

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

LABORATORIO FILTRADO ADAPTATIVO 2026

Objetivos:

Una vez finalizado el laboratorio, usted deberá conocer el potencial y practicidad de la implementación de un sistema de filtrado variable en el tiempo, es decir, el diseño y aplicación de filtros que se adaptan en el tiempo para una finalidad específica. Deberá conocer sobre cómo se diseñan, su trasfondo teórico y cómo se implementan en un dispositivo de procesamiento de señales de bajo costo, desde el proceso de conversión A/D, teoría de muestreo y conversión D/A. Además, deberá probarlo y evaluar su desempeño en tiempo real y en el dominio de la frecuencia utilizando para ello señales analógicas reales provenientes de generadores de funciones y circuitos operacionales, y para su análisis hará uso de osciloscopios digitales.

Elementos necesarios para el laboratorio:

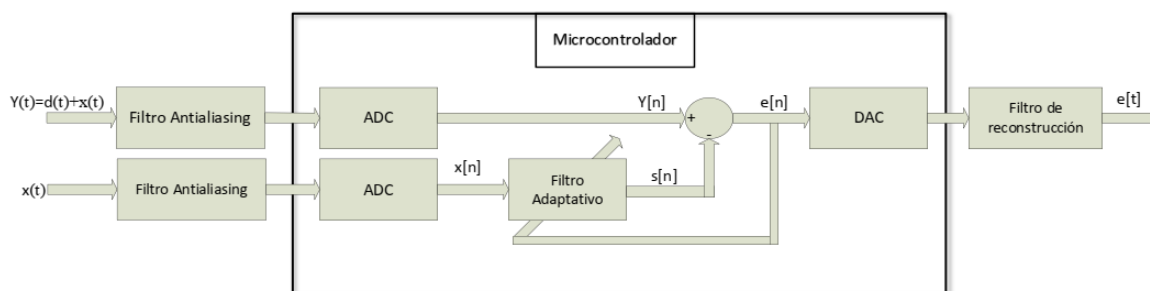
- Fuente de alimentación partida (+/- 10 voltios).
- Generador de funciones digital de dos canales.
- Osciloscopio digital con dos canales y 2 puntas.
- Procesador digital de señales del modelo ESP32 o Arduino DUE.
- Amplificadores operacionales (tipo LM324).
- Resistencias y capacitores a determinar.
- Protoboard y cables.

Antes de empezar, **responda** las siguientes preguntas:

1. ¿De qué depende la velocidad de convergencia de un filtro adaptativo y qué riesgo se corre cuando queremos que esta velocidad sea muy rápida?
2. En un sistema de muestreo como el involucrado en este laboratorio, ¿Qué funciones cumplen el filtro antialiasing y el filtro de reconstrucción?
3. El conversor A/D y D/A utilizado en este laboratorio ¿Tiene filtro antialiasing y de reconstrucción?

Sistema de cancelación de ruido.

El sistema de filtrado adaptativo a diseñar se encargará de eliminar todo tipo de ruidos que se encuentren sumados a una señal deseada. Para esto, definiremos como señal deseada a una onda senoial $x(t)$ y una señal de ruido $d(t)$. La salida del sistema será la señal de error $e(t)$, la cual deberá ser una aproximación a la señal $x(t)$. El sistema funcionará a una frecuencia de muestreo " F_s " que el grupo considere oportuna para manejar las frecuencias de las señales de entrada, las cuales a su vez deberán caer dentro del ancho de banda de los operacionales de entrada (el circuito sumador). La implementación esquemática será la siguiente:

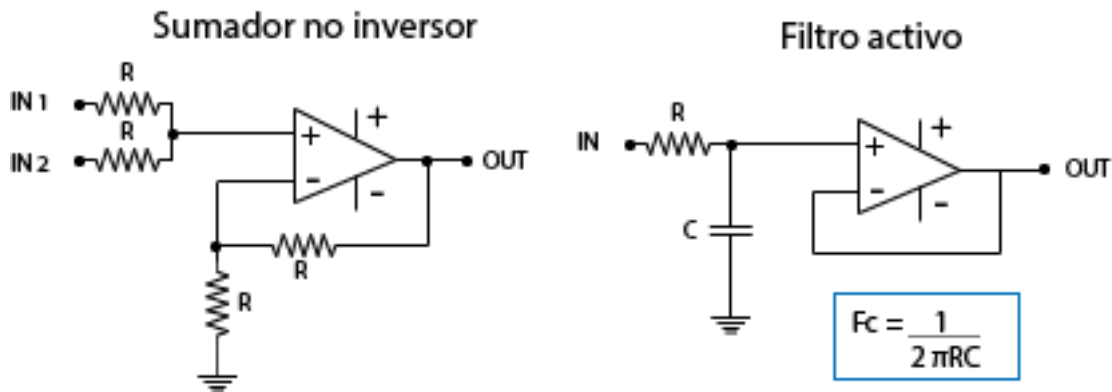


Actividad 1: Diseño de filtros antialiasig, reconstrucción y sumador:

Utilizando el protoboard y los amplificadores operacionales (hoja de dato anexada a la consigna), diseñe lo siguiente:

1. Filtro antialiasing de frecuencia de corte acorde a la frecuencia de muestreo.
2. Filtro de reconstrucción para la salida del sistema.
3. Sumador analógico que permita sumar la señal $x(t)$ con el ruido $d(t)$, dando como resultado $y(t)$. Tener en cuenta que $y(t)$ tenga valor medio nulo. Probar el circuito una vez implementado.
4. Grafique la respuesta en frecuencia de ambos filtros y anéxela al informe.

Como referencia, un circuito sumador con operacional se muestra en la siguiente figura. Este sumador recibe 2 señales analógicas independientes en sus entradas y a la salida se obtiene la suma de ambas. Tener en cuenta que la salida el sumador debe estar acorde a los valores de amplitud pico a pico y offset que tolera el A/D para no quemar esta entrada.



Actividad 2: Programación del filtro adaptativo:

En base al código base provisto por la cátedra, adaptarlo a su plataforma física para poder implementar el filtro adaptativo. Una vez verificado el funcionamiento del sistema, realizar los siguientes ensayos:

- 1) Ingresar al sistema con una señal senoidal $x(t)$ como señal deseada y como ruido otra señal senoidal de diferente frecuencia ($d(t)$). Analizar ambas señales en el osciloscopio y verificar si la cancelación de ruido funciona.
- 2) Idear una estrategia para demostrar el funcionamiento del filtro en tiempo real y exponer los resultados para la clase.
- 3) ¿Qué rango de valores del paso de adaptación son los ideales para el sistema? ¿Hay valores para los cuales el filtro se torna inestable?

Actividad 3: Tiempos de cálculo del procesador y convergencia del algoritmo:

En el código implementado, idee una forma de poder evaluar el tiempo de cálculo del procesador, entre que una muestra ingresa al algoritmo adaptativo y sale. Para esto puede asignar un pin de salida como flag.

En base a esto, responda:

- 1) ¿Cuánto tiempo tarda el procesador en calcular todos los coeficientes del filtro?
- 2) Agregue una captura de pantalla del osciloscopio donde muestre este tiempo a partir del pin asignado como flag.