

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
NÚCLEO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA DE LAS
FACULTADES DE MEDICINA E INGENIERÍA



Curso de Electricidad, Electrónica e Instrumentación Biomédica (CEEIBS)
para las Licenciaturas en Neumocardiología y Neurofisiología Clínica,
Escuela Universitaria de Tecnología Médica

Práctica 3 – Muestreo y filtrado de señales

*Prof. Ing. Franco Simini, Prof. Ing. Isabel Morales,
Lic. MSc. Natalia Garay y Br. Alejandra Rial*

1. Introducción

El práctico propone afianzar los conceptos vistos en clase sobre adquisición y muestreo de señales eléctricas analógicas, su conversión al entorno digital y su posterior filtrado. Para ello el estudiante accede a un simulador (Falstad) en el cual encuentra un circuito en el cual podrá experimentar el efecto de filtros cuyos parámetros aprenderá a manejar. El estudiante experimenta el efecto de filtros sobre una señal y el efecto de la eventual frecuencia de muestreo. Para realizar esta práctica el estudiante deberá disponer de una computadora, internet y acceso a los materiales subidos en EVA.

2. Objetivos

- Identificar el ancho de banda de una señal en su espectro.
- Familiarizarse con el Teorema de Nyquist y la mínima frecuencia de muestreo que debe tener un sistema de adquisición.
- Seleccionar correctamente un filtro para eliminar el ruido..

3. Procedimiento

La práctica consta de 2 partes: PARTE A y B. La **PARTE B** consta de un cuestionario que deberá responder en la plataforma EVA el día jueves 5 de junio de 2025 a las 7:00AM. Tendrá 20 minutos para realizarlo. La PARTE A se describe a continuación la cual tiene como fecha límite el día 5 de junio a las 6:59 am, momento en el cual se habilita el cuestionario en la plataforma EVA.

- **PARTE A**

La parte A a su vez consta de dos partes. Ambas requieren que el estudiante trabaje con el simulador de circuitos *Falstad*, ya usado en práctico 1 y en clase.

A.1. Ancho de banda y frecuencia de Nyqvist

En esta instancia se trabaja con un circuito muestreador disponible. En base a lo que observa en él, y lo visto en las clases teóricas, debe ser capaz de responder las preguntas planteadas. Al abrir el circuito encontrarán instrucciones de uso, asimismo pueden recurrir al "[Tutorial FALSTAD](#)" que se encuentra en el sitio EVA, o a los foros del curso si surgen dudas.

Se accede al circuito simulado a través del siguiente link:

<https://tinyurl.com/2bf6rytv>

Este circuito cuenta con tres fuentes de tensión, que ingresan a un bloque sumador que, como lo dice su nombre, a la salida entrega la suma de las tres entradas¹. A su vez, esta suma se pone como entrada a la combinación de un bloque "*Sample & Hold*" (del inglés muestreo y retengo) que toma las muestras de la señal de entrada y las retiene para que el siguiente bloque "*Analógico-Digital*" las tome para convertirlas al entorno digital. La frecuencia de muestreo de este sistema está en el primer bloque generador de onda cuadrada, pudiendo cambiar dicha frecuencia al editar este generador.

PREGUNTAS

Las preguntas a continuación están pensadas para ser contestadas con los conocimientos impartidos en el curso, y con lo que puedan observar del simulador. Pueden agregar capturas de pantalla si creen que ayuda a la comprensión de sus respuestas.

Pregunta 1.

El circuito proporcionado tiene tres señales sumadas. ¿Cuál es el ancho de banda de la señal suma? Se pretende muestrear la señal suma. ¿La frecuencia de muestreo utilizada es la correcta? En segundo lugar, y como verificación experimental, lleve el cursor sobre la señal en un determinado punto, por ejemplo un máximo relativo. Luego lleve el cursor hasta el mismo punto del período siguiente. Por diferencia entre los dos instantes de tiempo calcule el período de la señal y verifique que es el mismo valor deducido del contenido frecuencial de la señal.

Pregunta 2.

¹ La suma siempre es temporal. Si las señales que ingresan al sumador tienen frecuencias distintas, estas no se suman. Es decir, el ancho de banda estará dado por el mayor ancho de banda entre las señales.

Explique qué sucede si se muestrea una señal con una frecuencia de muestreo menor a la *frecuencia de Nyquist* ($f_{Nyquist}$). Explique qué observa a la salida del circuito cuando el muestreo es insuficiente ("Salida digital").

Pregunta 3.

Para muestrear una señal sinusoidal de frecuencia 120kHz y de amplitud 12V, ¿qué frecuencia de muestreo debe utilizar? Justifique su respuesta.

Pregunta 4.

Modifique las frecuencias de las señales de entrada, ingresando 100Hz, 200Hz y 1kHz a las fuentes 1, 2 y 3 respectivamente. ¿Qué frecuencia de muestreo debe utilizar para relevar la señal suma correctamente? Pruebe la frecuencia que usted sugiere y luego otra mayor. Diga cuál considera mejor.

❖ A.2. Filtrado

En esta instancia se trabaja con la parte sumadora del circuito visto anteriormente. Se espera que el estudiante dibuje para razonar fácilmente, en un papel y se base en todo momento en el espectro de las señales, para ubicar filtros y señales. Se accede al simulador de circuito a través del siguiente link:

<https://tinyurl.com/299zgm3b>

El primer bloque sumador nos entrega a su salida la suma de tres señales de distintas frecuencias, que llamamos "señal sin ruido". El segundo bloque sumador le agrega una señal interferente que simula el ruido, obteniendo así a su salida una "señal ruidosa". Finalmente hay un espacio sin conexión para que el estudiante pueda conectar el filtro que seleccione.

Esta parte del práctico pretende simular una situación a la cual se enfrentarán muy seguido durante sus carreras: la obtención de biopotenciales pero con ruido o interferencia de señales no deseadas. En este caso, podrán ver cómo afecta una señal interferente de mayor frecuencia a una señal con componentes de menor frecuencia, la cual queremos obtener .

En base a lo visto en las clases teóricas, se pretende que el estudiante sea capaz de seleccionar uno de los filtros a disposición y describir su efecto en lo que podrá observar de lo que llamamos "señal filtrada". Además deberá responder las siguientes preguntas.

Pregunta 1.

Teniendo en cuenta los tipos de filtros estudiados en clase y considerando condiciones ideales, ¿cuáles filtros podrían utilizarse para eliminar una interferencia de 5kHz? Para cada uno de ellos detalle la/las frecuencia/s de corte.

Pregunta 2.

¿Qué filtro de los disponibles seleccionó para eliminar la interferencia de la señal? Explique por qué este filtro entrega una señal muy similar a la “señal limpia”.

Pregunta 3.

Uno de los tipos de filtros vistos en clase no se puede utilizar para eliminar esta interferencia. Diga cual es y explique porque, considerando el espectro de la señal y del ruido.

La entrega por parte del estudiante de la resolución de la PARTE A tiene como **fecha límite** el día **jueves 5 de junio de 2025 a las 7:00 AM**, momento en que empieza la ejecución en línea de la PARTE B.

En EVA debe entregar un solo archivo .pdf que contenga las respuestas a las preguntas planteadas, adjuntando las capturas de pantalla correspondientes.

El nombre del archivo debe ser Apellido-Nombre-Pr3.pdf (ej. Perez-Juan-Pr3.pdf).