

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA- URUGUAY
Núcleo de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería

Curso de Ingeniería Biomédica - 2024

Br. Mariana González, Ing. Pablo Sánchez, Prof. Ing. Franco Simini

Práctico 3: Proyecto e implementación de una fuente de corriente para medir la bioimpedancia de muestras biológicas

1 INTRODUCCIÓN

La bioimpedancia es la característica de los tejidos biológicos de oponerse al paso de la corriente eléctrica alterna. La bioimpedancia puede ser estimada mediante la Ley de Ohm a través de la medida de la caída de tensión en el tejido biológico como resultado de la circulación de corriente, o mediante la medida de la corriente que circula al aplicar una diferencia de potencial. Por lo tanto el módulo y la fase de la bioimpedancia dependen de los valores de voltaje o corriente aplicados, como también por el valor de la frecuencia de la señal.

2 OBJETIVO

- Conocer el uso y aplicaciones de la impedancia eléctrica
- Utilizar instrumental estándar de laboratorio de medidas eléctricas, (fuente de alimentación, generador de señales, osciloscopio) para medir la impedancia de diferentes tejidos biológicos
- Diseñar una fuente de corriente básica y una fuente de Howland
- Estudiar el modelo de Lapicque para bioimpedancias. Relevar el comportamiento de las bioimpedancias ante una excitación del tipo Escalón de Heaviside y determinar las constantes del modelo.
- Verificar el modelo de Lapicque, estimar la bioimpedancia de dos tejidos biológicos y su respuesta en frecuencia.

3 LECTURAS Y ACTIVIDADES PREVIAS

Previo a realizar la práctica el estudiante debe leer:

- Capítulo 2 - “Electrical Impedance Spectroscopy” [1]
- Bioimpedancia eléctrica [2]
- “Time-Domain Electrical Impedance Tomography by Numerical Analysis of the Step Response” [3]
- “Criterios de Diseño de la fuente de corriente Howland” [4]

4 MATERIALES

MATERIAL QUE ENTREGA EL NIB	CANTIDAD
Analog Discovery	1
Osciloscopio digital	1
Fuente de tensión variable	1
Transistor BC337-25	1
Amplificador operacional TL071 o TL081	1
Resistencias de diseño	---
Capacitores de diseño	---
Impedancia de Lopicque	1
Cables de conexión	---

MATERIAL DEL ESTUDIANTE	CANTIDAD
Fruta a elección en buen estado	1
Fruta a elección en mal estado (o congelado/frío)	1
PC con WaveForms	1

5 PROCEDIMIENTOS Y TAREAS

El práctico consta de tres partes: (i) diseño de fuentes de estimulación de corriente y la caracterización del modelo de Lopicque en respuesta al Escalón de Heaviside, (ii) la implementación de las fuentes de estimulación de corriente y el relevamiento de medidas y (iii) a partir del análisis de la respuesta al escalón de las dos fuentes se obtienen las constantes del modelo de bioimpedancia de Lopicque y la respuesta en frecuencia de la magnitud de cada bioimpedancia analizada.

5.1 Tarea 1 – pre-informe

1. Bioimpedancia. [1] [2]

- ¿Qué es bioimpedancia? Explique cómo es el comportamiento del tejido biológico al paso de la corriente eléctrica.
- ¿Cómo funciona un sistema de bioimpedancia? Indique tres aplicaciones donde se use bioimpedancia
- ¿Qué es la espectroscopía por impedancia eléctrica

2. Modelo de Lopicque [3]

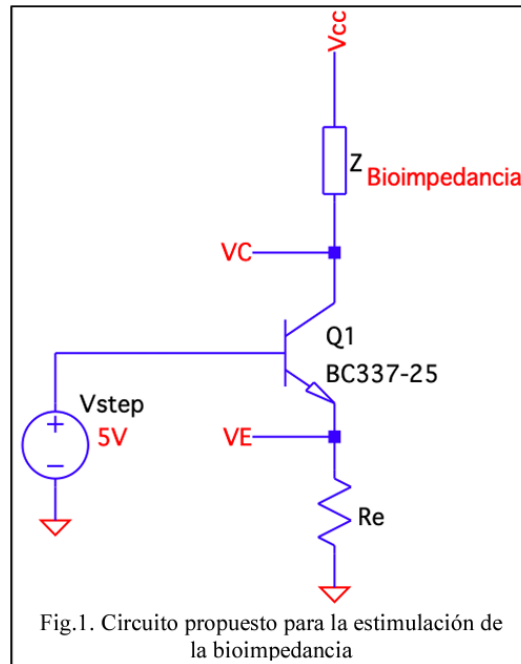
- ¿Qué es el modelo de Lopicque?
- Realice un diagrama de la configuración del circuito del modelo. Adjunte la función de transferencia y las ecuaciones del modelo.

3. Circuitos de estimulación por corriente eléctrica controlada [4]

- Describir brevemente el comportamiento del circuito de la Fig. 1. Teniendo en cuenta el modelo de Lopicque para Z graficar cualitativamente su caída de tensión en función del tiempo y la señal de control V_{step} **en una misma figura**. Marcar la tensión V_{zo} (inicial) y V_{zf} (final) de la bioimpedancia.
- Dimensionar la resistencia R_e para que la corriente que circula por la bioimpedancia sea menor o igual a 1mA. Considere que $V_{CC}=15V$ (realizar la respectiva simulación).

