



**Nombre**

Lowenkis Daniel Garcia Ramirez

**Materia**

Electiva (Diseño mecatrónico)

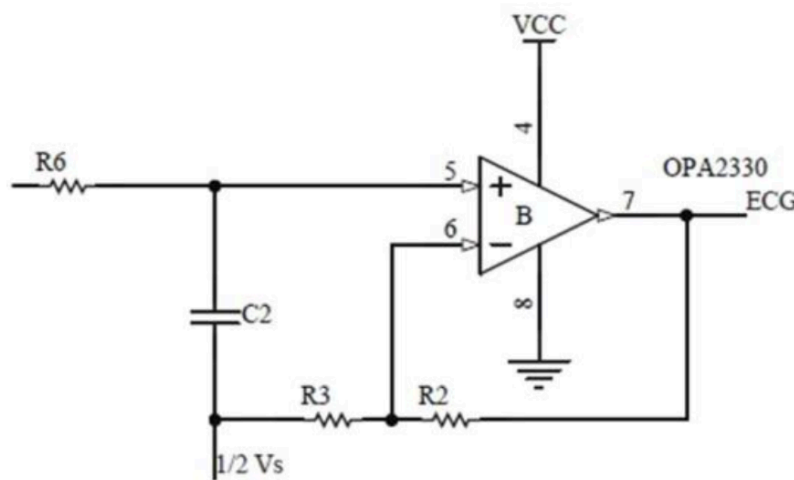
**Matricula**

2023 - 0845

## 2. Investigación sobre Filtro Antialiasing (Teoría del Muestreo)

La implementación de entradas analógicas en el PLC requiere la mitigación del fenómeno de **aliasing** para preservar la integridad de la señal.

- **Fundamento Teórico:** El teorema de muestreo de **Nyquist-Shannon** establece que la frecuencia de muestreo ( $F_s$ ) de un conversor analógico-digital (ADC) debe ser al menos el doble de la máxima frecuencia de la señal de entrada ( $F_{max}$ ), conocida como la **frecuencia de Nyquist** ( $F_s/2$ ).
- **Problema del Aliasing:** Si la señal de entrada contiene componentes de frecuencia superiores a la frecuencia de Nyquist, estas frecuencias altas se 'pliegan' (fold over) y se representan incorrectamente como frecuencias más bajas dentro del espectro muestreado, introduciendo distorsión.
- **Solución (Filtro Antialiasing):** Un **filtro antialiasing** es un **filtro paso-bajo analógico** que se aplica inmediatamente antes de la etapa de muestreo del ADC. Su función es limitar la banda de la señal de entrada, atenuando las componentes de frecuencia que excedan la frecuencia de Nyquist, asegurando así que se cumpla el criterio de muestreo.



Filtro Antialiasing También se utilizan las resistencias R3 y R2 para dotar al filtro de una ganancia de 200. Junto con la ganancia de 5 garantizada por la etapa anterior, la señal quedaría amplificada 1000 veces, garantizando una correcta digitalización. El diseño se realizó utilizando la ecuación 2.

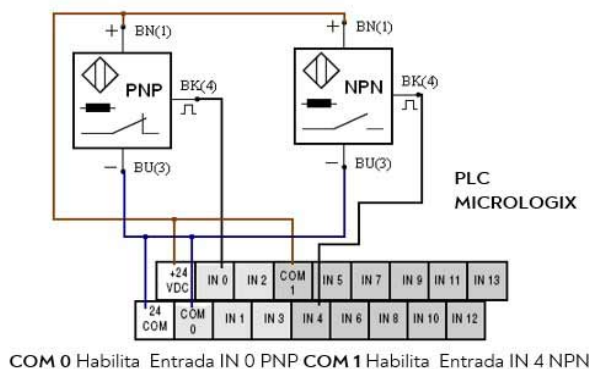
Por ejemplo, en un sistema de control donde un PLC mide la temperatura de un horno mediante un sensor analógico, la señal útil puede tener una frecuencia máxima de 10 Hz, mientras que el convertidor analógico-digital (ADC) del PLC muestrea a 100 Hz. Sin embargo, la línea eléctrica puede introducir ruido de 60 Hz, una frecuencia superior a la de Nyquist (50 Hz), lo que provocaría aliasing al ser digitalizada y aparecería como una falsa variación en la señal medida. Para evitarlo, se coloca antes del ADC un **filtro antialiasing paso-bajo** con una frecuencia de corte cercana a 40 Hz, el cual atenúa las componentes de alta frecuencia, eliminando el ruido y garantizando que el muestreo represente fielmente la señal real de temperatura sin distorsión.

