



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LAS AMÉRICAS (ITLA)

Tecnología en Mecatrónica

MANUAL DE USUARIO

PLC 4 UNI

Controlador Lógico Programable Educativo

Modelo: P4U-ESP32-S3-V1 **Revisión del Documento:** 1.0

Fecha: 12 de diciembre del 2025

Desarrollado por: equipo PLC4UNI

Contenido

- Descripción
- Definiciones, acrónimos y abreviaturas.
- Advertencias y precauciones
- Advertencias de Peligro Eléctrico
- Precauciones de Hardware (ESP32)
- Uso Educativo y Limitaciones
- Condiciones Ambientales
- Conexiones
- Características técnicas
- Dimensiones y mecánica
- Solución de problemas
- Mantenimiento preventivo
- Disposición final y reciclaje (wEEE)
- Información legal y créditos Definiciones, acrónimos y abreviaturas

MANUAL DE USO DEL PLC 4 UNI

1. Descripción

El PLC 4 UNI es un controlador lógico programable diseñado con fines educativos y totalmente basado en hardware de código abierto. Fue desarrollado bajo la guía del Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA) con el propósito de servir como puente entre los sistemas tradicionales de automatización industrial y las tecnologías modernas del Internet de las Cosas (IoT). En su interior incorpora un microcontrolador ESP32-S3, el cual provee conectividad inalámbrica integrada (Wi-Fi y Bluetooth) y la potencia necesaria para ejecutar tareas de control. Este equipo permite que tanto estudiantes como profesionales trabajen con lenguajes de programación industriales reconocidos, como Ladder y FBD, además de comunicarse mediante protocolos actuales como Modbus TCP y MQTT. Todo esto lo convierte en una plataforma segura, flexible y accesible para el aprendizaje y desarrollo en mecatrónica y automatización. Asimismo, el PLC cuenta con características avanzadas como medición de energía eléctrica y un conjunto amplio de entradas y salidas configurables, lo que lo hace especialmente adecuado para laboratorios académicos, prácticas técnicas y el diseño de proyectos inteligentes.

2. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

- **ADC** (Analog-to-Digital Converter): Conversor Analógico-Digital. Circuito que convierte una señal analógica (voltaje continuo) en un valor digital numérico que el procesador puede leer.
- **ADE7953:** Circuito integrado especializado de Analog Devices utilizado en el PLC 4 UNI para la medición de energía eléctrica (voltaje, corriente, potencia activa) vía I2C.
- **AI** (Analog Input / Entrada Analógica): Señal de valor continuo empleada para representar magnitudes variables como temperatura, presión o nivel de voltaje (0-10V, 4-20mA).
- **AO** (Analog Output / Salida Analógica): Señal continua de salida que permite el control proporcional de equipos como variadores de frecuencia o válvulas.
- **API** (Application Programming Interface): Conjunto de reglas y herramientas que permiten que diferentes aplicaciones de software (como el IDE y el PLC) se comuniquen entre sí.

- **CT** (Current Transformer): Transformador de Corriente. Sensor utilizado para medir corriente alterna de forma no intrusiva, transformando una corriente alta en una señal pequeña segura para el PLC.

D - F

- **DI** (Digital Input / Entrada Digital): Señal binaria que solo admite dos estados lógicos: 1 (activo/24V) o 0 (inactivo/0V).
- **DO** (Digital Output / Salida Digital): Señal binaria de salida utilizada para accionar dispositivos externos en modo ON/OFF, como relés o luces piloto.
- **ESP-IDF** (Espressif IoT Development Framework): Kit de desarrollo oficial de Espressif para programar el microcontrolador ESP32-S3 a bajo nivel.
- **ESP32-S3**: Microcontrolador de alto rendimiento y bajo costo con conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada, que actúa como el "cerebro" del PLC 4 UNI.
- **Firmware**: Software que reside de forma permanente en el hardware del PLC, encargado de controlar los periféricos y ejecutar la lógica del usuario.

