



INSTITUTO SUPERIOR
UNIVERSITARIO

supe

**GUÍA GENERAL DE ESTUDIO
CONTROL DE PROCESOS
Y AUTOMATIZACIÓN**



Guía general de estudio de la asignatura de Control de procesos y automatización

Lenin Ramiro Merino Villegas

Christian Mauricio Llumiquinga Pumisancho

Rubén Darío Tirira Chulde

2024

Esta publicación ha sido sometida a revisión por pares académicos específicos por:

Segundo Ángel Quinatoa Lema
Instituto Superior Universitario Cotopaxi

Corrección de estilo:

- Karla Jaramillo - Docente - Sucre
- Freddy Centeno - Docente - Sucre
- Ana Llumiquinga - Docente - Sucre

Diseño y diagramación:

- Ronny Chaguay - Docente - Sucre
- Diego Bonilla - Docente - Sucre

Primera Edición
Quito - Ecuador

ISBN: 978-9942-676-27-6

Esta publicación está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: Reconocimiento- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No Comercial-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.



MISIÓN

Ser una Institución Superior Universitaria con estándares de calidad académica e innovación, reconocida a nivel nacional con proyección internacional.

VISIÓN

Formamos profesionales competentes con espíritu emprendedor, capaces de contribuir al desarrollo integral del país.

ÍNDICE

Presentación de la asignatura.....	9
Resultados del aprendizaje	9
UNIDAD 1 AUTÓMATAS PROGRAMABLES.....	10
Controladores.....	10
Métodos de Control	10
On-Off	10
P (Proporcional)	10
PI (Proporcional-Integral)	11
PD (Proporcional-Derivativo).....	11
PID (Proporcional-Integral-Derivativo).....	11
Difuso.....	11
Redes Neuronales.....	11
PLCs Definición y Funcionamiento	11
Arquitectura y Componentes de los PLC	12
CPU	12
Memoria del PLC.....	12
Entradas y Salidas (E/S)	12
Interfaz de Comunicación.....	13
Lenguajes de Programación de PLC.....	13
Ladder Logic.....	13
Diagrama de Bloques Funcionales (FBD).....	14
Structured Text	14
Control Lazo abierto.....	14
Control Lazo Cerrado	14
Actividades propuestas para la unidad 1.....	16
UNIDAD 2 PROGRAMACIÓN DE PLC LENGUAJE LADER	17
Estructura y elementos de un programa ladder.....	17
Raíles:.....	17

Peldaños:	17
Contactos NO (Normalmente Abierto):.....	17
Contactos NC (Normalmente Cerrado):	17
Bobinas o Actuadores:.....	17
Instrucciones básicas y simbología	17
Entradas Digitales	19
Salidas Digitales	19
Temporizadores	21
TON (Temporizador ON Delay):.....	21
TOFF (Temporizador OFF Delay):.....	21
TP (Pulse Timer).....	21
Contadores	22
CTU (Contador de Incremento):	22
CTD (Contador de Decremento):.....	22
Contadores Bidireccionales (CTUD):.....	22
Comparadores	23
Comparador de Igualdad (==):.....	23
Comparador de Desigualdad (!=):	23
Comparador Mayor Que (>):	23
Comparador Mayor o Igual Que (>=):	23
Comparador Menor o Igual Que (<=):	23
Entradas y Salidas Analógicas	24
Entradas analógicas:	24
Salidas analógicas:	24
Actividades propuestas para la unidad 2	25
Unidad 3 Programación de PLC lenguaje BDF	26
Introducción	26
Características del lenguaje BDF	26
Ventajas de uso del lenguaje de Bloque de Diagrama de Funciones	26
Programación en lenguaje BDF en PLC logo Siemens	26
Entradas digitales:	27

Salidas digitales:.....	27
Entradas analógicas.	28
Salidas analógicas.	28
Funciones básicas y especiales	29
Función AND	29
Función OR.....	29
Función NOT o Inversión.	30
Temporizador con retardo a la conexión On delay	30
Temporizador Off delay (retardo a la desconexión).	31
Contadores	31
Actividades propuestas para la unidad 3.....	33
UNIDAD 4 PARAMETRIZACIÓN DE VARIADORES Y ARRANCADORES.....	35
Introducción	35
Variadores de Frecuencia (VFD).....	35
Variadores de Frecuencia PWM (Pulse Width Modulation):	35
Variadores de Frecuencia Vectoriales:	35
Variadores de Frecuencia de Flux Vector Control:	35
Arrancadores Suaves.....	36
A.S. a Plena Tensión:.....	36
A.S. de Reducción de Corriente de Arranque:.....	36
A.S. con Bypass:	36
Programación de Configuraciones	36
Actividades propuestas para la unidad 4.....	38
Unidad 5 Redes Industriales y Sistemas Scada	39
Introducción	39
Redes de Comunicación Industrial.....	39
Redes Sensor Actuador: ASI	40
Topologías de Red.....	41
Topología de bus.....	41
Topología de Estrella	41
Topología de anillo	41

Topología tipo árbol	42
Niveles de la Pirámide de Automatización CIM	42
PROFIBUS	43
Profibus DP (Decentralized Peripherals)	43
Profibus DA (Process Automation)	43
Arquitectura general de un sistema SCADA.....	43
Actividades propuestas para la unidad 5.....	44
Autoevaluación	45
Referencias bibliográficas	47

Presentación de la asignatura

La asignatura de Control de Procesos y Automatización trata sobre la implementación y gestión de automatismos en entornos industriales. Donde los estudiantes adquieren habilidades y destrezas sobre la programación Controladores Lógicos Programables (PLC) utilizando distintos lenguajes como Function Block Diagram (FBD) o Ladder. También exploran la parametrización de variadores de frecuencia, esenciales para el control preciso de motores en procesos industriales. Además, la asignatura cubre redes industriales y sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), fundamentales para la supervisión y control a gran escala. Este conocimiento permite optimizar procesos, aumentar la eficiencia y mejorar la seguridad en diversas industrias.

Resultados del aprendizaje

Aplica las técnicas esenciales de programación para el control de procesos industriales y automatismos.

Realiza programación mediante software especializado para manipular elementos de los distintos tipos de control de procesos y automatismos.

Desarrolla las capacidades lógicas del estudiante mediante el desarrollo de programas de los PLC en diferentes lenguajes.

Reconoce los sistemas de comunicación industrial, así como los principales buses de campo y los protocolos de comunicación.

Reconoce los procesos de comunicación y aplicación del internet de las cosas en la industria y comercio.

UNIDAD 1 AUTÓMATAS PROGRAMABLES

Controladores

Un controlador se define como un dispositivo electrónico que procesa las señales de entrada de los sensores, ejecuta algoritmos de control predefinidos y emite señales de salida para regular dispositivos en un sistema automatizado. Estos controladores pueden emplear diferentes estrategias de control, como control proporcional (P), integral (I), derivativo (D) o combinaciones de ellos (PID), según los requisitos del proceso. El controlador colabora con otros elementos del sistema, como sensores y actuadores, para mantener las variables de proceso dentro de rangos predeterminados.

Métodos de Control

Los métodos de control son sistemas sistemáticos utilizados para mantener variables específicas dentro de rangos predefinidos en entornos industriales. Estos métodos determinan cómo se ajusta la salida del sistema de control en respuesta a las señales de entrada y los parámetros establecidos. Desde enfoques básicos como el control on-off hasta métodos más avanzados como el control PID, estas técnicas abarcan una amplia gama. Otras estrategias incluyen el control difuso o redes neuronales. Estos enfoques son esenciales en la industria y la automatización, utilizados para regular variables como temperatura, presión, nivel o caudal en sistemas dinámicos y complejos.

On-Off

El método de control on-off, también conocido como control de todo o nada, es una técnica básica que activa o desactiva un dispositivo de control en respuesta a la señal de error. Cuando el error está dentro de un rango predefinido, el dispositivo se activa completamente; de lo contrario, de lo contrario, se desactiva por completo.

P (Proporcional)

El método de control on-off, también conocido como control de todo o nada, es una técnica básica que enciende o apaga un dispositivo de control dependiendo de la señal de error. Cuando el error está

dentro de un intervalo específico, el dispositivo se activa completamente; de lo contrario, se desactiva por completo.

PI (Proporcional-Integral)

El control PI, incorpora un elemento integral al método de control, para lograr eliminar el error residual. De esta manera se logra mejorar la precisión del sistema, mediante el ajuste de la salida según los datos obtenidos durante un tiempo establecido del error acumulado.

PD (Proporcional-Derivativo)

El control proporcional-derivativo agrega un término derivativo al control proporcional para anticipar cambios futuros en el error.

PID (Proporcional-Integral-Derivativo)

Este método de control integra los tres tipos control antes mencionados, proporcional, integral y derivativo. Este método realiza un ajuste en la salida en base a la tasa de cambio que genera el error.

Difuso

El control difuso utiliza lógica difusa para determinar la salida del sistema de control en función de múltiples variables de entrada. Este método es especialmente útil cuando las relaciones entre las variables no son lineales o cuando se dispone de una gran cantidad de información cualitativa.

Redes Neuronales

El control basado en redes neuronales utiliza algoritmos inspirados en el funcionamiento del cerebro humano para aprender y adaptarse a partir de datos de entrada. Las redes neuronales pueden ser entrenadas para modelar relaciones complejas entre las variables del proceso y generar acciones de control óptimas en función de estas relaciones.

PLCs Definición y Funcionamiento

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs) han contribuido a un cambio radical en procesos industriales, a diferencia de técnicas pasadas de relés o contactores, ofreciendo así un control más

eficiente. Su capacidad para controlar procesos complejos, adaptarse a cambios en la producción y garantía de seguridad en un entorno industrial los hace imprescindibles en el área industrial.

