

Cuaderno del Instructor

Módulo 4: “Sistemas de instrumentación análogo y digital”.

PFMEI-3-04/V.1[PE01-M04/v.1]

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:



Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero

Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.

Teléfono: (562) 2347 2200

www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.



Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educativas:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.



Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Módulo IV: Mantenión de sistemas de instrumentación análogo y digital	8
1. Controladores lógicos programables (PLC).....	9
1.1 Arquitectura externa de los PLC	10
1.2 Arquitectura interna de un PLC	60
1.3 Modos de funcionamiento de un PLC.....	67
1.4 Lenguaje de Programación.....	73
1.5 Software de programación para PLC.....	89
2. Mantenión a hardware de controladores lógicos programables	90
2.2 Limpieza de tarjetas del PLC	92
2.3 Protocolo de prueba de arranque de PLC	93
3. Sistemas de control distribuido DCS	94
3.1 Arquitectura de controlador DCS.....	96
3.2 Arquitectura externa de un DCS.....	103
3.3 Arquitectura interna de un DCS.....	110
3.4 Lenguajes de programación Ladder y FBD, IEC-61158	110
3.5 Software de programación para DCS.....	111
4. Mantenión a hardware de sistemas de control distribuido.....	112
Actividad N°10.....	114
Actividad N°11	117

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de **Mantenedor Instrumentista**.

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso”.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%. corresponderá a un 75%.

Módulo IV: Mantenimiento de sistemas de instrumentación análogo y digital

1. Controladores lógicos programables (PLC).

Introducción

Los primeros sistemas de control lógico usados en la industria se basaron casi exclusivamente en componentes mecánicos y electromecánicos.

Más tarde, a partir de los años cincuenta, con la presencia de semiconductores, aparecen sistemas de control de menor tamaño y consumo, más rápidos y con menor desgaste. Estos dispositivos se basaron en circuitos integrados con la lógica TTL. A pesar de sus ventajas, la mayor debilidad se tuvo en el área de detección de fallas y reparación ante la gran dificultad de poder chequear el comportamiento de los circuitos integrados componentes de las tarjetas constituyentes de los sistemas de control lógico.

En la década de los setenta, las prestaciones de los sistemas de control se incrementan gracias al empleo de los microprocesadores. Entonces, la demanda en la industria de un sistema económico, robusto, flexible, fácilmente modificable y con mejores características de control sobre tensiones y corrientes fuertes provoca el desarrollo de los autómatas programables industriales llamados PLC.

Los primeros PLC estaban diseñados para sustituir a los sistemas convencionales con relés o circuitos lógicos. Por tal motivo, surgieron con prestaciones muy similares a las de los sistemas de control lógico basados en relay; y sus lenguajes de programación eran muy próximos a los esquemáticos empleados en las mismas.

En los PLC actuales, se producen mejoras significativas, incorporando principalmente un conjunto de instrucciones más completo que les permite mejorar la velocidad de respuesta.

El PLC ha resultado ser la solución al problema concreto de disponer de un equipo que gobierne el funcionamiento lógico de una máquina o proceso. Es importante señalar que existe una gran oferta de PLC en el mercado y aun cuando difieren en detalles constructivos y de diseño lógico resultan tener equivalencias entre sí. El mercado de los PLC es semejante al de los automóviles, los productos no son iguales, pero son equivalentes compartiendo una arquitectura semejante. Así resulta que después de aprender a emplear un tipo específico de PLC, es posible aplicar lo aprendido para conocer otro tipo y/o marca de PLC.

- **Definiciones previas**

- Una señal es una variable, que no es capaz de suministrar una cantidad apreciable de energía (variable débil) y que puede representar a otras variables por su facilidad de procesamiento.
- Una condición lógica es una cualidad que admite solo dos interpretaciones opuestas, estas condiciones se representan mediante señales lógicas.
- Una señal lógica es una señal que puede tomar solo dos valores.
- Una decisión combinacional es aquella que se ejecuta en función de los valores actuales de ciertas señales lógicas.
- Una decisión secuencial es aquella que se ejecuta en función de los valores actuales y anteriores de ciertas señales lógicas.
- El Control lógico es el conjunto programado de acciones digitales, del tipo combinacional y secuencial, que permiten ordenar la ocurrencia de un procedimiento.
- Un autómatas es un sistema artificial que dispone de los recursos de hardware, software, energía e información necesarios para efectuar una tarea por sí mismo.
- El autómatas programable es un controlador lógico capaz de controlar un proceso cualquiera mediante un programa específico.
- Un PLC es una clase de autómatas programable basado en microprocesadores, y que cumple con los estándares industriales de tolerancia al medio industrial.

1.1 Arquitectura externa de los PLC

Tipos de PLC

Debido a la gran variedad de los PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los PLC en tres teniendo en cuenta sus distintas características.

PLC tipo nano

Generalmente este PLC (Fuente, CPU e I/O integradas) puede manejar un conjunto reducido de I/O, en un número inferior a 100.

Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales. Su tamaño es muy reducido en comparación al resto de PLC.

PLC tipo compacto

Estos PLC's tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O) , su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas.
- Módulos contadores rápidos.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Expansiones de I/O.

PLC tipo modular

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Rack
- Fuente de Alimentación
- CPU
- Módulos de I/O

De estos tipos existen desde los denominados Micro PLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O.

Arquitectura física de un PLC

PLC de hardware compacto

Son aquellos que presentan un montaje rígido en una caja, tal y como se muestra en la figura 1.

Están conformados por una CPU, fuente de alimentación e interfaces de entrada/salida, contenidas en una envolvente común, denominada unidad compacta. En general, este tipo de PLC puede ser clasificado como nanoautómata o microautómata. Poseen un número de entradas/salidas del orden de 60.

Lo primero que se aprecia en un PLC es su formato constructivo (como está hecho) o frame. Este formato puede ser compacto o modular.



Figura 1

PLC compacto. Gentileza Schneider Electric.

PLC de hardware modular

Son aquellos que presentan una estructura abierta y flexible, compuesta de módulos independientes que son montados por enganche mecánico sobre un rack o sobre un riel Din, como se aprecia en la figura 2.

El hardware de un sistema modular, en su configuración básica, está compuesto por:

- El chasis, riel o rack
- La fuente de alimentación
- El módulo procesador o CPU.
- Los módulos de entrada (Análogos y Digitales)
- Los módulos de salida (Análogos y Digitales)



Figura 2

PLC modular.

Cada módulo posee conexión al bus interno, indicadores de estado y en el caso de los de E/S, adicionan circuitos de interfaz y bornera, como se identifica en la figura 3. Para cada componente, existen diferentes opciones limitadas por las posibilidades de conexionado.

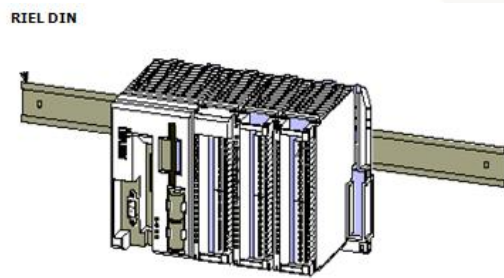


Figura: PLC basado en riel.

Figura 3

Estructura del módulo de entrada digital

El PLC, convierte los estados en señales lógicas, a través de la electrónica de los puntos de entrada.

Los PLC de cierta capacidad, disponen sus entradas en módulos de entrada.

En la Figura 4 se muestran las partes integrantes de un módulo de PLC, la descripción es válida tanto para un módulo de entrada como para uno de salida.

El módulo en si está soportado por una estructura 5 básica que permite alojar las otras partes.

La electrónica se encuentra en una tarjeta 6.

Un block removible 1 permite la desconexión del cableado del resto del módulo en caso de requerirse el cambio rápido del módulo.

Se aprecia la tapa del block 2; Los ganchos de enclavamiento 4 y una cinta protectora de los terminales atornillables 3.

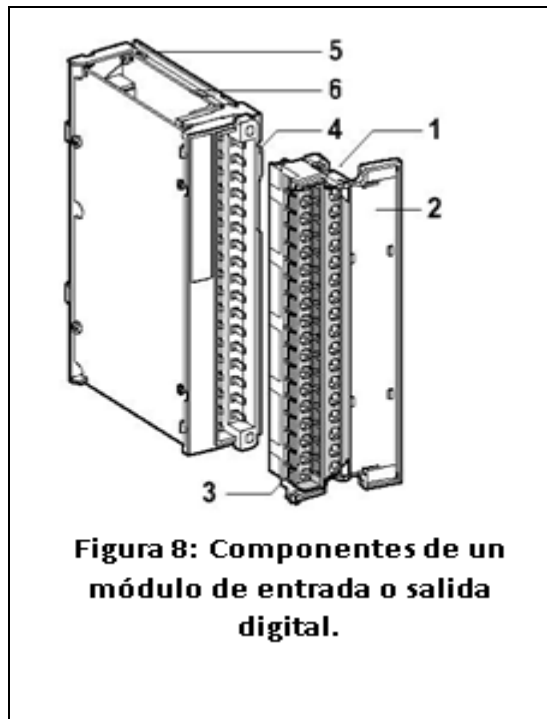


Figura 4

Clasificación de módulos de entrada digitales

Los módulos de entrada se caracterizan por los siguientes parámetros de diseño:

- *Fuente de alimentación*
- *Voltaje de excitación.*
- *Densidad de puntos.*

Fuente de alimentación:

La fuente de alimentación que requiere el módulo lo clasifica en las siguientes posibilidades:

- *Módulos activos:* Son aquellos que no requieren una fuente externa, ya que la tensión necesaria la suministra la fuente interna de 24 vdc del PLC. Estos módulos son por lo tanto en corriente continua.
- *Módulos pasivos:* Son aquellos que requieren una fuente externa. Estos módulos pueden ser en corriente continua o en corriente alterna.

Voltaje de excitación

Se emplean algunos valores estándares en corriente continua y corriente alterna, como se muestra en la Tabla 1.

Clasificación de los módulos de entrada digitales

División	Descripción	Clasificación
1 ^{ra}	Está referida a la naturaleza del voltaje empleado para lograr a la corriente de excitación	Alterna
		Continua
2 ^{da}	Niveles de voltaje empleados	24 VDC
		24 VAC
		110 VAC
		220 VAC
3 ^{ra}	Se refiere al dispositivo que provee la fuente de excitación.	Pasivo (si es provisto por una fuente de poder exterior)
		Activo (si la fuente de poder es provista por el propio PLC)
4 ^{ta}	Está referida a los módulos corriente continua, respecto si la corriente entra o sale por el módulo, por el punto de entrada correspondiente	Sink (si la corriente entra por el módulo)
		Source (si la corriente sale por el módulo)

Tabla 1

Densidad de puntos.

En general, las entradas se agrupan con puntos comunes. Es posible encontrar módulos de 4, 8, 16 y hasta 32 puntos de entrada. La clasificación incide en la forma de cablear dichos puntos para unirlos a las borneras de los tableros de control.

Módulos de Entrada tipo Sink y Source

Esta clasificación se refiere a los módulos de corriente continua y está relacionada con el sentido de la corriente en el punto de entrada, la que es importante de conocer para conectar sensores activos (típicos con salida en transistor tipo colector abierto).

Conexión de entradas digitales

Caso de contactos secos

Las entradas provenientes de terreno y comando deben alambrarse según los esquemas de alambrado que provee el fabricante, como el mostrado en la Figura 5, y que corresponde al módulo 140 DAI 340 00 de Modicon. Este módulo presenta 16 puntos independientes (cada uno tiene su entrada y común) por lo que podrían ser alambrados a fuentes diferentes.

En general, la conexión de contactos pasivos o secos, no presenta problemas, debido a que por su naturaleza, un contacto seco está libre de tensión. En el caso del input 1 de la Figura 5 el contacto debe establecer un puente entre el terminal L de la fuente y el punto de entrada.

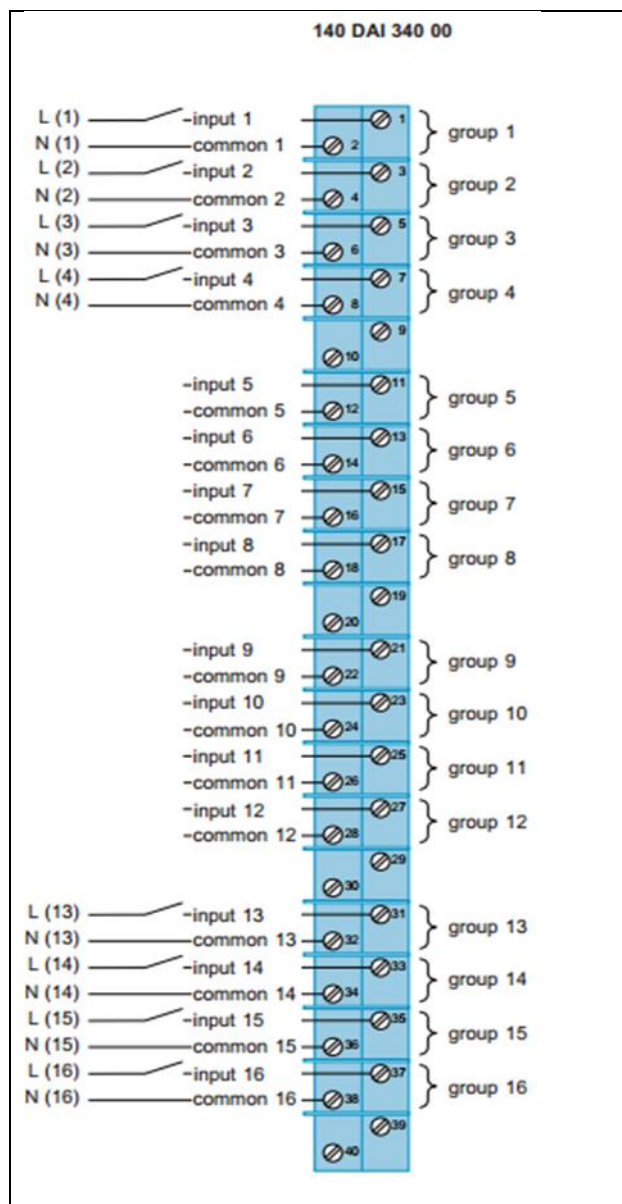


Figura 5

Esquema de alambrado del módulo de entrada digital 140 DAI 340 00 de Modicon

Casos de contactos activos

Existen detectores de terreno electrónicos de dos alambres en corriente alterna, su elemento de conmutación es un triac, la electrónica de detección se alimenta con parte de la misma corriente que pasa por el punto del módulo. Para todos los efectos prácticos de operación y alambrado, esta

clase de detectores es equivalente a un contacto seco.

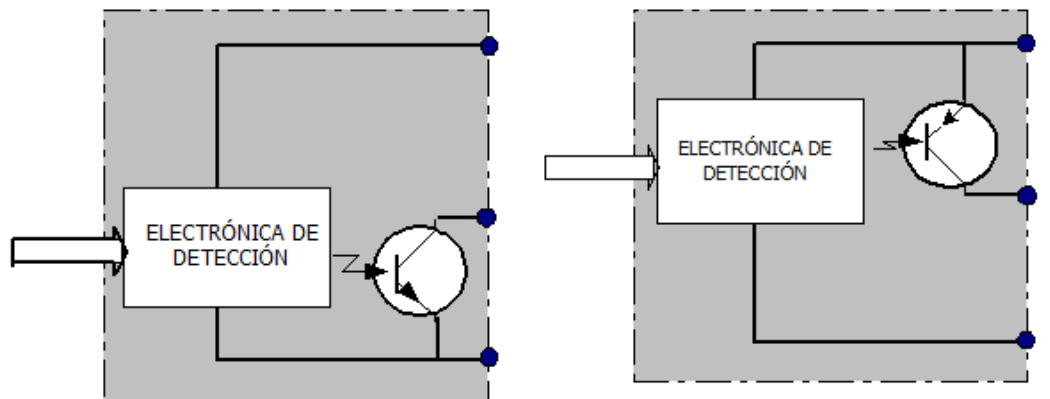


Figura 6

Sensor activo tipo NPN

Sensor activo tipo PNP.

Existen detectores de terreno electrónicos de tres alambres en corriente continua, su elemento de conmutación es un transistor con colector abierto, la electrónica de detección se alimenta con una fuente de tensión de valor recomendado por el fabricante del sensor. Estos sensores pueden ser activados por efecto capacitivo o inductivo, pueden ser normal abierto o normal cerrado. Lo más importante desde el punto de vista del alambrado es que pueden ser tipo PNP o tipo NPN. Tal como se muestra en las Figuras 6.

Para conectar sensores de estos tipos debe emplearse el esquema de alambrado de la Figura 7 o de las Figuras según corresponda.

Debe observarse que la tensión de alimentación del sensor debe corresponder a la tensión de alimentación del módulo del PLC, con las polaridades que señalan las Figuras

Funcionamiento del módulo de entradas digitales

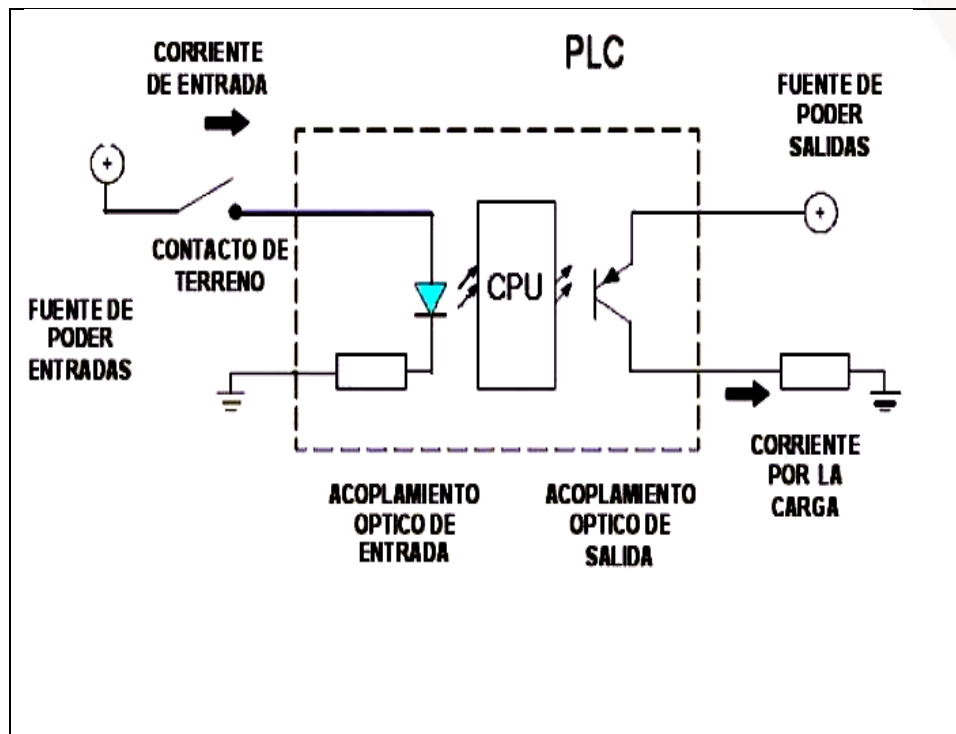


Figura 7

Representación del funcionamiento de un PLC

Un módulo de entrada digital consiste en cierto número de puntos de entrada que comparten una fuente de alimentación. En un mismo módulo pueden existir varios grupos de estos puntos que comparten una fuente.

La función de un punto de entrada es participar en la transformación de un estado de un contacto (abierto o cerrado) en un dato (0 o 1) que se emplea en el programa de control, para ello, el estado debe ser transformado en una señal digital y luego ser transformada en el dato manejable por la CPU.

En la Figura 7 se muestra un esquema general empleado por muchos PLC para realizar lo anterior.

El estado de un elemento de terreno se representa por un contacto normal abierto, cuando se cierra el circuito de alimentación del punto de entrada, circula la corriente continua necesaria para que se active el led emisor, el que activa un fototransistor en la CPU.

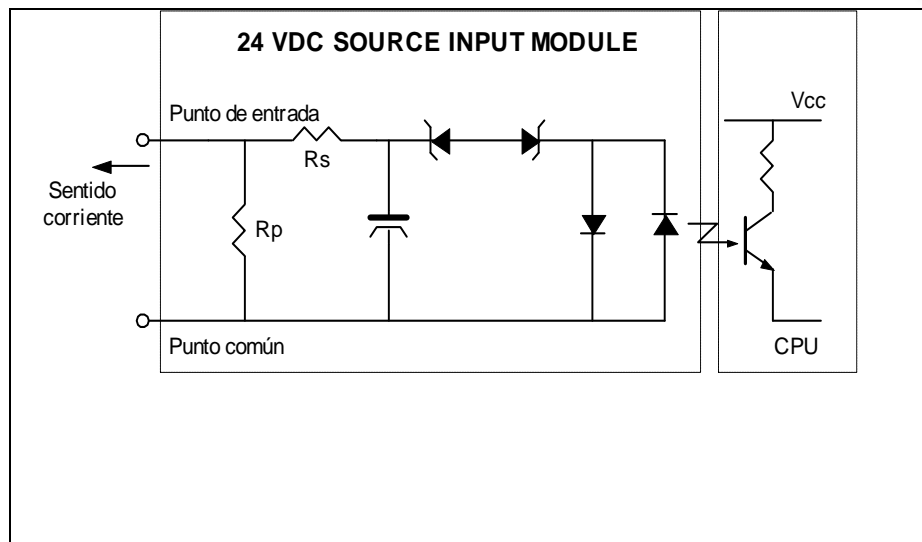


Figura 8

Detalle del circuito de entrada tipo source de 24 v dc.

La emisión del led permite acoplar ópticamente el módulo de entrada con la CPU, transfiriendo la señal a ésta, sin continuidad eléctrica y por ello con aislación galvánica entre el terreno y la CPU.

En la figura 8 se muestra un detalle del circuito para un punto de entrada en corriente continua tipo source, esta denominación se debe al hecho que la corriente sale por el punto de entrada. En este módulo el vivo de la fuente de tensión continua debe estar conectado al punto común de las entradas. Al cerrarse el contacto externo, la corriente circula saliendo por el punto de entrada, el valor de la corriente queda limitada por la resistencia serie R_s . El diodo emisor excita al fototransistor ubicado en la CPU y en correspondencia con ese punto de entrada. El condensador se usa para suavizar el posible riple de la tensión aplicada al diodo emisor. Cuando se abre el contacto externo, el condensador se descarga por la resistencia paralelo R_p . Los diodos zener colocados antiparalelo deciden el umbral de tensión a la cual se dispara el diodo emisor.

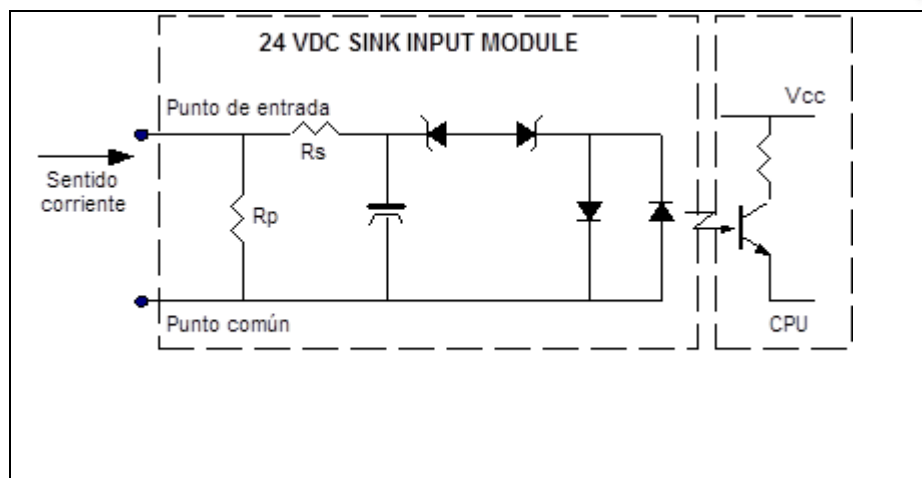


Figura 9

Detalle del circuito de entrada tipo sink de 24 v dc

En la figura 9 se muestra un detalle del circuito para un punto de entrada en corriente continua tipo sink. Esta denominación se debe al hecho que la corriente entra por el punto de entrada. En este módulo, el neutro de la fuente de tensión continua debe estar conectado al punto común de las entradas. Al cerrarse el contacto externo, la corriente circula entrando por el punto de entrada, el valor de la corriente queda limitada por la resistencia serie R_s .