G - L

- **GPIO** (General Purpose Input/Output): Pin genérico en un chip cuyo comportamiento (entrada o salida) se puede controlar por software.
- **HMI** (Human Machine Interface): Interfaz Hombre-Máquina. Pantalla o software que permite a un operador interactuar con el PLC para visualizar datos o enviar comandos.
- **I2C** (Inter-Integrated Circuit): Protocolo de comunicación serial de corto alcance utilizado internamente para comunicar el ESP32 con el chip de energía (ADE7953).
- **IDE** (Integrated Development Environment): Entorno de Desarrollo Integrado. Software en PC donde se escribe, compila y carga el código al PLC (ej. Arduino IDE, PLC4uni Studio).

- **IoT** (Internet of Things): Internet de las Cosas. Red de dispositivos físicos conectados que intercambian datos a través de internet, característica clave de este PLC.
- **JSON** (JavaScript Object Notation): Formato de texto ligero y legible utilizado para empaquetar los datos enviados por el PLC vía MQTT.
- **Ladder (LD)**: Lenguaje de programación gráfico (Escalera) basado en esquemas de contactos eléctricos, estándar en la industria de automatización.

M - P

- **Modbus RTU**: Protocolo de comunicación industrial estándar, robusto y sencillo, que funciona sobre la capa física RS-485 para conectar el PLC con otros equipos industriales.
- **MQTT** (Message Queuing Telemetry Transport): Protocolo de mensajería ligero diseñado para enviar datos de sensores a la nube con un consumo mínimo de ancho de banda.
- **NPN** (Sink / Sumidero): Configuración de sensor donde la salida conecta la carga a Tierra (GND/Negativo) cuando se activa. Requiere que la entrada del PLC provea la corriente (Source).
- **OTA** (Over-The-Air): Tecnología que permite actualizar el firmware del PLC de forma inalámbrica a través de Wi-Fi, sin conectar cables.
- **PCB** (Printed Circuit Board): Placa de Circuito Impreso. La base física donde se sueldan y conectan los componentes electrónicos.
- **PLC** (Programmable Logic Controller): Controlador Lógico Programable. Equipo electrónico robusto diseñado para controlar procesos industriales en tiempo real.
- **PNP** (Source / Fuente): Configuración de sensor donde la salida envía voltaje positivo (+24V) cuando se activa. Requiere que la entrada del PLC drene la corriente.

R - Z

- **RS-485**: Estándar de transmisión de datos serial diferencial, muy inmune al ruido eléctrico, utilizado para largas distancias en entornos industriales.

- **S/S (Sink/Source):** Terminal común en las entradas del PLC que permite seleccionar la referencia de voltaje para hacerlo compatible tanto con sensores NPN como PNP.
- **Scan Cycle (Ciclo de Escaneo):** Proceso repetitivo donde el PLC lee entradas, ejecuta el programa de usuario y actualiza las salidas físicas.
- **USB-C:** Conector estándar reversible utilizado en el PLC para alimentación de 5V y programación de datos desde el PC.

3. Advertencias y precauciones

Antes de instalar, cablear o poner en marcha el PLC 4 UNI, lea atentamente las siguientes advertencias. El incumplimiento de estas instrucciones puede resultar en daños irreparables al equipo, riesgos eléctricos o lesiones personales.

4. Advertencias de peligro eléctrico

Voltaje de Alimentación Crítico: Este equipo está diseñado exclusivamente para alimentarse con 24 VDC. Conectar directamente 110/220 VAC a las entradas de alimentación (24V+, GND) causará la destrucción inmediata de la fuente interna y riesgo de incendio. Verifique la polaridad antes de encender.

Separación de Circuitos: Mantenga separados físicamente los cables de baja tensión (sensores, RS-485, USB) de los cables de potencia (Salidas a Relé, Alimentación AC). No los pase por las mismas canaletas para evitar interferencias electromagnéticas y riesgos de cortocircuito

5. Precauciones de Hardware (ESP32)

- **Niveles Lógicos de 3.3V:** El núcleo del sistema (ESP32-S3) opera a 3.3V. Aunque las entradas digitales están protegidas y adaptadas para 24V, los pines expuestos de expansión o comunicación interna no toleran 5V ni 24V. No inyecte señales de 5V directamente en los pines del microcontrolador si decide soldar expansiones.

