

# Amplificadores de instrumentación

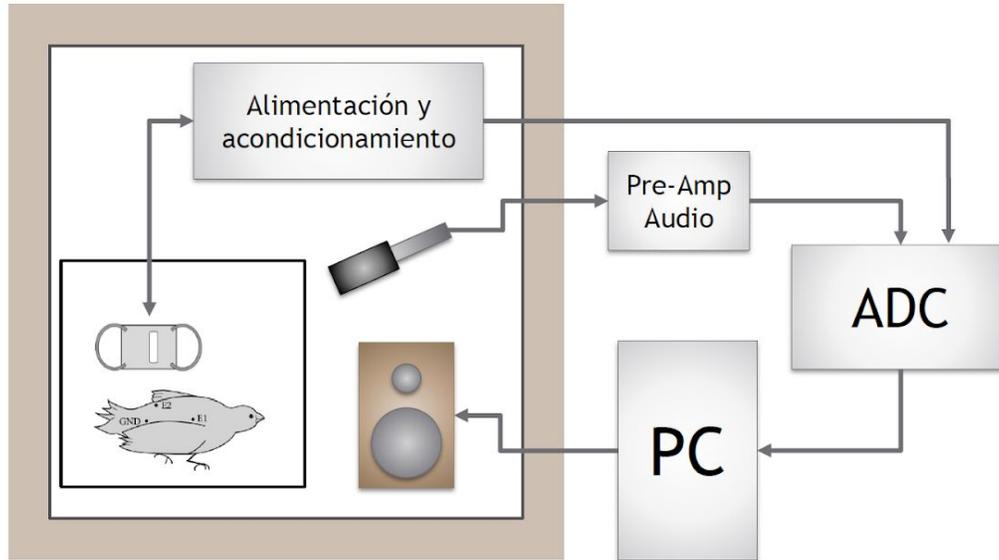
Gonzalo Uribarri

Laboratorio de Sistemas Dinámicos, Departamento de Física, FCEyN, UBA

En el Laboratorio de Sistemas Dinámicos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires estudiamos los mecanismos de producción vocal en aves y en humanos. Con este fin, no sólo proponemos modelos matemáticos que permitan explicar estos mecanismos, sino que también realizamos experimentos donde se miden las variables fisiológicas involucradas. Estas mediciones se realizan tanto en las áreas del sistema nervioso involucradas en procesar la información y generar las instrucciones relacionadas al canto, así como también en los sistemas de la periferia que se encargan de ejecutarlo. Por ende las señales que se adquieren varían desde actividad muscular, ritmo cardíaco y presión, hasta actividad neuronal promedio (LFP) y de neuronas individuales (Multi-unit) [1] [2].

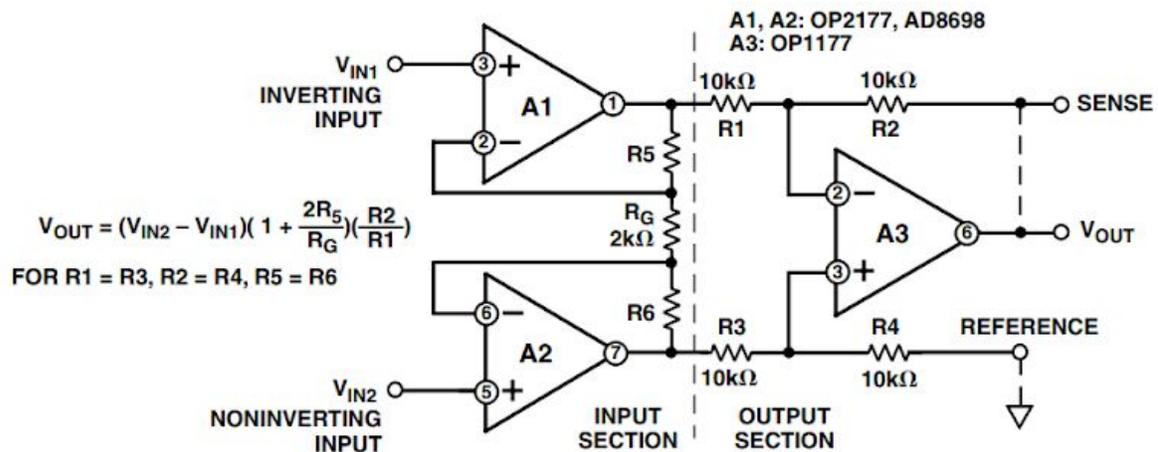
La medición de señales en sistemas biológicos representa un desafío desde el punto de vista técnico. Por un lado, las variables fisiológicas de interés suelen ser señales de baja intensidad inmersas en entornos naturalmente ruidosos. Por otro lado, se busca interferir lo mínimo posible en el sistema, siendo preciso utilizar componentes electrónicos con características particulares. Estas características por lo general imponen limitaciones en el peso, el tamaño y la tensión de trabajo de los dispositivos. Es por esto que, gracias los avances en la electrónica disponible para realizarlas, la adquisición de señales biológicas mejoró de manera notable en las últimas décadas.