Arquitectura y Componentes de los PLC

Entre los principales elementos y arquitectura que componen un PLC podemos mencionar a La Unidad Central de Procesamiento (CPU), las entradas y salidas (E/S) y la interfaz de comunicación.

CPU

La Unidad Central de Procesamiento (CPU) en un PLC desempeña un papel crucial al ejecutar el programa de control y coordinar todas las operaciones del sistema. Esta CPU puede ser de diferentes tipos, desde procesadores genéricos hasta procesadores especializados diseñados específicamente para aplicaciones industriales. La velocidad de procesamiento y la capacidad de memoria son aspectos críticos que influyen en el rendimiento y la eficacia del sistema. Además, la CPU se conecta con diversos módulos de Entradas/Salidas (E/S) para interactuar con el entorno industrial y otros dispositivos externos.

Memoria del PLC

Existen diversos tipos de memoria en un PLC, la memoria ROM que almacena el código de control, la memoria RAM que contiene el código de control y la memoria EEPROM que permite la retención de datos incluso cuando el PLC se apaga.

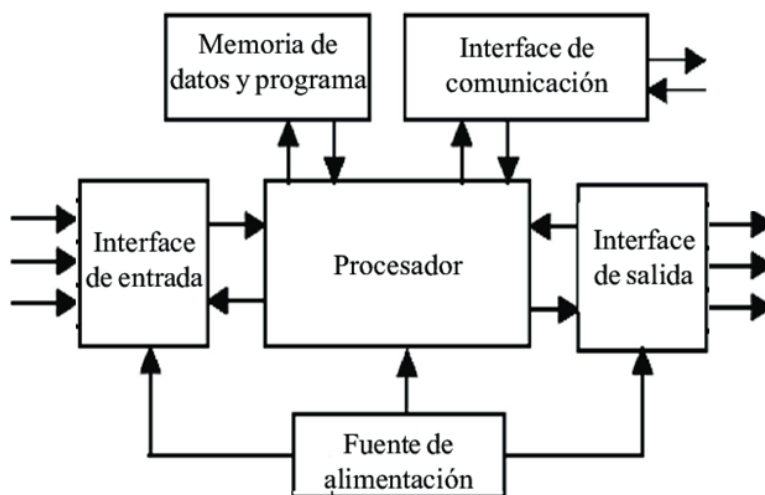
Entradas y Salidas (E/S)

Las entradas y salidas (E/S) en un PLC son los puntos de conexión con el entorno industrial y otros dispositivos externos. Las entradas digitales reciben señales binarias, como pulsos o niveles lógicos, de sensores y dispositivos de entrada. Las entradas analógicas reciben señales analógicas, como voltajes o corrientes proporcionales a una magnitud física, como temperatura o presión. Por otro lado, las salidas digitales envían señales binarias para controlar dispositivos de salida, como motores y válvulas. Las salidas analógicas generan señales analógicas para controlar variables continuas, como velocidad y posición.

Interfaz de Comunicación

Los PLCs pueden estar equipados con diferentes tipos de interfaces de comunicación, como puertos serie (RS-232, RS-485), Ethernet, y buses de campo (Profibus, Modbus, EtherCAT). Estas interfaces permiten la conexión del PLC con sensores, actuadores, sistemas de supervisión y control (SCADA), y otros dispositivos industriales.

Figura 1
Arquitectura de un PLC



Lenguajes de Programación de PLC

Para realizar la programación de estos controladores lógicos es necesario el uso de lenguajes especializados que permiten definir la lógica de control en entornos industriales. Entre los lenguajes más comunes se encuentran el ladder logic, el diagrama funcional de bloques (FBD) y el structured text.

Ladder Logic

Los programas escritos en Ladder Logic son fáciles de entender y depurar, lo que los hace ideales para aplicaciones de control en entornos industriales. Ladder es un lenguaje gráfico ampliamente utilizado en la configuración de controladores lógicos, su similitud con el diseño de control en la lógica cableada hace que sea bastante amigable con profesionales del área eléctrica o que estén familiarizados con esquemas de control eléctrico.

Diagrama de Bloques Funcionales (FBD)

El lenguaje basado en diagramas de bloques funcionales es del tipo gráfico, que utiliza la representación de la lógica de control mediante el uso de bloques que representan operaciones lógicas como sumas, restas u operaciones de comparación, que al integrarse dan como resultado el control de un proceso.

Structured Text

Structured text es un lenguaje de programación basado en texto que se utiliza en la programación de PLCs. Se basa en la estructura y sintaxis de lenguajes de programación convencionales, como C o Pascal. Se trata de un código más flexible si se lo compara con ladder y FBD, lo que lo convierte en adecuado para aplicaciones que requieren una lógica de control más compleja. Los programas escritos en structured text pueden ser más compactos y eficientes en términos de memoria y tiempo de ejecución.

Control Lazo abierto

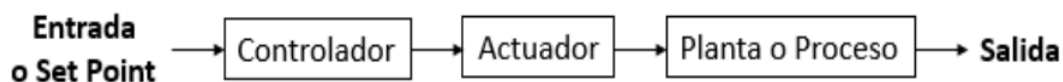
Las acciones de control se ejecutan sin utilizar retroalimentación de la salida hacia la entrada para realizar ajustes.

Ventajas y Desventajas

Las ventajas del lazo abierto incluyen la simplicidad y la rapidez de implementación, ya que no requiere un mecanismo de retroalimentación. Sin embargo, las desventajas son significativas. Debido a la falta de retroalimentación, el sistema es vulnerable a perturbaciones externas y a variaciones en las condiciones del proceso, lo que puede resultar en una respuesta inadecuada.

Figura 2

Sistema de Control en Lazo abierto



Control Lazo Cerrado

El control de lazo cerrado es un sistema el cual se toma la salida del proceso y se la utiliza para realizar una comparación con la entrada, a fin de que sea una referencia para establecer el estado del proceso.

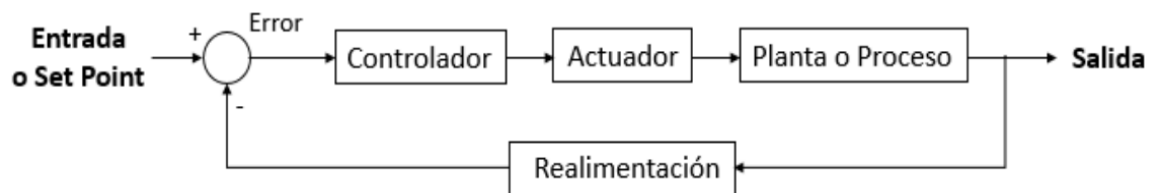
Principio de Funcionamiento

El principio de funcionamiento del lazo cerrado se basa en la comparación entre la salida medida del proceso y la referencia deseada. El controlador compara estas dos señales y genera una señal de error que indica la diferencia entre ellas. Luego, el controlador ajusta sus acciones para minimizar este error, manteniendo así la salida del proceso en el valor deseado.

Ventajas y Desventajas

Las ventajas del lazo cerrado incluyen una mayor precisión y estabilidad en el control del proceso, así como una mayor capacidad para compensar perturbaciones externas. Sin embargo, el lazo cerrado puede ser más complejo y costoso de implementar que el lazo abierto, y también puede ser más susceptible a problemas de estabilidad si no se diseña correctamente.

Figura 3
Sistema de Control en Lazo cerrado



Actividades propuestas para la unidad 1

1. Diseño de un circuito básico en papel: Dibujar un diagrama de un circuito eléctrico básico que incluya un PLC, un sensor y una lámpara, identificando claramente los símbolos de cada componente.
2. Investigación sobre tipos de PLCs: Investigar y presentar información sobre al menos tres tipos diferentes de PLCs, incluyendo sus características principales y aplicaciones típicas.
3. Desarrollo de manual básico de operación: Escribir un manual básico de operación para un sistema de control basado en PLCs, incluyendo instrucciones paso a paso para encender, apagar y reiniciar el sistema.
4. Comparación de lenguajes de programación: Comparar los lenguajes más comunes en PLCs, destacando ventajas y desventajas de cada uno: Ladder Logic, Structured Text y Diagrama de Bloques Funcionales.
5. Estudio de tendencias tecnológicas: Investigar las tendencias tecnológicas actuales en el campo de los PLCs, como la integración a la Industria 4.0, la IoT y la Inteligencia artificial.

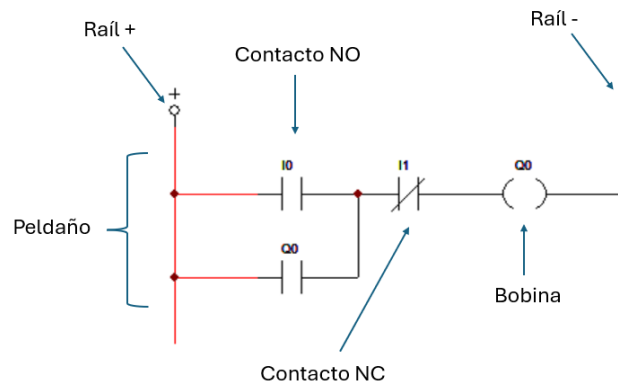
UNIDAD 2 PROGRAMACIÓN DE PLC LENGUAJE LADER

El lenguaje Ladder, también conocido como diagrama de escalera, se utiliza para la programación de PLCs y simula los circuitos de relés eléctricos.

Estructura y elementos de un programa ladder

Figura 4

Elementos del diagrama de escalera o ladder



Raíles: Son líneas verticales que definen el inicio y el fin de un circuito. El raíl izquierdo generalmente representa el polo positivo, mientras que el raíl derecho representa el negativo o neutro.

Peldaños: Son líneas horizontales entre los raíles, y cada una representa una lógica o una parte del circuito que se ejecuta secuencialmente de arriba hacia abajo.

Contactos NO (Normalmente Abierto): Representan condiciones o entradas que, cuando se cumplen (verdaderas), cierran el circuito permitiendo el paso de la corriente.

