

IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales

Laboratorio 2 - Guia Práctica

Primer Semestre 2017

Lunes, 24 de abril del 2017

Horario 07M1

- Duración: 2 horas, 30 minutos.
- Está permitido el uso de material adicional.
- La evaluación es **estrictamente** personal.
- **Está terminantemente prohibido copiar código externo (ejemplos de clase, material en linea, etc.)**

1. (4 puntos) Una de las aplicaciones de la combinación de filtros y cambios de tasa de muestreo es la posibilidad de descomponer una señal en sus componentes altos y bajos, tal y como se observa en el diagrama de la Figura 1. Para ello debe considerar que los sistemas $h[n]$ y $g[n]$ tienen las siguientes funciones de transferencia:

$$H(e^{j\omega}) = \begin{cases} 0, & 0 < \omega \leq \frac{\pi}{2} \\ 1, & \frac{\pi}{2} < \omega \leq \pi \end{cases}$$

$$G(e^{j\omega}) = \begin{cases} 1, & 0 < \omega \leq \frac{\pi}{2} \\ 0, & \frac{\pi}{2} < \omega \leq \pi \end{cases}$$

De esa forma, se observa que dicho sistema genera 4 salidas las cuales, al pasar por una etapa de reconstrucción la cual viene dada por el banco de filtros que se observa en la Figura 2, puede generar la señal que fue descompuesta inicialmente. En ese sentido, se le brinda el archivo ¹*Output_signal_coef.mat* el cual debe cargar al workspace utilizando la función **load**. Dicho archivo contiene las variables *coefficenthigh*, *coefficenthigh2*, *coefficenthigh3* y *coefficentlow3* las cuales son las salidas del banco de filtros mostrados en la Figura 1. Por ello se le pide lo siguiente:

- a. (0.5 puntos) Graficar el espectro de magnitud en el rango fundamental. Para lograrlo debe generar un vector del tamaño de la señal haciendo uso del comando **fft** y aplicar **fftshift**, restar 2π y utilizar **unwrap** para suavizar los saltos bruscos.
- b. (0.5 puntos) Crear el filtro pasa altos $h[n]$ a partir de su función de transferencia $H(e^{j\omega})$ utilizando el comando **fir1**. Para ello, debe asumir que el filtro tiene una duración de duración 64 ($N = 64$). Adicionalmente, considerar que la frecuencia de corte definida para este caso es $F_s/2$.

¹/laboratorio/lab02/07m1/Guía

- c. (0.75 puntos) Utilizar el comando **upsample** en las señales *coefficientlow3* y *coefficienthigh3* y con dichos datos hallar la entrada del nivel 2 del sistema. Graficar el espectro antes y después del sobremuestreo y filtrado.
- d. (0.75 puntos) Utilizar el comando **upsample** en las señales *coefficienthigh2* y a la hallada en el inciso anterior y con dichos datos hallar la entrada del nivel 2 del sistema. Graficar el espectro antes y después del sobremuestreo y filtrado hallar la entrada del nivel 1 del sistema.
- e. (0.75 puntos) Utilizar el comando **upsample** en las señales *coefficienthigh1* y a la hallada en el inciso anterior y con dichos datos hallar la entrada del nivel 2 del sistema. Graficar el espectro antes y después del sobremuestreo y filtrado hallar la entrada del nivel 1 del sistema.
- f. (0.75 puntos) Utilizar el comando **subplot** para crear graficar la transformada de Fourier en el rango fundamental de la señal resultante y de la señal obtenida al leer el archivo *handel.wav* ubicado en intranet. Comentar justificadamente si existe alguna diferencia entre ambas gráficas.

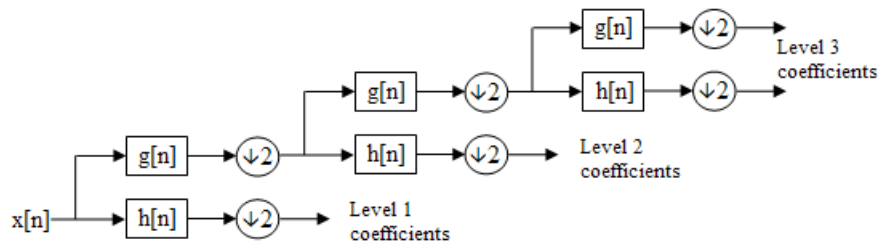


Figura 1: Etapa de descomposición de una señal utilizando banco de filtros.