En la figura 10 se muestra un detalle del circuito para un punto de entrada en corriente alterna. En este módulo el neutro de la fuente de tensión alterna debe estar conectado al punto común de las entradas.

Al cerrarse el contacto externo, el valor de la corriente queda limitado por la malla de resistencias y condensadores. El diodo emisor excita a la foto transistor ubicado en la CPU y en correspondencia con ese punto de entrada. Cuando se abre el contacto externo, los condensadores se descargan por las resistencias de la malla limitadora.

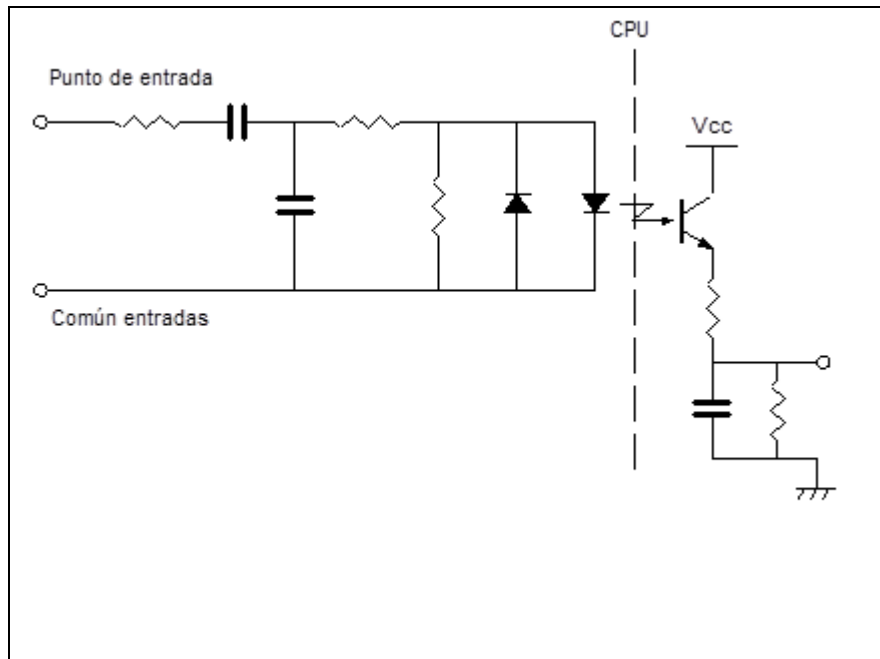


Figura 10

Detalle del circuito de entrada de 230 v corriente alterna

Estructura del módulo de salida digital

El PLC, convierte los datos digitales de imagen de las salidas en estado señales lógicas hacia los pres actuadores, a través de la electrónica de los puntos de salida. Los PLC de cierta capacidad, disponen sus salidas en módulos de salida.

Funcionamiento del módulo de salida digital

Un módulo de salida digital consiste en cierto número de puntos de salida que comparten una fuente de alimentación. En un mismo módulo pueden existir varios grupos de estos puntos que comparten una fuente.

La función de un punto de salida es manejar el preactuador según los valores determinados por la CPU. En la Figura 11 se muestra un esquema general empleado por muchos PLC para realizar lo anterior. Desde la CPU se maneja ópticamente un elemento de conmutación, en el caso de la Figura 14 se trata de un transistor de switching. El preactuador debe ser alimentado con corriente continua. Puesto que la corriente sale por el punto se trata de una salida tipo source. Se emplean tres elementos de conmutación:

- Relay
- Transistor
- Triac

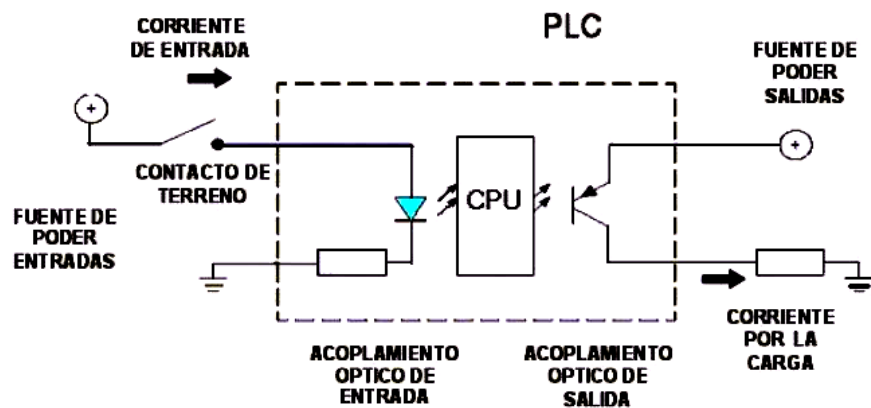


Figura 11

Representación del funcionamiento de un PLC.

Salida Por Relay

En la figura 12 se muestra un detalle del circuito para un punto de salida en corriente continua tipo sink, esta denominación se debe al hecho que la corriente entra por el punto de salida. En esta conexión sink el neutro de la fuente de tensión continua debe estar conectado al punto común de las salidas. Al cerrarse el contacto del relay interno, la corriente circula saliendo por el punto de salida, el valor de la corriente queda limitada por la resistencia del preactuador. La salida por relay funciona así:

Se trata de un mini relay capaz de suministrar unos 500 mA, su bobina B es polarizada por una tensión en corriente continua interna. La activación es manejada por un transistor que a su vez puede ser manejado por la CPU. El diodo volante en paralelo a la bobina está puesto para permitir un camino a la corriente cuando se abre el transistor.

Este tipo de punto de salida tiene las siguientes ventajas:

- Admite el mando de preactuadores que requieren distintas fuentes de alimentación (en corriente alterna, en corriente continua, distintos valores, distintos neutros). Esto es posible porque su elemento de conmutación es un contacto seco es decir, libre de tensión.
- Admite el mando de equipos que requieren de contactos secos para su control como por ejemplo convertidores de frecuencia.
- Admite ser configurado como salida sink o salida source ya que su elemento de conmutación no tiene polaridades de funcionamiento.

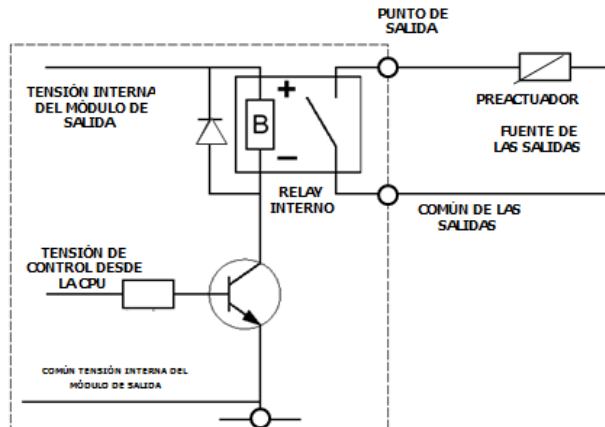


Figura 12

Esquemático de un punto de salida tipo relay.

Este tipo de punto de salida tiene las siguientes desventajas:

El accionamiento mecánico de los contactos tiene una duración del orden de un millón de ciclos, por lo que no resulta adecuado para sistemas de control con muchas conmutaciones por hora.

La duración de los contactos eléctricos puede ser inferior a la duración mecánica si se sobrepasan los niveles de corriente y tensión de conmutación.

Salida por transistor

En la figura 13 se muestra un detalle del circuito para un punto de salida en corriente, tipo source, esta denominación se debe al hecho que la corriente sale por el punto de salida. En esta conexión source, el vivo de la fuente de tensión continua debe estar conectado al punto común de las salidas. Al pasar a plena conducción el transistor, la corriente circula saliendo por el colector, el valor de la corriente queda limitada por la resistencia del preactuador, ya que la resistencia R_s entre el vivo y el emisor es muy baja. La salida por transistor funciona así:

Se trata de un transistor de switching capaz de pasar de corte a saturación fácilmente, puede suministrar unos 1000 mA. Este transistor está polarizado por una tensión en corriente continua proveniente de una fuente externa. La corriente de base que lo activa es manejada usualmente por otro transistor de menos capacidad, que a su vez

puede ser manejado por la CPU mediante optoacoplamiento. El diodo Zener en paralelo a la fuente se enclava a los 24v impidiendo sobre tensiones al transistor de switching. Cuando se corta el transistor, el diodo Z2 se enclava a 24v quedando el preactuador con unos pocos volts de tensión y por lo tanto con una corriente muy baja, por lo que no actúa.

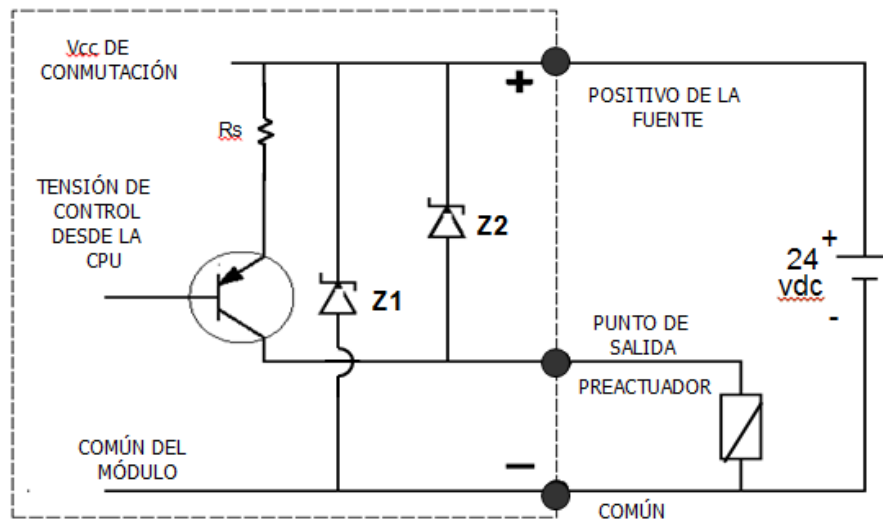


Figura 13

Detalle de punto de salida tipo source con conmutación por transistor.

Existen de esta clase módulos del tipo sink con un transistor tipo NPN. En tal caso, el común del módulo debe estar conectado al neutro de la fuente.

Este tipo de punto de salida tiene las siguientes ventajas:

Están diseñados para infinitos ciclos de trabajo, son especiales para manejar electroválvulas y contactores en 24 vdc.

Este tipo de punto de salida tiene las siguientes desventajas:

- Como todo dispositivo basado en semiconductores es susceptible a daños por sobre tensión y sobre corriente. Esto último ocurre cuando no se respetan las instrucciones de montaje y operación.

Salida por triac

En la figura 14 se muestra un detalle del circuito para un punto de salida en corriente alterna por triac. En esta conexión, el vivo de la fuente de tensión alterna debe estar conectado al punto común de las salidas. Al pasar a plena conducción el triac de conmutación, el valor de la corriente queda limitado por la impedancia del preactuador. La salida por triac funciona así:

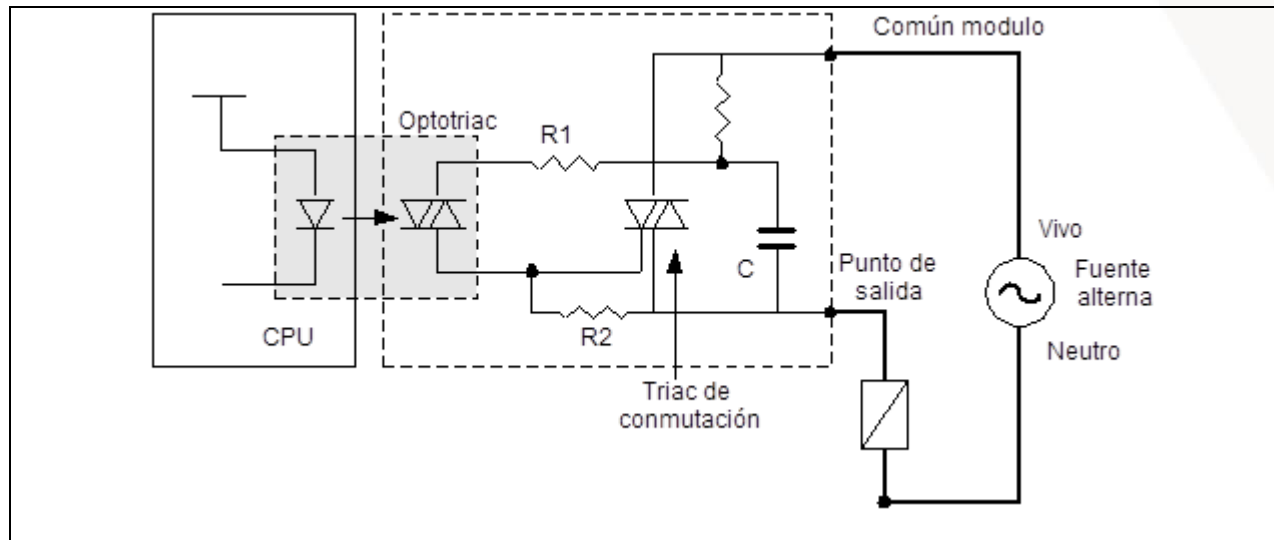


Figura 14

Módulo de salida por triac

Se trata de un triac capaz de pasar de corte a saturación fácilmente, puede suministrar unos 1000 mA. Este triac está polarizado por una tensión alterna proveniente de una fuente externa. La corriente de control que lo dispara es manejada usualmente por otro triac en realidad un optotriac de menos capacidad, que a su vez es manejado por la CPU. La malla de disparo está constituida por las resistencias R0, R1 y R2, el circuito de disparo se cierra si el optotriac es disparado por la CPU.

En estos módulos de salida no tiene sentido la clasificación en sink y source

Este tipo de punto de salida tiene la siguiente ventaja:

- Están diseñados para infinitos ciclos de trabajo, son especiales para manejar electroválvulas y contactores en 220 Vac.

Este tipo de punto de salida tiene la siguiente desventaja:

- Como todo dispositivo basado en semiconductores es susceptible a daños por sobre tensión y sobre corriente. Esto último ocurre cuando no se respetan las instrucciones de montaje.

Estos módulos, son en general de más alto costo que los anteriores.

Clasificación del módulo de salida digital

Los módulos de salida se caracterizan por los siguientes parámetros de diseño:

- *Voltaje de excitación.*
- *Densidad de puntos.*
- *Elemento de conmutación*

Voltaje de excitación.

Se emplean algunos valores estándares en corriente continua y corriente alterna, como se muestra en la Tabla 2.

Densidad de puntos.

En general las salidas se agrupan con puntos comunes. Es posible encontrar módulos de 4, 8, 16 y hasta 32 puntos de salida. La clasificación incide en la forma de cablear dichos puntos para unirlos a las borneras de los tableros de control

Elemento de conmutación.

Este es el aspecto más importante para la clasificación de estos módulos, y ya ha sido explicado en los párrafos anteriores.

Clasificación de módulos de salida

Tipo de Conmutación	Descripción	Voltajes de Conmutación		Corriente de Mantenimiento
		VDC	VAC	
Relay (c.a. o c.c.)	Este tipo de salida se utiliza cuando las conmutaciones no son muy rápidas.	24	110 220 240	500 mA (a 220 VAC)

Transistor (c.c.)	Se usa solo para c.c. y cuando las cargas son de poco consumo, rápida respuesta y alto número de operaciones	5 24	----	Hasta 1000 mA
Triac (c.a. o c.c.)	Se utiliza en conmutaciones muy rápidas, donde el relay no es capaz de realizarlas	5 24	110 220	Hasta 2 A

Tabla 2

Estructura del módulo de entrada analógico

En muchas aplicaciones, es necesario disponer del valor de una variable análoga. Puesto que el PLC trabaja con datos ordenados en bit o palabra, es necesario convertir la magnitud analógica en una información digital. La parte del PLC encargada de efectuar esta tarea es el módulo de entrada análogo. El elemento principal del módulo es un convertor análogo – digital.

Similarmente, en muchas aplicaciones, es necesario comunicar a los actuadores de terreno, el valor de una variable análoga calculada por el PLC. Puesto que el PLC trabaja con datos ordenados en bit o palabra, es necesario convertir la magnitud digital en una información analógica. La parte del PLC encargada de efectuar esta tarea es el módulo de salida análogo. El elemento principal del módulo es un convertor digital –análogo.

Los módulos señalados constituyen interfaces entre el PLC y las señales de terreno. Las interfaces de entrada y salida establecen la comunicación entre la unidad central y el proceso, filtrando, adaptando y codificando de forma comprensible para dicha unidad las señales procedentes de los elementos de entrada, y decodificando amplificando las señales generadas durante la ejecución del programa antes de enviarlas a los elementos de salida.

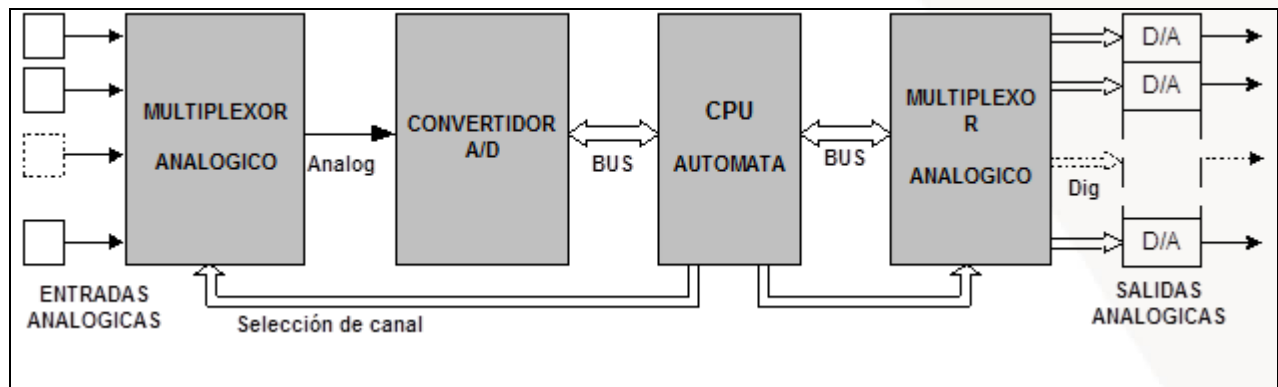


Figura 15

Proceso de adaptación de las señales de E/S analógicas

En la Figura 15, se representa un esquema genérico para la transformación de señales análogas provenientes de terreno, su procesamiento en el PLC y su posterior salida a terreno para la actuación. Más adelante, se revisa el detalle de los elementos involucrados.

Los elementos de captación de magnitudes físicas de planta, llamados genéricamente sensores o transductores, tienen la función de convertir el valor de la magnitud física en una señal eléctrica analógica (4 a 20 mA. ; 0 a 10 V, otros), para ser compatible con un determinado sistema de control (PLC, DCS, etc.).

Es necesario que el autómata programable disponga de un módulo de entrada analógica para realizar la conversión análogo/digital, ya que el PLC procesa los datos de forma digital, como todos los sistemas basados en microprocesador y por lo tanto, las señales de terreno de tipo analógico deben ser previamente digitalizadas para ser procesadas.

No todos los autómatas programables son capaces de manipular señales analógicas, pero es frecuente que existan módulos de ampliación para PLC compactos o tarjetas analógicas en los de tipo rack, que si son capaces de procesar este tipo señales.

Así, para el tratamiento de señales analógicas, es preciso contar con módulos de entradas capaces de convertir dichas señales a formato digital. La forma digital consiste en representar la magnitud de la variable analógica por un número codificado en forma binaria o BCD (decimal codificado en binario). Esencialmente, la función que realiza el módulo de entrada analógica es convertir las señales análogas provenientes de terreno en señales digitales codificadas (conversor análogo a digitales, A/D).

Conversor Análogo - Digital (A/D)

La mayoría de sistemas electrónicos de medición, control, comunicaciones, etc., están, compuestos por circuitos de entrada que convierten las señales análogas en palabras digitales (convertidores A/D). Internamente, estas palabras se procesan de acuerdo al requerimiento (medición, comparación, sincronización, control automático, registro histórico de datos, etc.) y, por lo general, se entrega un resultado en forma de palabra digital.

A continuación, se revisan las características más relevantes de los convertidores A/D.

a. Frecuencia de Muestreo

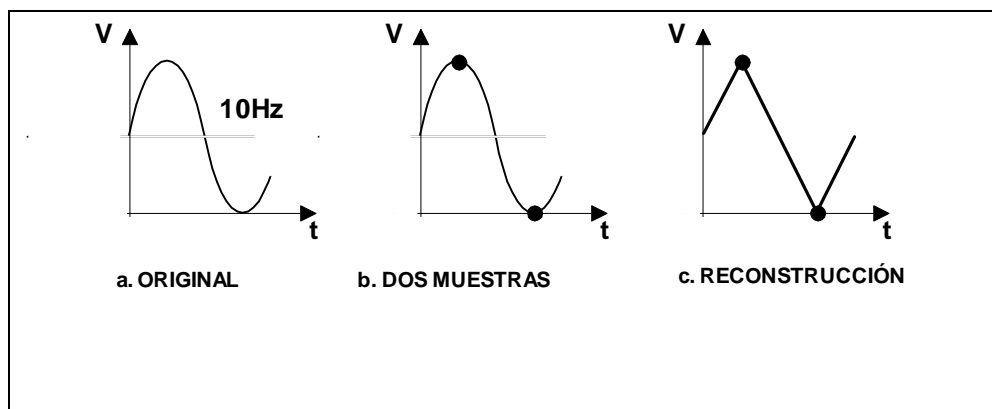


Figura 16

Muestreo mínimo de una señal

El procesamiento de una palabra digital no es instantáneo, sino que demanda un cierto tiempo. El circuito de conversión toma muestras en intervalos de tiempo lo más corto posible considerando el tiempo empleado en la conversión. Por otra parte, tampoco es aceptable tomar muestras muy espaciadas en el tiempo, porque se pierde información relevante de las variables muestreadas.

Del análisis anterior surge la inquietud de cómo definir el intervalo entre muestras sucesivas (tiempo de muestreo) en que el conversor A/D debe medir la señal análoga de entrada para convertirla en una palabra digital de salida.

A modo de ejemplo, en la Figura 16 (a) se muestrea con dos puntos por período, una señal análoga sinusoidal con una frecuencia de 10Hz (10 ciclos por segundo); En la Figura 16 (b) se observan los niveles de voltaje que corresponden a los puntos de muestreo; y en la Figura 16 (c) se muestra la forma de la señal análoga que resulta a la salida del conversor A/D, la que difiere significativamente de la señal análoga original.

Por otra parte, en las Figuras 17 (a) y 17 (b) se presenta la misma señal de la entrada, pero muestreada en ocho puntos en el periodo. En la Figura 17 (c) se aprecia que la señal resultante del proceso de conversión A/D es mucho más parecida a la señal original que en el caso de la Figura 460.