Contactos NC (Normalmente Cerrado): Representan condiciones que, cuando no se cumplen (falsas), cierran el circuito.

Bobinas o Actuadores: Actúan como salidas del PLC. Cuando la lógica de un peldaño es verdadera, activa la bobina que a su vez puede activar un actuador mecánico, una válvula, un motor, etc.

Instrucciones básicas y simbología

Las instrucciones básicas en Ladder utilizan una simbología que es intuitiva para aquellos familiarizados con diagramas eléctricos. Algunas de las más comunes incluyen:

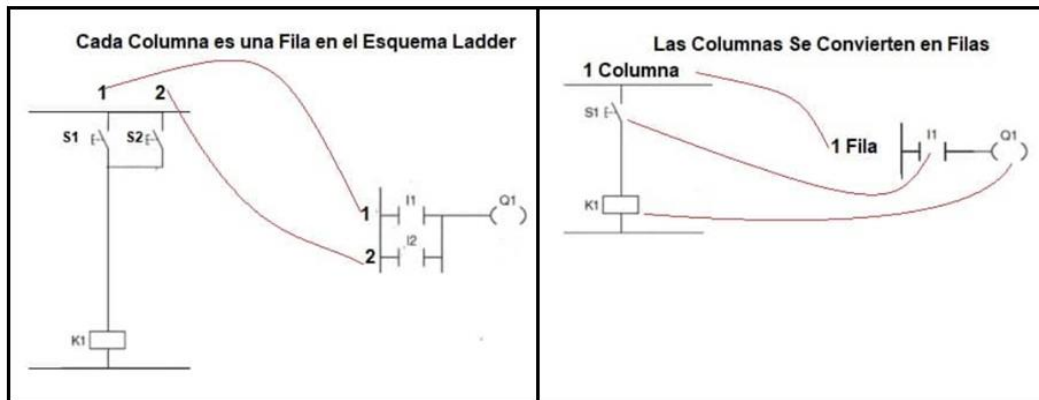
Contacto NO (Normalmente Abierto): Representado como un par de líneas paralelas. Cierra el circuito cuando la condición lógica asociada es verdadera.

Contacto NC (Normalmente Cerrado): Similar al contacto NO pero con una línea diagonal a través del círculo. Cierra el circuito cuando la condición lógica asociada es falsa.

Bobina o Salida: Representado generalmente como un círculo con una etiqueta dentro. Activa la salida cuando la lógica del peldaño es verdadera.

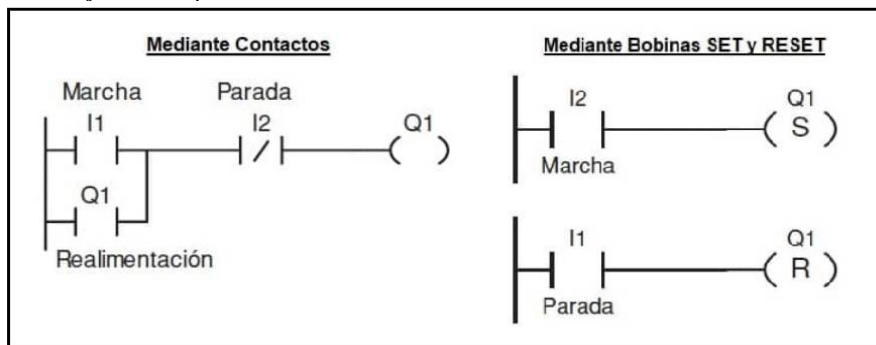
En este contexto, para pasar a Ladder a partir de los esquemas eléctricos que se manejan a nivel de control industrial con lógica cableada, se procede como indica la imagen a continuación.

Figura 5
De esquema eléctrico a ladder



El enclavamiento o memorización mostrado en la figura anterior, el cual es comúnmente utilizado en lógica cableada, puede ser manejado también a través de las bobinas SET y RESET como se indica en el ejemplo a continuación.

Figura 6
Uso de bobinas SET y RESET para enclavamiento



Entradas Digitales

Se utilizan para recibir señales de dispositivos de campo, como interruptores, sensores de proximidad, pulsadores, y otros dispositivos que generan señales de dos estados (ON/OFF, 1/0).

Aspectos Clave:

Niveles de Voltaje: Las entradas digitales típicamente operan a niveles de voltaje específicos, comúnmente 24 V DC en la industria. Es crucial asegurarse de que los dispositivos conectados a las entradas del PLC operen dentro de estos niveles para evitar daños.

Aislamiento: Muchos PLCs proporcionan aislamiento galvánico para proteger el hardware interno y para separar la tierra del PLC de las tierras de los dispositivos conectados, minimizando el riesgo de interferencias y voltajes no deseados.

Configuración de Entrada: La configuración de las entradas digitales se realiza generalmente a través del software de programación del PLC.

Salidas Digitales

Controlan actuadores como solenoides, relés, luces indicadoras y otros dispositivos que realizan acciones basadas en las decisiones tomadas por el programa del PLC.

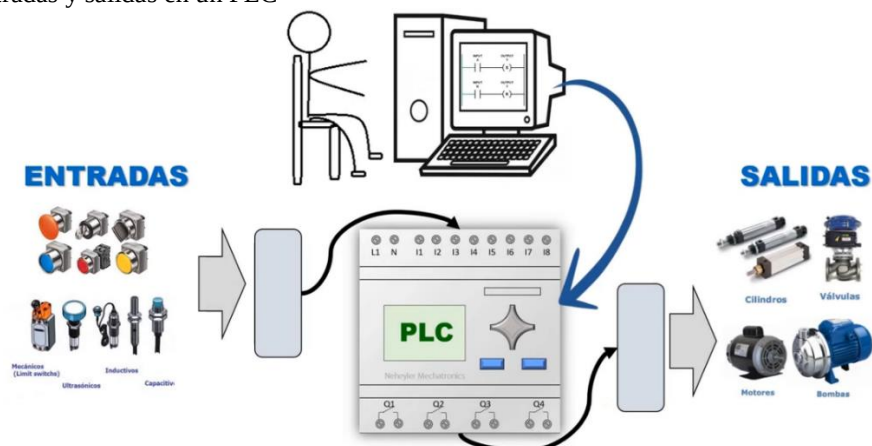
Aspectos Clave:

Tipo de Salidas: Las salidas pueden ser de tipo relé, transistor o triac, dependiendo del tipo de carga que controlarán y del entorno operativo.

Control de Potencia: Para dispositivos que requieren más potencia de la que el PLC puede proporcionar directamente, se utilizan dispositivos intermedios como contactores o relés de potencia.

Configuración de Salida: Similar a las entradas, las salidas también se configuran en el software del PLC. Se deben asignar direcciones o etiquetas que se refieran a su papel en el control del proceso.

Figura 7
Manejo de entradas y salidas en un PLC

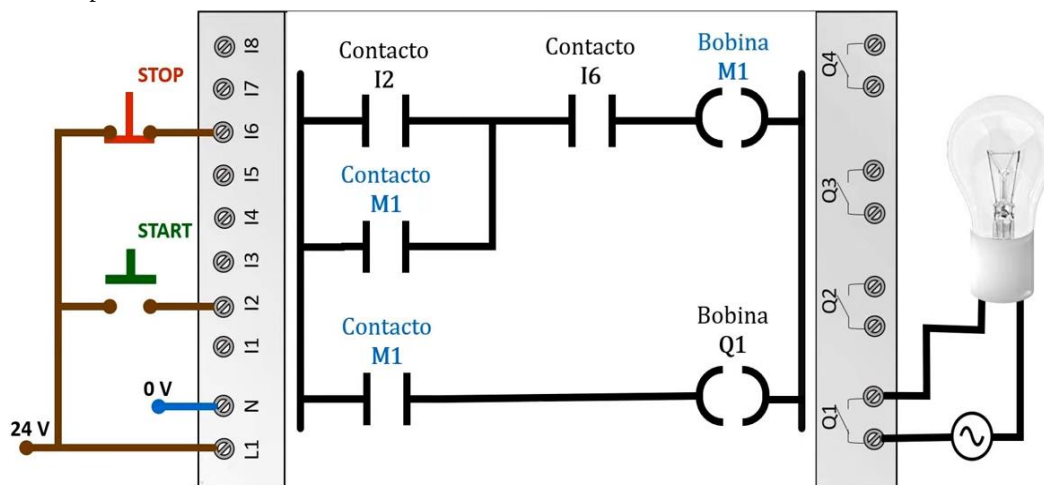


Ejemplo:

Realizar el diagrama Ladder para encender un bombillo al presionar un pulsador de marcha (START), y que este bombillo se apague al presionar el pulsador de paro (STOP). Hay que considerar que el pulsador de marcha es NA y el pulsador de paro es NC, además, que las entradas del PLC funcionan a 24V DC y las salidas son tipo relé, donde el bombillo funciona a 110V AC.

Solución:

Figura 8
Marcha Paro para un bombillo con ladder



Temporizadores

Los temporizadores son herramientas esenciales que permiten realizar control basado en tiempo dentro de los programas. Los temporizadores más comunes incluyen TON (Temporizador ON Delay), TOFF (Temporizador OFF Delay), TP (Pulse Timer), y TONR (Retentive ON Delay Timer).

TON (Temporizador ON Delay):

El TON inicia la cuenta cuando su entrada de control se activa (se vuelve verdadera). La salida del temporizador se activa solo después de que el temporizador haya contado hasta el tiempo preestablecido.

TOFF (Temporizador OFF Delay):

El TOFF comienza a contar cuando su entrada de control se desactiva (se vuelve falsa).

