

*Nacir Santiago Almonte Vasquez*

*2022-0707*

*Electiva*

*Carlos Pichardo*

*Tarea #3*

# Filtro antialiasing y teoría del muestreo

## ¿Qué es un filtro antialiasing?

Un filtro antialiasing es, en esencia, un pasa-bajos colocado antes de muestrear una señal con un ADC. Su misión es debilitar o eliminar las componentes por encima del rango útil para que, al digitalizar, no aparezcan frecuencias falsas (alias).

## Teorema de Nyquist-Shannon

Para que una señal analógica pueda reconstruirse sin pérdida, la frecuencia de muestreo ( $f_s$ ) debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima presente en la señal ( $f_{max}$ ). Si esta condición se incumple, las componentes altas se pliegan sobre el espectro y generan aliasing.

$$f_s \geq 2f_{max}$$

## ¿Por qué se usa el filtro?

- Corta lo que esté por encima de  $f_s/2$  (frecuencia de Nyquist) antes de entrar al ADC.
- Protege la etapa A/D frente a señales indeseadas de alta frecuencia.
- Reduce ruido fuera de banda y mejora la calidad de reconstrucción.
- Asegura el cumplimiento práctico del teorema de Nyquist.

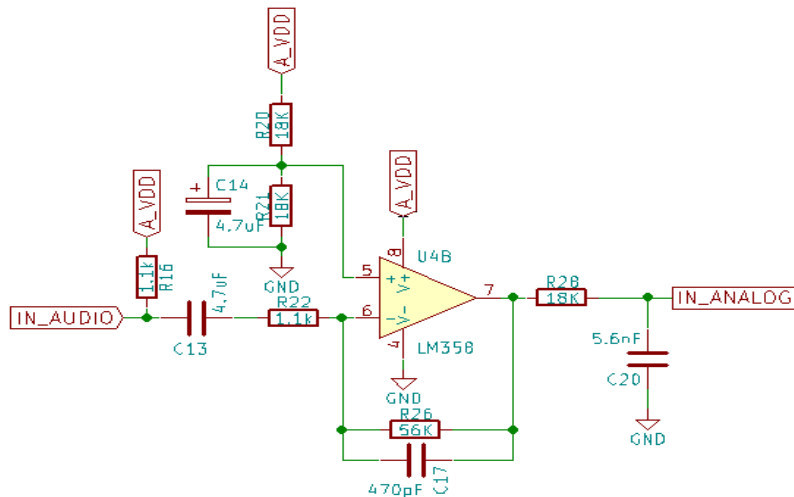
## Tipos de filtros antialiasing

- Analógicos (previos al ADC)
- Usualmente RC pasivos o activos (op-amps).
- Se ajustan con una  $f_c$  ligeramente por debajo de  $f_s/2$ .
- Ejemplo: si  $f_s = 20$  kHz, se puede diseñar un corte en torno a 9–9.5 kHz para tener margen.
- Digitales (post-muestreo).
- Afinan el rechazo fuera de banda mediante DSP.
- No sustituyen al analógico: lo complementan para un resultado más limpio.

## Aplicaciones típicas

- Audio y adquisición de datos (DAQ) en instrumentación.
- Sensores analógicos conectados a MCUs o FPGAs.
- Osciloscopios y tarjetas de captura.
- Comunicaciones y sistemas de modulación.
- 