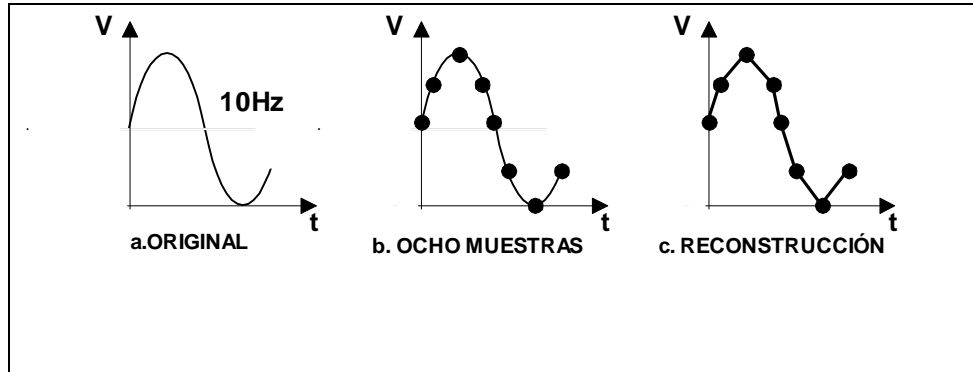


Figura 17

Muestreo mejorado de una señal.

Para poder digitalizar una señal análoga, sin pérdida de información, se requiere que la frecuencia de muestreo sea (como mínimo) dos veces la frecuencia máxima de la señal análoga de entrada (esto se conoce como "*teorema de/ muestreo*", y la frecuencia de muestreo se la llama "*frecuencia de Nyquist*"). Por ejemplo, si se quiere digitalizar una señal análoga de 1000Hz, el muestreo se debe realizar a una velocidad de por lo menos 2000 veces por segundo.

b. Conversor Tipo "Flash"

Es el conversor A/D más rápido entre sus pares. Cuenta con circuitos comparadores conectados a voltajes de referencia (generados mediante un divisor de tensión resistivo) en una de sus entradas, y a la señal a convertir en la otra. Esto permite que, prácticamente en forma simultánea, la señal de entrada se esté comparando con los voltajes de referencias.

Cada vez que la señal supera uno de los valores de tensión preestablecidos, los comparadores que tienen niveles de comparación inferior, colocan su salida en *alto*, mientras que el resto queda en bajo. Esto permite, mediante un simple circuito decodificador, generar una palabra digital equivalente a un número binario que represente el nivel de tensión de entrada de la señal.

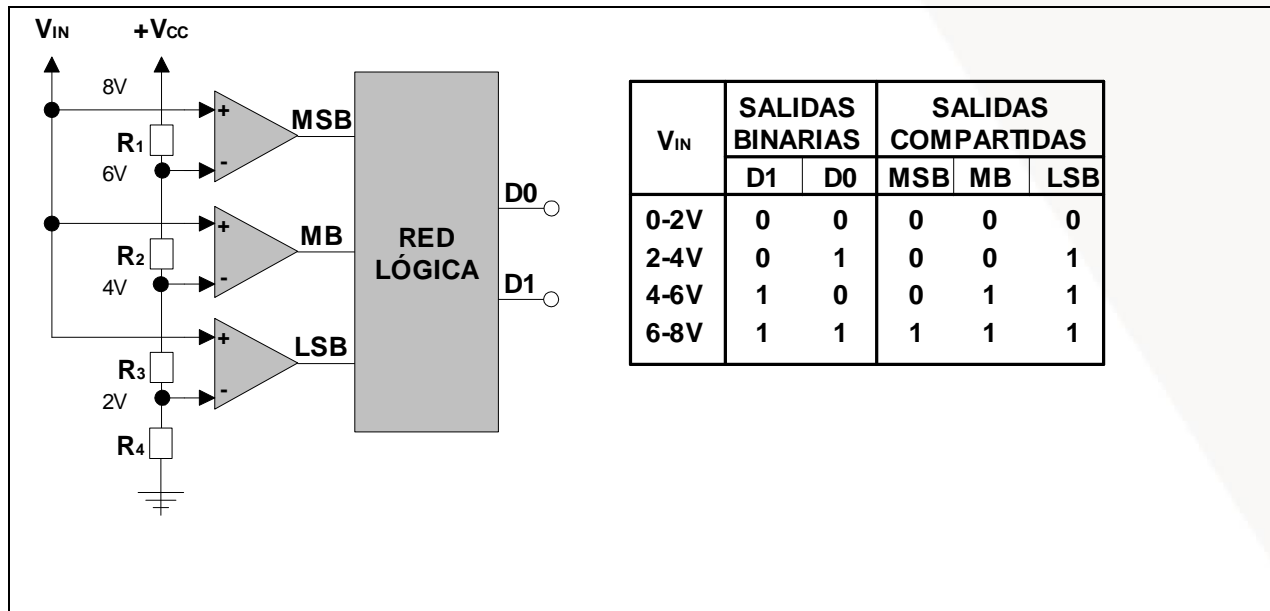


Figura 18

Conversor tipo FLASH

La estructura de este tipo de conversor se muestra en la Figura 18. La ventaja que presenta es que entregan una palabra digital prácticamente en el mismo instante en que se aplica señal análoga a la entrada. Sin embargo, tienen la desventaja que requiere un número grande de comparadores en relación con los bits de salida (para tener una palabra de 8 bits se requerirían 256 comparadores).

c) Conversor de Rampa

Un conversor A/D simple y de menos costo se logra mediante un circuito que contiene un generador de rampa, un contador digital y un comparador. Conocida la pendiente de la rampa, el tiempo en que se alcanza el nivel de la señal a convertir es proporcional a dicho nivel.

Como la señal análoga de entrada y la salida de la rampa están conectadas al circuito comparador, a la salida del mismo se genera un nivel alto durante el tiempo indicado. Por lo tanto, mientras dure este nivel alto, está habilitado el ingreso de pulsos provenientes del generador correspondiente al circuito contador. En consecuencia, el valor de la cuenta es proporcional al nivel de la señal análoga de entrada.

La principal desventaja de este tipo de conversores A/D es que no se puede garantizar que la rampa se genere con una pendiente estable durante cada ciclo de conversión (una pequeña variación de pendiente puede ocasionar diferencias significativas en la palabra digital resultante).

d) Conversor de Aproximaciones Sucesivas

Este conversor es uno de los más utilizados, por presentar ventajas comparativas frente al resto: bajo costo, buena velocidad y alta resolución. El circuito está compuesto por un registro de aproximaciones sucesivas (RAS), cuya salida se aplica simultáneamente a un conversor D/A y a un registro para el almacenamiento de la salida del conversor, y un comparador (a la entrada positiva tiene conectada la señal a convertir, y a la entrada negativa, la salida del conversor D/A).

La forma de operar de este circuito es la siguiente: La conversión parte con todas las salidas del RAS en cero. Entonces, se aplica un primer pulso a este registro para iniciar la conversión, lo que hace que el bit más significativo se coloque en 1 (esta palabra corresponde al número medio posible de aplicar al conversor D/A). Esto provoca que se compare la señal análoga de entrada con otra equivalente a la mitad del rango de conversión posible. Si la señal análoga es de menor valor que este nivel, la salida del comparador se coloca a 0, lo que hace que también el bit más significativo del RAS se ponga en cero; por el contrario, si la señal análoga de entrada es mayor que el nivel de tensión generado por el RAS, el bit más significativo del RAS permanece en 1. Todo este procedimiento se hace a partir del primer pulso aplicado por el reloj al RAS.

Cuando se aplica el segundo pulso, el segundo bit más significativo del RAS se coloca en 1, y se vuelve a repetir el procedimiento analizado anteriormente. Este procedimiento se realiza hasta llegar al último bit del RAS, y el valor resultante es la palabra digital más aproximada a la palabra buscada. Entonces, se genera un pulso que almacena esta palabra en el registro de salida, y se inicia nuevamente el ciclo de conversión. Puede notarse que el número de pulsos requerido para realizar el procedimiento completo de conversión es igual al número de bits del RAS, lo que revela su mayor velocidad de conversión respecto del conversor de rampa.

Funcionamiento del módulo de entrada analógico

Descripción del funcionamiento.

Los módulos de entrada de tipo analógico para autómatas suelen disponer de varios canales de entrada. Para ello es necesario que en cada momento sólo una de ellas esté conectada al convertidor, realizándose la conversión de forma cíclica, una tras otra. El switch electrónico que selecciona el canal se llama multiplexor (MUX).

Se acostumbra a representar las transformaciones que experimentan una variable o señal dentro de un instrumento mediante un diagrama de etapas, en dichos diagramas

cada rectángulo representa una de las transformaciones, la flecha indica el orden de procesamiento.

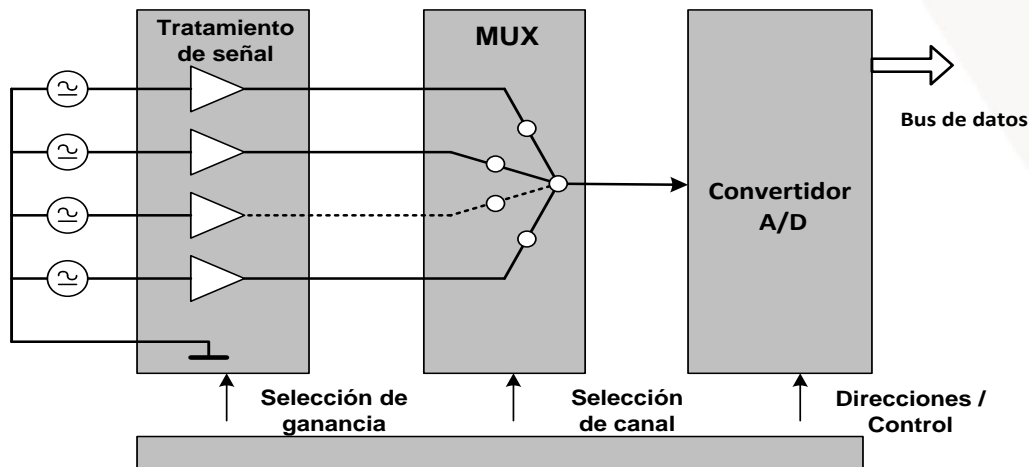


Figura 19

Etapas del proceso de conversión analógico / digital

En la figura 19 se presenta el diagrama por etapas de una interfaz de entradas analógicas completa para n canales. Se puede ver que se dispone de una serie de transductores analógicos cuyos datos deben ser procesados por la unidad central, la que puede seleccionar en cada momento el canal que se desea leer e incluso el factor de escala que se debe aplicar.

La figura 20 muestra el esquema de principio de la etapa multiplexora. Como se puede ver en dicho esquema, el multiplexor sirve además de adaptador de impedancia, gracias al seguidor de tensión de salida que evita la pérdida de señal debido a la resistencia de los propios conmutadores CMOS.

Tabla de verdad de un multiplexor analógico de ocho canales

Dirección			Estado de los Conmutadores								Entrada
A1	A2	A3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Seleccionada
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	E1
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	E2
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	E3

0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	E4
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	E5
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	E6
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	E7
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	E8

Tabla 3

La unidad de control puede seleccionar el canal que se quiere explorar a base de enviar una dirección, A0...An, a la entrada del multiplexor y este se encarga de conectar el canal correspondiente, tal como se puede comprobar en la tabla 3.

Localización y detección de averías

La detección de fallas imputables al módulo se determina generalmente por los dos procedimientos que ha desarrollado el fabricante, y son:

Por la lista de mensaje de error correspondiente a los leds indicadores que están ubicados en el frente del módulo y por las indicaciones que aparecen en el display de la consola de programación.

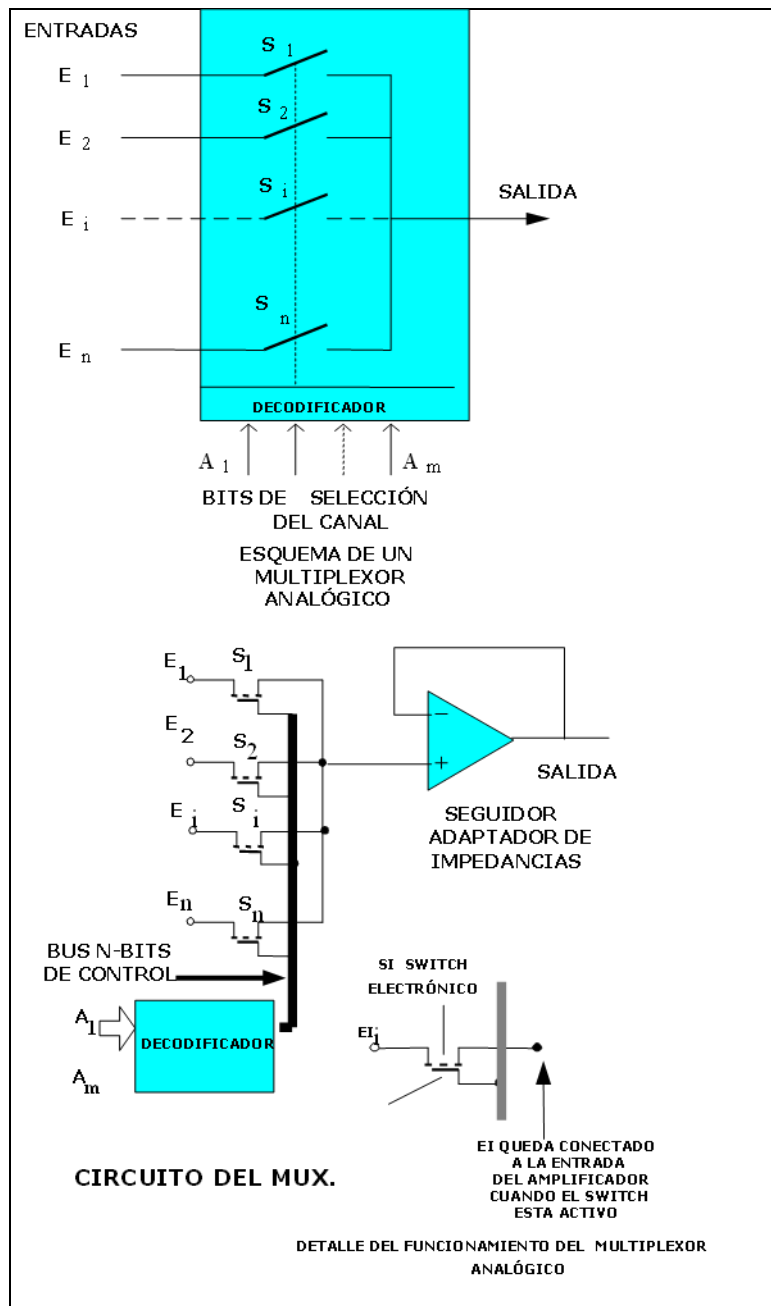


Figura 20

Detalles del multiplexor.

Formato de la palabra de datos de entrada del módulo análogo

Los módulos de entrada analógica convierten valores reales analógicos (temperatura, tensión, etc.) en valores digitales en formato de palabra (de 16 bits). Las entradas analógicas son valores de solo lectura que una vez digitalizados pueden ser registrados en determinadas área de la memoria previamente establecidas por el

programador. El área de memoria donde se almacenan los datos, tiene cierto formato de 16 bits donde 12 son los bits de conversión análogo digital los ubican a la izquierda en el formato de palabra de datos. El bit más significativo indica el signo, si este bit es cero indica que el valor es positivo de lo contrario si este bit tiene valor 1 indica que el valor es negativo. En formato unipolar los tres ceros a la derecha modifican el valor de la palabra de datos en incrementos de 8 por cada cambio del valor de conversión A/D. En formato bipolar los 4 ceros a la derecha modifican el valor de la palabra de datos en incrementos de 16 por cada cambio del valor de conversión análogo digital.



Figura 21

Formato de la palabra de datos

Los datos recibidos en formato de palabra tienen direccionamiento mediante registros de entrada que son básicamente posiciones de memoria en las cuales se almacenan valores numéricos enteros en el rango de 0000 a 9999.

Para los PLC de la serie 984, las direcciones posibles de asignar a los registros de entrada son:

984X : 30001 a 30224

984A : 30001 a 31920

984B : 30001 a 32048

Clasificación del módulo de entrada analógico

Parámetros de clasificación

Las interfaces de entradas analógicas más comunes trabajan con señales normalizadas de 0 a 10 V o de 4 a 20 mA, pero los autómatas cuentan con tarjetas específicas para tipos concretos de transductores (termopares, encoders, etc.).

Como criterio general, los parámetros más relevantes a comprobar en cualquier aplicación son los siguientes:

- Márgenes de corriente o tensión de entrada.
- Impedancia de entrada.
- Nivel de aislamiento entre entrada y unidad de control y entre entradas entre sí.
- Resolución, que depende del número de bits del convertidor.
- Tipo de convertidor A/D.
- Polaridad de la señal de entrada (conversión con signo o valor absoluto).
- Tiempo de adquisición del dato.
- Presión o margen de error.
- Precauciones de instalación (longitud y tipo de cables).
- Exigencias de fuente de alimentación.

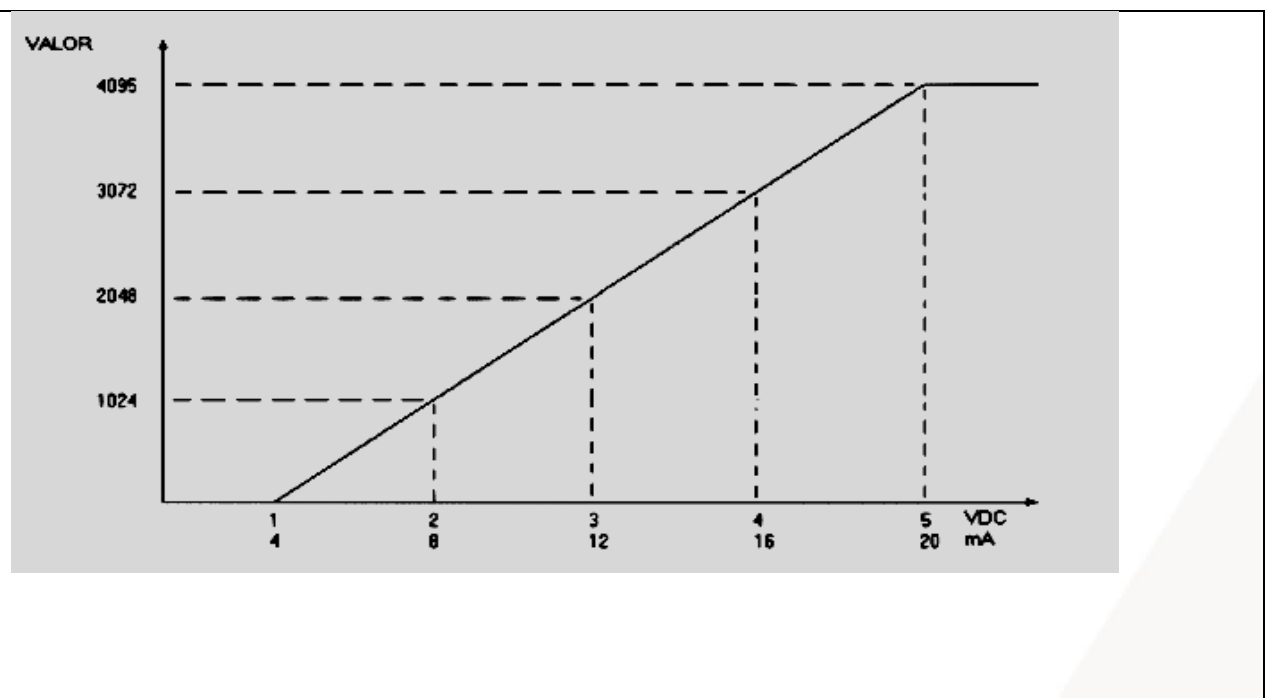


Figura 22

Relación de conversión para módulo de entrada análoga.

En conclusión, los módulos de entrada análogos son aquellos que permiten al controlador operar con señales de procesos análogas tales como 4 – 20 mA, 1 – 5 V, el módulo realiza una conversión análogo/digital, con lo cual proporciona un valor digital proporcional al valor de la señal análoga. Los valores de cada entrada se actualizan por cada ciclo de SCAN. La figura 466 muestra la relación entre valor de voltaje o corriente de entrada versus valor numérico generado por el conversor A/D.

Lista de Módulos de Entrada Análogos para PLC 984 de Modicon

Aplicación / Rango	Número de Puntos	Número de bits requerido para direccionamiento I/O	Número de código de cada módulo	Conector requerido
Conversor A/D: 4–20 mA; ± 5 V; ± 10 V; 0 – 10 V; 0 – 5 V; 1 – 5 V	8	128/0	AS-B875-102	Incluido
Conversor A/D: 4 - 20 mA; 1 – 5 V	8	128/0	AS-B875-002	Incluido
Conversor A/D: 4 - 20 mA; 1 – 5 V	4	64/ 0	AS-B875-001	Incluido
Conversor A/D: - 10 – 10 V	8	128/0	AS-B875-012	Incluido
Conversor A/D: - 10 – 10 V	4	64/ 0	AS-B875-011	Incluido
Termocuplas, tipo B, E, J, K, R, S, T, N, o lineal V	10	48/ 48	AS-B883-200	Incluido
RTD americanas o europeas 100 Ω Platino	8	48/ 48	AS-B883-201	Incluido
Multiplexor análogo; 16 entradas de voltaje, 1 salida	16	0/16	AS-B846-001	AS-8535-000

Multiplexor análogo; 16 entradas de corriente, 1 salida	16	0/16	AS-B846-002	AS-8535-000
Conversor A/D: 4–20 mA; 1 – 5 V; -10 – 10V 0 – 20mA; -5 – 5V	8/16	128/0 256/0	AS-B875-111	AS-8535-000

Tabla 4

En las Tablas 4 y 5 se presentan las características de los módulos de entrada análogos de Modicon. En las Figuras 23 y 24 se muestran los puntos de conexión para algunos de dichos módulos.

Características del Módulo de Entrada Análogo AS-B875-102

Especificación	AS-B875-102
Descripción	Conversor A/D: $\pm 10\text{VDC}$; $\pm 5\text{VDC}$; 0-10V; 0-5VDC; 1-5 VDC (Configurable).
Número de canales	4 a 8
Rango de operación Voltaje/Corriente	1-5VDC / 4-20mA 0-5VDC / 0-20mA 0-5VDC / 0-20mA 0-10VDC / 0-20mA -5 – 5VDC / -20 – 20mA -10 - 10VDC/ -40 – 40mA
Impedancia de salida	10 MOhm (modo salida de voltaje) 250 Ohm (modo salida de corriente)
Resolución	12 Bits

Precisión	$\pm 0.1\%$ de toda la escala a 25°C		
Tiempo de adquisición de dato	2,4ms para 4 canales 3 ms para 8 canales		
Aislamiento			
Entre canales	30 VAC		
Entre módulo y canal	1500 VAC		
Energía requerida	5 V	650 mA	
	4,3 V	975 mA	
	-5 V	0 mA	

Tabla 5

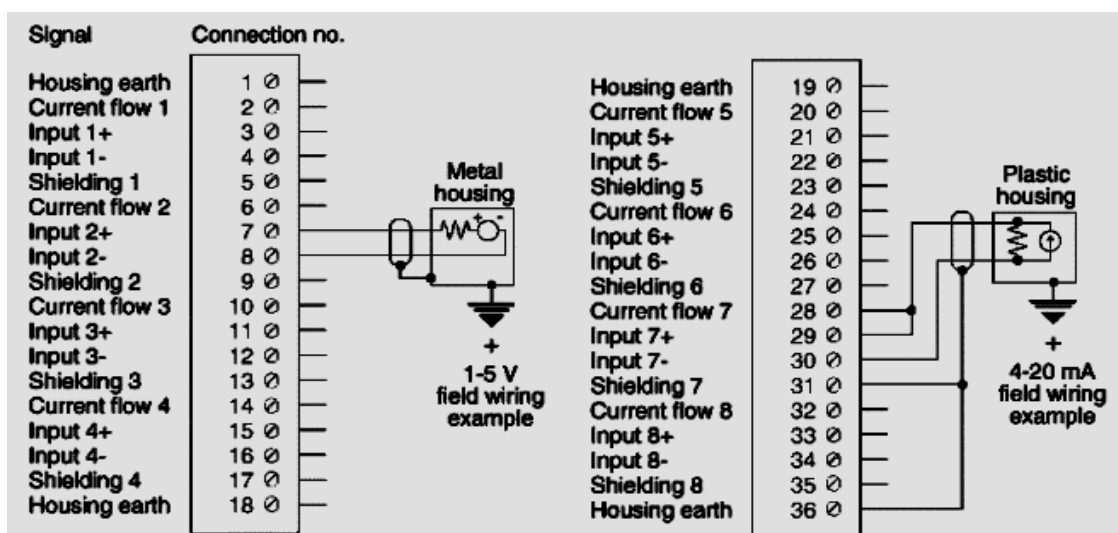


Figura 23

Disposición de los terminales para la conexión del módulo de entrada analógico AS-B875-102.