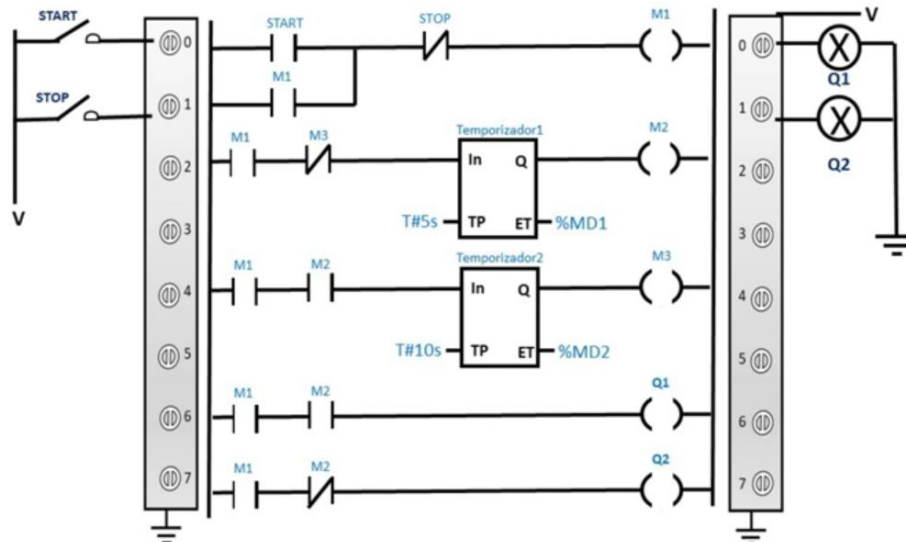
TP (Pulse Timer)

El TP produce un pulso de duración fija cuando se activa la entrada. Independientemente de cuánto tiempo la entrada permanezca activa, la salida se activa solo durante el tiempo preestablecido.

Ejemplo:

Se va a encender dos bombillos bajo las siguientes condiciones: al presionar START se debe encender uno de los bombillos por un tiempo de 5 s, inmediatamente cumplido este tiempo el bombillo se apagará y se encenderá el segundo bombillo por un tiempo similar por 5 s. Este proceso se repetirá continuamente hasta presionar el botón de STOP.

Figura 9
Funcionamiento intermitente de bombillos



Contadores

Los contadores son herramientas fundamentales que permiten llevar a cabo la contabilidad de eventos, piezas, ciclos u operaciones en sistemas de automatización. Hay varios tipos de contadores que se pueden utilizar dependiendo de la aplicación específica:

CTU (Contador de Incremento):

Incrementa su valor en uno cada vez que se activa su entrada de conteo y el valor de conteo aún no ha alcanzado su valor preestablecido (setpoint).

CTD (Contador de Decremento):

Decrementa su valor en uno cada vez que se activa su entrada de conteo y el valor de conteo es mayor que cero.

Contadores Bidireccionales (CTUD):

Los contadores bidireccionales pueden incrementar o decrementar su valor, dependiendo de las señales de entrada que reciban. Combinan las funciones de CTU y CTD en un solo contador.

Comparadores

Los comparadores son funciones esenciales que permiten realizar comparaciones entre valores, facilitando la toma de decisiones en base a condiciones específicas dentro de un proceso.

Comparador de Igualdad (==):

Evalúa si dos valores son iguales. Comúnmente usado para verificar condiciones de proceso específicas, como verificar si un contador ha alcanzado un valor determinado.

Comparador de Desigualdad (!=):

Evalúa si dos valores son diferentes. Útil para detectar cambios de estado o para asegurar que dos procesos no operen bajo la misma condición.

Comparador Mayor Que (>):

Determina si un valor es mayor que otro. Utilizado para controlar límites superiores, como la temperatura, presión, o velocidad que no deben exceder un cierto umbral.

Comparador Menor Que (<):

Determina si un valor es menor que otro. Empleado para mantener las operaciones dentro de límites seguros, como no dejar caer la presión de un sistema por debajo de un punto crítico.

Comparador Mayor o Igual Que (>=):

Comprueba si un valor es mayor o igual a otro. Puede ser utilizado para iniciar una operación una vez que se ha alcanzado un valor mínimo.

Comparador Menor o Igual Que (<=):

Evalúa si un valor es menor o igual a otro. Adecuado para condiciones donde es necesario evitar sobrepasar un valor máximo, como evitar la sobrecarga de un componente.

Ejemplo Práctico de comparadores:

Imagina que necesitas asegurarte de que una bomba se active solo cuando el nivel de agua en un tanque esté por debajo de un cierto punto para evitar desbordamientos. Puedes utilizar un comparador menor que (<) donde una entrada sería el nivel actual del agua (señal de un sensor de nivel) y la otra

entrada sería el set point del nivel máximo deseado. Si el nivel del agua es menor que el set point, la salida del comparador activaría la bomba.

Entradas y Salidas Analógicas

Son fundamentales para manejar señales que varían continuamente en función del tiempo, a diferencia de las digitales que solo tienen dos estados (ON y OFF). Estas señales analógicas permiten que el PLC procese y controle variables complejas como la temperatura, la presión, el nivel de fluidos, la velocidad, y otros parámetros que requieren una medición precisa y un control continuo.

Entradas analógicas:

Se utilizan para leer valores de sensores que producen una señal eléctrica que cambia continuamente, como 0-10 V, 0-20 mA o 4-20 mA.

Resolución: Define la menor diferencia entre dos valores analógicos que el PLC puede detectar, típicamente expresada en bits (por ejemplo, 12 bits, 14 bits, etc.).

Tasa de Muestreo: La frecuencia con la que el PLC lee la entrada analógica.

Acondicionamiento de Señal: Incluye la amplificación, el filtrado y la conversión de las señales analógicas para su adecuada digitalización y procesamiento.

Salidas analógicas:

Se utilizan para controlar actuadores o dispositivos que necesitan una variación continua, como válvulas proporcionales, variadores de frecuencia o elementos de calefacción.

Resolución y Precisión: Similar a las entradas, la resolución de las salidas analógicas determina cuán finamente puede controlarse el dispositivo.

Tipo de Señal: Las salidas pueden ser en formas de corriente (4-20 mA es común) o de voltaje (0-10 V), dependiendo del dispositivo que se esté controlando.

Ejemplos de Uso

Control de Temperatura: Usando una entrada analógica para leer un sensor de temperatura y una salida analógica para ajustar una válvula que controla el flujo de un medio calefactor o refrigerante.

Control de Nivel: Utilizando sensores de nivel que envían señales de 4-20 mA al PLC, que luego ajusta la velocidad de una bomba o la posición de una válvula para mantener el nivel deseado.

Actividades propuestas para la unidad 2

1. Crear un programa en Ladder que active una alarma cuando se abra una puerta de seguridad (contacto NC) y la detenga cuando la puerta se cierre.
2. Programar un temporizador ON Delay para controlar el apagado de una máquina después de un tiempo determinado que haya empezado a funcionar la máquina a través de un pulsador de marcha P1.
3. Desarrollar un programa que cuente la cantidad de productos procesados, utilizando un contador que incremente cada vez que un sensor detecte la salida de un producto.
4. Utilizar el bloque de comparación para realizar un proceso el cual rechace productos que no cumplen con lo solicitado, activando un actuador para sacar el producto de la línea cuando las medidas no estén dentro del rango deseado.
5. Utilizar pines analógicos mediante lo cual se realice el monitoreo y control del nivel de líquido en un tanque, el control se realiza mediante el abrir o cerrar la válvula lo cual servirá para mantener el nivel del líquido dentro de un rango específico.

UNIDAD 3 PROGRAMACIÓN DE PLC LENGUAJE BDF

Introducción

Diagrama de Bloques de Funciones (BDF) es un lenguaje de programación gráfico utilizado en PLCs, este lenguaje permite a los usuarios programar de manera versátil controladores lógicos programables PLCs mediante la creación de diagramas de bloques predefinidos en el software de una manera más fácil.

Características del lenguaje BDF

Este lenguaje de programación se destaca por desarrollarse en base a una programación gráfica, interfaz intuitiva, flexibilidad, escalabilidad y compatibilidad.

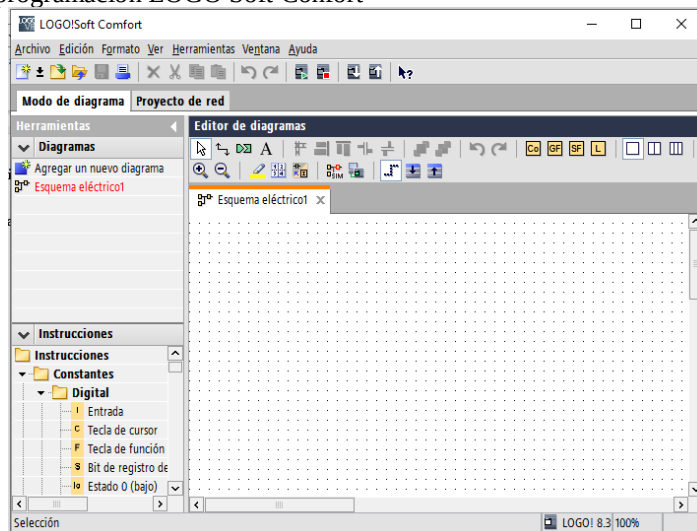
Ventajas de uso del lenguaje de Bloque de Diagrama de Funciones.

Fácil uso, visualización clara y rapidez en el desarrollo

Programación en lenguaje BDF en PLC logo Siemens

Figura 10

Pantalla principal de programación LOGO Soft Comfort

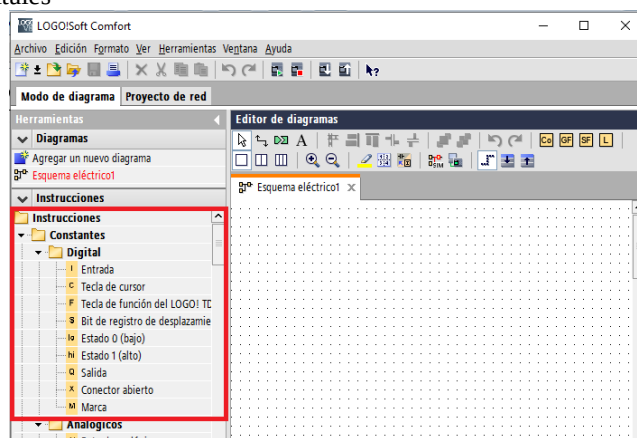


En el bloque de diagrama de funciones o lenguaje gráfico permite al usuario programar elementos (bloque de funciones del PLC) en tal forma que se interconectan al igual que un circuito eléctrico. Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función.