- **Entradas Analógicas (ADC):** o Para las entradas de 0-10V, asegúrese de no exceder los 10V DC, ya que esto podría dañar el divisor de tensión interno y el pin del ADC. o Para las entradas de 4-20mA, respete la polaridad del lazo de corriente. Invertir la conexión podría dañar la resistencia shunt de precisión interna.

6. Uso Educativo y Limitaciones

No Certificado para Soporte Vital: El PLC 4 UNI es una herramienta educativa y de prototipado. NO debe utilizarse en aplicaciones críticas de seguridad, soporte vital, o control de maquinaria peligrosa donde una falla del software o hardware pueda resultar en lesiones graves o muerte.

Parada de Emergencia (E-STOP): Para cualquier práctica que involucre partes móviles (motores, pistones), es obligatorio instalar un botón de Parada de Emergencia físico cableado en serie con la alimentación de los actuadores, o configurado en la entrada designada para cortar las salidas por software.

Manipulación de la PCB: Si utiliza el equipo sin la carcasa superior, tome precauciones contra la descarga electrostática (ESD). Toque una superficie metálica conectada a tierra antes de manipular la placa electrónica.

7. Condiciones Ambientales

Humedad y Polvo: La carcasa estándar tiene un grado de protección IP20. No exponga el equipo a goteos de agua, lluvia o ambientes con polvo metálico conductor. Instálelo dentro de un gabinete si el entorno es hostil.

Ventilación: Aunque el ESP32 es eficiente, los reguladores de voltaje y los relés generan calor. No cubra los orificios de ventilación de la carcasa.

8. Conexiones

El panel frontal del PLC 4 UNI dispone de diversas interfaces de conexión mediante borneras desmontables y puertos estándar. A continuación, se detalla el pineado y la función de cada grupo:

Alimentación (Power Supply):

V+ / GND: Entrada de alimentación principal de 24 VDC. El sistema cuenta con protecciones y reguladores internos para el funcionamiento del microcontrolador.

USB-C: Puerto para programación del firmware, depuración serial y alimentación lógica (5V) durante el desarrollo.

• Entradas (Inputs):

Entradas Digitales (DI): 8 entradas optoacopladas para señales de 24 VDC. Admiten configuración PNP (lógica positiva) o NPN (lógica negativa) mediante un terminal común. Cuentan con filtrado por hardware para evitar rebotes.

Entradas Analógicas (AI): • 0-10V: Para sensores de voltaje estándar.

4-20mA: Para instrumentación industrial (loops de corriente). Resolución mínima de 12 bits.

Medición de Energía: Interfaz para Transformador de Corriente (CT) y voltaje AC para el cálculo de potencia activa y consumo (kWh).

• Salidas (Outputs):

Salidas Digitales (DO): 8 salidas para actuación.

Relé: Contactos secos para manejar cargas de hasta 5A (AC/DC).

Transistor (NPN/PNP): Salidas de alta velocidad para PWM o señales de control.

Salidas Analógicas (AO): Salidas de 0-10V y 4-20mA para el control proporcional de actuadores o variadores de frecuencia.

• Comunicaciones:

RS-485: Terminales (A+, B-) para comunicación serial industrial bajo protocolo Modbus RTU.

Wi-Fi / Bluetooth: Antena integrada en el módulo ESP32-S3 para conectividad inalámbrica (Modbus TCP, MQTT).

9. Características técnicas

Parámetro	Especificación
Microcontrolador	Espressif ESP32-S3 (Dual Core, 240 MHz)
Voltaje de operación	24 VDC (Nominal)
Entradas digitales	8 x Opto aisladas (Configurables PNP/NPN)
Salidas digitales	8 x (Relé 5A / Transistor NPN-PNP)
Entradas analógicas	4 x (0-10V / 4-20mA), Resolución 12-bits
Salidas analógicas	0-10V / 4-20mA (Control proporcional)
Medición de energía	IC dedicado (I2C/SPI) para medición de CT y Voltaje AC
Puertos de comunicación	USB-C (Prog), RS-485 (Industrial), Wi-Fi (IoT)
Protocolos soportados	Modbus RTU/TCP, MQTT, HTTP/HTTPS
Tiempo de ciclo	< 10 ms (Ejecución de lógica)
Temperatura de operación	Ambiente de laboratorio (aprox. -10°C a 60°C)

10. Dimensiones y mecánica

PLC 4 UNI utiliza una carcasa industrial de perfil bajo diseñada para montaje en armarios de control.