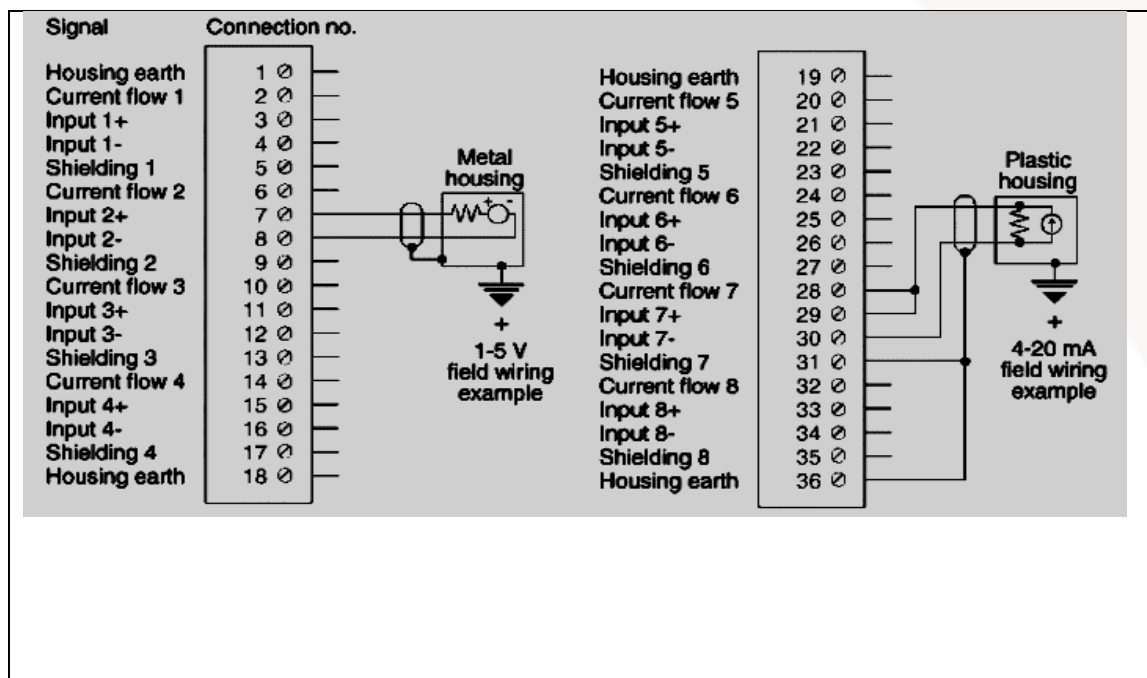


Figura 24

Disposición de los terminales para la conexión de módulos de entrada analógica AS-B875-002.

Características del Módulo de Entrada Analógico AS-B875-002

Especificación	AS-B875-002
Descripción	Conversor A/D; 4–20mA; 1-5 VDC
Número de canales	8
Rango de operación Voltaje / Corriente	1-5VDC / 4-20mA
Impedancia de salida	1 MOhm (modo salida de voltaje) 250 Ohm (modo salida de corriente)
Resolución	12 Bits
Precisión	7mV.

Linealidad	$\pm 0.5\%$ full escala a 25° C	
Tiempo de adquisición del dato	710ms para 8 canales	
Aislamiento		
Entre canales	250 VAC	
Entre módulo y canal	300 VAC	
Energía requerida	5 V	300 mA
	4,3 V	300 mA
	-5 V	0 mA

Tabla 6

Módulo de Entrada Analógico para Sensores de Temperatura

A diferencia de las entradas estándares, aptas para conectar el autómata con señales genéricas digitales o analógicas, el PLC cuenta con interfaces específicas para realizar la conexión con elementos sensores de la planta.

Estas interfaces específicas están disponibles para autómatas modulares de gama media y alta, los cuales presentan un mayor campo de aplicación y mayor personalización que los micros y mini autómatas.

Las interfaces de entradas especiales se caracterizan por recibir señales particulares, donde su función es realizar un tratamiento de la señal proveniente de proceso para hacerla inteligible a la CPU del PLC. Este tratamiento está predeterminado y no es modificable por el usuario.

La selección de los rangos de entrada de la señal proveniente del proceso y de los modos de funcionamiento se realiza mediante micro interruptores integrados en el módulo, o, eventualmente, mediante parámetros enviados por programa, limitándose la comunicación con la CPU desde este momento a la lectura de datos de entrada. Si se ha de decidir alguna acción respecto a estos datos, fuera de las evidentes, de adaptación, filtrado y tratamiento específico, la responsabilidad corresponde siempre a la CPU.

Una de las interfaces especiales es la de medida de temperatura.

La medida de temperatura se realiza en procesos muy diversos por lo general siempre de forma directa, midiendo el cambio de alguna propiedad física con los cambios de

temperatura, generalmente cambios de resistencia o dilatación. El extendido uso de estos sensores ha impulsado a los fabricantes a desarrollar interfaces específicas de medida de temperatura, que permitan la conexión inmediata al autómata. Estas interfaces se denominan unidades de medida de temperatura, y son tarjetas analógicas adaptadas para la conexión directa con termopares y Pt100.

La interfaz incluye todos los elementos auxiliares necesarios para esta conexión: compensación de unión fría para la entrada de termopar, o puente diferencial/fuente de corriente para la conexión de la Pt100 a tres o cuatro hilos.

Las tarjetas señalizan los defectos de funcionamiento (señales fuera de rango o rotura de hilo) mediante diodos led incorporados, además de activar ciertos bits internos que son enviados a la CPU junto con la conversión A/D.

Conexión de sensores de terreno analógicos

En las tablas 7 y 8, se encuentran las especificaciones técnicas de las interfaces de entrada analógicas para RTD para la serie 800 de Modicon.

En la Figura 25 se encuentran los esquemas de alambrados correspondientes

Características del Módulo de Entrada Análogo Para Termocupla AS-B883-200

Especificación	AS-B883-200
Descripción	Entrada de termocupla tipo B,E,J,K,R,S,T,N
Entradas por Módulo	10
Voltaje Máximo	200 VDC/VAC
Resolución	1°C, 1°F, 10mV
Por sub programa de control	0.1°C, 0.1°F, mV

Tiempo de lectura	100 mSeg. por canal 1 Seg. Para todos los canales
Energía Requerida	
+5VDC	400mA.
+4.3VDC	6mA.
-5VDC	0mA.
Dimensión	
Espacio Requerido	1 Slot

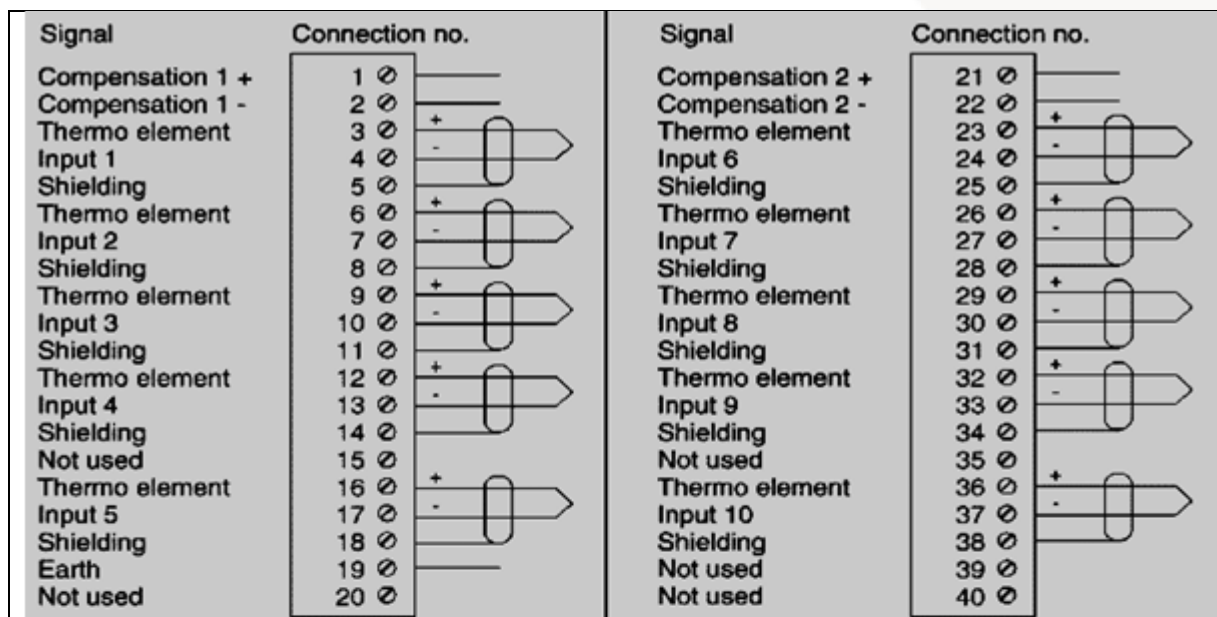
Tabla 7

Características del Módulo de Entrada Análogo para RTD AS-B883-201

Especificación	AS-B883-200
Descripción	Entrada de RTD Norte-Americana o europea 100 Ohm de Platino
Entradas por Módulo	8
Voltaje Máximo	7 VDC/VAC
Resolución	1°C, 1°F, 10Ω
Por sub programa de control	0.1°C, 0.1°F, 1Ω
Tiempo de lectura	125 mSeg. por canal 1 Seg. Para todos los canales
Energía Requerida	

+5VDC	640mA.
+4.3VDC	5mA.
-5VDC	0mA.
Dimensión	
Espacio Requerido	1 Slot

Tabla 8



a) Disposición de los terminales para la conexión de módulos de entrada análoga para Termocupla AS-B883-200.

b) Disposición de los terminales de conexión de módulos de entrada análoga

AS-B833-200 para RTD.

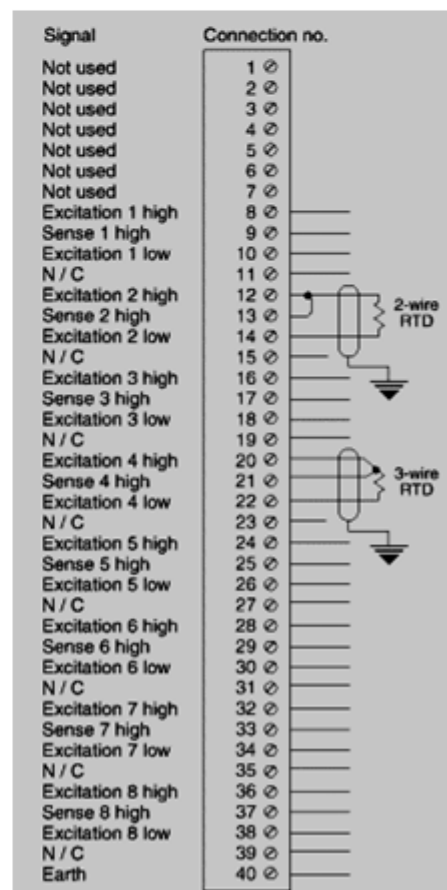


Figura 25

Estructura de los módulos de salida analógicos

Generalidades

El autómata programable debe suministrar al proceso variables o señales de regulación continua aplicables a servo válvulas, servomotores y control (señales de 0-10 V. 4-20mA), por lo que debe previamente convertir los datos internos binarios o BCD a magnitudes de tipo analógico. La parte del PLC encargada de efectuar esta tarea es el módulo de salida analógico. El elemento principal del módulo es un convertor digital/análogo.

Arquitectura de los módulos de salida analógicos

El módulo de salida analógico realiza una conversión digital/análoga, para proporcionar una señal analógica al dispositivo de terreno, la señal de salida del módulo analógico es una señal continua proporcional al valor digital o número que ha generado la CPU del PLC.

La figura 26 muestra un diagrama de bloque elemental de un canal de salida analógico. La CPU del autómata envía los datos en forma numérica a la salida correspondiente y es la interfaz (Módulo) la que dispone de un convertidor D/A por canal.

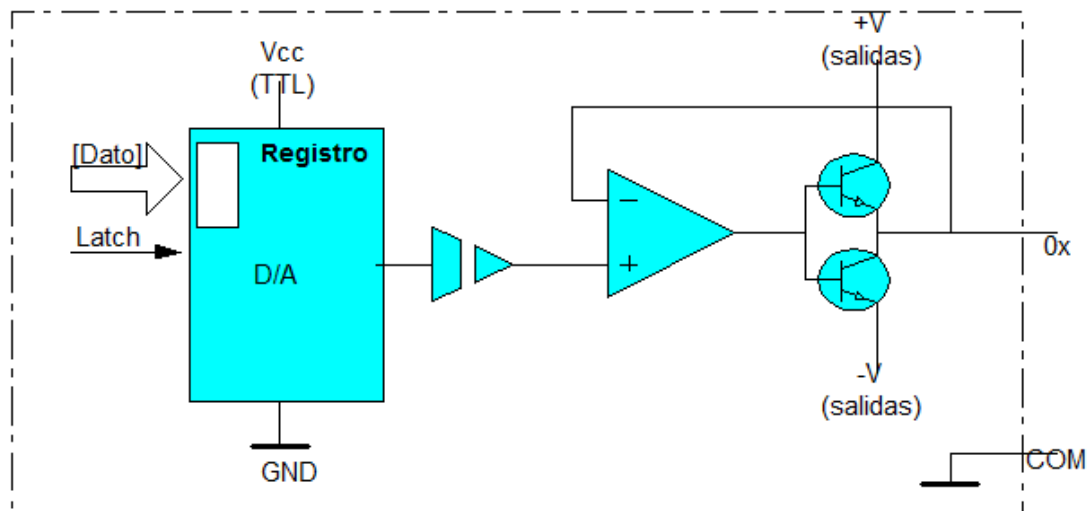


Figura 26

Interfaz de salida analógica.

La conversión D/A consiste en transformar una información digital, un byte o una variable numérica expresada en forma binaria con n bits, en una tensión o una corriente cuyo valor sea proporcional al valor numérico de dicha variable numérica.

La información digital, dentro del autómata, puede presentarse en diversos códigos de numeración, pero lo más frecuente es que para la conversión D/A venga expresada en código binario y, en caso de números negativos, éstos se expresan en complemento a dos. En el siguiente punto, se describe el funcionamiento del conversor D/A.

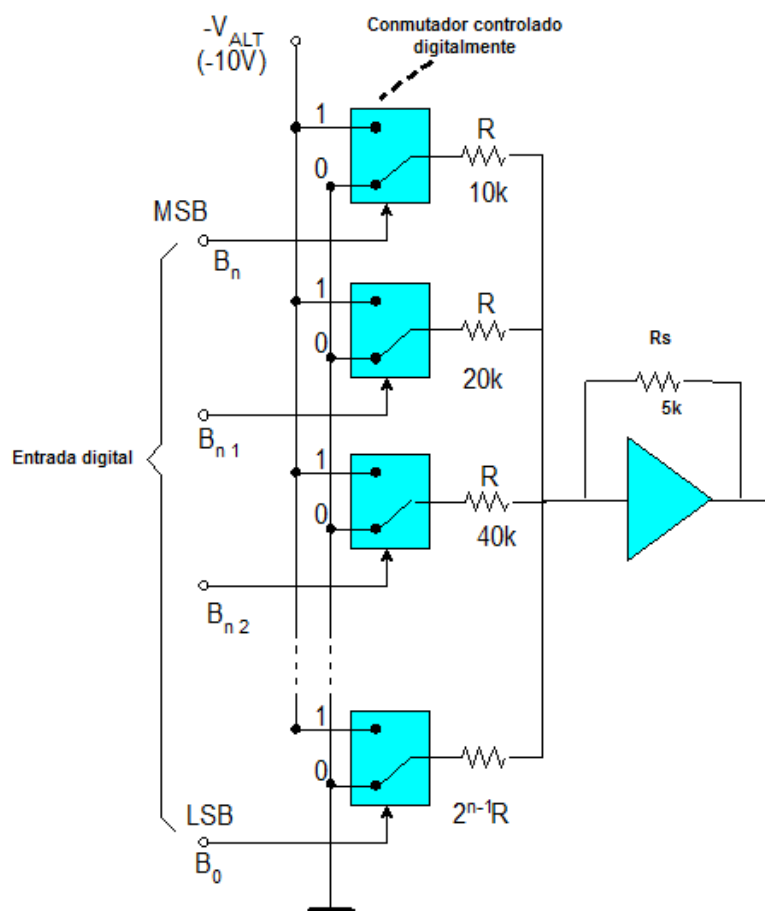


Figura 27

Detalle conversor D-A.

La forma más simple de convertir una señal digital en analógica es usar un amplificador operacional como sumador, que tenga conectado resistencias en la forma que se muestra en las Figuras 28 y 28. A través de la resistencia de menor valor se produce la corriente de mayor magnitud y, por lo tanto, es la que se conecta al bit más

significativo de la palabra digital. Así mismo, a través de la resistencia de mayor valor se produce la corriente de menor magnitud, y por ello se la conecta al bit menos significativo.

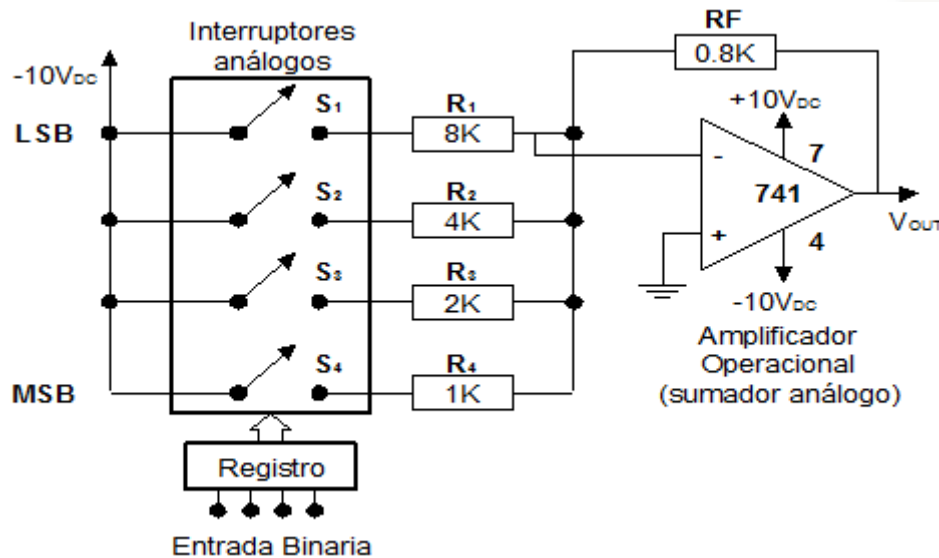


Figura 28

Suma de corrientes en el conversor análogo / digital.

Como las resistencias están escaladas en forma binaria (la segunda es el doble de la primera, la tercera es el doble de la segunda, y así sucesivamente), la corriente resultante en el punto de unión de las resistencias es la suma de las que resultan de cada entrada, y su nivel de magnitud es equivalente a la señal digital aplicada a la entrada del conversor. En consecuencia, la tensión análoga a la salida del conversor es proporcional al valor de la corriente resultante, produciendo la conversión de señal buscada.

El amplificador / sumador tiene tantas entradas como bits tenga la palabra binaria a convertir en analógica (4, en este caso). La señal digital de entrada se almacena en el registro, y el valor de cada bit maneja el interruptor asociado a cada entrada. Cuando un bit sea 1, se cierra el interruptor correspondiente, mientras que cuando sea 0 el interruptor está abierto.

Cuando el registro de entrada tenga almacenado un 0000 binario, todos los interruptores están abiertos y no hay voltaje aplicado a la entrada de las resistencias del amplificador - sumador. Por consiguiente, el voltaje de salida del conversor es 0V.

Cuando haya almacenado un 0001, se cierra S1 y la salida es 1V; cuando la palabra binaria de entrada es 0010, se cierra S2 y la salida ahora es de 2V; con 0100, se cierra S3 y la salida es de 4V; con 1000 se cierra S4 y la salida de 8V. En general, para cualquier número binario que se genere en la entrada, se cierran los interruptores correspondientes a las señales presentes a la entrada, y la salida es un valor de tensión continua equivalente al número digital de entrada (por ejemplo, cuando la entrada sea 0110, la salida es 6V). El resultado de la conversión análogo / digital se ilustra en la Fig. 35.

Convertidores unipolares

El convertidor D/A unipolar permite realizar la conversión de un valor absoluto, así la entrada es una palabra digital sin bit de signo, por lo tanto la salida es una tensión analógica que va de cero a un valor máximo.

El esquema básico de la Figura 30 para efectuar dicha conversión consiste en un sumador analógico donde cada bit controla la entrada de tensión en una rama de suma, conectándola a un voltaje de referencia V_{ref} o a cero mediante un conmutador digital, según que el bit sea uno o cero.

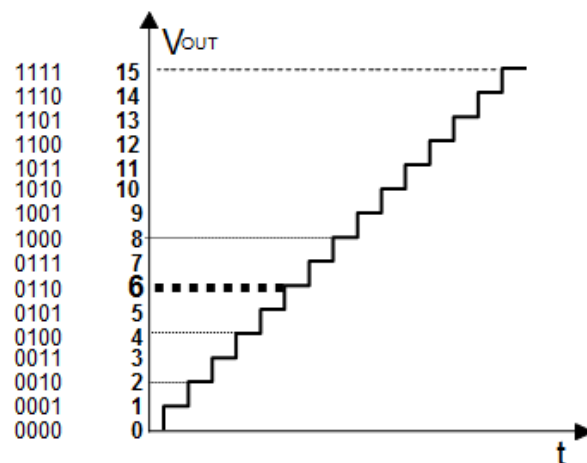


Figura 29

Voltaje de salida conversor D/A de 4 bits

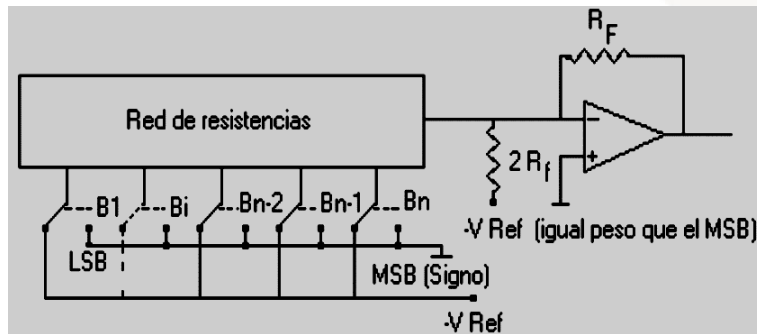


Figura 30

Convertidor D/A con signo.

