



## PEC1

### Presentación

La PEC1 contiene tres ejercicios sobre filtros digitales. Dos de ellos son básicamente para realizar a mano y el tercero, más de carácter práctico, para ser resuelto mediante Matlab. En todos los casos, para la realización de cálculos y gráficas podemos utilizar Matlab. Los ejercicios servirán para consolidar conceptos de filtros digitales.

### Objetivos

Ofrecer una visión general sobre las técnicas de diseño de filtros en el dominio de Fourier. Dar a conocer al estudiante las técnicas clásicas de diseño de filtros y su aplicación en el campo del procesamiento de la señal.

### Descripción de la PEC (Práctica Evaluación Continua) a realizar

1) Sea el filtro caracterizado por la siguiente función de transferencia :

$$H(z) = \frac{(1 - 0.2z^{-1})(1 + 0.5jz^{-1})(1 - 0.5jz^{-1})(1 + 1.5z^{-1})}{(1 + 0.8e^{-j\frac{2\pi}{3}}z^{-1})(1 + 0.8e^{j\frac{2\pi}{3}}z^{-1})}$$

Se pide:

- Dibujar el diagrama de polos y ceros del filtro
- Razonar claramente si el filtro es estable.
- Razonar claramente si el filtro es invertible
- Si es posible, determinar su inverso. Si no es posible, determinar el sistema que compensa (invierte) su módulo.
- Representar mediante Matlab el módulo y la fase del filtro original  $H(z)$ , del que habéis determinado en el apartado (c) y del conjunto de los dos filtros conectados en cascada. Comentar los resultados.

Nota: para la representación de fase, utilizar la función unwrap para evitar saltos en la fase



2) Un modelo simple que describe la evolución de una población bacteriana es la EDF siguiente:

$$y(n) = 2y(n-1) + e(n)$$

donde  $y(n)$  representa el número de bacterias en la generación  $n$ , y se supone que, sin la presencia de influencias ni impedimentos de ningún tipo, la tasa de natalidad es tal que la población se duplica cada generación. El término  $e(n)$  representa cualquier incremento o decremento causado por alguna influencia externa.

a) Calcula la transformada Z de este sistema,  $H(z)$ , y comenta su estabilidad.

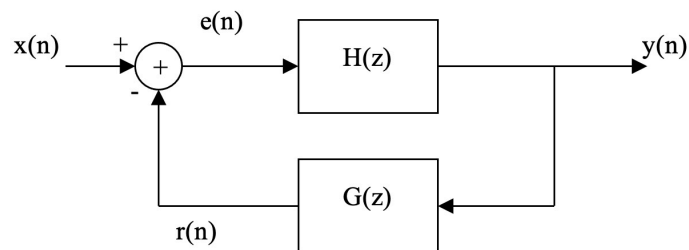
Siguiendo con el análisis de las poblaciones bacterianas, obtendremos el diagrama de bloques de un sistema simple de retroalimentación dinámica de la población. Por ello, descomponemos el término corrector  $e(n)$  en dos componentes de la siguiente forma:

$$e(n) = x(n) - r(n)$$

La señal  $x(n)$  representa cualquier influencia externa que sea independiente del tamaño de la población como por ejemplo enfermedades, cambios de temperatura, radiaciones externas, etc. En cambio, el término  $r(n)$  representa aquellas correcciones que dependen del tamaño de la población, como por ejemplo la disponibilidad de alimentos, la influencia de los depredadores, etc. Si definimos  $r(n)$  como:

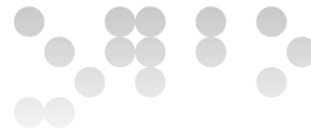
$$r(n) = 2\beta y(n-1)$$

entonces el sistema se puede representar de la siguiente manera



donde  $H(z)$  es el sistema anterior (trayectoria directa) y  $G(z)$  es la función de transferencia del sistema retroalimentado regulador.

- Obtenga la expresión de la función  $G(z)$
- Calcular la función de transferencia del sistema global de lazo cerrado,  $Q(z) = Y(z)/X(z)$ , en términos de  $H(z)$  y  $G(z)$ .
- ¿Qué margen de valores debe tomar la constante reguladora  $\beta$  para que el sistema de lazo cerrado  $Q(z)$  sea estable?
- Si se quiere mantener constante la población de bacterias en sucesivas generaciones cuando las influencias externas independientes del tamaño de la población son cero, es decir cuando  $x(n) = 0$ , ¿qué valor deberá tener la constante reguladora  $\beta$ ?



3) En este ejercicio más práctico exploraremos cómo utilizar espectrogramas para visualizar señales y cómo diseñar filtros para eliminar ruido. Por ello, partiremos de las siguientes señales disponibles: 'ManAudio.mat', 'WomanAudio.mat' y 'River.mat'.

