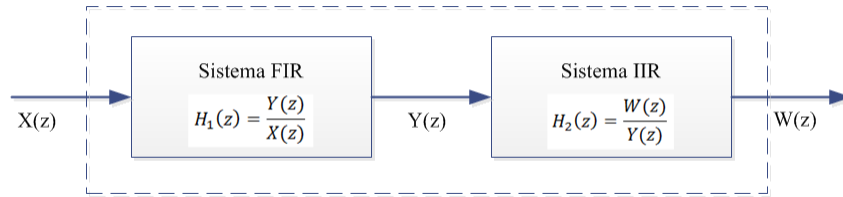
## 1.1. Objetivo de aprendizaje

El alumno reafirmará los conceptos de la Transformada Z, a través del reconocimiento e identificación de los sistemas FIR, Respuesta al Impulso Finita, y los sistemas IIR, Respuesta al Impulso Infinita y los implementará en cascada para realizar una aplicación de generación y eliminación de ecos.

## 1.2. Introducción Teórica

### 1.2.1. Generador y Eliminador de Ecos

A partir de una señal en tiempo discreto y mediante un sistema FIR se generará la señal de entrada con ecos; y utilizando un sistema IIR se eliminarán los ecos para obtener la señal de entrada original. Para ello, se conectarán 2 sistemas en serie o cascada  $H_1(z)$  y  $H_2(z)$ .



El sistema FIR (Respuesta al Impulso Finita)  $H_1(z)$  es el generador de ecos.  $H_2(z)$  corresponde a un sistema IIR (Respuesta al Impulso Infinita) y es el eliminador de ecos. Ambos sistemas conectados en cascada forman un sistema de identidad, es decir, la salida es idéntica a su entrada  $y[n] = x[n]$ .

$$y[n] = x[n] + \sum_{k=1}^{ne} \alpha_k x[n - kN] \quad (1.1)$$

en donde  $x[n]$  es la señal original y  $y[n]$  representa la señal original con  $ne$  ecos, cuya atenuación en cada eco es  $\alpha_k$  y cada eco está desplazado  $kN$  muestras.

La función de transferencia de  $H_1(z)$  es:

$$H_1(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = 1 + \sum_{k=1}^{ne} \alpha_k z^{-kN} \quad (1.2)$$

El modelo del sistema inverso IIR corresponde a

$$w[n] + \sum_{k=1}^{ne} \alpha_k w[n - kN] = y[n] \quad (1.3)$$

en donde ahora  $w[n]$  es la salida y  $y[n]$  es la entrada.

y la función de transferencia de  $H_2(z)$  es:

$$H_2(z) = \frac{W(z)}{Y(z)} = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^{ne} \alpha_k z^{-kN}} \quad (1.4)$$

El sistema FIR, de acuerdo con la Ec. (1.1), genera en la salida la señal de entrada más una suma de términos de la entrada escalados en amplitud y desplazados en tiempo, componentes que corresponden a los ecos.

El sistema IIR, tiene la función de eliminar los ecos, por lo que la función de transferencia,  $H_2(z)$ , debe corresponder con el inverso de la función de transferencia,  $H_1(z)$ , de manera que la función de transferencia del sistema total es  $H(z) = H_1(z)H_2(z)$ , la cual corresponde al sistema de identidad.

---

---

### 1.3. Material y equipo

- Computadora con Matlab
- Señal de audio (su nombre)

### 1.4. Actividad de investigación y desarrollo previo

1. Generador y eliminador de ecos base.

En esta actividad realizará la generación y eliminación de un eco de forma analítica.

- a) Genere la señal  $x[n] = u[n] - u[n - 6]$  y gráfíquela.
- b) Obtenga el modelo en el dominio de tiempo y la función de transferencia del sistema FIR, las Ecs. (1.1) y (1.2). Considere un solo eco,  $ne = 1$ , con  $\alpha = 0.5$  y  $N = 10$ .
- c) Obtenga analíticamente la respuesta del sistema FIR a la entrada  $x[n]$  y gráfíquela. Esta señal debe corresponder a la señal original y un eco.
- d) Obtenga el modelo en el dominio de tiempo y la función de transferencia del sistema IIR, las Ecs. (1.3) y (1.4). Considere de nuevo  $\alpha = 0.5$  y  $N = 10$ .
- e) Obtenga analíticamente la respuesta del sistema IIR a la entrada  $y[n]$  y gráfíquela. Esta señal debe corresponder a la señal original sin el eco.
- f) Verifique la generación y eliminación del eco.