En particular, en nuestro laboratorio se realizan experimentos donde se miden dos señales fisiológicas al mismo tiempo que es preciso pre-amplificar antes de enviar hacia la placa de adquisición. Esto se debe a que, por ejemplo, la señal eléctrica sin amplificación de un músculo en un Diamantes Mandarin sería indistinguible del ruido generado por el movimiento del cable, algo habitual ya que los animales deben poder moverse libremente dentro de las jaulas mientras se llevan a cabo las mediciones. El peso de la electrónica para realizar esta etapa de preamplificación debe poder ser cargado por el animal que, en el caso de un espécimen de la especie mencionada, pesa aproximadamente 12 gramos. Un esquema del setup típico de medición de actividad muscular se presenta en la Figura 1. Para implementar la etapa de preamplificación se utilizan integrados AD620, un tipo de amplificador de instrumentación de bajos costo que se consigue en formato SOIC de 8 patas.



**Figura 1** : Setup para un experimento de medición de actividad muscular en el laboratorio. La etapa de preamplificación de la señal sucede en la ‘mochila’ que lleva el ave.

Los amplificadores de instrumentación presentan varias ventajas frente a otros circuitos de amplificación a la hora de adquirir señales biológicas. De hecho, en las primeras etapas de desarrollo de estos instrumentos, se solía referir a ellos como “amplificadores biológicos”. Los primeros en estudiar circuitos con Feedback negativo en los años 30s fueron Harold Black, Harry Nyquist y Hendrick Bode [3]. Por el mismo tiempo, Otto Schimdt comenzaba a trabajar en configuración amplificadores en configuración diferencia [3]. En esta época los dispositivos de amplificación utilizados eran válvulas o triodos, por lo cual estos circuitos trabajaban con tensiones muy altas, del orden de los 100 voltios, y eran de gran tamaño. Luego en los años 50s y 60s se desarrollan y comercializan los primeros transistores, lo cual permite reducir drásticamente el tamaño y la tensión de trabajo de estos dispositivos. Ya para el año 1968 aparece el amplificador de instrumentación Model 601 de Analog Devices, el cual poseía un tamaño (4x4x1,5 cm) y características de trabajo similares a las que presentan hoy estos dispositivos. Hoy en día existe una amplia gama de amplificadores de instrumentación que se encuentran disponibles comercialmente a un bajo costo y en diversos formatos de encapsulado, como pueden ser el AD620 (10 USD) y el INA827(17 USD).



**Figura 2 :** Esquema eléctrico de un amplificador de instrumentación y expresión de la tensión de salida en función de la de entrada. Tomada de [4].

La arquitectura típica de un amplificador de instrumentación moderno es la que se presenta en la figura 2. En este circuito hay dos operacionales que funcionan con 'Buffers' de la señal de entrada de un tercer operacional, el cual se encuentra configurado como un amplificador diferencial. Lo particular de esta configuración es que los lazos de realimentación negativa en los operacionales de entrada se encuentran unidos a través de la resistencia  $R_G$ , lo cual incrementa el valor de ganancia del modo diferencial, dejando el valor de ganancia del modo común igual a 1. Esto quiere decir que es capaz de amplificar la señal deseada (modo diferencial), sin amplificar el ruido que llega a ambas terminales de entrada (modo común). Las principales características principales de estos dispositivos son:

- Alto rechazo al modo común (CMMR)
- Alta Impedancia de entrada
- Alta ganancia en modo circuito abierto
- Bajo DC offset

Es por estas características que los amplificadores de instrumentación resultan ideales para amplificar señales débiles en entornos ruidosos.

## Referencias:

- [1] Döppler, Juan F., et al. "Gating related activity in a syringeal muscle allows the reconstruction of zebra finches songs." *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* 28.7 (2018): 075517.
- [2] Boari, Santiago, et al. "Observable for a Large System of Globally Coupled Excitable Units." *Mathematical and Computational Applications* 24.2 (2019): 37.
- [3] Jung, Walt. *Op Amp applications handbook*. Newnes, 2005.
- [4] Kitchin, Charles, and Lew Counts. *A designer's guide to instrumentation amplifiers*. Analog Devices, 2004.