

# Desarrollo de un circuito integrado para mediciones de electrocardiografía (ECG)

Emanuel Villa Fernandez, Pablo Gardella, Mathías Angélico, Eduardo Baez, Juan Cesaretti

**Diseño y fabricación de un sistema electrocardiógrafo en un proceso de 0,5  $\mu\text{m}$ . El sistema está compuesto por un amplificador instrumental choppeado y con una realimentación del modo común a través del sujeto bajo medición, un ADC  $\Sigma\Delta$  de segundo orden, etapas de procesamiento digital y una interfaz de comunicación.**

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un sistema de medición de señales ECG [1] en un circuito integrado diseñado totalmente por alumnos de la universidad a lo largo de varios años, en el marco de materias de Microelectrónica correspondientes al 4° año del plan de estudios.

El sistema consiste en un amplificador de instrumentación choppeado con monitoreo de modo común y un lazo de realimentación a través del cuerpo [2]. Entre los demás bloques funcionales que se presentan en la Figura 1 se destaca un convertor analógico digital de  $\Sigma\Delta$  de segundo orden, que será el motivo de estudio en este trabajo, una etapa decimadora, una de procesamiento digital y una interfaz de comunicación SPI.

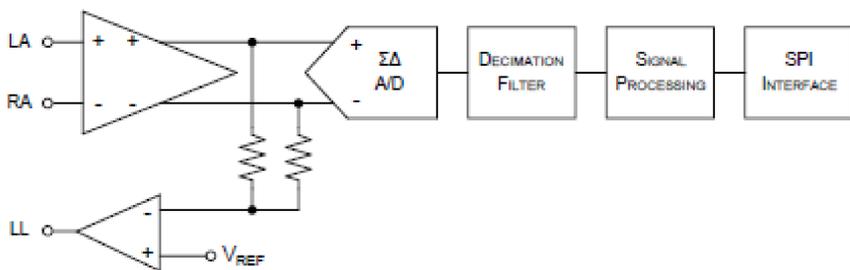


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema de medición ECG.

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Las características de una señal ECG deben ser bien entendidas para el diseño del circuito integrado. En las siguientes figuras se presenta una señal ECG y una microfotografía del die de silicio fabricado.

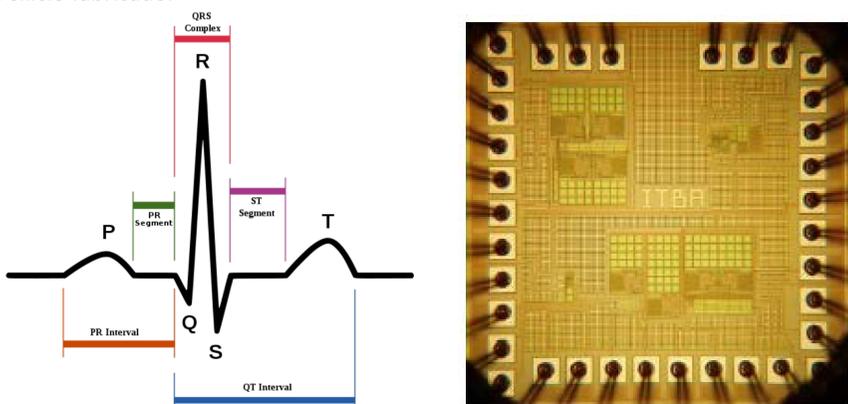


Figura 2: Representación simplificada de una señal ECG y microfotografía del die fabricado

Un convertor  $\Sigma\Delta$  de segundo orden (MOD2) fue desarrollado para convertir la señal ECG preamplificada en el dominio digital. Se eligió MOD2 frente a MOD1 porque la Noise Transfer Function del MOD2 tiene una pendiente de -40dB/dec en bajas frecuencias y requiere menor  $f_s$  para mismo SQNR comparado con MOD1. La siguiente figura ilustra su circuito esquemático.

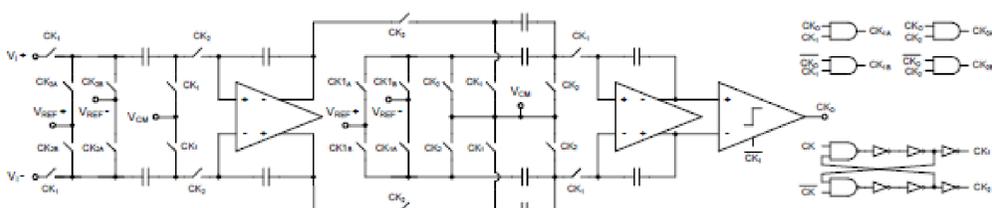


Figura 3: Representación esquemática del ADC  $\Sigma\Delta$  (MOD2).

