



# SEÑALES Y SISTEMAS

(66.74 - 85.05)

## TRABAJO PRÁCTICO ESPECIAL

### MODIFICACIÓN DEL “TEMPO” DE UN FRAGMENTO MUSICAL

Primer cuatrimestre de 2017

Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires.

## 1. Objetivo

En este proyecto se estudiará la transformada de corto tiempo como herramienta de análisis de señales no estacionarias y su uso para variar la duración de determinadas secuencias sin alterar su característica espectral.

## 2. Requisitos para la aprobación

El proyecto especial tendrá una fecha límite de vencimiento y su evaluación está establecida en el calendario de la materia, día en el cual el alumno deberá presentarse indefectiblemente con el informe del proyecto en forma impresa. Habrá un rango de fechas anterior a la fecha definitiva de entrega en el cual el alumno podrá hacer una pre-entrega del proyecto especial en versión electrónica. Durante ese rango de fechas el docente puede aconsejar al alumno la revisión de ciertos puntos en el proyecto. Luego del cierre del período de pre-entrega, se habilitará un período de entrega definitiva, donde el alumno debe depositar su versión pdf del informe y los algoritmos correspondientes. **Luego del vencimiento del período de entrega definitivo (anterior a la evaluación del proyecto especial en unos días) no se admitirán más entregas y el alumno que no cumpla este requisito quedará libre.**

La modalidad de la evaluación se realizará según el docente lo crea conveniente (oral, escrita, el día de la entrega, otro día, etc.), de modo de asegurar el conocimiento del tema desarrollado y la **realización individual del trabajo** por parte del alumno. El trabajo sólo será evaluado una vez y en el curso en el cual el alumno se haya inscripto.

La evaluación final puede incluir preguntas sobre:

1. Ítems particulares sobre los ejercicios de esta guía y su implementación en Matlab/Octave.
2. Conceptos teóricos necesarios para realizar los ejercicios.
3. Puede requerirse también al alumno que implemente alguno de los ejercicios similares en la computadora en el momento de la evaluación.

Por lo tanto el alumno debe presentarse el día de la evaluación con esta guía y el informe que contenga las soluciones a los problemas planteados. Cuando el problema requiera una implementación, la misma debe estar adecuadamente descripta y debidamente justificada. Es decir, si es necesario justificación teórica ésta debe estar desarrollada. Si se pide una implementación práctica la misma debe estar adecuadamente documentada de modo que el docente pueda constatar que las especificaciones requeridas se cumplan. Esto incluye la presentación del programa de Matlab/Octave utilizado, y los gráficos necesarios para mostrar los resultados obtenidos en formato electrónico e impresos como así también archivos auxiliares para su visualización o ejecución. Se sugiere que el formato electrónico no dependa de que funcione internet para poder verse, para evitar inconvenientes. Todos los gráficos deberán tener título, comentarios en ambos ejes sobre la unidad a representar y el eje de abscisas debe estar en unidades de tiempo o frecuencia según corresponda.

**Es importante mencionar que la no resolución de alguno de los ejercicios implica la desaprobación del proyecto y el alumno quedará indefectiblemente libre.**