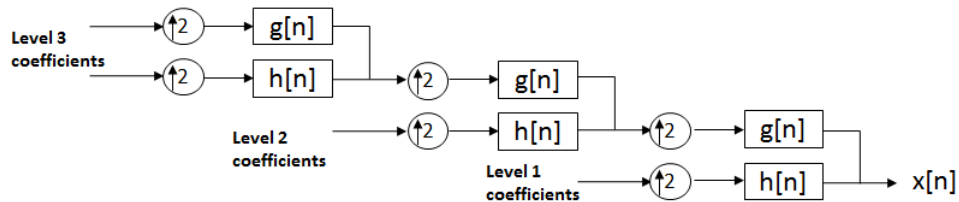


Figura 2: Etapa de reconstrucción de una señal utilizando banco de filtros.

2. (3 puntos) Se brinda la siguiente señal continua:

$$x(t) = 1,5 \sin(2\pi 150t) + 0,9 \sin(2\pi 175t + \pi/6) + 0,6 \sin(2\pi 250t + \pi/4).$$

En la cual la componentes de 250Hz es ruido la cual se quiere eliminar usando un filtro anti-aliasing antes de ser muestreada. Para este caso, el filtro debería tener un corte abrupto entre 175Hz y 250Hz lo cual involucra una implementación costosa y difícil de realizar con componentes analógicos. Después de dicho filtro bastaría con muestrear a una tasa de 400 Hz. Una alternativa a dicho procedimiento sería sobremuestrear y filtrar en el dominio digital. Para ello, una estrategia es seguir el sistema mostrada en la Figura 3. En ese sentido, se le pide lo siguiente:

- (0.75 puntos) Muestrear la señal continua a una frecuencia de muestreo igual a 800 Hz. La cual es aproximadamente el doble de la frecuencia de muestreo necesaria con el filtro analógico. Utilizando el comando **plot**, observar el espectro en magnitud de la señal.
- (0.5 puntos) Cargar al workspace el archivo ²filtros.mat el cual genera la variable filtro. Graficar el espectro de frecuencia del filtro. Hallar la frecuencia de corte del filtro.
- (1.0 punto) Utilizar el comando **filter** para filtrar la señal obtenida en el inciso (a). Graficar el espectro de magnitud para comprobar si se eliminó la componente ruidosa. Comentar la importancia de utilizar dicho filtro.
- (0.75 puntos) Utilizando el comando **downsample** reducir la tasa de muestreo de la señal en un factor de 2. Graficar el espectro de la señal y comentar si los resultados son similares a lo procesado por el filtro analógico.



Figura 3: Sistema ADC con tasa de muestreo variable.

- (3 puntos) La serie de Fourier de una onda cuadrada, con amplitud 1 y periodo 2s, está dada por la siguiente ecuación:

$$f(t) = 1/2 + \sum_{k=0}^{\infty} \frac{2}{(2k+1)\pi} \sin((2k+1)\pi t)$$

Dicha ecuación continua no es realizable de forma discreta, por lo que se truncará la suma a un número finito de elementos M quedando de la siguiente forma:

$$f(t) = 1/2 + \sum_{k=0}^M \frac{2}{(2k+1)\pi} \sin((2k+1)\pi t)$$

Para ello se le pide lo siguiente:

- (1 punto) Generar 5 gráficas de la señal considerando que $M=1,5,10,20$ y 40. Para discretizar la señal, considere que $n \in -\pi, \pi$. Utilizar el comando **plot** para cada señal. Cuando se tiene una señal periódica sin discontinuidades, la representación de la serie de Fourier es igual a la señal original en cualquier valor del tiempo. Sin embargo, para una señal periódica que presenta discontinuidades, como una onda cuadrada, la representación de la serie de Fourier tiene oscilaciones pronunciadas en estas discontinuidades. Dichas oscilaciones permanecen aún cuando el número de armónicos es un número grande. Esto es conocido como el fenómeno de Gibbs. En ese contexto, en las gráficas del inciso anterior, se puede observar que no se logra formar una onda cuadrada perfecta, generando un valor mayor al valor de la amplitud establecida. La diferencia entre este valor máximo y el valor establecido, es conocido como sobreimpulso. Considerando esto, se le pide lo siguiente:

²/laboratorio/lab02/07m1/Guía

- b. (1.5 punto) Calcular el sobre impulso en %. Para ello, utilice la siguiente fórmula:

$$SI = (max_{senal} - max_{establecido}) \times 100$$

En donde, max_{senal} es el valor de amplitud máximo de la onda. $max_{establecido}$ es el valor máximo de la onda cuadrada Colocar las respuestas en los comentarios. Responder en qué caso se muestra el menor valor de sobreimpulso y a qué se debe.