A continuación, se detalla algunos bloques utilizados comúnmente en la programación:

Figura 11

Bloques de entradas digitales



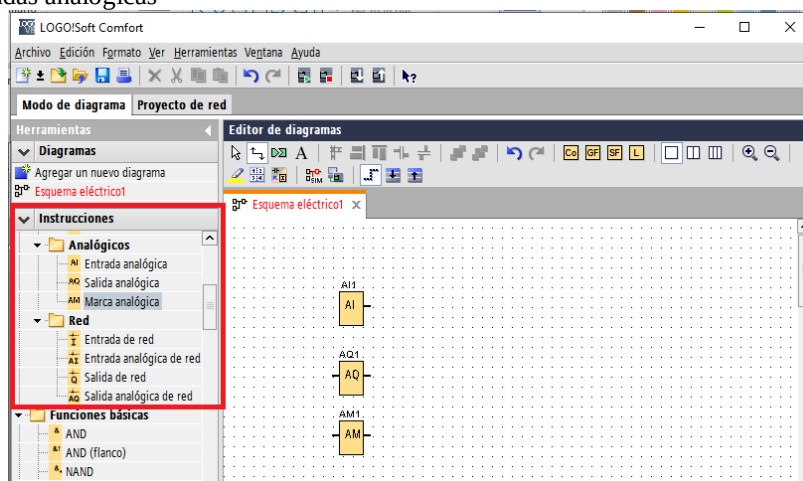
Entradas digitales:

Las entradas digitales empiezan por la letra I. El número de entradas digitales (I1, I2,...) se corresponde con el número de conectores de entrada del módulo base LOGO! y de los módulos digitales conectados en el orden de montaje. Los bloques de entrada representan los bornes de entrada de LOGO!. Hay 24 entradas digitales disponibles como máximo.(Logo et al., 2016)

Salidas digitales:

Los bloques de salida representan los bornes de salida de un LOGO!. Es posible utilizar 20 salidas como máximo. En la configuración de bloques puede asignar un borne de salida diferente a un bloque de salida.

Figura 12
Bloques de entradas analógicas



Entradas analógicas.

Los dispositivos LOGO! 12/24RC, LOGO! 12/24RCo, LOGO! 24, LOGO! 24o, LOGO! 24C, LOGO! 24Co y LOGO! 12/24RCE, así como los módulos de ampliación LOGO! AM2 12/24 procesan señales analógicas, Las versiones LOGO! 24 CE, LOGO! 24 CEo, LOGO! 12/24 RCE y LOGO! 12/24 RCEo disponen de las entradas I1, I2, I7 e I8, que también pueden programarse para ser utilizadas como entradas analógicas, AI3, AI4, AI1 y AI2.(Logo et al., 2016).

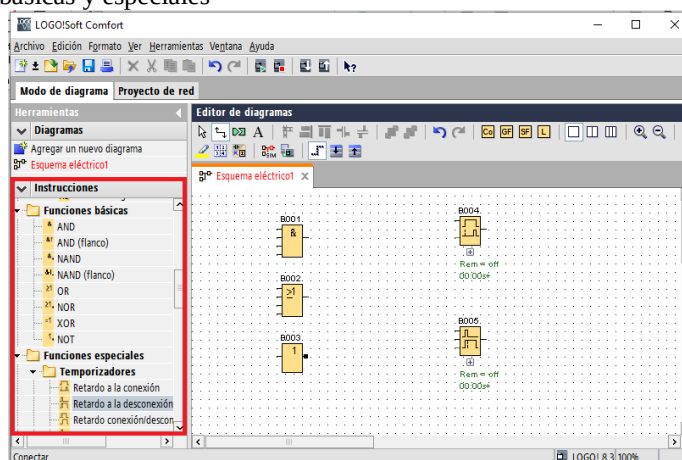
Salidas analógicas.

Las salidas analógicas empiezan por las letras AQ. Hay ocho salidas analógicas disponibles, a saber: AQ1, AQ2 a AQ8. Una salida analógica solo puede conectarse con la entrada analógica de una función, una marca analógica (AM) o un conector de salida analógico, si conecta una salida analógica real con una función especial que disponga de una salida analógica, considere que esta solo puede procesar valores comprendidos entre 0 y 1000. (Logo et al., 2016).

Funciones básicas y especiales

Figura 13

Bloques de funciones básicas y especiales



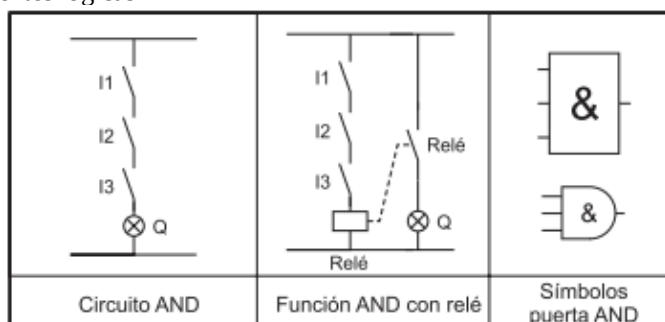
Las funciones básicas son elementos lógicos sencillos del álgebra booleana. Es posible negar las entradas de algunas funciones básicas, con lo que el programa invierte un "1" lógico aplicado a una entrada determinada en un "0" lógico. Si "0" es el valor aplicado en la entrada, el programa activa un "1" lógico. (Logo et al., 2016).

Función AND

La función AND toma el estado 1 en su salida si todas las entradas tienen el estado 1, es decir, si están activas o cerradas.

Figura 14

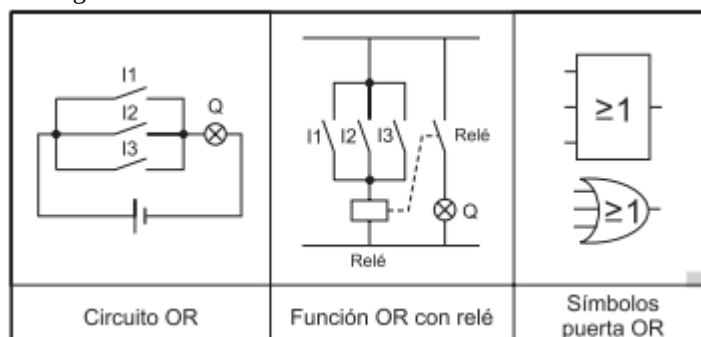
Función AND en diferentes lógicas



Función OR.

La salida tendrá valor "1", si cualquiera de las variables de entrada tiene valor "1". (Arjona, n.d.)

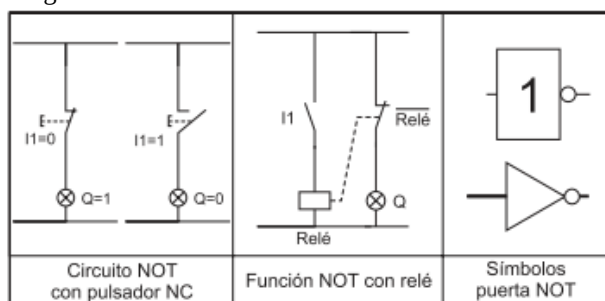
Figura 15
Función OR en diferentes lógicas



Función NOT o Inversión.

La salida de una función NOT adopta el estado 1 siempre que la entrada tenga el estado 0. El bloque NOT invierte el estado de la entrada, la ventaja del bloque NOT para LOGO ya no se necesitan contactos normalmente cerrados. Solo tiene que utilizar un contacto normalmente abierto y, mediante el bloque NOT, convierte en un contacto normalmente cerrado.

Figura 16
Función NOT en diferentes lógicas

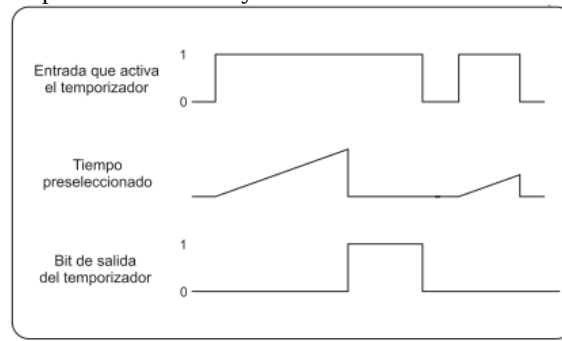


Temporizador con retardo a la conexión On delay

Este temporizador activará su salida, si es excitada su entrada (IN) y pasa el tiempo programado, normalmente, de este temporizador usaremos dos variables; el bit digital de salida (T), que podrá ser 0/1, y el dato del tiempo actual, medido en formato de 16 bits (una palabra -Word-). (Arjona, n.d.).

Figura 17

Diagrama de activación del temporizador ON delay

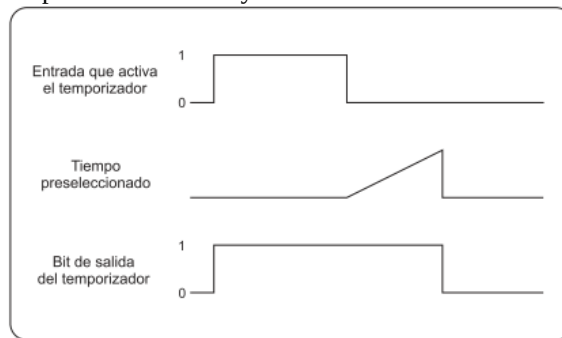


Temporizador Off delay (retardo a la desconexión).