El convertor  $\Sigma\Delta$  está compuesto por el siguiente esquemático:

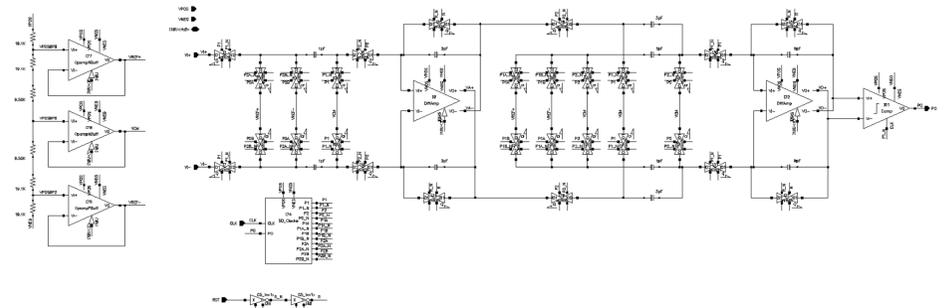


Figura 4: Circuito esquemático del convertor  $\Sigma\Delta$ .

En cuanto a los amplificadores operacionales que se utilizan en el convertor, están implementados cada uno de la siguiente forma:

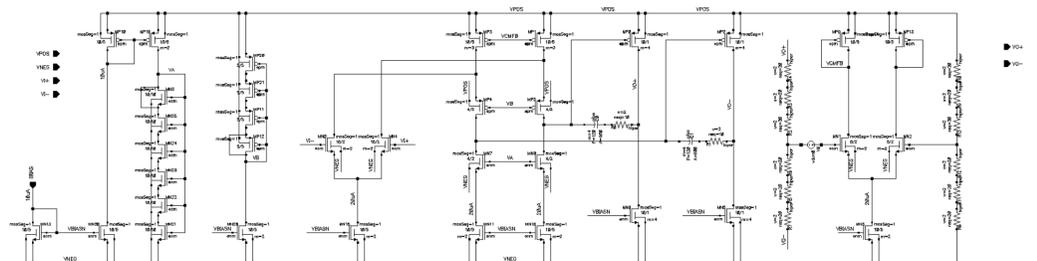


Figura 5: Circuito esquemático de los amplificadores operacionales.

## MEDICIONES

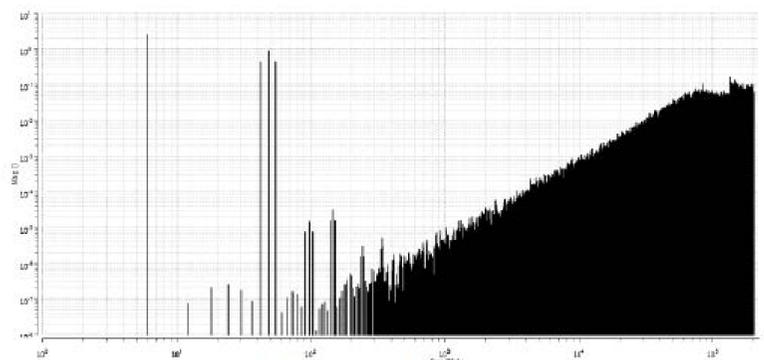


Figura 6: Espectro de salida del convertor  $\Sigma\Delta$ .

## CONCLUSIONES

Un sistema microelectrónico para capturar señales electrocardíacas fue presentado. Su desarrollo sirve como una herramienta didáctica para alumnos de la carrera. Las mediciones hechas sobre el silicio demuestran resultados prometedores para poder alcanzar la implementación completa del sistema.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer especialmente la colaboración de los siguientes alumnos en el desarrollo de este y otros proyectos: F. Beraldo, P. Fogantini, A. Mancino, M. Pretel, A. Tablón, S. Corrado, B. Mira, D. Szlain and M. Padin.

## Referencias

- [1] M. K. Delano, "A Long Term Wearable Electrocardiogram (ECG) Measurement System" M.S. thesis, Dept. Elect. Eng. & Comp. Sci., MIT, Cambridge, MA, 2012.
- [2] J. J. Bailey, A. S. Berson, A. Garson, Jr, L. G. Horan, P. W. Macfarlane, D. W. Mortara, C. Zywiets, "Recommendations for standardization and specifications in automated electrocardiography". *Circulation*, vol. 81, no. 2, pp. 730-739, Feb. 1990.