Convertidores con signo

Los convertidores con signo son aquellos que aceptan como entrada una palabra digital cuyo bit de más peso indica el signo y entregan como salida una señal analógica que va entre un valor máximo positivo y un valor mínimo negativo. El bloque básico consiste en un convertidor de código binario en complemento a una tensión analógica.

En el esquema básico del convertidor de la Figura 30 es análogo al unipolar pero puede observarse que el bit MSB, B_n , es ahora el bit de signo y controla el conmutador de más peso pero después de sufrir una inversión. Además se suma a la entrada una polarización igual a V_{REF} , que después de la inversión del amplificador operacional se traducirá en un valor de $-V_{REF}$.

Cuando el MSB es cero (números positivos), las salidas debidas a este y a la polarización se cancelan y los $(n-1)$ bits restantes actúan como en un convertidor digital análogo unipolar, dando valores positivos de salida analógica entre 0 y V_{REF} .

Cuando el MSB es 1 (números negativos), la salida debida a este es nula y la debida a la polarización sitúa el origen a una tensión de salida $-V_{REF}$.

Convertidores D/A integrados.

Actualmente, los conversores D/A no se los construye con resistencias y amplificadores operacionales en forma separada, sino que vienen integrados dentro de un mismo chip. Uno de los conversores D/A más usado y producido por varios fabricantes es el DAC-08 de 8 bits de resolución; el tiempo de estabilización es de 150ns; la disipación de potencia es inferior a 33mW cuando se lo alimenta con +5V y

la exactitud, es de $\pm 0,19\%$ (el significado de estos parámetros se verá en el próximo ítem), ver Tabla 92.

Características de conversores integrados D/A

COMPONENTE	RESOLUCIÓN	TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN	FUENTES (V)
MC 1408P8	8 BITS	300 ns	+5, -5 a -15
MC 1408	8 BITS	300 ns	± 4.5 a ± 18
DAC08	8 BITS	150 ns	± 4.5 a ± 18
DAC0800	8 BITS	100 ns	± 4.5 a ± 18
DAC0808	8 BITS	150 ns	± 4.5 a ± 18
DAC0830	8 BITS	4 μ s	+5 a -15

Tabla 9

Parámetros Relevantes de los Conversores D/A

Los parámetros más importantes de un conversor D/A son: la resolución, el tiempo de estabilización y exactitud, que se definen a continuación:

a. Resolución

Viene dada por el *número de niveles de voltaje de salida* que puede generar. Este número está relacionado con la cantidad de bits de la palabra binaria de entrada. Un conversor D/A de 8 bits tiene una resolución de 8, y el número posible de niveles análogos de voltaje que puede generar es de $2^8=256$. En general, mientras más bits de entrada tenga un conversor D/A, mayor exactitud se logrará en la salida análoga. En la Fig. 37 se muestra gráficamente el concepto de *resolución*.

b. Tiempo de estabilización

Representa el tiempo que tarda en estabilizarse la salida análoga desde que se aplica la palabra binaria a la entrada. Por lo general, se define como el tiempo empleado para que la salida se estabilice dentro de una banda definida por una variación de $\pm 1/2$ LSB (bit menos significativo) en la palabra de la entrada.

Por ejemplo, para un conversor D/A de 12bits, cuya salida puede variar entre 0V y 15V, el valor análogo que corresponde a $\pm 1/2$ LSB es $\pm 1/2 \cdot 15V/2^{12} = \pm 1/2 \cdot 15V/4096 = \pm 0,00183V$. Por lo tanto, si al aplicar una entrada digital que corresponda a un valor de voltaje de salida de 8.5V, el *tiempo de estabilización* será el tiempo que transcurre desde que se aplica la señal digital a la entrada hasta que la salida se estabilice en un

valor de voltaje comprendido en la banda de $(8.5 \pm 0,00183)V$. Un valor común de tiempo de estabilización es de $10\mu s$.

c. Exactitud

La *exactitud* representa la máxima diferencia posible, en magnitud, entre la salida análoga esperada y la salida análoga lograda. Mientras menor sea el valor de exactitud, más parecida será la salida al valor esperado.

Por lo general, siempre es inferior al voltaje correspondiente a 2 LSB (por ejemplo, para un convertidor D/A de 10bits de resolución y $\pm 1\text{LSB}$ de exactitud, con una salida entre 0V y 10V, la máxima desviación que podrá producirse a la salida será de $\pm 10V/2^{10} = \pm 10V/1024 = \pm 0.0098V$).

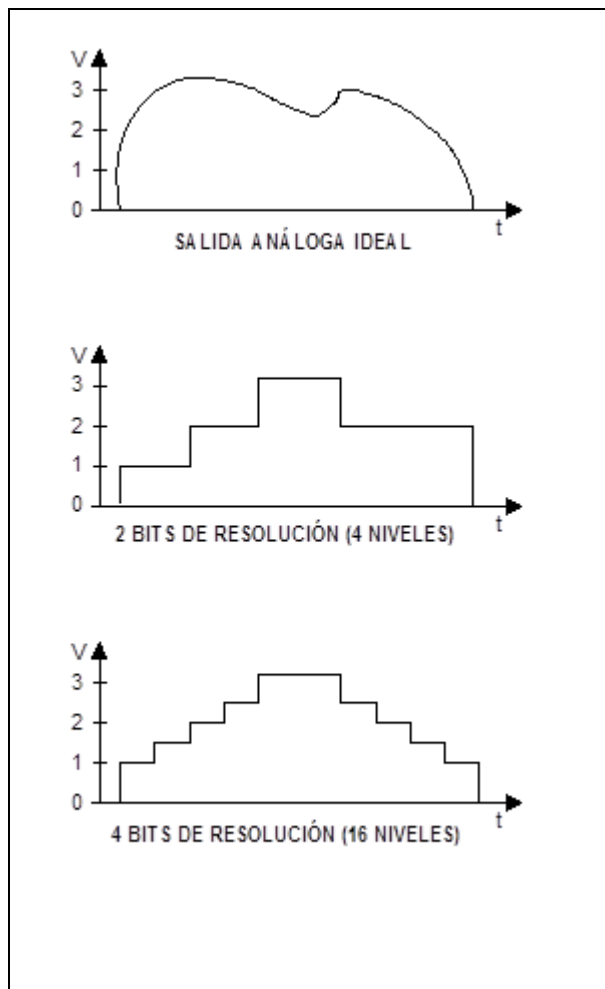


Figura 31

Resolución de convertidor D/A

Formato de la palabra de datos de salida del módulo análogo

El autómata programable dispone de memorias donde almacena el estado de las variables que maneja para ejecutar la tarea de control. Toda esta información incluyendo el programa de usuario está contenida en una memoria de semiconductor capaz de almacenar datos binarios que pueden ser leídos posición a posición (bit a bit), por bloques de ocho bit (byte) o bloques de dieciséis bit (Word). Un área de esta memoria corresponde a registros internos que son utilizados para almacenar y manipular palabras de datos (Word) y valores numéricos, el área de registros internos es accesible en unidades de byte (8 bits) o de palabra (16 bits). El resultado de la manipulación de los datos es entregado con formato de palabra (Word) a dispositivos capaces de comunicarse con elementos instalados en planta, la comunicación con elementos de planta es posible a través de módulos de salida análogos.

La forma de direccionar la memoria del PLC 984 para este caso es a través de la referencia 4XXXX, la que a su vez es asignada a un módulo de salida análogo.

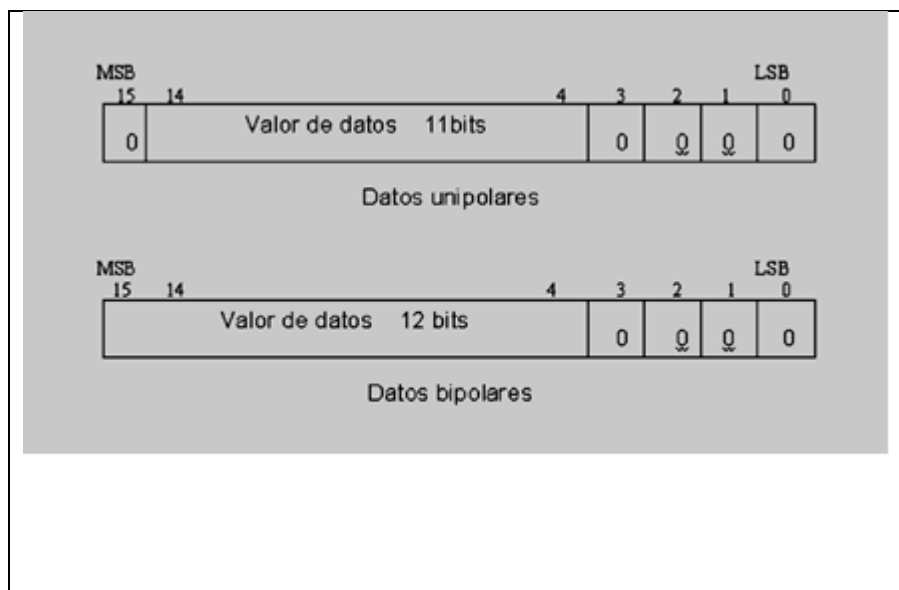


Figura 32

Formato de palabra de datos de salida.

En la figura 32 se muestra la disposición de cada bit de la palabra enviada desde la CPU hacia el módulo de salida.

Los bits del valor de conversión digital/análogo se justifican a la izquierda en el formato de palabra de datos de salida. El bit más significativo indica el signo, en tanto que cero indica un valor positivo. Los cuatro ceros a la derecha se truncan antes de

cargarse en los registros del conversor digital análogo. Estos bits no tienen efecto alguno en el valor de señal de salida

Clasificación de los módulos de salida análogos

Como criterio general, los parámetros más relevantes a comprobar en cualquier aplicación son los siguientes:

- Posibilidad de salidas multivalentes 0 – 10 V, 0 – 20 mA o 4 – 20 mA.
- Márgenes de tensión o corriente.
- Impedancia de salida.
- Protección contra circuitos.
- Nivel de aislamiento entre salidas y unidad de control y entre salidas entre sí.
- Resolución, que depende del número de bits del convertidor D/A.
- Límites de error.
- Posibilidad de doble polaridad de salida (conversión con signo o valor absoluto).
- Posibilidad de control manual o automático.
- Exigencias de instalación: Fuente de alimentación, longitud de cables.
- Las interfaces de salida analógicas más comunes trabajan con señales normalizadas de 0 a 10 V o de 4 a 20 mA.
- Muestra la relación entre el valor numérico y valor de voltaje o corriente generado por el conversor D/A.

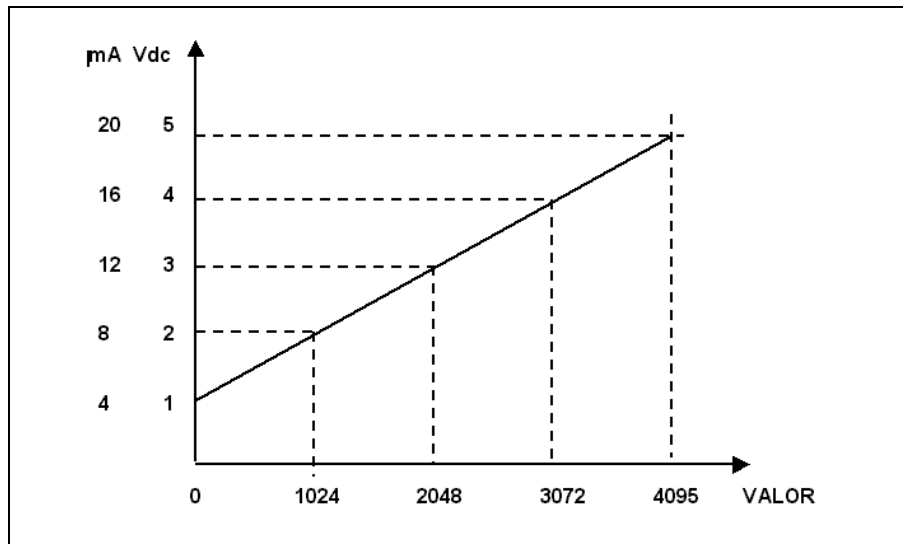


Figura 33

Relación para módulo de salida analógico. Tipos de interfaz de salida analógica para la serie 800 de Modicon.

A continuación, se entrega un cuadro con los tipos y características individuales de las interfaces de salida analógicas para la serie 800 de Modicon. Especificaciones técnicas y diagramas de conexión.

Características del Módulo de salida analógico AS-b872-100

Especificación	AS-B872-100
Descripción	D/A 4-20 mA.
Número de canales	4
Voltaje Máximo de suministro al lazo	60 VDC
Resolución	12 bit
Tiempo de lectura	< 1 mS, para los 4 canales

Aislación	
Entre canal	1000 V continuos
Entre canal y carcasa	1000 V continuos
Entre canal y módulo	1000 V continuos
Energía Requerida	
+5VDC	475mA.
+4.3VDC	5mA.
-5VDC	0mA.
Dimensión	
Espacio Requerido	1 Slot

Tabla 10

Las características de conexión están dadas por la Figura 34.

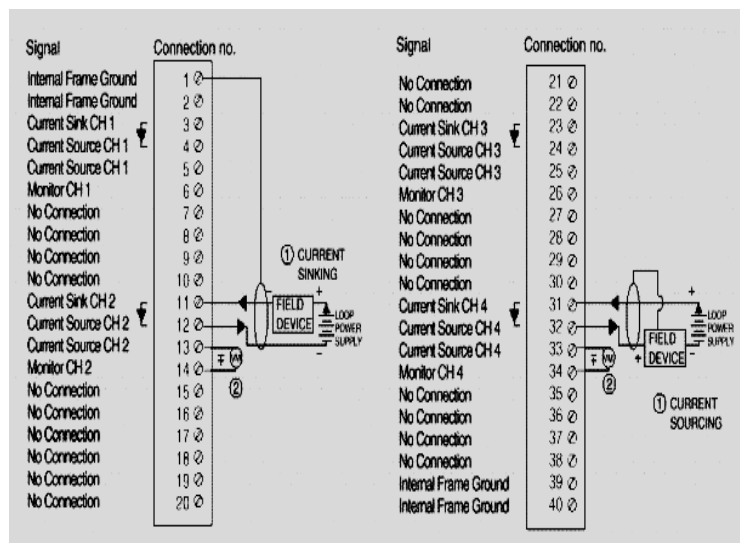


Figura 34

Disposición de terminales para la conexión de módulos de entrada analógica AS-B872-100.

Características del Módulo de salida analógica AS-B872-200

Especificación	AS-B872-200
Descripción	D/A ± 10 VDC, ± 5 VDC, 0-10 VDC, 5 VDC
Número de canales	4
Rango de operación del voltaje	60 VDC
Resolución	± 0.1 % a 25°C $\pm 0.17\%$ entre 0-60°C
Linealidad	0 a 60°C, \pm LSB
Tiempo de lectura	< 1 mS, para los 4 canales
Aislación	
Entre canal	1000 V continuos
Entre canal y carcasa	1000 V continuos
Entre canal y módulo	1000 V continuos
Energía Requerida	
+5VDC	750mA.
+4.3VDC	5mA.
-5VDC	0mA.
Dimensión	
Espacio Requerido	1 Slot

Tabla 11

Las características de conexión están dadas

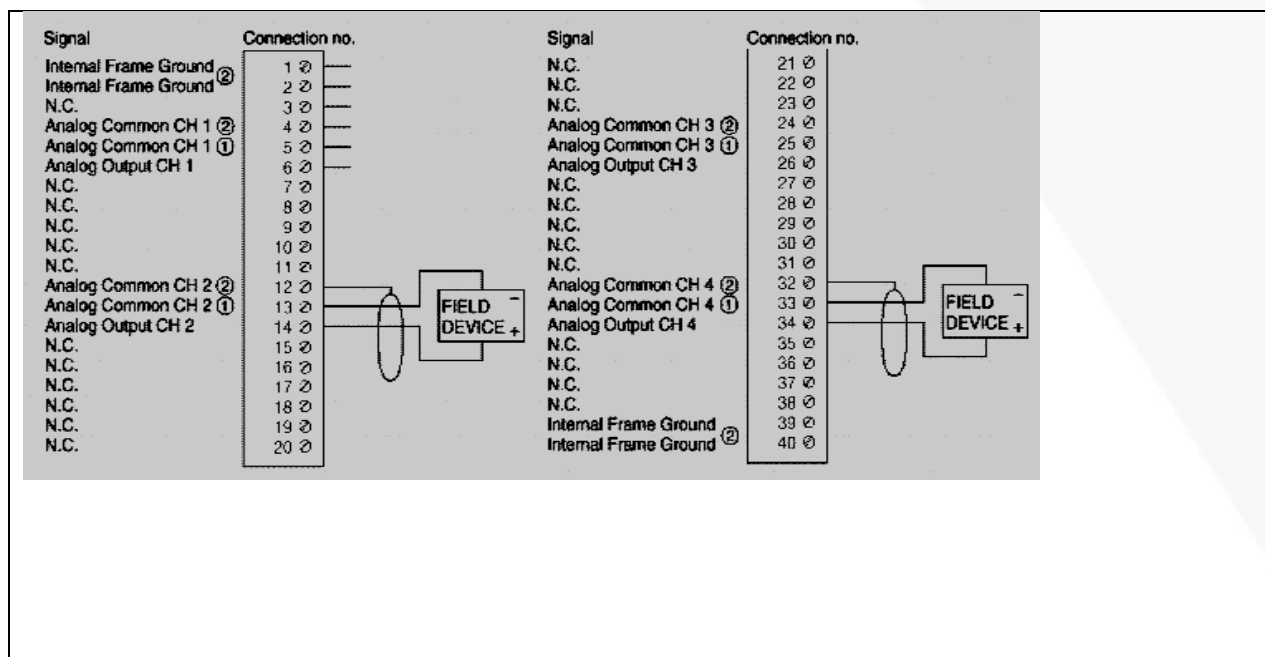


Figura 35

Disposición de terminales para la conexión de módulos de entrada analógica AS-B872-200.

1.2 Arquitectura interna de un PLC

Un autómata programable industrial es un equipo de control basado en la electrónica digital de alta integración, con conexiones internas (hardware) independiente del proceso a controlar (figura 36 muestra la arquitectura interna de un PLC). En términos concretos se implementan con microprocesadores.

Un autómata programable, al igual que un microprocesador se compone esencialmente de los siguientes bloques funcionales:

- Unidad central de proceso, CPU.
- Memorias.
- Interfaces de entrada y salida.
- Fuentes de alimentación.
- Bus interno.

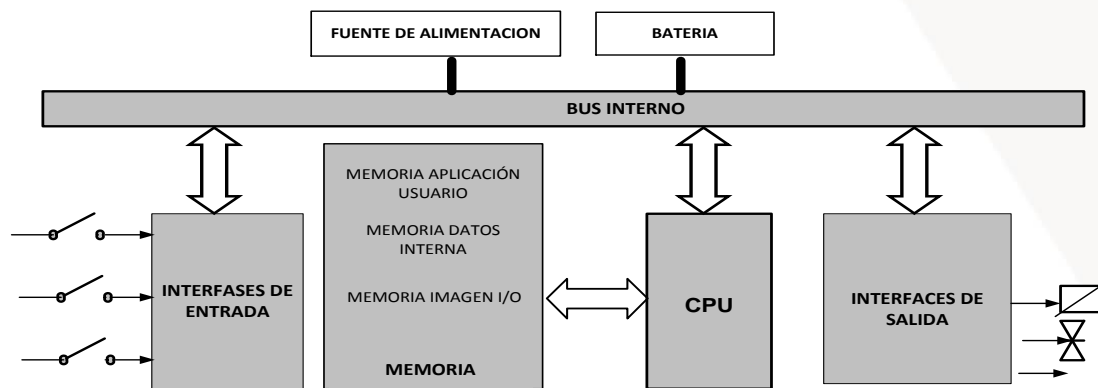


Figura 36

Arquitectura interna de un PLC.

Fuente de Alimentación:

La fuente de alimentación proporciona, a partir de una tensión exterior, las tensiones necesarias para los distintos circuitos del sistema.

Usualmente, el PLC dispone de una batería conectada a esta fuente de alimentación, lo que asegura el mantenimiento de la memoria del programa y algunos datos en las otras memorias en caso de la interrupción de la tensión exterior.

Es importante estar claro que la tensión de la fuente es la tensión de suministro para el PLC, aun cuando pueden existir otras tensiones asociadas a las interfaces de entrada – salida.

Bus Interno:

Se conoce como Bus interno al conjunto de líneas y conexiones que permiten la unión eléctrica entre la CPU, las interfaces de entrada y salida. También el bus interno proporciona la energía eléctrica que requieren las partes. Este constituido por líneas de:

- Dirección
- Datos
- Control
- Alimentación de energía.

En los PLC modulares se establece un bus único, cuyas líneas permiten transferir datos, direcciones, control y hasta energía. El bus se encuentra implementado en el rack o bien cada módulo lleva su parte en el caso de montaje en riel.

Unidad Central de Proceso, CPU

Es la unidad encargada de llevar a cabo el control interno y el control externo del autómatas programable.

El control interno se refiere a la ejecución de los programas del sistema operativo que permiten operar al PLC en los modos básicos de programación y control lógico (modo RUN). También, el control interno ejecuta los test de auto diagnósticos para la detección de errores.

El control externo se refiere a la ejecución del Programa de control lógico que permite operar al PLC controlar al proceso según el automatismo diseñado.

Memorias:

Se requieren tres tipos de memoria para la operación del PLC:

- Memoria del usuario: Contiene la aplicación de control desarrollada por el usuario.
- Memoria imagen de las entradas y salidas del PLC: Contiene los valores calculados para las entradas y salidas del PLC por la aplicación.
- Memoria de datos: Contiene los valores dados por el usuario como los presets y los valores calculados por la aplicación, tales como salidas virtuales, temporizadores, contadores registros etc.

Las interfaces de entrada y salida:

Establecen la comunicación entre la unidad central y el proceso, filtrando, adaptando y codificando de forma comprensible para dicha unidad las señales procedentes de los elementos de entrada, y decodificando amplificando las señales generadas durante la ejecución del programa antes de enviarlas a los elementos de salida. Es usual que estas unidades se organicen en términos de puntos de entrada – salida.

Funcionamiento general de control de un PLC.

Un PLC es un autómata programable diseñado y construido para efectuar el control lógico que se requiere en los procesos industriales.

Para controlar dicho proceso, este controlador emplea un programa específico (aplicación), el que contiene la secuencia de las operaciones a realizar y todos los condicionamientos lógicos necesarios. En forma práctica, las condiciones lógicas que se requieren, se establecen mediante dispositivos de dos estados (selectores, switches, pulsadores, etc.). Estos dispositivos de terreno se conectan a los puntos de entradas del PLC. Representado en la figura 37.