Este temporizador activará su salida en el mismo instante que se excita su entrada (IN), la salida de retardo a la desconexión se desactiva tras haber transcurrido un tiempo configurado, (Arjona, n.d.).

Figura 18

Diagrama de activación del temporizador ON delay

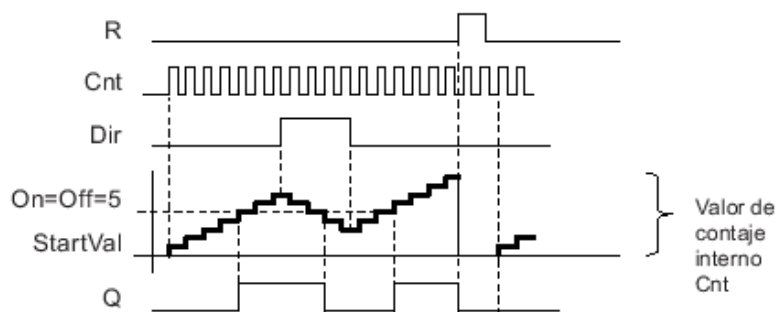


Contadores

Según la parametrización, un pulso de entrada incrementa o decrementa un valor de conteo interno. La salida de bloque se activa o desactiva cuando se alcanza un umbral seteado. El sentido del conteo puede cambiarse mediante la configuración en la entrada Dir.

Figura 19

Diagrama de activación del contador



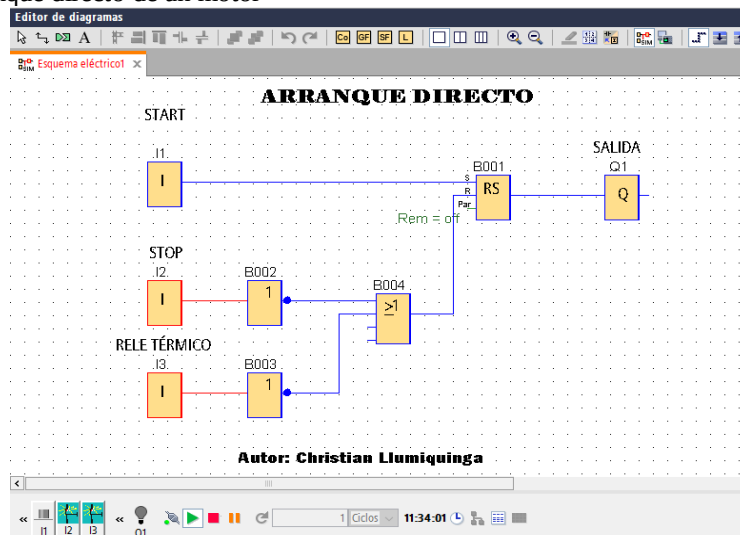
Ejercicio: Arranque directo de un motor.

Colocar en una tabla todas las entradas y salidas necesarias para el arranque directo.

ENTRADAS	NOMBRE	SALIDAS	NOMBRE
I1	MARCHA	Q1	MOTOR
I2	PARADA		
I3	RELE TÉRMICO		

Figura 20

Simulación de arranque directo de un motor



Como se observa en la figura, en la simulación el pulsador NA que corresponde a I1 activa al relé auto enclavador que enciende a Q1, las entradas I2 e I3 son NC precedida de la compuerta NOT y una compuerta OR para desactivar la salida Q1.

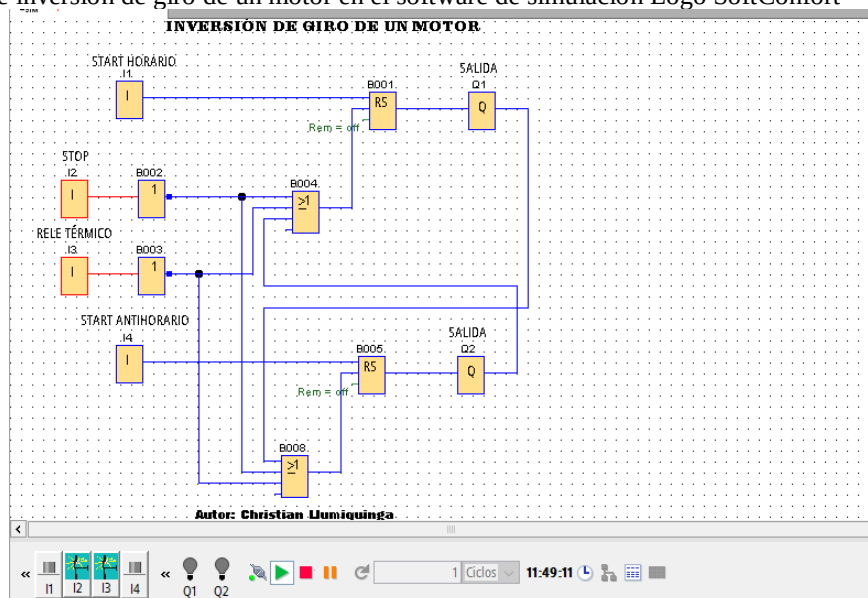
Ejercicio: Inversión de giro de un motor.

Colocar en una tabla todas las entradas y salidas necesarias utilizadas para la inversión de giro.

ENTRADAS	NOMBRE	SALIDAS	NOMBRE
I1	R. TERMICO	Q1	GIRO DERECHO
I2	PARADA	Q2	GIRO IZQUIERDO
I3	MARCHA G.D		
I4	MARCHA G.I		

Figura 21

Simulación de inversión de giro de un motor en el software de simulación Logo SoftConfort



Actividades propuestas para la unidad 3

1. Crear un programa en BDF que active una alarma cuando se abra una puerta de seguridad (contacto NC) y la detenga cuando la puerta se cierre.
2. Programar un temporizador ON Delay para controlar el apagado de una máquina después de un tiempo determinado que haya empezado a funcionar la máquina a través de un pulsador de marcha P1.
3. Desarrollar un programa que cuente la cantidad de productos procesados, utilizando un contador que incremente cada vez que un sensor detecte la salida de un producto.
4. Usar comparadores para rechazar productos que no cumplan con ciertos criterios dimensionales, activando un actuador para remover el producto de la línea cuando las medidas no estén dentro del rango deseado.

5. Utilizar In/Out analógicas para el monitoreo y control del nivel de un líquido en un recipiente, controlando la apertura de una válvula para mantener el nivel dentro de un rango específico.

UNIDAD 4 PARAMETRIZACIÓN DE VARIADORES Y ARRANCADORES

Introducción

La parametrización de variadores y arrancadores es un aspecto crucial en la automatización y control industrial. Los variadores de frecuencia (VFD, por sus siglas en inglés) y los arrancadores suaves son dispositivos utilizados para controlar y proteger motores eléctricos, mejorando su rendimiento y eficiencia energética. Estos dispositivos permiten ajustar la velocidad y el par del motor, optimizando su funcionamiento según las necesidades del proceso industrial.

Variadores de Frecuencia (VFD)

Los variadores de frecuencia son dispositivos electrónicos que controlan la velocidad y el par de motores de corriente alterna (CA) mediante la variación de la frecuencia y el voltaje de la alimentación eléctrica. Existen varios tipos:

Variadores de Frecuencia PWM (Pulse Width Modulation):

Son aquellos basados en la modulación por ancho de pulso para en función de esto controlar la velocidad del motor. Cabe indicar son precisos y eficientes al controlar la velocidad del motor y por esta razón son los más comunes.

Variadores de Frecuencia Vectoriales:

Ofrecen un control más avanzado y preciso del motor, especialmente en aplicaciones que requieren un alto par a bajas velocidades. Existen dos tipos principales: variadores de control vectorial sin sensor y con sensor.

Variadores de Frecuencia de Flux Vector Control:

Proporcionan un control aún más preciso del flujo magnético del motor. Se utilizan en aplicaciones donde se requiere un control de velocidad y par extremadamente preciso.

Arrancadores Suaves

Los arrancadores suaves son dispositivos utilizados para reducir el estrés mecánico y eléctrico en los motores durante el arranque y el paro. Controlan el voltaje al encender el motor, operan aumentando poco a poco la velocidad del motor hasta alcanzar su valor nominal. Tipos:

A.S. a Plena Tensión:

Son aplicados con cargas medianas y ligeras debido a que se basan en ir aumentando poco a poco la tensión de arranque.

A.S. de Reducción de Corriente de Arranque:

Muy aplicados para cargas pesadas pues se basan en limitar la corriente de arranque.

A.S. con Bypass:

Incorporan un contactor de bypass que desconecta el arrancador suave una vez que el motor ha alcanzado su velocidad nominal. Proporcionan una operación más eficiente y reducen las pérdidas de energía durante el funcionamiento continuo.

Programación de Configuraciones

La programación de variadores y arrancadores implica la configuración de parámetros específicos que determinan el comportamiento del motor durante el arranque, el funcionamiento y el paro. Los pasos típicos incluyen:

Configuración de Parámetros Básicos:

Ajuste de la frecuencia base, tensión nominal y corriente nominal del motor.

Selección del tipo de control (por ejemplo, V/f, vectorial).

Configuración de Parámetros de Arranque y Paro:

Ajuste de la rampa de aceleración y desaceleración.

Configuración de los límites de corriente y par durante el arranque.

Configuración de Protección del Motor:

Ajuste de las protecciones contra sobrecorriente, sobretensión y sobret temperatura.

Configuración de alarmas y acciones de protección.

Configuración de Modos de Control:

Selección del modo de control (por ejemplo, control de par, control de velocidad).

Configuración de los parámetros de control de retroalimentación.