2. Con base en el Generator y eliminador de ecos del Ejercicio 1, anterior, desarrolle el sistema con la misma señal de entrada  $x[n]$ , incluyendo ahora las siguientes variantes:

- Señal original y 3 ecos.
- Atenuación de ecos  $\alpha = (0.5)^k$  en donde  $k = 1 : 3$ .
- Desplazamiento  $N = 6$ .

- a) Obtenga las expresiones de las Funciones de Transferencia de los sistemas  $H_1(z)$  y  $H_2(z)$ .
- b) Utilice la función **filter** para obtener la respuesta de los sistemas.
- c) Obtenga las gráficas de las señales de entrada  $x[n]$ , de la salida del sistema FIR  $y[n]$  y de la salida del sistema IIR  $w[n]$ .

### 1.5. Actividad Experimental: Simulación

1. Genere la señal  $x[n] = \text{sen}\left(2\pi\left(\frac{f}{F_s}\right)n\right)$ . Considere la frecuencia de la señal  $f = 261\text{Hz}$ , la frecuencia de muestreo  $F_s = 4000\text{Hz}$  (probará también con  $F_s = 6000\text{Hz}$  y  $F_s = 8000\text{Hz}$ ). Decida Ud. el valor de N.

- a) Considere 3 ecos con una atenuación de  $(0.5)^k$  en donde  $k = 1 : 3$ . Exprese la función de transferencia para este sistema.
- b) Obtenga la respuesta del sistema FIR a la entrada  $x[n]$ . Utilice la función **filter()**. Grafique la señal y verifique que la respuesta incluya la señal original y los tres ecos.

- c) Obtenga la respuesta del sistema IIR a la entrada  $y[n]$  y gráfíquela, de manera que se anulen los tres ecos.
- d) Escuche el vector generado en la salida del sistema FIR con la función **sound(y,fs)**
- e) Repita el punto anterior con diferentes frecuencias de muestreo  $F_s = 6000, 8000$ .
- f) Escuche el vector generado en la salida del sistema IIR con la función **sound(w,fs)**. ¿Que es lo que espera escuchar?

## 1.6. Actividad Experimental: Señal de audio

1. En este ejercicio se generará una función para la reproducción automática de la señal con ecos.
  - a) Grabe una señal de audio, por ejemplo su nombre, 'gloria.wav'.
  - b) Con la función **audioread()** lea el archivo de sonido e identifique los datos de la señal y la frecuencia de muestreo con la que fue grabada.
  - c) Realice una función en Matlab, **ecos(voz,Fs,ne,Nspa)** que genere los ecos y que se reproduzcan en audio, en donde los parámetros de la función sean:
    - voz: son los datos del archivo de sonido proporcionados con la función **audioread()**,
    - Fs: frecuencia de muestreo proporcionada con la función **audioread()**,
    - ne: número de ecos a generar,
    - Nspa: número de espacios entre ecos (vector de ceros entre eco y eco).

Con el valor Nspa generará un vector de ceros con la función **zeros()** de longitud Nspa,  $\text{spa}=\text{zeros}(1,\text{Nspa})$ , de manera que el vector **y** de la señal a la salida del sistema FIR quede:  
**y=[voz spa eco1 spa eco2 spa eco3 spa ..... eco-ne ]**.

Utilice la función **sound()** para reproducir la señal con ecos contenida en el vector **y**. Inicie con Nspa =0 y después proponga otros valores.

- d) Utilice la función **sound()** para reproducir la señal a la salida del sistema IIR contenida en el vector **w**.¿Que es lo que espera escuchar?
- e) Grafique las señales de voz,  $y[n]$  y  $w[n]$ . Utilice la función **subplot(), stem ...**

## 1.7. Preguntas de Reflexión

1. ¿Logró el objetivo de la práctica?
2. ¿Que conceptos reafirmó con estas actividades?
3. ¿Podría realizar analíticamente la generación y eliminación de ecos de la señal de audio grabada?
4. El factor de atenuación  $\alpha_k$  en cada eco es constante, ¿que propondría para que la atenuación de los ecos fuera gradual decreciente?
5. Cuando un micrófono está cerca de una bocina, se realimenta la señal y satura la señal en la bocina. ¿como podría realizar este efecto?

---

## 1.8. Conclusiones

## 1.9. Bibliografía

Mata H. Gloria, Sánchez E. Víctor, Gómez G. Juan, (2001), Análisis de Sistemas y Señales con cómputo avanzado. F.I. UNAM