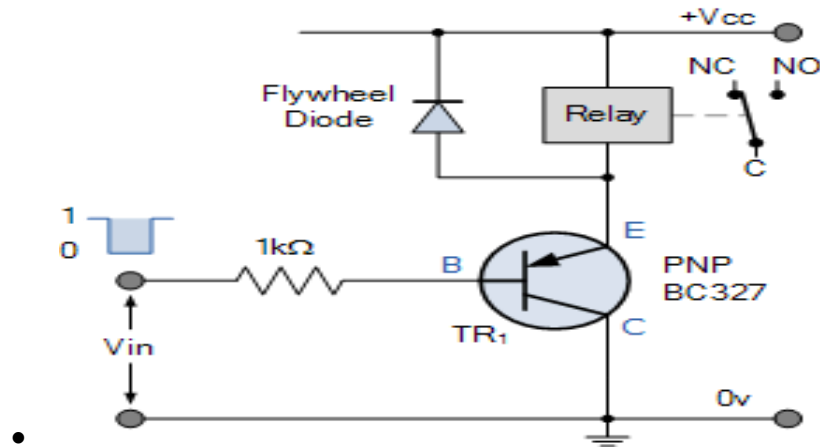
### Esquemático



## Entradas PNP en PLC

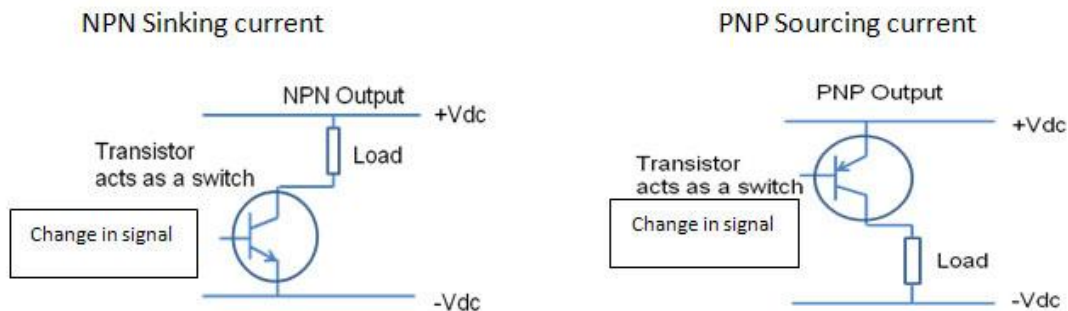
Las entradas PNP (también llamadas sourcing) se activan cuando la entrada recibe +24 V desde el sensor. El COM del módulo de entradas se une al negativo (GND) del sistema.

- El PLC lee “1” cuando el sensor entrega +24 V a la entrada y “0” cuando no hay entrega.
- Compatibles con la gran mayoría de sensores industriales: proximidad, finales de carrera, fotoeléctricos, etc.
- La corriente fluye del positivo → sensor activo → entrada PLC → GND.
- Ventajas: robustez ante ruido, menos activaciones falsas por contacto a tierra, y alta adopción en Europa y LatAm.
- Importante: no combinar directamente con sensores NPN.



## Salidas PNP

Las salidas PNP (sourcing) entregan +24 V a la carga cuando se activan. La otra terminal de la carga va a GND. Se consideran seguras frente a cortos a tierra y muy comunes en América/Europa.



## Entrada analógica 0–10 V

Entrada que mide un voltaje continuo entre 0 y 10 V. El ADC del PLC convierte ese valor en un número digital proporcional. Permite leer temperatura, presión, posición, velocidad (según el sensor). La resolución depende del n° de bits del ADC.