Pruebas y Ajustes Finales:

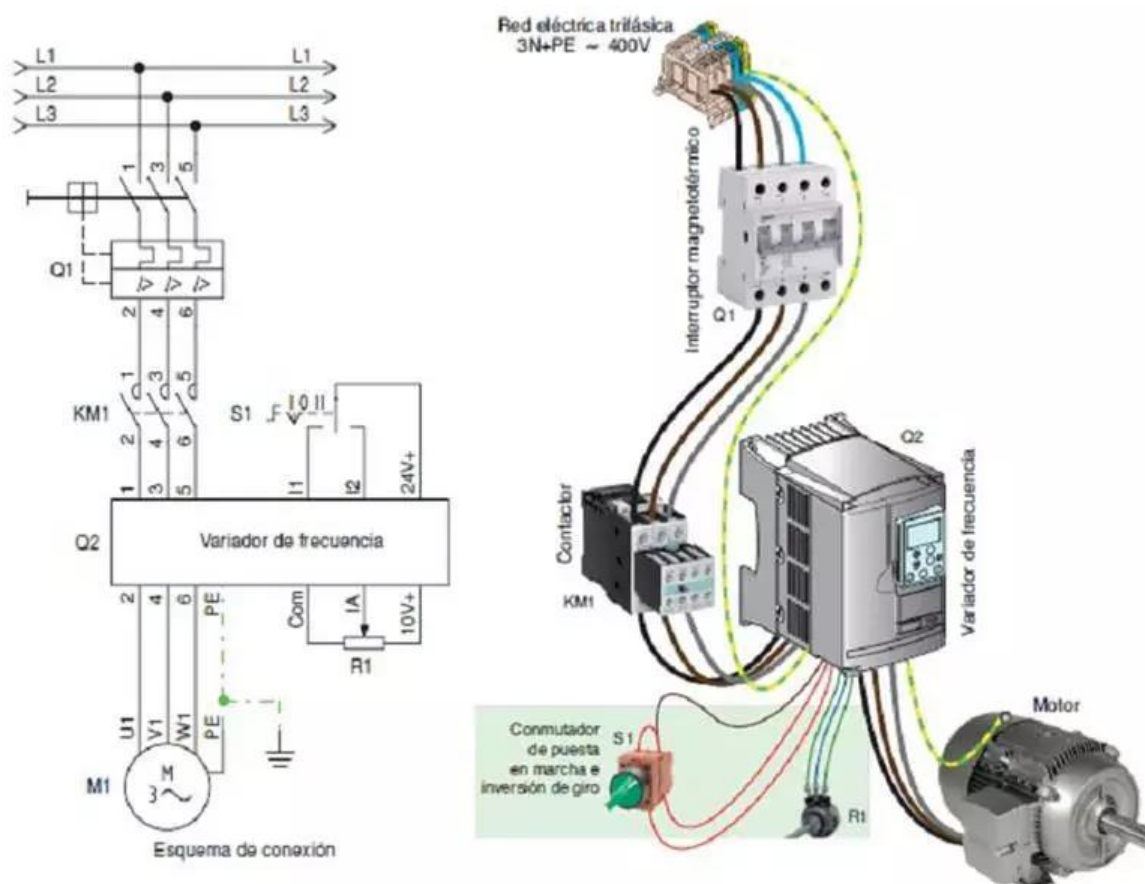
Realización de pruebas de funcionamiento para verificar la correcta configuración de los parámetros.

Ajustes finales basados en el comportamiento del motor y los requisitos del proceso.

La correcta parametrización de variadores y arrancadores es esencial para buscar el óptimo rendimiento de los motores. Este marco teórico proporciona una base sólida para entender los conceptos y técnicas fundamentales en la automatización y control industrial.

Figura 22

Esquema de conexión del control de frecuencia de un Motor mediante VDF



Nota: tomado de <https://iguren.es/blog/aplicaciones-y-usos-de-los-variadores-de-frecuencia/>

Actividades propuestas para la unidad 4

1. Realizar un cuadro comparativo entre distintas marcas y modelos de variadores de frecuencia.
2. Investigar en qué aplicaciones es más factible aplicar un variador de frecuencia y en cuales es preferible aplicar un arrancador suave.
3. Realizar la simulación del circuito que permita controlar un motor trifásico mediante VHF.
4. Investigar los parámetros de configuración básicos para un VHF Sinamic G110 de Siemens.
5. Implementar un arranque para una frecuencia de 40Hz con tiempo de arranque de 10s y tiempo de parada de 15s en base a la información del literal 4.

UNIDAD 5 REDES INDUSTRIALES Y SISTEMAS SCADA

Introducción

Las redes industriales son sistemas de comunicación diseñados específicamente para conectar dispositivos industriales, como sensores, actuadores, controladores, etc., dentro de un entorno industrial. Estas redes pueden ser cableadas o inalámbricas y están optimizadas para soportar las condiciones ambientales y los requisitos de tiempo real propios de la industria.

Los sistemas SCADA, por otro lado, son sistemas de software utilizados para supervisar y controlar procesos industriales en tiempo real, permitiendo a los operadores el monitoreo y gestión de operaciones de una planta industrial de manera remota. Los SCADA recopilan información en tiempo real de sensores y dispositivos del campo, los guardan y presentan en una interfaz gráfica de muy fácil manipulación permitiendo a los operadores un manejo de decisiones para el control de procesos.

Las redes industriales y los sistemas SCADA suelen trabajar juntos para permitir la automatización y el control eficiente de los procesos industriales. Las redes industriales proporcionan la infraestructura de comunicación necesaria para conectar todos los dispositivos en el campo, mientras que los sistemas SCADA utilizan esta infraestructura para recopilar datos, supervisar procesos y controlar sistemas en tiempo real. Juntos, estos componentes juegan un papel crucial en la mejora de la eficiencia, la productividad y la seguridad en entornos industriales

Redes de Comunicación Industrial.

En la parte inferior de la pirámide de automatización, donde se encuentran los llamados dispositivos de campo que actúan directamente sobre el proceso productivo. Las comunicaciones a este nivel deben poseer unas características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real que se deben producir y ser capaces de resistir un ambiente hostil donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones ambientales duras. En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales, una comunicación a nivel de campo, y una comunicación hacia el SCADA. En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real, o

por lo menos con una demora que no es significativa respecto de los tiempos del proceso, pudiendo ser crítico para el nivel de campo (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

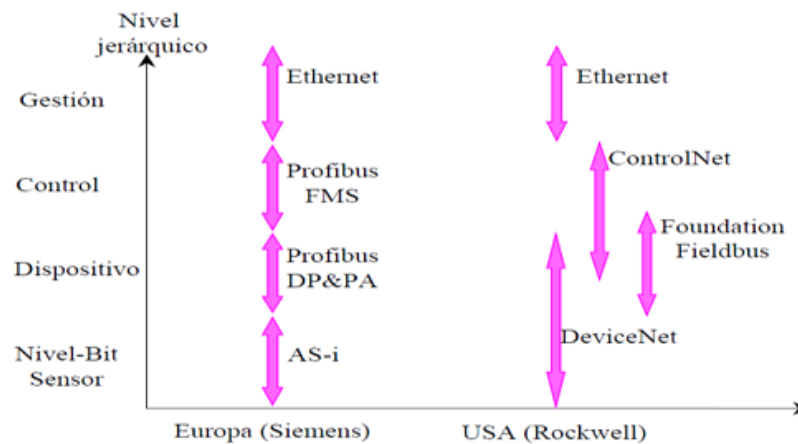
Redes Sensor Actuator: ASI

El bus ASi (Actuator-Sensor Interface) nació en 1990 como un intento de eliminar el cableado existente entre los sensores y actuadores binarios (todo-nada) con la característica añadida de proporcionar la tensión de alimentación sobre el mismo cable (hasta 8A). Posteriormente, el bus ha evolucionado para comunicarse con elementos inteligentes y poder transmitir datos y parámetros además de las señales binarias.

El bus ASI es considerado uno de los sistemas de comunicación más sencillos y con menos prestaciones, por lo que se emplea a nivel de campo en la parte más baja de la pirámide de automatización. Así es un sistema abierto definido por el estándar europeo EN 50295 y el estándar IEC 62026-2 (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

Figura 23

Niveles jerárquicos de los protocolos de comunicación Industrial



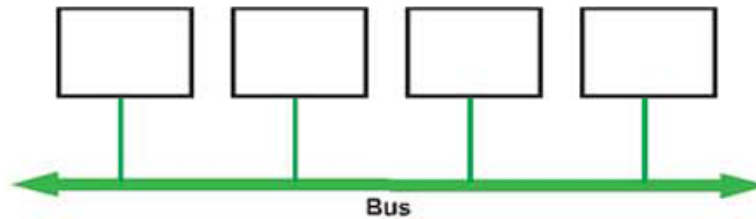
Protocolos usados por Siemens y Rockwell empresas líderes de distribución en Europa y América respectivamente. (Chamorro1 & Toro2, s/f)

Topologías de Red

Topología de bus.