### **3. Introducción**

A lo largo del curso hemos trabajado con la transformada de Fourier y la única restricción que se le impuso a la señal fue que la integral de Fourier estuviera bien definido para toda frecuencia y que su valor fuera finito. El análisis de Fourier nos dice qué frecuencias existen mientras dura esa señal. No nos dice cuándo aparecen esas frecuencias, o sea cómo evoluciona en el tiempo su espectro. Debe notarse aquí que en la naturaleza existen señales cuyo contenido espectral cambia en el tiempo, por ejemplo las señales de habla, música, video, etc. Estas señales son conocidas como “no estacionarias” y para su estudio es necesario introducir nuevas herramientas y entonces se comienza a hablar de análisis de señales en el espacio tiempo-frecuencia. Un método para formalizar este análisis consiste en generalizar el análisis de Fourier estándar, extendiendo el concepto de densidad espectral de energía a una función bidimensional que indique la intensidad por unidad de frecuencia y por unidad de tiempo. Es así como aparecieron las distribuciones tiempo-frecuencia. Uno de los métodos más sencillos y quizás más intuitivo fue desarrollado con el fin específico de comprender la naturaleza del habla y consiste en dividir la señal en intervalos cortos de tiempo, donde se supone que la señal no cambia su espectro, y analizar por transformada de Fourier cada intervalo. Esto es lo que conocemos como transformada de corto tiempo y la colección de todos esos espectros constituye una densidad tiempo-frecuencia comúnmente llamada espectrograma. No nos vamos a detener en su explicación dado que ya fue hecha en las distintas prácticas y además puede encontrarse en la sección 10.5 del libro de Oppenheim y Schaffer.

Cuando se trabaja con señales discretas los componentes de la secuencia están asociados con la magnitud de la señal. Haciendo una simplificación uno podría decir que una partitura musical es también una secuencia donde cada componente está relacionado con la nota musical o sea con la frecuencia. Veremos que ambas secuencias tienen algo en común. Cuando queremos reproducir una señal discreta nos hace falta conocer el período de muestreo con el cual fue obtenida la secuencia. En el caso de una partitura también nos hace falta un dato extra conocido como “tempo”. El “tempo” que se mide en pulsos por minutos sería algo semejante al período de muestreo de una señal. En este proyecto vamos a realizar cambios en el “tempo” de un fragmento musical.

#### 4. Desarrollo del proyecto

1. Analizar el fragmento musical que contiene el archivo “audio.wav” mediante el espectrograma de banda ancha y banda angosta. Describir qué es lo que se puede observar en ambos casos y explicar el criterio usado para la elección de los parámetros.
2. Usando la información obtenida en el ejercicio anterior, obtener los parámetros del espectrograma que permitan observar de la mejor manera posible las características tiempo-frecuencia de este archivo de audio. Por medio de este espectrograma debe ser posible identificar las siguientes notas del piano cuyas frecuencias aproximadas son

DO	DO#	RE	RE#	MI	FA	FA#	SOL	SOL#	LA	LA#	SI
523	554	587	622	659	698	740	784	831	880	932	988
1046	1108	1174	1244	1318	1386	1480	1568	1662	1760	1864	1976

3. Se pretende duplicar la duración del fragmento musical para lo cual se propone interpolar el archivo de audio. No está permitido usar las funciones de matlab/octave que implementan la interpolación directamente. Grafique el espectrograma de la nueva secuencia y compárela con la obtenida en el ejercicio 2.
4. Reducir a la mitad la duración del fragmento musical utilizando el proceso de decimación. No está permitido usar las funciones de matlab/octave que implementan la decimación directamente. Recuerde que para evitar el aliasing es necesario realizar el adecuado filtrado pasabajos. Utilice alguno de los métodos de diseño explicados en la teoría especificando el criterio utilizado. Grafique el espectrograma de la nueva secuencia y compárela con la obtenida en el ejercicio 2.
5. Desarrolle un programa que a partir del espectrograma de la señal de audio permita reconstruir la señal original. Grafique el error entre la señal original y la reconstruida
6. Suponiendo que utilicen la función “specgram”, cada columna contiene información del espectro para ese segmento de la señal. Con el objeto de duplicar la duración de la secuencia original interpole una columna cada dos utilizando la información de las filas. Luego utilizando el programa desarrollado en el punto anterior encuentre la nueva señal de audio que debería durar el doble de tiempo. Grafique su espectrograma y compárelo con el original.
7. Ahora se busca reducir la duración del audio a la mitad para lo cual se debe decimar el espectrograma por columnas. Recuerde que para evitar el aliasing es necesario realizar el adecuado filtrado pasabajos.