## Salida analógica 0–10 V

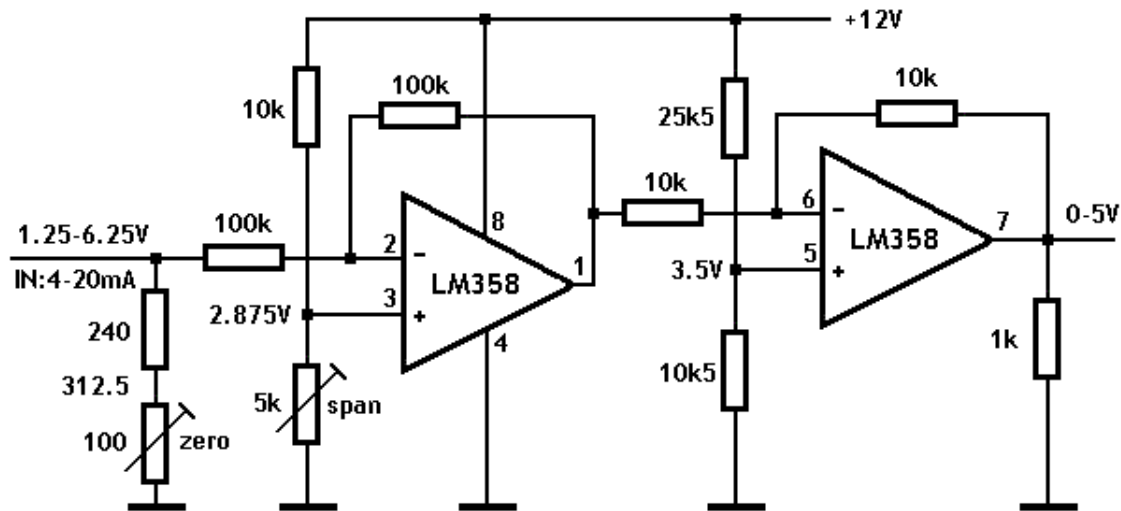
Entrega una señal continua entre 0 y 10 V para controlar dispositivos analógicos. Usos: variadores de frecuencia, válvulas proporcionales, control de iluminación, etc. La tensión de salida representa la magnitud que gobierna el equipo.

## Entrada 4–20 mA

Estándar industrial donde 4 mA es el mínimo de escala y 20 mA el máximo. Ventajas: inmunidad al ruido y distancias largas sin degradación notable. Muy usada en instrumentación y procesos.

## Salida 4–20 mA

Proporciona una corriente proporcional entre 4 y 20 mA hacia instrumentos como válvulas, indicadores o controladores remotos. A diferencia del voltaje, la medición en corriente no sufre por caídas de cable significativas. Estándar robusto para señales analógicas.

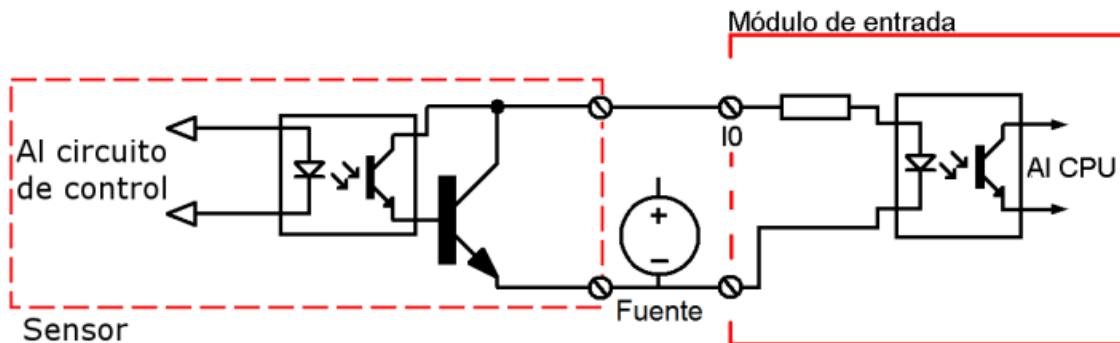
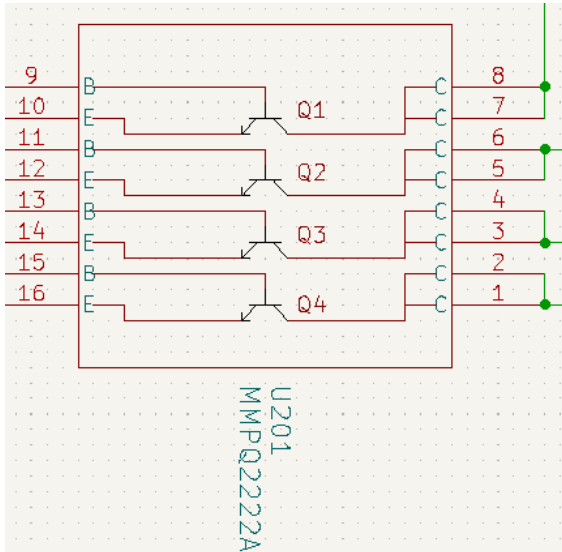