### 3. Investigación sobre los Esquemáticos que Necesitamos para el Proyecto

La implementación de interfaces de campo requiere circuitos de acondicionamiento de señal y aislamiento:

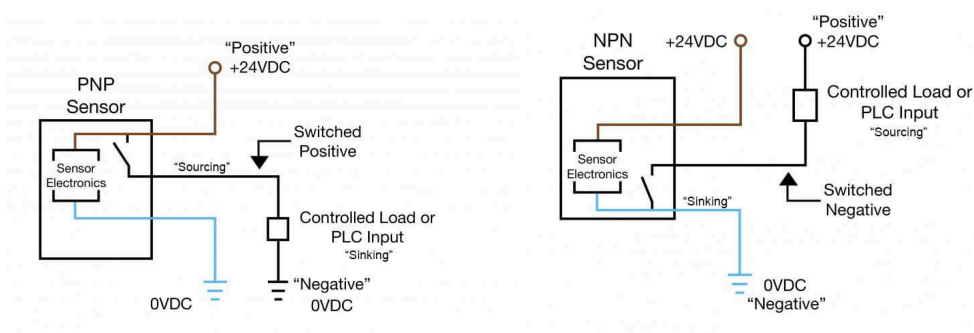
#### 1. Entradas PNP / 7. Entradas NPN

- **Lógica PNP (Sourcing):** El sensor proporciona la tensión positiva (+V) a la entrada del PLC. El circuito de entrada debe ser de tipo **sinking** (sumidero), conectando el común a la referencia de 0V.
- **Lógica NPN (Sinking):** El sensor proporciona 0V (conecta a tierra) a la entrada. El circuito de entrada debe ser de tipo **sourcing** (fuente), conectando el común a +V.
- **Acondicionamiento:** Ambas entradas requieren circuitería de adaptación de nivel y **aislamiento óptico** para proteger el microcontrolador de los niveles de voltaje industriales (24VDC).



#### 2. Salidas PNP / 8. Salidas NPN

- **Salidas PNP (Sourcing):** El circuito conmuta la tensión positiva (+V) hacia la carga (ej. bobina de relé), la cual está referenciada a 0V. Se implementa típicamente con un transistor PNP o MOSFET de canal P.
- **Salidas NPN (Sinking):** El circuito conmuta la conexión a la referencia de 0V. La carga está referenciada a +V. Se implementa típicamente con un transistor NPN o MOSFET de canal N.



### 3. Entrada 0–10V

- **Esquemático Clave:** Se requiere un **divisor de voltaje resistivo** para escalar la señal máxima de 10V a un nivel compatible con el ADC del ESP32 (3.3V). Se debe incorporar **protección por diodos Zener** para salvaguardar el pin del microcontrolador contra sobrevoltajes.

### 4. Salida 0–10V

- **Esquemático Clave:** Dado que el DAC del ESP32 genera un voltaje limitado (0–3.3V), se necesita un circuito **amplificador operacional** (Op-Amp) configurado como amplificador no inversor para elevar y amortiguar la señal hasta el rango de 0–10V. También es viable la técnica de **PWM filtrado** con un Op-Amp.