Se pide:

- a) Cargar las señales 'ManAudio' y 'WomanAudio'. Identificar la estructura de los datos y generar una variable que llamaremos 'datam' de una sola columna, para el audio del hombre y otra que llamaremos 'dataw' también de una sola columna para el audio de la mujer. 'Fs' es la frecuencia de muestreo que se recupera al cargar cualquiera de los dos archivos de audio. Reproduzca las señales 'datam' y 'dataw' con la frecuencia de muestreo que corresponde, para verificar que las señales son, efectivamente, de un hombre y de una mujer, respectivamente (utilice la función `sound` del Matlab).
- b) Dibujar la representación temporal de los 2 primeros segundos de las frases de 'datam' y 'dataw', con el eje temporal correctamente calibrado en segundos.
- c) Dibujar la representación de la FFT (módulo) de las dos frases anteriores de duración 2 segundos, con el eje frecuencial correctamente calibrado en Hz. ¿Qué diferencias se aprecian entre las dos frases a nivel frecuencial?
- d) Representar el espectrograma de las frases de duración 2 segundos con la función `spectrogram` del Matlab. Hacer un *zoom* de las dos figuras entre 0 y 5kHz y compararlas, razonando el porqué de sus diferencias.
- e) Mezclar (sumar) las señales y 'ManAudio' y 'River', con una duración de 10 segundos. ¿Qué aprecia a nivel temporal? ¿Y a nivel frecuencial?
- f) A la mezcla del apartado anterior añadir un seno a una frecuencia de 10kHz.
- g) Diseñar un filtro paso bajo de Butterworth (orden  $n=10$ ) para eliminar el tono continuo de la señal creado en el apartado anterior. Haga una gráfica con el espectro antes y después de aplicar el filtro. Utilizar la función `freqz` para presentar la respuesta. Para el diseño del filtro puede utilizar *Filter Designer* que encontrará en la pestaña APPS del Matlab, o bien directamente la función `buttap`.
- h) Repetir el apartado anterior pero ahora con un filtro de Notch (elimina-banda) y comparar los resultados. Para el diseño del filtro puede utilizar *Filter Designer* que encontrará en la pestaña APPS del Matlab, o bien directamente la función `fdesign.notch`.
- i) Diseñar un filtro paso bajo para eliminar, en lo posible, el ruido del río en la señal creado en el apartado (f), sin alterar la señal del locutor. Para el diseño del filtro puede utilizar *Filter Designer* que encontrará en la pestaña APPS del Matlab, o bien directamente la función `buttap`. Escuche la señal antes y después del filtro (función `sound`) y representa su espectro, antes y después del filtro. Comente el resultado.



## Recursos

MATLAB

Módulo 1. Diseño de filtros discretos

## Criterios de valoración

Cada ejercicio es puntuará sobre 10. Los tres ejercicios valen lo mismo.

## Formato y fecha de entrega

Se debe entregar la solución en un fichero PDF. El documento debe estar realizado con un procesador de textos que disponga de un editor de ecuaciones. No se admitirán ficheros con ecuaciones escritas a mano. **No se admitirán archivos que no sean en formato PDF**

El nombre de este archivo debe tener el siguiente formato:

[nombre\_usuario\_uoc]\_PEC[número\_PEC]. pdf

La fecha límite de entrega es el lunes 22 de marzo de 2021 (antes de las 12 de la noche).

Respecto a los ejercicios:

1. Utilizad un editor de ecuaciones cuando necesitéis poner expresiones matemáticas (el propio editor de Office sirve).
2. Explica las cosas de forma clara y concreta.
3. Para todos los apartados resueltos con Matlab, y en especial para el ejercicio 3, agregar al documento un anexo con el código Matlab para reproducir el ejercicio y las figuras que decidáis generar, de manera que yo pueda copiar y pegar el código en Matlab (por lo tanto, no una imagen del código sinó el texto del código)



**Nota : Propiedad intelectual**

A menudo es inevitable, al producir una obra multimedia, hacer uso de recursos creados por terceras personas. Es por lo tanto comprensible hacerlo en el marco de una práctica de los estudios del Master, siempre que esto se documente claramente y no suponga plagio en la práctica.

Por lo tanto, al presentar una práctica que haga uso de recursos ajenos se presentará junto con ella un documento en el que se detallen todos ellos, especificando el nombre de cada recurso, su autor, el lugar donde se obtuvo y el su estatus legal: si la obra está protegida por copyright o se acoge a alguna otra licencia de uso (Creative Commons, GNU, GPL). El estudiante deberá asegurarse que la licencia no impida específicamente su uso en el marco de la práctica. En caso de no encontrar la información correspondiente deberá asumir que la obra está protegida por copyright.

Deberán, además, adjuntar los archivos originales cuando las obras utilizadas sean digitales, y su código fuente si corresponde.

Otro punto a considerar es que cualquier práctica que haga uso de recursos protegidos por copyright no podrá en ningún caso publicarse en Mosaic, la revista del Graduado en Multimedia en la UOC, a no ser que los propietarios de los derechos intelectuales den su autorización explícita.