## Entradas NPN

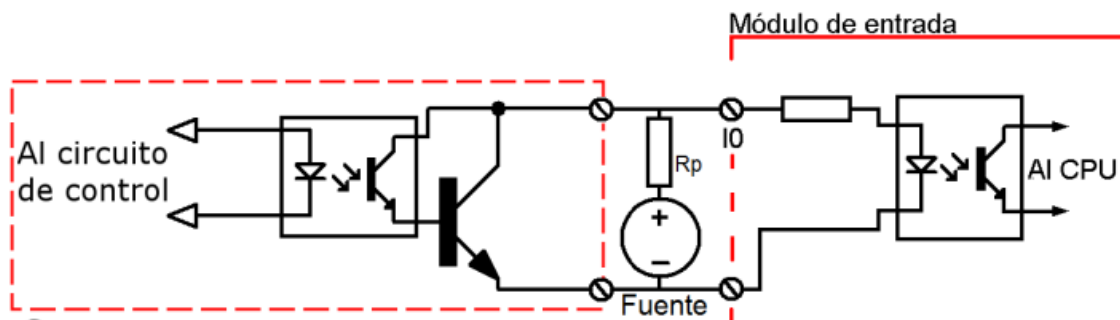
Entradas sink (de tipo negativo): se activan cuando el dispositivo conduce a 0 V. El COM del módulo se conecta al +24 V. Más habituales en equipos asiáticos.

## Salidas NPN

Funcionan como conmutadores a tierra: al activarse, conectan la carga a GND. La otra terminal de la carga va a +24 V. Útiles cuando el ecosistema de sensores/actuadores es NPN.



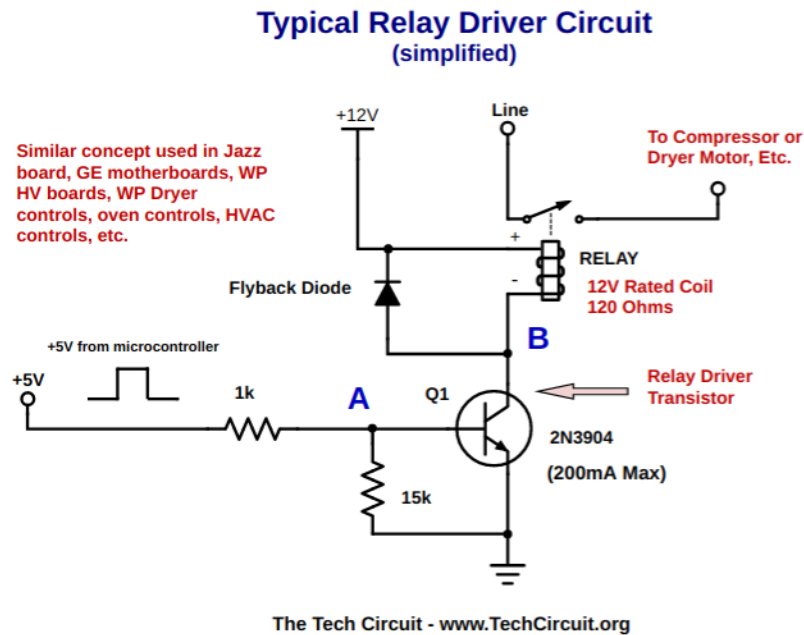
Conección de un sensor NPN a un módulo NPN



Conexión de un sensor NPN a un módulo NPN y resistencia de pull-up

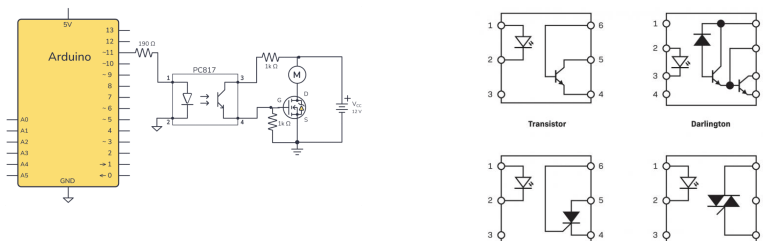
## Driver para relé (Relay Driver)

Etapas que permiten operar un relé con señales de baja potencia de un PLC o microcontrolador. Suele incluir transistor, diodo flyback y el propio relé. Aplicaciones: manejo de motores, lámparas o cargas de alta corriente.