### 5. Entrada 4–20mA

- **Esquemático Clave:** Se utiliza una **resistencia de derivación (shunt)** de precisión (comúnmente 250  $\Omega$ ) conectada en serie con el bucle de corriente. Esta resistencia convierte el rango de corriente de 4–20mA en un rango de voltaje de 1–5V ( $V=I \cdot R$ ), el cual es adecuado para el ADC del PLC, con un posterior escalado si es necesario.

### 6. Salida 4–20mA

- **Esquemático Clave:** Requiere un circuito activo **Conversor de Voltaje a Corriente (V-to-I)**, típicamente basado en amplificadores operacionales, que toma el voltaje de control del ESP32 (0–3.3V o 0–5V) y genera una corriente de salida constante y proporcional dentro del rango 4–20mA.

### 9. Driver Relay

- **Función:** Proporcionar la corriente de base/gate suficiente para activar el relé y proteger el microcontrolador.
- **Esquemático Clave:** Consiste en un **transistor** (ej. NPN BC547) actuando como interruptor controlado por el ESP32, y un **diodo de rueda libre (flyback diode)**, ej. 1N4007) conectado en paralelo a la bobina del relé. Este diodo mitiga la fuerza contraelectromotriz (pico de voltaje inductivo) que se genera al desenergizar la bobina, protegiendo al transistor.

### 10. Entrada Digital Optocoupler

- **Función:** Proporcionar **aislamiento galvánico** completo entre el circuito de campo de alta tensión y el circuito lógico del microcontrolador.
- **Esquemático Clave:** Un **optoacoplador** (ej. PC817) utiliza un LED interno para emitir luz que es detectada por un fototransistor en el lado de baja tensión. Esto permite transferir la señal digital sin contacto eléctrico directo.

### 11. Interface RS-485

- **Esquemático Clave:** Requiere un **transceptor RS-485** (ej. MAX485) que convierte las señales de nivel TTL/CMOS (UART) del ESP32 a la señalización diferencial de RS-485 (líneas A y B). Los pines de control de dirección (RE y DE) del transceptor deben ser gestionados por un pin GPIO del ESP32 para controlar la transmisión y recepción de datos, ya que RS-485 es un bus semi-dúplex.

## 12. Protocolo Mod-Bus implementado en el ESP32

- **Tipo de Protocolo:** Se recomienda la implementación de **Modbus TCP** si se utiliza la capacidad Wi-Fi del ESP32, o **Modbus RTU** si se utiliza la interfaz RS-485.
- **Implementación:** El firmware del ESP32 debe funcionar como un **Servidor Modbus (Slave)**, manteniendo los registros de datos (Coils, Discrete Inputs, Holding Registers, etc.) en memoria para responder a las solicitudes de lectura/escritura de un **Cliente Modbus (Master)**.

## 13. Medición de CT y AC (Investiguen IC para medición de energía preferiblemente I2C y opcional el SPI)

- **Necesidad:** Adquisición precisa de parámetros de energía AC (Voltaje RMS, Corriente RMS, Potencia Activa/Reactiva).
- **IC Recomendado:** Se recomienda la investigación de circuitos integrados especializados en medición de energía que utilicen los buses **I2C** o **SPI**, como la serie **ADE7xxx** (Analog Devices). Estos ICs están diseñados para realizar el complejo muestreo y cálculo de los valores RMS, liberando al microcontrolador de esta carga de procesamiento.
- **Bus de Comunicación:** **SPI** generalmente ofrece mayor velocidad de datos que **I2C** (hasta 60 Mbps vs 3.4 Mbps en modo de alta velocidad), siendo preferible para la adquisición rápida de datos de un solo sensor. **I2C** es más sencillo para múltiples dispositivos en un bus.
- **Aislamiento:** La circuitería externa debe incluir el transformador de voltaje (VT) y el transformador de corriente (CT) para acondicionar las señales de línea. Es crítica la implementación de un **aislamiento galvánico robusto** entre el circuito de medición AC y el circuito lógico del ESP32.