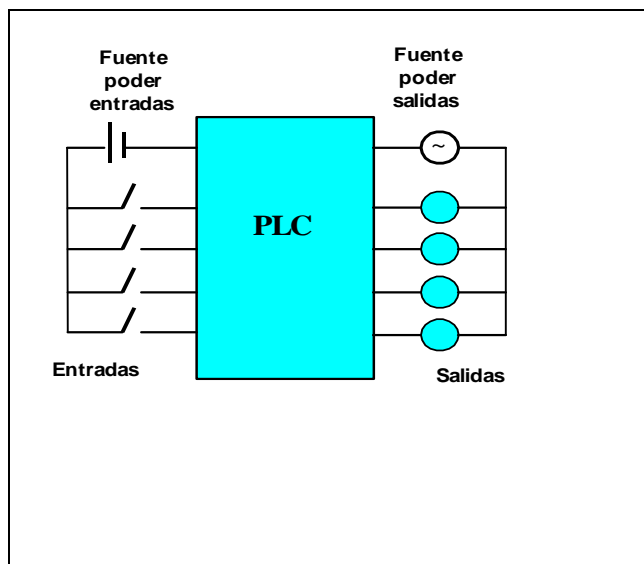


Figura 37

Esquema para el funcionamiento general de un PLC.

Esta secuencia de operaciones se comunica al proceso como señales de salida a los preactuadores del proceso, estos están cableados directamente en los bornes de conexión del PLC.

El PLC puede ser visto como un dispositivo inteligente capaz de calcular a través de un Programa de control lógico, las salidas en función de las entradas determinadas (Figura 37).

Capacidades de un PLC

Un PLC genérico tiene por lo menos las siguientes capacidades, algunas descritas en figura 38:

Entrada – salida

Entradas digitales. El PLC acepta la conexión directa a sus bornes de entrada digital de contactos secos provenientes de comandos o detectores de terreno. También acepta la información digital proveniente de sensores inductivos o capacitivos.

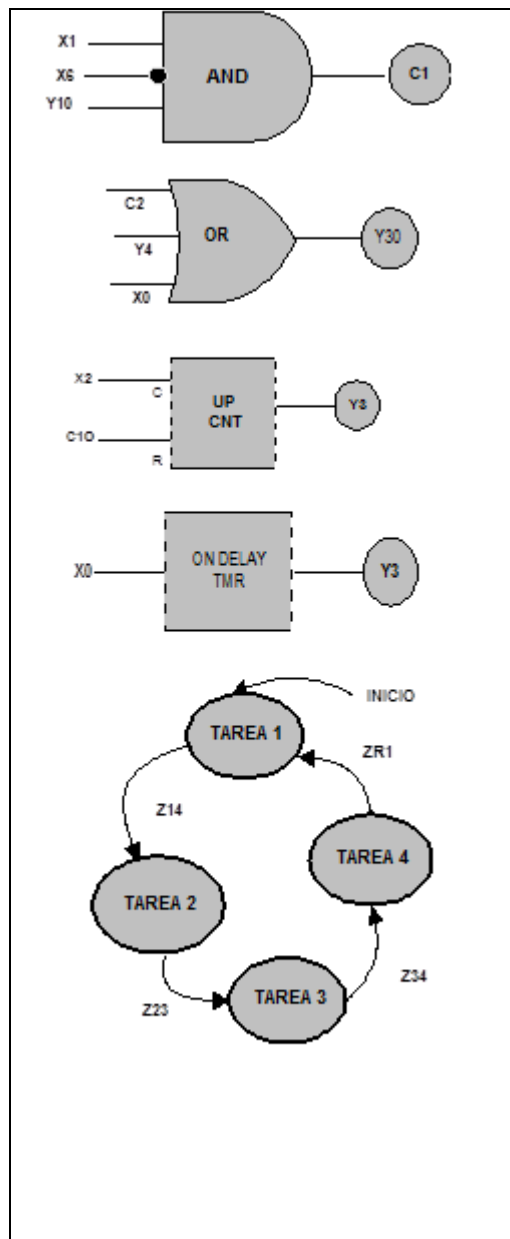


Figura 38

Algunas tareas llevadas a cabo por un PLC

Entradas análogas.

El PLC acepta la conexión directa a sus bornes de entrada análoga de instrumentos de medición provenientes de terreno.

Salidas digitales.

El PLC acepta la conexión directa a sus bornes de salida digital de preactuadores digitales tales como relays, contactores, electroválvulas etc.

Salidas análogas.

El PLC acepta la conexión directa a sus bornes de salida análoga de válvulas de control.

Procesamiento lógico

Lógica Booleana convencional: El PLC es capaz de calcular las operaciones básicas AND – OR y NOT (Figura 1.6). Puede realizar cualquier combinación de estas operaciones.

Conteo.

El PLC es capaz de llevar la cuenta de las veces que una variable digital pasa del valor 0 al valor 1, o lo que es equivalente, las veces que se cierra el contacto asociado a la variable digital (Figura 1.6).

Temporizaciones.

El PLC es capaz de llevar la cuenta del tiempo asociada al cierre sostenido de una variable digital, existen diversas formas de temporización el retardo a la conexión (Ondelay Figura 38).

Secuenciamiento.

El PLC es capaz de ejecutar una secuencia de tareas asociadas a la producción (Figura 38). Existen diversas formas de programar estas secuencias dependiendo de las herramientas específicas del PLC siendo la más frecuente alguna forma de Graf Set.

Movimiento y procesamiento de datos.

El PLC es capaz de mover y ejecutar operaciones con datos del tipo bit y tipo byte. Existen diversas funciones posibles de realizar (operaciones con las palabras, aritmética binaria y operaciones matemáticas avanzadas) dependiendo de las herramientas específicas del PLC siendo la más frecuente alguna forma de Graf Set.

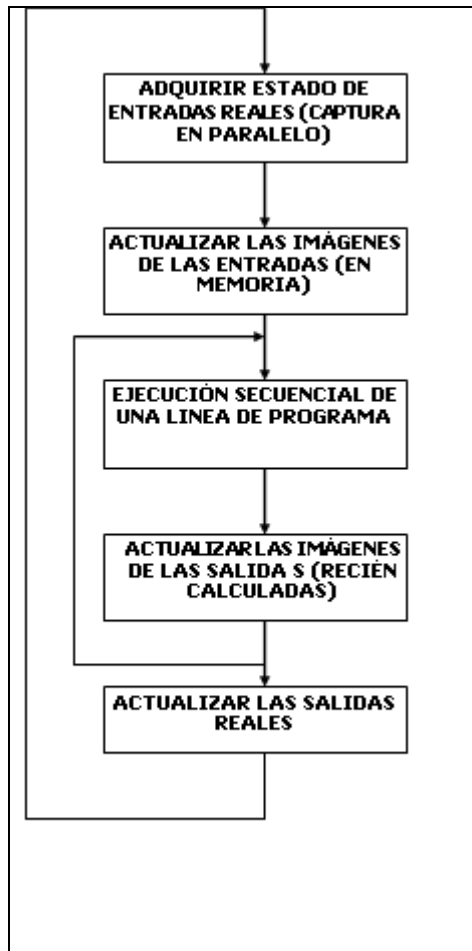


Figura 39

Ciclo SCAN de un PLC

1.3 Modos de funcionamiento de un PLC

Estos equipos tienen siempre los modos de trabajo siguientes:

Modo de programación

Tal como se ha señalado, el Programa de control lógico (aplicación) es la pauta de trabajo del PLC, este programa se introduce al PLC en el modo de programación. Para ello se debe emplear la unidad de programación definida por el fabricante.

Inicialmente, se emplearon pequeños programadores portátiles (Hand hell), luego los fabricantes desarrollaron programas tipo plataforma (por ejemplo Modsoft de Modicon; Tisoft de Texas Instrument; Step 5 de Siemens, Control Builder de ABB, Step 7 de Siemens), Con estos programas plataforma el Ingeniero puede construir su aplicación.

El programa plataforma le permite al Ingeniero desarrollar otras funciones adicionales como son: la depuración de aplicaciones, simulación del proceso bajo control lógico, monitorización de la operación, control del funcionamiento interno del PLC, y ahora inclusive el diseño de las aplicaciones de HMI (Interfaz Hombre Máquina).

Una fase importante de la programación de PLC es el uso del programa plataforma.

Se llama trabajar Off-line, al trabajo de construcción o modificación de la aplicación en el computador sin tener comunicación con el PLC.

Se llama trabajar On-line, al trabajo de manipulación de la aplicación en el computador, teniendo comunicación directa e instantánea con el PLC.

Usualmente, la aplicación se desarrolla en Off-line y se carga en On-line. También se opera On-line para ajustar la aplicación, para copiarla o monitorear con la pantalla del computador PC compatible.

Modo Run

Al seleccionar este modo, el PLC queda efectuando el control lógico según la aplicación que se le ha cargado en la memoria del usuario.

Algunos PLC aceptan que se les modifique la aplicación efectuando control, es más frecuente sin embargo, altera la aplicación en modo programación.

La forma en que se ejecuta el programa de control se conoce como el ciclo scan. Este ciclo consta de las siguientes etapas:

1. Lectura de señales desde la interfaz entradas (scan).
2. Procesamiento del programa para obtención de las señales de control (ejecución de la lógica).
3. Escritura de señales en la interfaz de salidas (actualización).

A fin de optimizar los tiempos de acceso a las interfaces de entrada/salida, la lectura y escritura de señales, se realiza simultáneamente para todas las entradas y salidas implicadas. Las entradas leídas se almacenan en la parte de la memoria llamada memoria imagen de entradas, desde donde recupera la CPU los datos necesarios durante la ejecución del programa.

La forma de control que establece el PLC es la siguiente:

- Las salidas se mantienen inalteradas mientras el PLC calcula los valores que deben tener en el próximo instante de muestreo. Cuando llega este instante, el PLC adquiere los nuevos valores de las entradas y cambia de una vez las salidas según lo calculado por el programa de control.

- El programa de control se comienza a ejecutar en el orden en que ha sido programado por el usuario, partiendo desde la primera línea lógica y continuando sucesivamente hasta la última.
- Se parte ejecutando la primera línea del programa de control usando los nuevos valores de las entradas que se encuentran en la zona de memoria “Imagen de las entradas” y usando los valores de las salidas que actualmente están presentes y que están almacenadas en la zona de memoria “Imagen de las salidas”. A medida que se calcula una salida, se actualiza su valor en la memoria, de modo que este valor se considera para los próximos cálculos.
- Cuando se termina de ejecutar la última línea, el PLC procede a muestrear las entradas y actualizar las salidas.
- Una nota especial la requieren las instrucciones de salida inmediata que poseen algunos PLC y que junto con actualizar la imagen de salida, actualiza inmediatamente el valor de salida real.
- Paralelamente a lo descrito, el PLC realiza acciones que garantizan la seguridad en el funcionamiento, como son los chequeos de memoria y de CPU, comprobación del “watchdog” o reloj de guardia, etc. además, de establecer comunicación con periféricos. Todas estas acciones se ejecutan periódicamente, definiendo un ciclo de operación que necesita de un tiempo para ser ejecutado. Este tiempo es determinante al momento de pretender controlar procesos rápidos, con señales de corta duración o de alta frecuencia. Por lo tanto, es necesario evaluar cualitativamente los tiempos empleados en el ciclo normal de funcionamiento de un PLC.
- El ciclo de scan dura el tiempo transcurrido entre muestreo y muestreo. Usualmente el fabricante especifica la velocidad de cálculo de su CPU dando los mili segundos por cada 1000 instrucciones ejecutadas (mseg/kW).

Memoria de un PLC

El PLC es un equipo basado en un procesador. Los procesadores trabajan con: instrucciones; direcciones y datos.

Las *instrucciones* corresponden al programa de aplicación y se almacenan en la zona de programa de la memoria.

Las *direcciones* identifican en forma inequívoca a los dispositivos de terreno y los elementos virtuales que usa el PLC (temporizadores, contadores, salidas virtuales, etc.).

Los *datos* que maneja el PLC son de valor cero o uno, y corresponden a los valores lógicos de las señales que utiliza. Estos valores corresponden al valor de las entradas, las salidas, y otros contactos virtuales que maneja la lógica del programa.

El procesador adquiere sus datos desde los módulos de entrada, ejecuta las instrucciones del programa de control y evacua sus resultados hacia los

preactuadores mediante los módulos de salida. Al igual que cualquier procesador debe emplear un bus de datos, un bus de direcciones y otro de control para comunicarse con la memoria y las interfaces de entrada y de salida a terreno. En forma práctica, en los PLC se establece un bus interno que incorpora además las líneas de alimentación.

Según la forma en que se almacenan los datos, direcciones e instrucciones, la memoria puede ser clasificada en:

Memoria interna:

Es donde se guardan todos los datos de cálculo en la ejecución de la lógica de control.

La memoria interna es de longitud invariable para cada modelo de PLC.

Las variables contenidas en la memoria interna pueden ser consultadas y modificadas continuamente por el programa, cualquier número de veces.

Esta actualización continua de los datos obliga a construir la memoria con dispositivos RAM.

Memoria imagen de entradas/salidas

Esta parte de la memoria interna contiene como lo dice su nombre los valores de las entradas – salidas reales.

Memoria de programa:

Es aquella que contiene el programa de control, es decir, la secuencia de operaciones que deben realizarse sobre las señales de entrada para obtener las señales de salida. Puede ser interna o externa (un chip que se adiciona a la CPU).

La capacidad total de la memoria de programa del usuario debe medirse en números de instrucciones de control y no en palabras (Byte) como se mide en los computadores, a pesar que algunos fabricantes dan sus datos en palabras, en tal caso a modo de guía hay que considerar que cada instrucción del usuario ocupa una dirección del programa y necesita normalmente dos bytes.

Esta capacidad depende del tipo de CPU utilizada, en la Tabla 12 se dan los datos de la familia 984 de Modicon.

Las memorias del usuario son siempre de tipo permanente RAM + batería o EPROM/EEPROM.

Mapa de memoria

Se llama así a la información que entrega el fabricante sobre las direcciones de la memoria interna la que está dividida en las siguientes áreas:

- Entradas/salidas.
- Marcas (salidas virtuales o relés internos) de 1 bit (bits internos).
- Relés especiales/auxiliares.
- Posiciones de 8, 16 o más bits (registros internos).
- Temporizadores.
- Contadores.
- Otros registros de uso general.

Características de los PLC de la familia 984 de Modicom

Controller	Type	User Memory	Data Memory	Discrete I/O Points (max)	Register I/O (Max.)	Scan Time
PC-A984-120	Compact	1,5k	2k	256	32/32	5ms/k
PC-A984-130	Compact	4k	2k	256	32/32	5ms/k
PC-A984-131	Compact	4k	2k	256	32/32	5ms/k
PC-A984-141	Compact	8k	2k	256	32/32	5ms/k
PC-A984-145	Compact	8k	2k	256	32/32	5ms/k
PC-E984-241	Compact	8k	2k	256	32/32	2.5ms/k
PC-E984-245	Compact	8k	2k	256	32/32	2.5ms/k
PC-E984-251	Compact	16k	24k	256	32/32	2.5ms/k
PC-E984-255	Compact	16k	24k	256	32/32	2.5ms/k
PC-E984-381	Slot Mount	16k	2k	512	32/32	3ms/k
PC-E984-385	Slot Mount	16k	2k	512	32/32	3ms/k
PC-E984-385	Slot Mount	16k	2k	512	32/32	3ms/k
PC-E984-480	Slot Mount	16k	2k	2048	224/224	3ms/k

PC-E984-485	Slot Mount	16k	2k	2048	224/224	3ms/k
PC-E984-485	Slot Mount	16k	2k	2048	224/224	3ms/k
PC-E984-685	Slot Mount	16k	10k	8192/8192	1088/1088	1ms/k
PC-D984-785	Slot Mount	32/32k	64/32k	16384/16384	1088/1088	1ms/k
PC-K984-785	Slot Mount	32/48	64/32k	16384/16384	1088/1088	1ms/k
PC-E984-785	Slot Mount	32/48	64/32k	16384/16384	1088/1088	1ms/k
P1-984X-008	Chassis Mount	8k	2k	2048	224/224	.75ms/k
Px-984Axxx	Chassis Mount	16/32k	2k	2048	2032	.75ms/k
Px-984B-xxx	Chassis Mount	32/64/128k	10k	8192/8192	2048/2048	.75ms/k
AM-0984-AT2	PC/AT bus	16k	2k	2048	224/224	1.5ms/k
AM-0984-AT4	PC/AT & EISA	32k	32k	2048	1024/1024	1.5ms/k
AM-0984-MCO	Micro Chanel	16k	2k	3584/3584	224/224	1.5ms/k
AM-0984-VMO	VME bus	12k	10k	3584/3584	224/224	1.5ms/k
AM-0984-VM4	VME bus	32k	32k	16384/16384	1024/1024	1.5ms/k

Tabla 12

Descripción de un PLC compacto

Controladores Lógicos Programable TSX Micro

Son equipos poderosos en el ámbito de programación y comunicaciones con equipos externos, sobre todo en terminales de diálogo. Están pensados para aplicaciones pequeñas sin embargo disponen desde cálculos matemáticos básicos, hasta calendario real con la posibilidad de activar variables en función del tiempo, o sea durante un determinado espacio de tiempo, desde segundos hasta años. Además de la memoria de trabajo, RAM, disponen de otra memoria EEPROM o FLASHRAM la cual permite salvaguardar el programa por tiempo ilimitado. Para la alimentación de

sus entradas, ofrecen una tensión de 24Vcc y unos 250mA, para mayores consumos (detectores y fotocélulas principalmente) se implementa una fuente externa de mayor calibre. Casi todos disponen de la posibilidad de utilizar algunas de sus entradas como entradas rápidas y detectar impulsos desde 100us; o bien de utilizarlas como contadores rápidos, tienen también salidas especiales para generar impulsos para control de motores paso a paso o equipos que requieran impulsos con alta frecuencia. Existen en el mercado nanoautómatas que disponen de un diálogo automático entre ellos; es digno de mencionar las características de esta comunicación interautómatas integrada en el propio equipo; se conectan varios equipos con sólo 2 hilos y hasta 200 metros, ideal para intercambio de información en instalaciones o líneas más o menos lejanas entre ellas. La programación se realiza con software de programación o con terminales dedicados.

Características principales:

- Memoria de instrucciones
- Reloj calendario
- Temporizadores, Contadores ascendentes descendentes, registros LIFO/FIFO, programadores cíclicos
- Control analógico externo
- Programación: Lista de instrucciones, Contactos, Grafcet
- Protección del programa (Sin posibilidad de acceso)
- Conversión BCD a Binario (reversible)
- Saltos de programa condicionados
- Además de operaciones matemáticas básicas, raíz cuadrada y exponenciación
- Entrada RUN/STOP, Salida de seguridad o defecto
- Posibilidad de Entrada o Salida analógica
- Variables numéricas de 16 bits, constantes
- Información de sistema (bits y palabras Sistema)

1.4 Lenguaje de Programación

El Lenguaje de Programación es el que le permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

Se puede definir un programa como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar una secuencia de control deseada.

Al igual como los PLCs se han desarrollado y expandido, los lenguajes de programación también se han desarrollado con ellos. Los lenguajes de hoy en día tienen nuevas y más versátiles instrucciones y con mayor poder de computación. Por ejemplo, los PLCs pueden transferir bloques de datos de una localización de memoria

a otra, mientras al mismo tiempo llevan cabo operaciones lógicas y matemáticas en otro bloque. Como resultado de estas nuevas y expandidas instrucciones, los programas de control pueden ahora manejar datos más fácilmente.

Tipos de lenguajes de programación

Los fabricantes de PLC han desarrollado una cantidad de lenguajes de programación en mayoría de los casos siguiendo normas internacionales, con el fin de suplir las necesidades y expectativas de los programadores. En la tabla 13 se pueden observar la clasificación de los distintos tipos de lenguajes de programación.

Clasificación lenguaje para programación PLC

Lenguaje	Características	Ejemplos*	Tipo	Nivel
Listas	Lista de Instrucciones	IL AWL STL IL/ST	Escrito	Bajo
Plano	Diagrama Eléctrico	LADDER LD KOP	Visual	Alto
Diagrama de Bloques Funcionales	Diagrama Lógico	FBD FBS FUD		
Organigrama de Bloques Secuenciales	Diagrama Algorítmico	AS SFC PETRI GRAFCET		
Otros	Lenguajes Usados en Otras Áreas de la computación	BASIC C	Escrito	

Tabla 13

En la actualidad existe una gran variedad de lenguajes de programación comparable con la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

- Lenguaje de contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de funciones (FBD)

Contraste entre programas de aplicación y del sistema

Los programas de aplicación que crean los usuarios están orientados a ejecutar, a través del controlador, tareas de automatización y control. Para ello, el usuario escribe el programa en el lenguaje de programación que mejor se adapte a su trabajo y con el que sienta poseer un mejor dominio. En este punto es importante señalar, que algunos fabricantes no ofrecen todas las formas de representación de lenguajes de programación, por lo que el usuario deberá adaptarse a la representación disponible

Por otro lado, el conjunto de programas que realizan funciones operativas internas del controlador, incluyendo los traductores de lenguaje, reciben la denominación de **programas del sistema o software del sistema**. Un elemento importante de éste, es el sistema operativo, cuyos servicios incluyen el manejo de los dispositivos de entrada y salida del PLC, el almacenamiento de la información durante largos períodos, el procesamiento de los programas del usuario, etc. Estos programas ya vienen escritos y están almacenados en una memoria No volátil dentro de la CPU, por lo tanto no se pierden ni alteran en caso de pérdida de alimentación al equipo. El usuario No tiene acceso a ellos.

Definición de Instrucciones y Programas

Una instrucción u orden de trabajo consta de dos partes principales: operación y operando; a su vez, el operando está dividido en símbolo y parámetro:

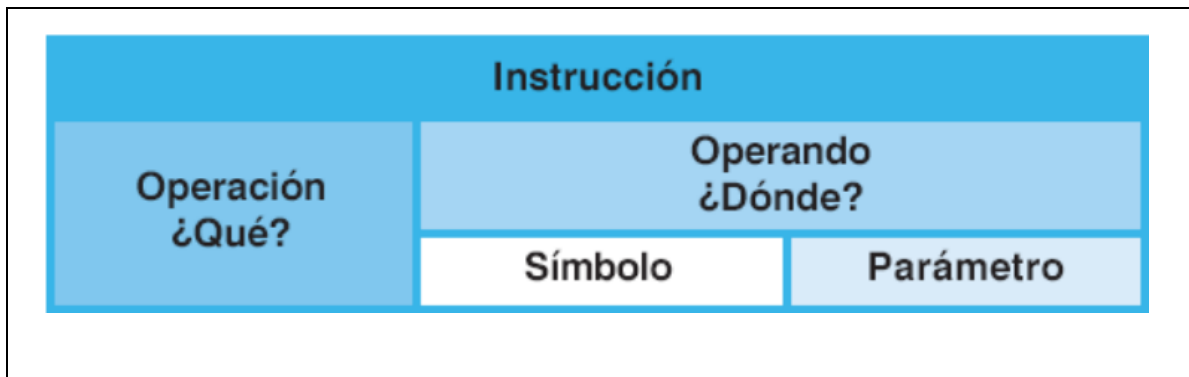


Figura 40

La operación le indica a la CPU del PLC, qué tiene que hacer; o, lo que es lo mismo, la clase de instrucción que ha de ejecutar.

El operando es el complemento al código u operación. Mediante el operando indicamos la dirección del elemento de que se trate (contadores, temporizadores, E/S, marcas internas...), así como las cuentas, tiempos, etc.

A continuación se pueden ver ejemplos de operaciones:

Operaciones:

AND (Y): Formar una concatenación serie.

OR (O): Formar una concatenación paralelo.

OUT (=): Asignar una salida a lo precedente.

Figura 41

El operando le indica a la CPU dónde debe de hacerlo, dónde debe realizarse esa instrucción.

Para poder elaborar un programa no es suficiente con las instrucciones de mando o de programa; se requiere otro tipo de instrucciones que recibe el nombre de instrucciones de servicio u órdenes de manejo, por medio de las cuales se consigue la elaboración, análisis y puesta a punto del programa.