Es la forma más sencilla de conectar una red, consiste en conectar todos los equipos mediante cable a una misma línea de transmisión (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

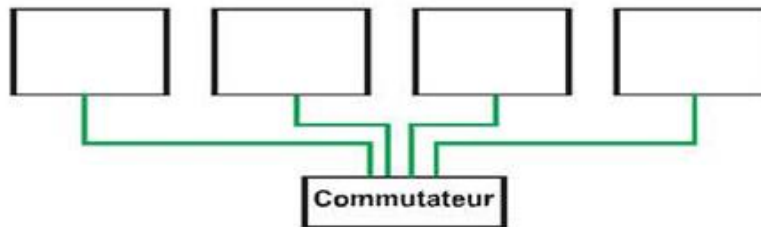
Figura 24
Topología tipo Bus



Topología de Estrella

Consiste en conectar los dispositivos a un equipo conmutador o repetidor para retransmitir los datos recibidos (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

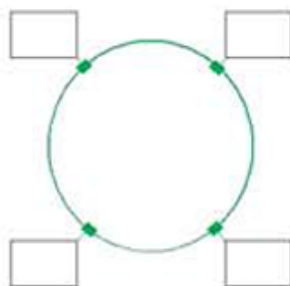
Figura 25
Topología tipo Estrella



Topología de anillo

Consiste en conectar varios dispositivos en forma de anillo con un mismo cable por el cual la información pasa en una dirección ya sea sentido horario o antihorario (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

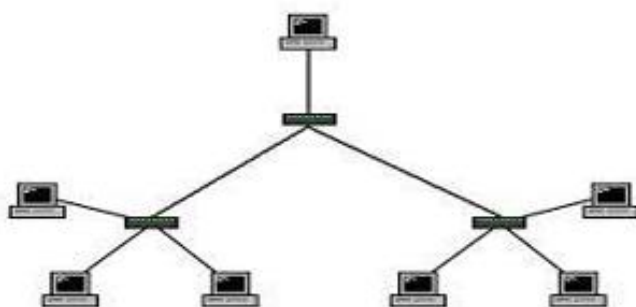
Figura 26
Topología tipo Anillo



Topología tipo árbol

Es tener varios tipos de estrella conectadas entre sí, con la diferencia que no se encuentran conectadas a un equipo, en su lugar se tiene un nodo central del cual se ramifican las demás (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

Figura 27
Topología tipo árbol



Niveles de la Pirámide de Automatización CIM

La pirámide de automatización CIM por sus siglas en ingles es: “Computer Integrated Manufacturing”, que traduce fabricación integrada por computador. La pirámide nace por la necesidad de integrar los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación) con los demás sistemas de gestión de una empresa, CIM intenta resumir de manera gráfica la estructura de los sistemas de comunicación en el entorno productivo y se divide en niveles de acuerdo con el tráfico y tipo de información que intercambia. Es decir, explica en qué parte de los procesos de una empresa interviene cada protocolo de comunicación. (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

En este contexto, el nivel de campo es el nivel encargado de comunicar dispositivos de control y mando con dispositivos E/S así como gestionar sus funciones.

PROFIBUS

En el año de 1987 un grupo de empresas alemanas desarrollan un proyecto con el fin crear un medio que permitiera la interacción entre equipos de varios fabricantes de este modo nace Profibus, la cual ofrece soluciones para aplicaciones discretas y procesos de automatización (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

Profibus DP (Decentralized Peripherals)

Está diseñado especialmente para comunicar los sistemas de automatización y dispositivos de E/S, maneja velocidades bastante altas transmitiendo hasta 1kByte de datos en menos 2 ms a una velocidad de 12Mbit/s, permite la conexión de hasta 126 dispositivos de E/S y reduce los costos en el cableado. Substituye la tecnología 4 a 20 mA y Hart. Profibus DP y FMS se pueden utilizar simultáneamente en un mismo cable ya que usan la misma tecnología de transmisión y acceso al bus (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

Profibus DA (Process Automation)

Profibus DA o PA sus siglas en español es usado para la automatización de procesos y destinado a reemplazar la tecnología de transmisión de 4 a 20 mA, permite la conexión de hasta 32 dispositivos con velocidades de transmisión de 31.5Kbits/s y un alcance de 1900m ampliable hasta a 10Km con repetidores (Chamorro1 & Toro2, n.d.)

Arquitectura general de un sistema SCADA

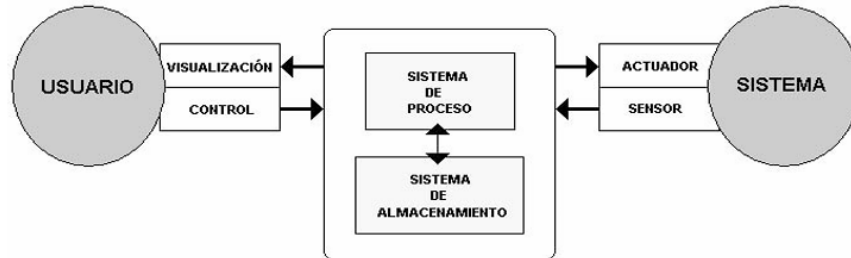
Las primeras incursiones informáticas en el campo de la automatización localizaban todo el control en el PC y tendían progresivamente a la distribución del control en planta. De esta manera, el sistema queda dividido en tres bloques principales:

- Software de adquisición de datos y control (Scada).

- Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores).
- Sistema de interconexión (comunicaciones). (Rodríguez Penín, n.d.)

Figura 28

Arquitectura básica de un sistema SCADA



Un sistema Scada es una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción que proporciona comunicación entre los dispositivos de campo, llamados también RTU (Remote Terminal Units o Unidades Remotas), donde se pueden encontrar elementos tales como controladores autónomos o autómatas programables, y un centro de control o Unidad Central (MTU, Master Terminal Unit), donde se controla el proceso de forma automática desde la pantalla de uno o varios ordenadores. (SISTEMAS SCADA PARTE 2, n.d.)

Actividades propuestas para la unidad 5

1. Realizar un cuadro comparativo de las ventajas y desventajas de cada topología.
2. Explicar las diferencias y aplicaciones de las configuraciones en modo ASCII y RTU.
3. Realizar una presentación que indique la comparación entre Profibus DP y PA, destacando sus aplicaciones específicas y beneficios en procesos discretos y de automatización.
4. Implementar Profibus en un proceso de automatización con los siguientes componentes: PLC, Sensores y actuadores, HMI, bajo el siguiente enunciado: “Una planta de tratamiento de aguas residuales desea mejorar su sistema de control y monitoreo para aumentar la eficiencia y la precisión en el proceso de tratamiento. La planta decide implementar Profibus como el protocolo de comunicación principal para conectar sus dispositivos de campo con el sistema de control central.”

Autoevaluación

Escoja la respuesta correcta según corresponda.

1. ¿Qué significa la sigla PLC?

- A. Programmable Logic Control
- B. Programmable Linear Control
- C. Programmable Logic Controller
- D. Process Line Control

2. ¿Cuál es el símbolo estándar para una bobina en un diagrama Ladder?

- A. ||
- B. ()
- C. --
- D. []

3. En un PLC, ¿qué se entiende por "scan time"?

- A. El tiempo que tarda en arrancar el PLC
- B. El tiempo que tarda en ejecutar una instrucción
- C. El tiempo total que tarda el PLC en leer entradas, ejecutar el programa y actualizar salidas
- D. El tiempo que tarda en enviar una señal de salida

5. Para activar el temporizador ON DELAY se debe habilitar la patilla

- A. Set
- B. Enable
- C. Trigger
- D. CNT

6. Existen algunas versiones del PLC logo que sus entradas pueden ser utilizadas como digitales y analógicas indique cuales son las entradas que pueden funcionar como analógicas.

- A. I1, I2, I7, I8
- B. I1, I2, I3, I4
- C. I2, I3, I7, I8
- D. I3, I4, I7, I8

7. Según la parametrización de un bloque contador, un impulso de entrada incrementa o decrementa un valor de conteo interno, dependiendo cual es el valor recibido, 1 hacia atrás y cero hacia adelante, en que pin del bloque se configura los parámetros.

- A. R
- B. cnt
- C. Dir
- D. Q

8. ¿Cuál es la principal función de un variador de frecuencia (VFD)?

- A. Aumentar la corriente de arranque del motor.
- B. Variar la frecuencia y el voltaje de la alimentación eléctrica para controlar la velocidad del motor.
- C. Reducir el desgaste mecánico de los motores.
- D. Proporcionar protección contra sobrecargas eléctricas.

9. ¿Qué parámetro se ajusta típicamente durante la configuración de un variador de frecuencia para controlar la aceleración del motor?

- A. La corriente nominal
- B. La frecuencia base
- C. La rampa de aceleración
- D. El voltaje de arranque

10. Según Siemens y Rockwell el protocolo de comunicación industrial para el control en Europa corresponde.

- A. Ethernet
- B. Profibus FMS
- C. ControlNet
- D. DeviceNet

Referencias bibliográficas

García, J., García, M., Noguero, A., & López, J. (2020). *Design of a PLC-based system for industrial automation*. International Journal of Engineering Education.

Li, H., Xu, Y., & Wang, J. (2020). *Application of PLC in industrial automation: A case study*. International Journal of Advanced Robotic Systems.

Yadav, V., Suman, S., & Shekhar, S. (2018). *PLC-based automatic dam shutter control system*. International Journal of Computer Applications.

Bolton, W. (2019). *Programmable Logic Controllers* (7th ed.). Newnes.

Hughes, T. (2018). *Control Systems for Complete Idiots (Electrical Engineering for Complete Idiots)*. CreateSpace Independent Publishing Platform.

Rehg, J. A., & Sartori, G. (2018). *Programmable Logic Controllers: Industrial Control*. McGraw-Hill Education.

Petruzella, F. D. (2016). *Programmable Logic Controllers* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Arjona, R. (n.d.). *Aplicaciones para autómatas programables*.

Chamorro¹, G. P., & Toro², H. (n.d.). *PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL*.

Logo, P., Logo, P., & Logo, S. (2016). *LOGO ! LOGO !*

Rodríguez Penin, A. (n.d.). *Sistemas SCADA*.

SISTEMAS SCADA PARTE 2. (n.d.).

Arjona, R. (n.d.). *Aplicaciones para autómatas programables*.

Chamorro¹, G. P., & Toro², H. (n.d.). *PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL*.

Logo, P., Logo, P., & Logo, S. (2016). *LOGO ! LOGO !*

Rodríguez Penin, A. (n.d.). *Sistemas SCADA*.

SISTEMAS SCADA PARTE 2. (n.d.).

SUCRE



ISBN: 978-9942-676-26-9



SUCREInstitutooficial



@SUCREInstituto



@SUCREInstituto