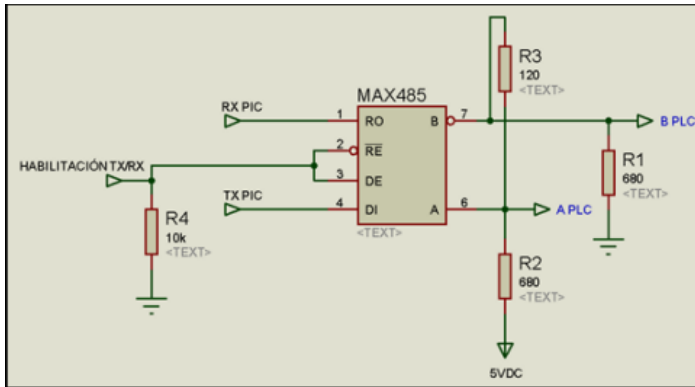
## Entrada digital con optoacoplador

Usa un optoacoplador (LED + fototransistor) para lograr aislamiento galvánico. Protege frente a picos y ruido eléctrico. Ideal para leer botones, sensores y señales 0/1 manteniendo seguro el sistema de control.



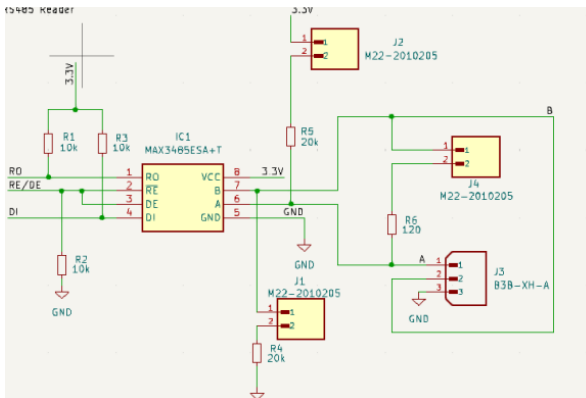
## Interfaz RS-485

Estándar serial diferencial y balanceado (líneas A/B) para largas distancias (del orden de centenas de metros). Soporta topologías multipunto y esquemas maestro-esclavo. Muy resistente al ruido. Protocolos típicos: Modbus RTU, entre otros.



## Protocolo Modbus en ESP32

Modbus es un protocolo simple y robusto para intercambio de datos en automatización. En ESP32 se puede implementar sobre RS-485 o TCP/IP. Permite leer/escribir registros (entradas/salidas digitales y analógicas) y hablar con PLCs, sensores o SCADA.





## Medición de corriente AC con CT e ICs (I<sup>2</sup>C/SPI)

Los transformadores de corriente (CT) miden corriente alterna sin conexión directa a la línea de potencia. Existen integrados de medición (p. ej., familias ADE o INA) capaces de estimar corriente, voltaje, potencia y energía. Con interfaces I<sup>2</sup>C o SPI, su integración con MCUs (como el ESP32) es sencilla. Uso clave en monitoreo energético y eficiencia.

### Notas finales

- Mantener la coherencia entre el tipo de sensor (PNP/NPN) y el tipo de entrada/salida del PLC evita errores de cableado.
- En señales analógicas, elegir entre 0–10 V o 4–20 mA según distancia, ruido y características del equipo.
- En adquisición de señales, combinar filtro antialiasing (analógico) con técnicas DSP (digital) ofrece resultados superiores.