Instrucciones básicas:

LD: (4C)

Carga el primer contacto de la línea o rama.

LDN: (42)

Carga el primer contacto de la línea o rama en forma negada.

AND: (41)

Lógica “Y”.

ANDN: (44)

Lógica “Y” negada.

OR: (4F)

Lógica “O”.

Figura 42

Ejecución de programas

Cuando los PLC se sitúan en el modo RUN (ciclo de ejecución o ejecución cíclica), la CPU realiza, entre otras funciones, el barrido del programa contenido en la memoria de usuario, desde la casilla, dirección o línea 000 hasta la última, según el largo del programa –esto es, efectúa lo que se denomina ciclo de scan– que es medido en función del tiempo que tarda en ejecutar 1000 instrucciones.

En función de cómo se efectúe la ejecución o barrido del programa, se distinguen los siguientes sistemas, modos o estructuras de programación:

1. Ejecución cíclica lineal.
2. Ejecución con salto condicional.
3. Ejecución con salto a sub-rutinas.

El inicio de ejecución de cada uno de los sistemas indicados es el siguiente:

1. Ejecución cíclica lineal

Cuando el ciclo de barrido de la memoria de usuario se realiza línea tras línea, sin solución de continuidad, se dice que la programación es lineal.

Así, la CPU consulta las instrucciones contenidas en la memoria secuencialmente, una a continuación de la otra, sin alterar este orden, como se muestra en la figura 43.

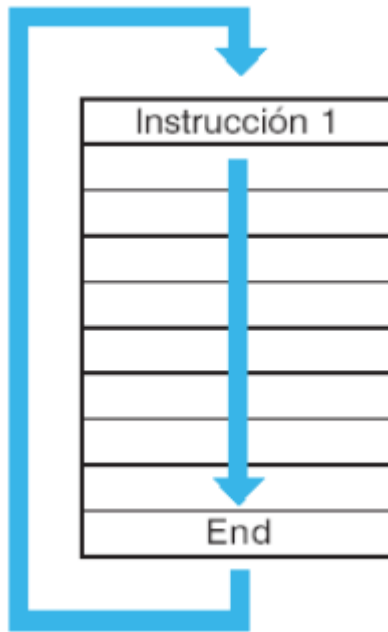


Figura 43

Ejecución cíclica lineal

2. Ejecución con salto condicional

Cuando el ciclo de ejecución de un programa tiene la posibilidad –previa condición establecida– de alterar la secuencia línea a línea y dar un salto a otras líneas de programa, dejando x líneas sin ejecutar, se dice que ha realizado un salto condicional (figura 44).

Si al llegar en el proceso de ejecución del programa a la instrucción U, se cumple la condición en ella indicada, se salta a V, continuando el barrido en V+1 hasta el fin de programa (END).

Si, por el contrario, al llegar a U no se cumple la condición, el programa se ejecuta linealmente, continuando en U+1.

Algunos PLC poseen esta posibilidad, la cual permite reducir el tiempo de ejecución del ciclo.

Es aplicable en aquellos casos en que las instrucciones contenidas en el salto sólo son necesarias cuando se dan ciertas condiciones impuestas por el programa.

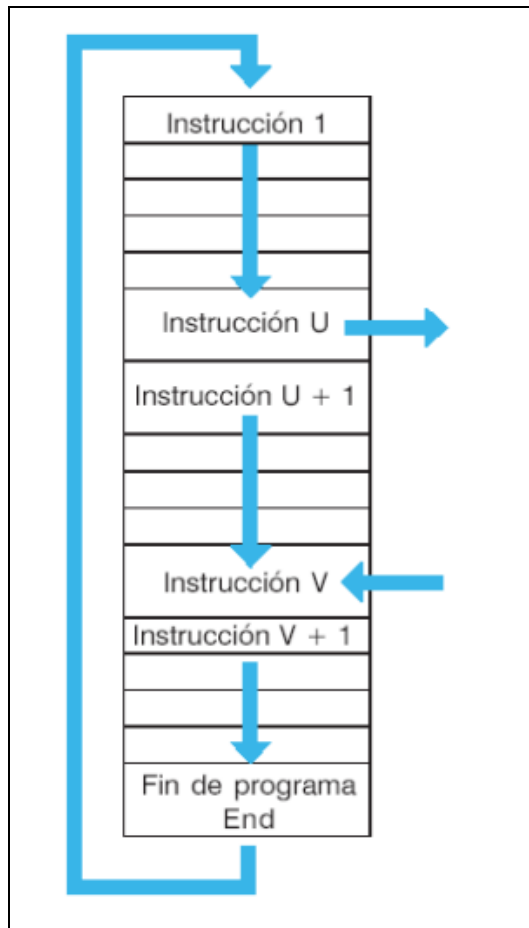


Figura 44

Ejecución con salto condicional.

Ejecución con salto a sub-rutinas

En algunas ocasiones ocurre que en un programa hay uno o más grupos de secuencias de instrucciones idénticas que se repiten y que habrá que reescribir tantas veces como éstas se reiteren en dicho programa principal. En estos casos, es muy útil escribir una sola vez esta secuencia o sub-rutina, e ir a ella cuando se requiera.

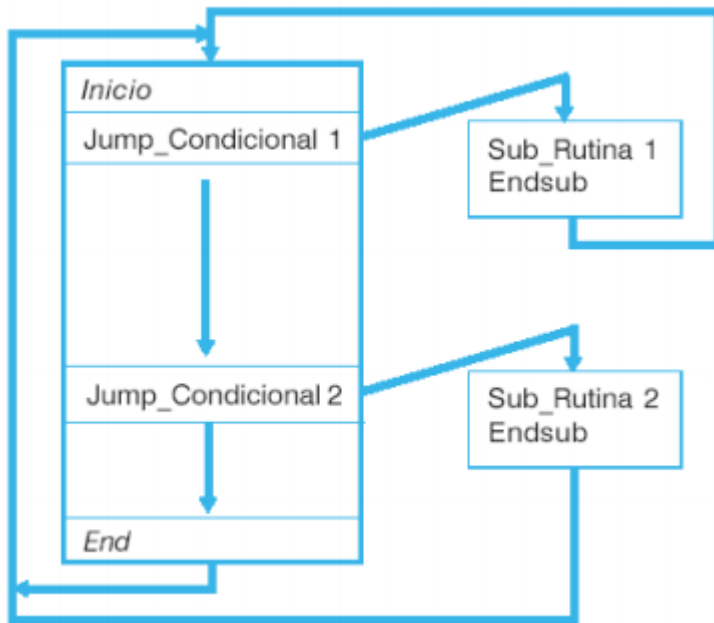


Figura 45

Ejecución con salto a sub-rutinas.

1.5 Norma IEC 61131

La norma IEC 61131 agrupa a los PLC y sus periféricos de la siguiente forma:

1. Equipos de programación y depuración
2. Equipos de ensayo
3. Las interfaces humano maquina (HMI)

Finalidad de la norma

- La norma tiene como objetivos:

1. Definir e identificar las características principales que se refieren a las elección y aplicación de los PLC y sus periféricos.
2. Especifica los requisitos mínimos para las características funcionales, las condiciones de servicio, los aspectos constructivos, y la seguridad aplicables a los PLC y sus periféricos.
3. Definir los lenguajes de programación de uso más corriente, las reglas de sintaxis y semánticas, y el juego de instrucciones fundamentales de los equipos

4. Dar al usuario información de carácter general y directrices de aplicación
5. Definir las comunicaciones entre los PLC y otros sistemas

Clasificación de los Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos, visuales y escritos. Los visuales admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques. Los escritos son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar.

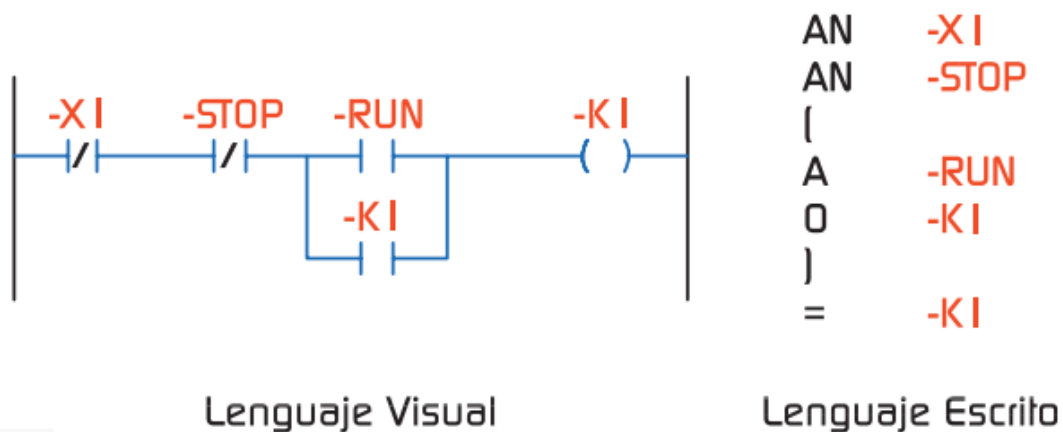


Figura 46

Tipos de lenguaje de programación de un PLC.

Lenguaje de contactos o Ladder

El LADDER, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los PLC, debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

Elementos de programación

Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la siguiente tabla 14 podemos observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

Símbolos de elementos básicos para programar un PLC.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Tabla 14

Las principales características del lenguaje ladder son:

- Instrucciones de entrada se introducen a la izquierda
- Instrucciones de salida se situarán en el derecho.
- Los carriles de alimentación son las líneas de suministro de energía L1 y L2 para los circuitos de corriente alterna y 24 V y tierra para los circuitos de CC
- La mayoría de los PLC permiten más de una salida por cada renglón (Rung).
- El procesador (o "controlador") explora peldaños de la escalera de arriba a abajo y de izquierda a derecha.

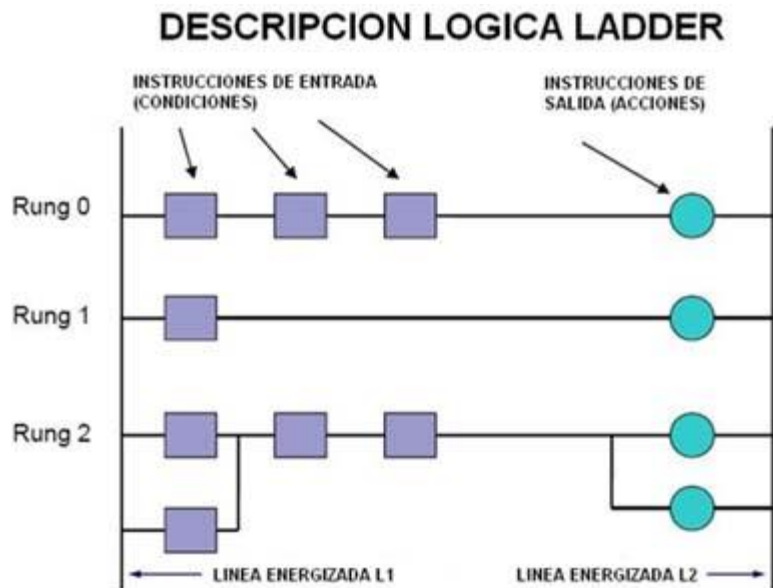


Figura 47

Descripción lógica LADDER.

Las instrucciones de entrada son las condiciones que tiene el circuito para dejar o no dejar pasar la corriente de una línea a la otra. Estas condiciones se manejan comúnmente con contactos normalmente abierto o normalmente cerrados los cuales interpretan las señales de alto y bajo de sensores o interruptores. Si las condiciones son verdaderas la corriente llega a las instrucciones de salida las cuales generan acciones como energizar la bobina de un motor o energizar una lámpara por ejemplo. De esta forma el paso de la corriente a las bobinas de salida están condicionadas por la lógica que manejen las instrucciones de entradas.

Programación

Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

La figura 99 representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.

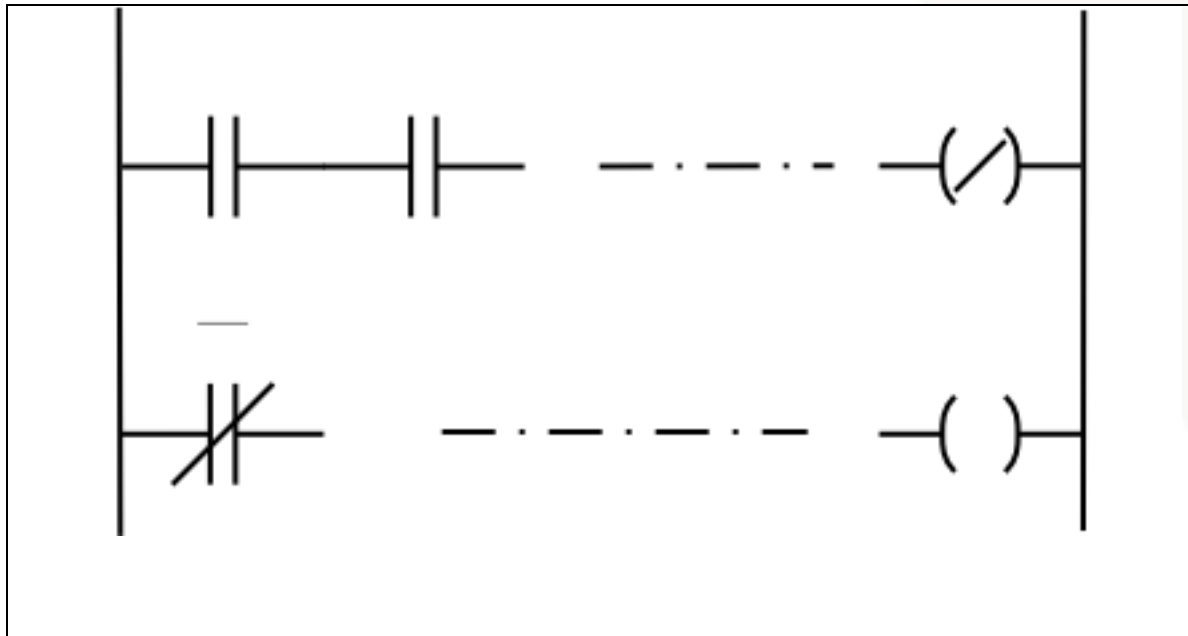


Figura 48

Estructura de distribución de programa LADDER

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce.

Variable interna y bits del sistema

Las variables internas son bits auxiliares que pueden ser usados según convenga, sin necesidad de que representen ningún elemento del autómata. Se suele indicar mediante los caracteres B o M y tienen tanto bobinas como contactos asociados a las mismas. Su número de identificación suele oscilar, en general, entre 0 y 255. Su utilidad fundamental es la de almacenar información intermedia para simplificar esquemas y programación.

Los bits de sistema son contactos que el propio autómata activa cuando conviene o cuando se dan unas circunstancias determinadas. Existe una gran variedad, siendo los más importantes los de arranque y los de reloj, que permiten que empiece la ejecución desde un sitio en concreto y formar una base de tiempos respectivamente. Su nomenclatura es muy diversa, dependiendo siempre del tipo de autómata y fabricante

Lenguaje de diagrama de funciones ó FBD

Es un lenguaje gráfico que permite al usuario programar elementos (bloques de funciones del PLC) en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque.

El diagrama de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo a los requerimientos del programa de control.

Representa un esquema de programación mediante diagrama de funciones o FBD.

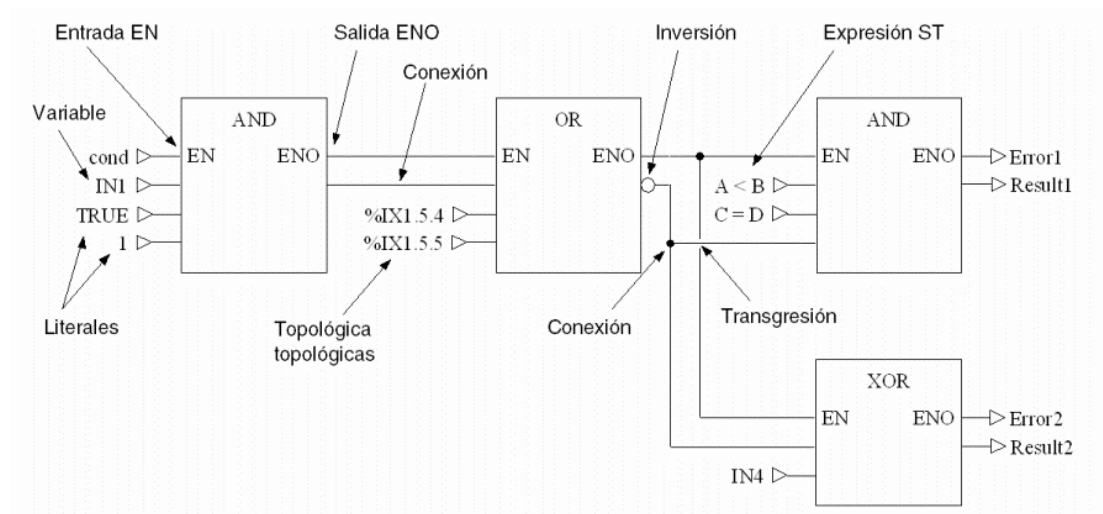


Figura 49

Esquema de programación

Objetos

Los objetos del lenguaje de programación FBD (diagrama de bloques de funciones) sirven de ayuda para dividir una sección en una cantidad de:

- EF y EFB (funciones elementales y bloques de funciones elementales)
- DFB (bloques de funciones derivados)
- Procedimientos

- Elementos de control

Estos objetos, denominados FFB en conjunto, pueden conectarse entre sí mediante:

- Conexiones
- Parámetros actuales

Funciones elementales, bloques de funciones elementales, bloques de funciones derivados y procedimientos (FFB).

- FFB es el término genérico que incluye:
 - ✓ Función elemental (EF)
 - ✓ Bloque de función elemental
 - ✓ Bloque de función derivado
 - ✓ Procedimiento

Función elemental

Las funciones elementales (EF) no tienen estados internos. Si los valores de entrada son los mismos, el valor de salida es el de cada ejecución de la función.

Una función elemental se representa de forma gráfica por medio de una trama con varias entradas y una salida. En él, las entradas siempre aparecen a la izquierda y la salida a la derecha. El nombre de la función, es decir, el tipo de función, aparece centrado dentro de la trama. A la derecha del tipo de función se indica el número de ejecución de la función.

Encima de la trama aparece el contador de función. El contador de función es el número correlativo de la función dentro de la sección actual. Los contadores de función no se pueden modificar.

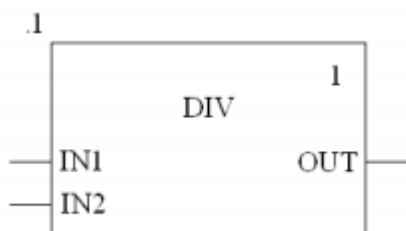


Figura 50

Función elemental

En el caso de algunas funciones elementales, se puede ampliar la cantidad de entradas.

Bloques de funciones elementales:

- Los bloques de funciones elementales (EFB) tienen estados internos. Si los valores de entrada son los mismos, el valor de la salida puede ser diferente cada vez que se ejecuta la función, por ejemplo, el valor de salida se incrementa para un contador.
- Un bloque de función elemental se representa de forma gráfica por medio de una trama con varias entradas y salidas. En él, las entradas siempre aparecen a la izquierda y las salidas a la derecha.
- Los bloques de funciones pueden disponer de varias salidas.
- El nombre del bloque de función, es decir, el tipo de bloque de función, aparece centrado dentro de la trama. A la derecha del tipo de bloque de función se indica el número de ejecución del bloque de función.
- El nombre de la instancia aparece por encima de la trama.
- El nombre de instancia sirve para denominar de forma unívoca los distintos bloques de funciones de un proyecto.
- El nombre de instancia se genera automáticamente y tiene la siguiente estructura:
 - FBI_n
 - FBI= instancia del bloque de función
 - n= número correlativo del bloque de función en el proyecto

Este nombre generado automáticamente se puede modificar para mejorar la visión general. El nombre de instancia (32 caracteres como máximo) debe ser inequívoco dentro de un mismo proyecto; no se diferencia entre mayúsculas y minúsculas. El nombre de instancia debe cumplir la nomenclatura general.

Según la norma CEI 61131-3, sólo se permite una letra como primer carácter de los nombres de instancias. Si desea utilizar cifras como primer carácter, deberá habilitar esa opción de forma explícita.

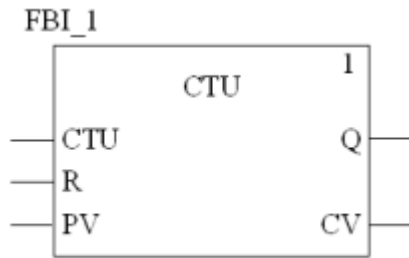


Figura 51

Bloque de función elemental

Bloques de Funciones Derivados (DFB).

Los bloques de funciones derivados (DFB) presentan las mismas propiedades que los bloques de funciones elementales. Sin embargo, el usuario los crea en los lenguajes de programación FBD, LD, IL o ST.

La única diferencia con respecto a los bloques de funciones elementales es que los bloques de funciones derivados se representan gráficamente por medio de una trama con líneas verticales dobles.

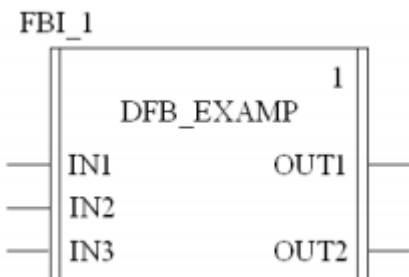


Figura 52

Bloque de función derivado

Procedimiento

- Los procedimientos son funciones desde el punto de vista técnico.
- La única diferencia con respecto a las funciones elementales es que los procedimientos pueden tener más de una salida y admiten el tipo de datos

VAR_IN_OUT.

- Los procedimientos son una ampliación de la norma CEI 61131-3 y se deben habilitar de forma explícita.
- Los procedimientos no se diferencian visualmente de las funciones elementales.

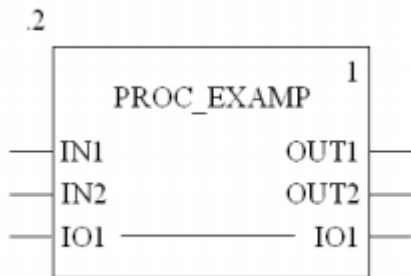


Figura 53

Procedimiento *VAR_IN_OUT*

1.5 Software de programación para PLC

Hoy en día existe una variedad muy amplia de software de programación de controladores lógicos programables siendo los más utilizados los siguientes

- Controladores Allen Bradley rslogix 5000
- Controladores Mitsubishi Electric software melsoft
- Controladores Omron software cx one
- Controladores siemens - software step 7
- Controladores ABB software control builder ps501
- Controladores *telemecanique* tsx7
- Controladores Schneider-Electric - concept, pl7, proworx 32, twidosuite, unity pro, zelio soft

2. Mantenimiento a hardware de controladores lógicos programables

2.1 Conexión y desconexión de módulos I/O

La conexión de módulos de entrada/salida es quizás el trabajo más grande y más crítico en un PLC. Para reducir al mínimo los errores y simplificar la instalación, el procedimiento de conexión y desconexión deberá tener una serie de pasos predefinidos.

En la conexión y desconexión de los módulos de entrada/salida se debe tener sumo cuidado insertar los módulos correctos en sus posiciones apropiadas y la correcta reconexión de los conductores en su posición original. Este procedimiento implica la verificación del tipo de módulo (115 salida VAC, 115 entrada de VDC, etc.) y la posición del módulo, antes de realizar la conexión y desconexión de los módulos se debe desenergizar el rack y verificar si es que hay corrientes residuales y aterrizar el rack. Una vez hecha la mantención se debe conectar el modulo en su posición original y alambrear en las posiciones originales. Antes de reconectar el modulo se debe verificar que el rack se encuentre desenergizado y que no existan corrientes residuales.