- **Modelo de Carcasa:** Serie 23-156C (Estándar Industrial).
- **Dimensiones Totales**
 - o Largo (L): 107.0 mm
 - o Ancho (W): 87.7 mm
 - o Profundidad (H): 59.0 mm (Incluyendo clip de sujeción).
- **Sistema de Montaje:** o Riel DIN: Compatible con riel estándar de 35 mm (EN 50022). o Fijación Mural: Dispone de pestañas para tornillos en las esquinas traseras (opcional si se retira el clip)
- **Material de la carcasa:** Plástico (PLA/ABS) impreso en 3D o inyectado.

11. Solución de problemas

Síntoma	Causa probable	Solución sugerida
El LED PWR no enciende	1. Fuente de alimentación desconectada. 2. Polaridad invertida. 3. Fusible PTC activado.	1. Verifique que lleguen 24VDC a las borneras 1 y 2. 2. Corrija el cableado (+/-).

		3. Desconecte todo por 30 seg para rearmar el fusible.
No hay comunicación Wi-Fi	1. Credenciales incorrectas. 2. Señal débil. 3. PLC en modo AP.	1. Mantenga presionado BOOT 5 seg para resetear a fábrica. 2. Acerque el PLC al router o instale una antena externa. 3. Verifique si aparece la red PLC4UNI-SETUP.
Las entradas digitales no detectan señal	1. Configuración S/S incorrecta. 2. Sensor dañado.	1. Verifique si el terminal S/S está conectado a GND (para sensores PNP) o a 24V (para NPN). 2. Mida el voltaje en la bornera de entrada con un multímetro.
Salida de Relé no activa la carga	1. Lógica del programa errónea. 2. Carga desconectada. 3. Relé dañado por sobre corriente.	1. Verifique que el LED de la salida (Qx) encienda en la placa. 2. Revise el cableado de la carga (110/220V). 3. Si el LED enciende, pero el relé no suena ("clic"), el contacto puede estar soldado/dañado.
Lectura de Corriente (CT) errónea	1. CT mal conectado. 2. Rango excedido.	Asegúrese de que el transformador abrace solo uno de los cables de fase, no el cable completo (fase+neutro).

12. Mantenimiento preventivo

Para garantizar la vida útil del equipo en el laboratorio:

1. Limpieza: Limpie la carcasa únicamente con un paño seco. No utilice solventes ni alcohol que puedan dañar el plástico ABS/PPO.

2. Apriete de Borneras: Las vibraciones pueden aflojar los tornillos. Verifique el apriete de las conexiones cada 6 meses.

3. Inspección Visual: Revise periódicamente que no haya cables pelados, signos de sobrecalentamiento (decoloración) en los conectores de relé o acumulación excesiva de polvo dentro de las ranuras de ventilación.

13. Disposición final y reciclaje

El PLC 4 UNI contiene componentes electrónicos que no deben desecharse en la basura común.

- **Símbolo del Contenedor Tachado:** Indica que al final de su vida útil, el producto debe ser llevado a un punto de recogida selectiva de residuos electrónicos (RAEE).
- **Componentes Reciclables:** La carcasa plástica (ABS/PC) es 100% recicitable. La PCB contiene metales valiosos (Cobre, Oro) recuperables en plantas especializadas.
- **Compromiso:** Como proyecto educativo, fomentamos la responsabilidad ambiental. Por favor, disponga de este equipo de manera responsable.

14. Información legal y créditos Definiciones, acrónimos y abreviaturas

- **Licencia de Hardware:** Este hardware se distribuye bajo la licencia CERN OHL v1.2. Usted es libre de estudiar, modificar y fabricar este diseño.
- **Licencia de Software:** El firmware base y las librerías se distribuyen bajo licencia MIT.

Créditos:

Desarrollado por: [PLC4UNI]

Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA)