

# Sistema amplificador configurable para la adquisición de bioseñales

Julia Aragüés Aldea, Belén Calvo López, Nicolás Medrano Marqués

Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GEPM)  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.  
Tel. +34-876553427, e-mail: [816050@unizar.es](mailto:816050@unizar.es)

## Resumen

El objetivo de este trabajo es el diseño y caracterización de una etapa de pre-acondicionado para la adquisición de biopotenciales (ECG, EEG, EMG). Se emplearán componentes comerciales para obtener un sistema microcontrolado compatible con alimentación con batería, con ganancia configurable para optimizar la adquisición de cada señal.

## Introducción

La importancia de los biopotenciales es indiscutible, por lo que resulta fundamental disponer de un sistema adecuado que permita su correcta adquisición, especialmente en el escenario actual de monitorización portátil [1].

Un biopotencial es un impulso eléctrico generado como resultado de la actividad electroquímica de algunas células conocidas como células excitables [2]. Dentro de estos biopotenciales, distinguimos tres señales fundamentales, como son las provenientes del encéfalo (electroencefalograma, EEG), corazón (electrocardiograma, ECG) o músculos (electromiograma, EMG). Todas estas señales, desde el punto de vista de la instrumentación electrónica necesaria, comparten dos características comunes: son señales de baja amplitud y frecuencia. La Tabla 1 muestra valores aproximados de los rangos de amplitud y frecuencia según el biopotencial [2].

Al tratarse de señales de muy baja amplitud, para su correcta adquisición es necesaria una etapa de pre-acondicionado de ganancia elevada y con características de bajo ruido para recuperar la información mejorando la relación señal-a-ruido.

## Preamplificador propuesto

La etapa propuesta, cuyo esquema se muestra en la Fig. 1, está formada por un amplificador de instrumentación (AI) de ganancia programable, configurable mediante un potenciómetro digital.

En base al compromiso entre altas prestaciones, bajo ruido, bajo consumo y tensión de alimentación única compatible con baterías se seleccionan el AI AD627 [3] y el potenciómetro MAX5414 [4].

El potenciómetro MAX5414 cuenta con 256 valores discretos (8 bits) de resistencia entre 0 y 50 k $\Omega$  e incluye 2 potenciómetros idénticos, A y B, en el mismo circuito integrado [4]. Su manejo se lleva a cabo con un microcontrolador Arduino Nano RP2040 que proporciona la alimentación adecuada (3,3 V), selecciona el potenciómetro A o B y programa el valor de resistencia deseado. La medida automática, mediante el multímetro digital 34461A modo óhmetro, muestra una variación lineal de los 256 valores posibles de resistencia, pero con un valor mínimo de 520  $\Omega$  y uno máximo de 37 k $\Omega$ , tanto en A como en B. Los valores resistivos se mantienen constantes en un rango de frecuencia hasta 10kHz con un error inferior a 0,1%.

El AI AD627, dentro de los AIs considerados que cumplen especificaciones, es el que proporciona menor consumo (corriente estática < 85  $\mu$ A). Destaca su ganancia ajustable (de 5 a 1000) a través de una única resistencia externa  $R_G$  de acuerdo con la ecuación  $G=5+200k\Omega/R_G$ , su carácter rail-to-rail, bajo ruido, alto CMRR y su baja tensión de offset. La tensión de alimentación del AI se fija a 5 V, de forma que el modo común, tanto en entrada como en salida (en este caso fijado mediante  $V_{REF}$ ) es  $V_{cm} = 2.5$  V. Las características experimentales del AI con ganancia configurable mediante potenciómetro digital actuando como  $R_G$  se muestran en la Tabla 2.

## Resultados

Para validar el correcto funcionamiento de la etapa implementada se considera una señal EEG, procedente de la base de datos *EEG Motor Movement/Imagery Dataset* [5]. Consideramos un único canal, que se suministra mediante una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) que proporciona un

valor de tensión cada  $6,25 \mu\text{s}$ . Esta señal se atenúa, mediante un divisor resistivo en un factor 50 hasta alcanzar los valores típicos ( $< \text{mV}$ ) de señal EEG, y se introduce haciendo uso de un condensador de acoplo. La ganancia de la etapa se fija a 200. La Fig. 2 muestra una captura del osciloscopio DPO 4104 con 3 señales: la salida de la DAQ (amarillo, canal EEG en crudo), la entrada  $V_{in}^+$  (azul, señal atenuada) y la señal recuperada, medida a la salida del AI,  $V_{out}$  (verde). Se puede observar que la etapa opera correctamente tal y como se esperaba.

## Conclusiones

Se ha implementado una primera etapa preamplificadora con características de baja tensión bajo consumo que permite recuperar correctamente un biopotencial. El siguiente paso para tener un sistema completo versátil de acondicionamiento de bioseñales supondría añadir una segunda etapa, también configurable, de amplificado-filtrado.

Tabla 1. Características eléctricas de biopotenciales comunes

Biopotencial	Amplitud	Frecuencia
EEG	5-300 $\mu\text{V}$	DC-150 Hz
ECG	0,5-4 mV	0,01-250 Hz
EMG	0,1-5 mV	DC-10 kHz

Tabla 2. Caracterización del AI con  $R_G=R_{pot}$

Parámetro	Valor
Ganancia	$G=4,45 - 211,75 \text{ k}\Omega/R_{pot}$
GBW	410 kHz
Consumo	99 $\mu\text{A}$
Slew rate	+0,06 V/ $\mu\text{s}$ , -0,09 V/ $\mu\text{s}$
Settling time	80 $\mu\text{s}$

## REFERENCIAS

- [1]. Analog Devices Technical Article MS-2178, "Discussion Between CareFusion and Analog Devices: Optimizing Performance and Lowering Power in an EEG Amplifier", by Bill Kolasa, CareFusion, Harry Holt and Matt Duff, Analog Devices, Inc.
- [2]. John W. Clark Jr et al. Medical Instrumentation Application and Design. John Wiley & Sons, INC, 2010.
- [3]. Hoja de especificaciones del MAX5414. Jun. de 2024. URL: <https://www.analog.com/media/cn/technical-documentation/data-sheets/2479.pdf>
- [4]. Hoja de especificaciones del AI AD627. Mayo de 2024. URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD627.pdf>
- [5]. Base de datos del EGG. Junio de 2024. URL: <https://physionet.org/content/eggmidb/1.0.0/>

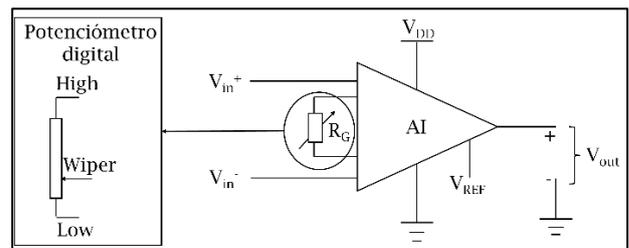


Figura 1. Esquema de la etapa de pre-acondicionado

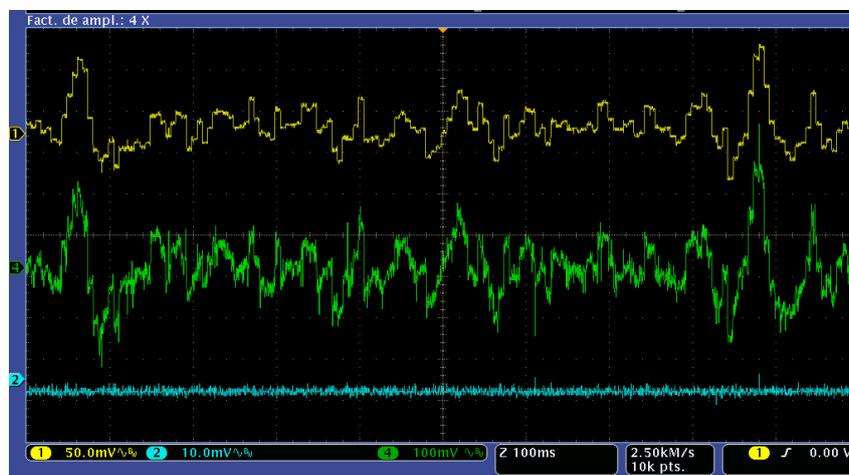


Imagen 2. Captura de las señales medidas