- c) Diseñe una fuente de Howland para que la corriente que pase por la bioimpedancia sea menor o igual a 1mA (realizar la respectiva simulación)¹.

¹ Para las simulaciones, implemente una impedancia de Lopicque cuya constante de tiempo sea del orden de algunos μs (microsegundos). Por ejemplo: $C=62\text{nF}$, $R=82\Omega$



5.2 Tarea 2 – Prueba experimental laboratorio

1. Implemente la fuente de corriente de la Figura 1 con la impedancia de Lopicque como carga. Realizar las siguientes medidas:
 - a) Estimar la corriente que circula por la impedancia de Lopicque.
 - b) Relevar la caída de tensión en la impedancia de Lopicque utilizando el osciloscopio digital o el Analog Discovery ¿Dónde conecta las puntas del osciloscopio para realizar esta medida?
 - c) Exportar los datos del osciloscopio digital. **Tenga cuidado con la escala de tiempos utilizada, ya que la misma debe ser acorde para visualizar los eventos a estudiar.**
 - d) Retire la impedancia de Lopicque y coloque la bioimpedancia en buen estado. Realice los pasos a), b), c) y d) conectando los electrodos a 1 cm de distancia
 - e) Repita el paso d) a una distancia de 5 cm
 - f) Repita el paso d) y e) con la bioimpedancia en mal estado
2. Realice la tarea 5.2.1 con la fuente de Howland. Debería terminar la toma de datos con 10 archivos

5.3 Tarea 3 – Obtención de constantes del modelo de Lopicque

1. Use los archivos adquiridos en la tarea 2 y una PC con una herramienta de programación como *Matlab*, *Octave* o *Python* para las siguientes tareas:

- a) Grafique la tensión en la bioimpedancia en función del tiempo, para cada una de las tres impedancias analizadas (impedancia de Lopicque y ambas bioimpedancias)
 - b) Identifique en las gráficas las tensiones V_{zo} y V_{zf} para cada impedancia analizada.
 - c) Mediante herramientas de ajuste de datos (curve fitting) obtenga los parámetros del modelo de Lopicque para cada impedancia. Defina claramente los criterios utilizados para obtener los parámetros.
 - d) Con los parámetros obtenidos, grafique la respuesta en frecuencia de los diez modelos de impedancia obtenidos mediante la función de transferencia.
2. Análisis de los datos obtenidos
- a) Con los valores conocidos de la impedancia de Lopicque y los valores obtenidos en las fuentes de corriente conteste:
 - ¿Qué tanto variaron los datos?
 - ¿Qué fuente de corriente entregó los valores más aproximados al modelo? ¿A qué cree que se debe este comportamiento?
 - b) Compare los datos de las bioimpedancias sana y en mal estado medidas con sus respectivas fuentes y conteste:
 - ¿A qué se debe este comportamiento entre las bioimpedancias?
 - ¿Cómo afecta la distancia de los electrodos en las medidas de bioimpedancia?
 - c) Compare los datos de la bioimpedancia sana e indique las diferencias que observa entre las fuentes utilizadas
 - d) Compare los datos de la bioimpedancia en mal estado e indique las diferencias que observa entre las fuentes utilizadas

6 ENTREGAS

El práctico se desarrollará en el Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB) – Piso 15 Hospital de Clínicas. Algunos materiales serán brindados por el NIB, en caso de necesitar materiales extra será responsabilidad de cada grupo adquirirlos. Los materiales entregados por el NIB son responsabilidad del grupo de estudiantes, estos serán entregados con previo acuerdo y deberán devolverse en las mismas condiciones.

La parte del pre-informe se realizará en grupos, por lo tanto, las decisiones de diseño y la implementación de los circuitos serán iguales para los miembros del grupo. Por otra parte el procesamiento de los datos al igual que el informe se espera que sea de carácter individual.

Para el pre-informe cada grupo de estudiantes debe realizar un trabajo escrito que cubra todas las tareas de la sección 5.1. El grupo de estudiantes tendrá hasta 7 días calendario a partir de la publicación de la letra para entregar el pre-informe en la plataforma EVA. **Cuando el pre-informe se entregue se habilitará el inicio de la parte experimental presencial** para el armado de los circuitos y la toma de medidas.

Cada estudiante tendrá 7 días calendario desde la fecha límite de entrega del pre-informe **para entregar su informe**. En el informe se deben completar las tareas y detallar todos los componentes utilizados y los cálculos efectuados con la justificación correspondiente siguiendo el template y el reglamento de entregas [5].

Las fechas importantes son:

- **Entrega de la letra:** 18 de octubre del 2024
- **Entrega límite del pre-informe:** 27 de octubre del 2024 hasta las 23:59
- **Entrega límite del informe:** 3 de noviembre de 2024 hasta las 23:59

7 REFERENCIAS

- [1] Simini, Franco, and Pedro Bertemes-Filho, “Bioimpedance in biomedical applications and research”. Springer, 2018.
- [2] Ivorra, Antoni, “Aplicaciones Biomédicas de la Microelectrónica – Bioimpedancia eléctrica”, 2004.
- [3] M. David, O. Amran, R. Simhi, and F. Simini, “Time-Domain Electrical Impedance Tomography by Numerical Analysis of the Step Response” 2021
- [4] O. Aguilera, O. Bayona, D. Miranda “Criterios de diseño de la fuente de corriente Howland” *Revista UIS Ingenierías* 6.1 (2007): 59-68.
- [5] NIB “Template de entregas”, 2024.