Disposición de los equipos

La disposición de sistema es la disposición, colocación y la interconexión cuidadosa de los componentes no sólo para satisfacer su uso, pero también asegurar que el controlador funcionará sin problemas en su entorno. Además del controlador lógico programable, la disposición de sistema también abarca otros componentes que forman parte del sistema total. Estos componentes incluyen transformadores de aislamiento, fuentes de energía auxiliares, relés de control de seguridad, y supresores de ruido de línea entrantes. En una cuidadosa y correcta disposición de los equipos, los componentes son de fácil acceso y mantención.

Los PLC son diseñados para trabajar en una estación de trabajo así, ellos pueden soportar entornos ambientales duros. Sin embargo, la planificación cuidadosa de la instalación puede aumentar la productividad del sistema y disminuir problemas de mantenimiento. La mejor posición para un controlador lógico programable es cerca de las máquinas o del proceso que esto controlará, mientras la temperatura, la humedad, y el ruido eléctrico no son problemas.

Panel de montaje y los componentes del sistema

Los PLCs generalmente son colocados en un panel NEMA-12 u otro tipo de recinto NEMA, dependiendo el uso (figura 498). Un panel es aquel que sostiene el hardware

PLC, protegiéndolo de peligros ambientales. El tamaño de panel y del recinto depende del espacio total requerido.



Figura 54

Panel NEMA.

Inspecciones

Para mantener el PLC en óptimas condiciones de servicio, es necesario realizar inspecciones diarias o periódicas.

Puntos de inspección

Aunque los principales componentes de los PLC de la serie tienen una vida útil larga, pueden deteriorarse en condiciones ambientales inadecuadas. Por lo tanto, las inspecciones periódicas sirven para confirmar que en todo momento se mantienen las condiciones necesarias.

Si no se cumple alguna de las condiciones que aparecen en la tabla 98, adopte las medidas oportunas para corregir la situación.

Principales componentes de un PLC.

Nº	Elemento	Inspección	Criterios	Medidas
1	Fuente de alimentación	Compruebe las fluctuaciones de tensión en los terminales de la fuente de alimentación.	La tensión debe estar comprendida dentro del margen de fluctuación admisible. (Ver nota.)	Utilice un voltímetro para comprobar la alimentación de los terminales. Adopte las medidas necesarias para mantener las fluctuaciones de tensión dentro de los límites especificados.
2	Fuente de alimentación de E/S	Compruebe las fluctuaciones de tensión en los terminales de E/S.	Las tensiones deben estar dentro de las especificaciones de cada unidad.	Utilice un voltímetro para comprobar la alimentación de los terminales. Adopte las medidas necesarias para mantener las fluctuaciones de tensión dentro de los límites especificados.
3	Condiciones ambientales	Compruebe la temperatura ambiente (dentro del panel de control, si el PLC está instalado en un panel de control).	0 a 55°C	Utilice un termómetro para medir la temperatura, y asegúrese de que la temperatura ambiente esté dentro del rango admisible de 0 a 55°C.
		Compruebe la humedad ambiental (dentro del panel de control, si el PLC está instalado en un panel de control).	La humedad relativa, no condensada, no debe ser inferior al 10% ni superior al 90%.	Utilice un higrómetro para medir la humedad y asegúrese de que la humedad ambiental esté dentro de los márgenes admisibles.
		Compruebe que el PLC no esté expuesto a la luz solar directa.	No debe estar expuesto a la luz solar directa	Proteja el PLC si fuese necesario.
		Cerchiórese de que no se haya acumulado suciedad, polvo, sal, partículas metálicas, etc.	No debe haber acumulaciones	Limpie y proteja el PLC si fuese necesario.
		Compruebe que el PLC no esté expuesto a vapores de agua, aceite o sustancias químicas.	El PLC no debe estar expuesto a vapores	Limpie y proteja el PLC si fuese necesario.
		Compruebe la existencia de gases corrosivos o inflamables en el entorno del PLC.	No debe haber gases corrosivos o inflamables	Compruébelo mediante el olfato o utilice un sensor.
		Compruebe el nivel de oscilaciones o golpes.	El nivel de oscilaciones y golpes debe estar dentro de las especificaciones.	Si fuese necesario, instale dispositivos que amortigüen o absorban los golpes.
		Compruebe la existencia de fuentes de ruido en las proximidades del PLC.	No debe haber fuentes de ruido importante.	Separe el PLC de la fuente de ruido, o bien proteja el PLC.

Tabla 15

2.2 Limpieza de tarjetas del PLC

Una vez realizado el procedimiento de desconexión de los módulos se procede a realizar la limpieza de los módulos retirados.

Elementos necesarios para realizar la limpieza:

- Guantes dieléctricos
- Muñequera Conductiva
- Brocha
- Limpiador de contactos eléctricos

Después de tener todos los elementos necesarios se procede a realizar la limpieza de los módulos.

2.3 Protocolo de prueba de arranque de PLC

Los protocolos de prueba engloban la supervisión total del sistema y la realización de todas aquellas tareas que sean necesarias para dejarlo en condiciones perfectas de poder iniciar su funcionamiento.

Esta supervisión es conveniente dividirla en dos partes:

Sin voltaje

La verificación de las partes físicas, tiene por objeto comprobar entre otros:

- La conexión correcta de todos los componentes del sistema, incluida la alimentación, de acuerdo con los esquemas correspondientes.
- La sujeción firme de todos sus cables a sus regletas, a la CPU, E/S, fuente de alimentación, etc.
- La identificación exacta de cables mediante identificadores con letras y/o números.
- La correcta conexión del cable amarillo-verde de tierra también ha de ser comprobada.

Con voltaje

La verificación del sistema automático, se realiza de la siguiente forma:

- Con el PLC en modo STOP, alimentar el sistema pero no las cargas.
- Comprobar la no indicación de error de los leds correspondientes a la CPU. Comprobar el correcto funcionamiento del circuito de mando de marcha en las entradas y salidas como en la marcha y paro general.
- Con el PLC en modo RUN, verificar que las salidas responden de acuerdo al programa al actuar manualmente sobre las entradas. Esto es posible visualizarlo bien mediante los leds indicativos de salida activada o por medio de la unidad de programación.

3. Sistemas de control distribuido DCS

Los DCS (Distributed Control Systems) basados en microprocesadores, surgieron en la década de los 70, concebidos inicialmente como reemplazos funcionales para la instrumentación electrónica de panel. Inicialmente utilizaron visualizadores (displays) discretos de panel como sucedía con la instrumentación de entonces. Anteriormente en los 70, se utilizaban los paneles analógicos para realizar todas las tareas de supervisión remota de los procesos; las necesidades de utilizar los recursos disponibles más eficiente e inteligentemente sin embargo, fueron las principales razones para buscar sistemas capaces de mejorar la competitividad de las empresas. Los DCS, gracias a su desarrollo dentro de compañías de fabricación de sistemas de control avanzados, se han hecho comercialmente viables para el mejoramiento de la exactitud, operatividad, habilidad computacional y lógica, estabilidad en la calibración, y facilidad de modificación de las estrategias de control.

Evolución de los DCS.

Los Sistemas de Control Distribuido (DCS) han estado evolucionando desde mediados de los 80, de ser esencialmente reemplazos de paneles de control a redes totalmente integradas a las operaciones de planta. Este progreso ha sido impulsado en parte por la revolución en la tecnología de los microprocesadores y el software y en parte por necesidades económicas.

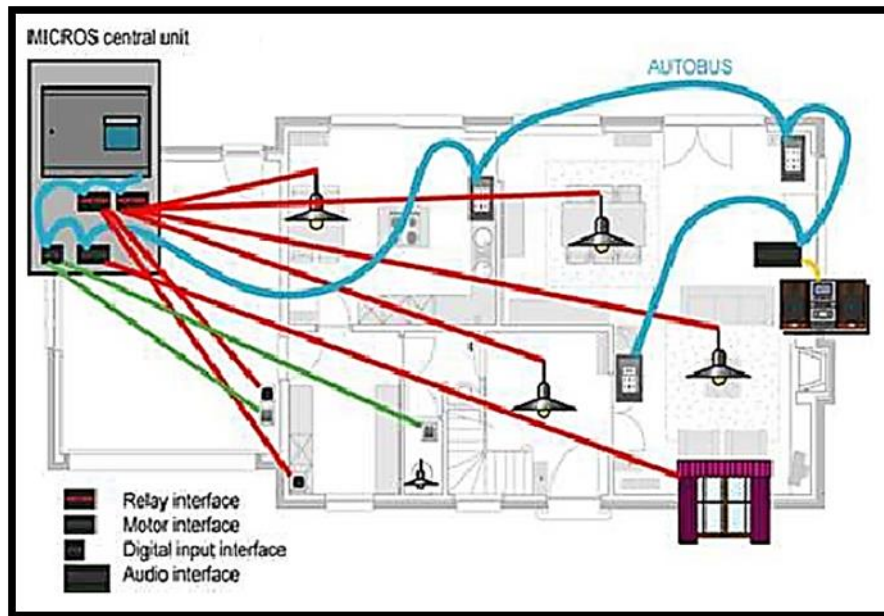


Figura 55

Sistema de control central

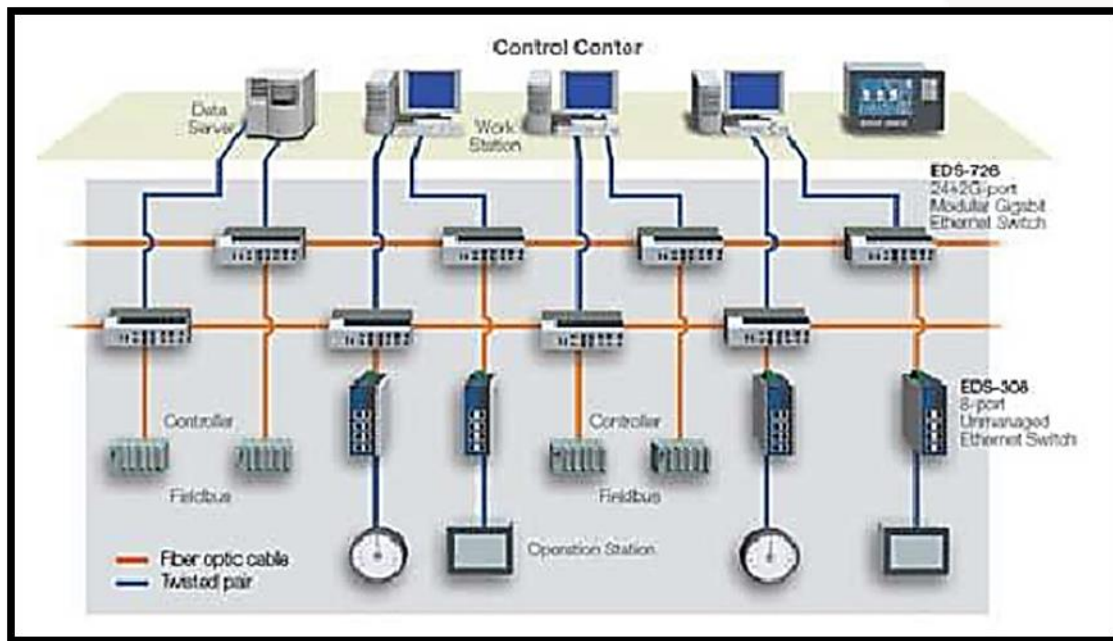
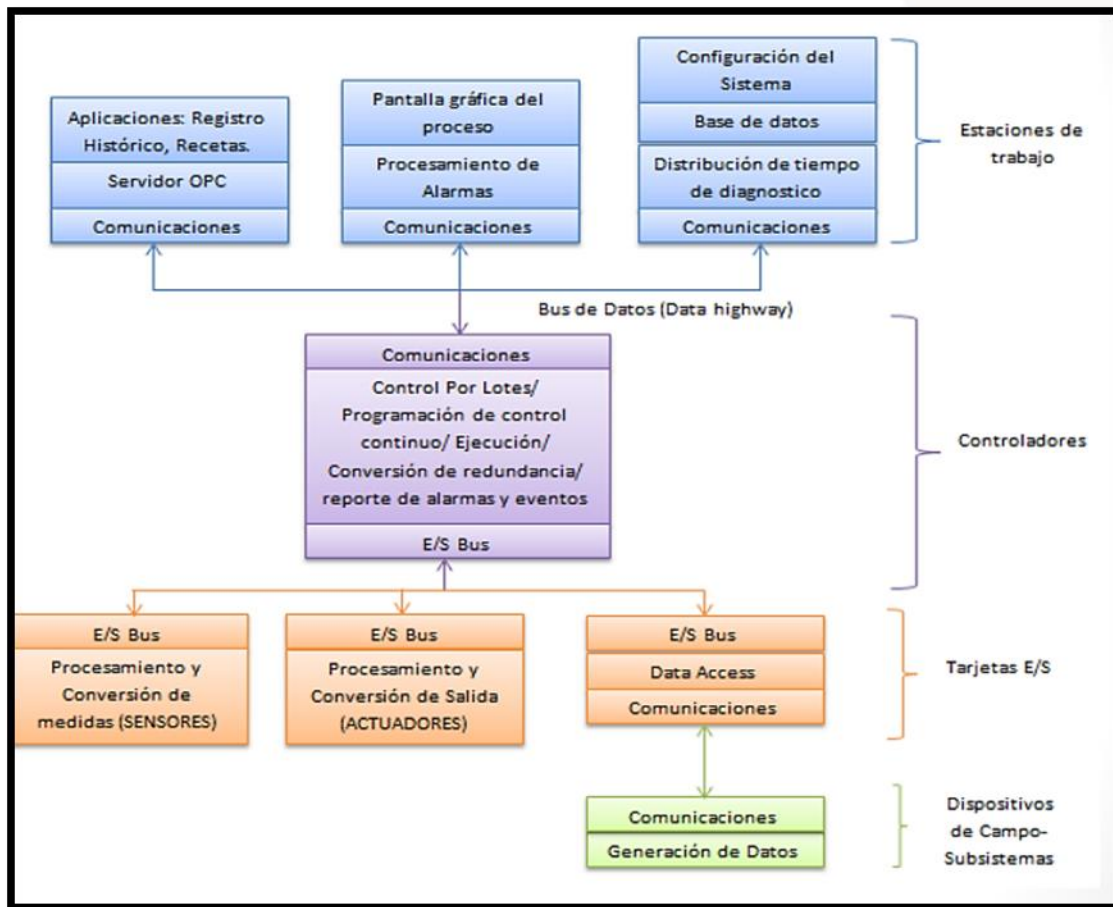


Figura 56

Sistema de control distribuido

Componentes funcionales

Los sistemas de control distribuido incluyen, entre otros componentes, estaciones de trabajo (de operación e ingeniería), controladores, tarjetas I/O, buses I/O, una red de control de alta velocidad, tecnología de control y software.



Sistema de control

La instrumentación y/o dispositivos inteligentes se encargan de recolectar el valor de la variable de planta o se envían las señales de control y tomar acción en el proceso físico. Aparte de estos dispositivos pueden recolectar una amplitud de variables adicionales como Tag, descripción, fallas, diagnósticos, estado del equipo, variables secundarias, etc. además de poder configurarlos remotamente desde una estación de mantenimiento.

3.1 Arquitectura de controlador DCS

Los DCS tradicionalmente están organizados en cinco grandes subsistemas: estaciones de trabajo de operaciones, subsistemas de control, subsistemas de recolección de datos, subsistemas computacionales de procesos y redes de comunicación.

Estaciones de trabajo de operaciones

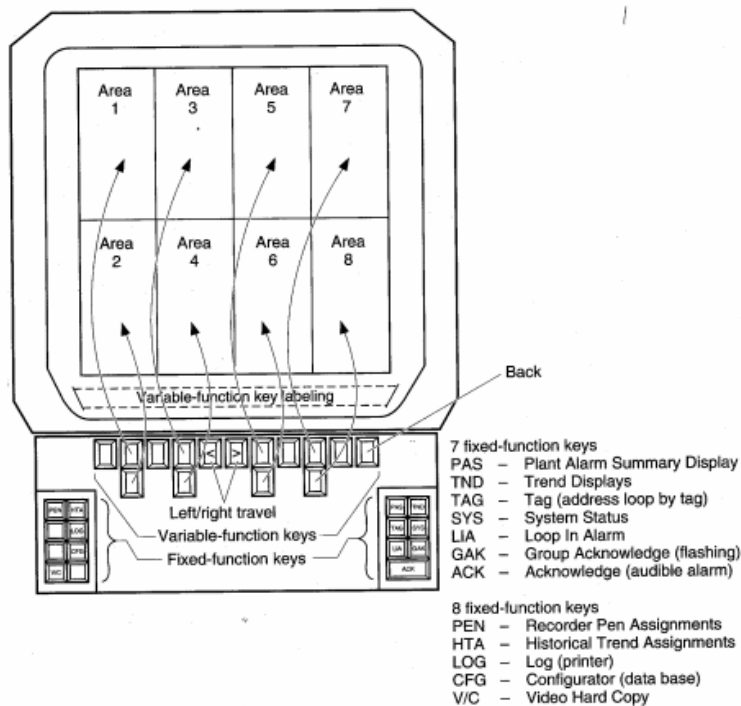
El criterio primario de las estaciones de trabajo es la aceptación del operador. El utilizar mímicos de paneles fácilmente entendibles por los operadores es la primera aproximación.

Esto se hace emulando instrumentos convencionales para una interacción similar a la que se haría con los instrumentos reales, siendo las ventajas tanto operacionales como económicas. Luego se añaden gráficas de los procesos de modo tal de representar pictóricamente una unidad de proceso o una sección de un área de proceso con información actualizada de éste.

El manejo de alarmas es algo que concierne al personal de operaciones; independientemente de la pantalla que se esté observando, los sistemas actuales permiten alertar al operador sobre condiciones límite de muchas variables de los procesos controlados, en variadas formas tanto visuales como audibles.

La aparición de workstations orientadas a ventanas (Windows), esencialmente han permitido a los monitores de las mismas tener pantallas divididas en secciones escalables, actuando cada una de estas secciones como un subsistema de visualización independiente. Supervisores u operadores pueden así ver información de diferentes

programas simplemente direccionando la salida del display para ese programa a la ventana particionada: un operador podría requerir un gráfico de proceso de una unidad de proceso y verlo en una primera ventana; un análisis estadístico de los últimos batches (lotes) hechos en esa unidad dirigidos a una segunda ventana; un reporte de inventario de materia prima disponible en una tercera; la tendencia en tiempo real de variables específicas en una cuarta; la formulación o receta del batch en ejecución en una quinta y el sumario del programa de producción de esa semana en una sexta



Teclado con funciones variables (Foxboro)

Figura 57

Subsistemas de Control

El primer controlador multilazo fue desarrollado en 1970 por la firma Honeywell. Tenía 8 lazos que ofrecían varias funciones y flexibilidad, independientemente de la configuración de cada elemento de control o bloques, pero con la limitación en la habilidad de conectar varios bloques juntos para lograr esquemas de control complejos sin cableado externo. Esto ha sido superado en los años posteriores con subsistemas más grandes en tamaño y funciones, permitiendo que el uso de estos controladores “compartidos” sea la principal razón del empleo del DCS sobre la instrumentación convencional.

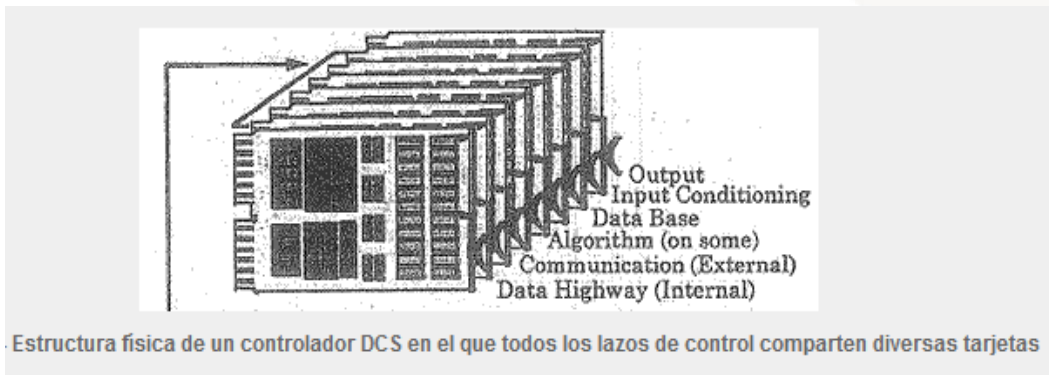


Figura 58

Estructura física de un controlador DCS en el que todos los lazos de control comparten diversas tarjetas.

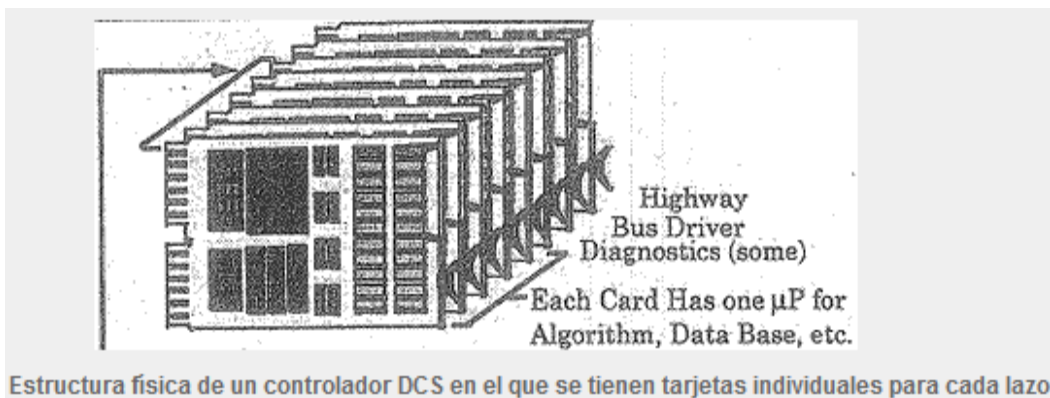


Figura 59

Estructura física de un controlador DCS en el que se tienen tarjetas individuales para cada lazo.

La herramienta para lograr esto es la emulación de instrumentos electrónicos como bloques de funciones, los cuales pueden ser interconectados para formar estrategias de control o lazos. La inclusión posterior de funciones de enclavamiento y secuenciamiento han permitido estrategias de control avanzadas; bloques típicos incluyen:

- AIN: Entrada analógica
- TOT: Totalizador
- CHAR: Caracterizador
- ADAPT: Sintonía adaptiva
- DT: Compensador de tiempo muerto
- L/L: Compensador dinámico lead/lag

- RTIO: Control de relación
- PID: Controlador PID
- SEQ: Secuenciador
- ALM: Bloque de Alarma
- CALC: Calculador de propósito general
- AOUT: Salida analógica
- CIN: Entrada de contactos
- MTR: Controlador de motor
- VLV: Válvula de control
- SV: Válvula solenoide
- LL: Bloque de lógica en escalera (booleana)

Siendo bloques relativamente fáciles de usar, son sin embargo resultado de un diseño bastante complejo. Al aplicarlos, es importante comprender que existen diferencias fundamentales entre su implementación usando circuitería electrónica analógica o tecnología digital como sucede por ejemplo con el tiempo de muestreo de los datos, sincronización de los algoritmos en aplicaciones secuenciales, inicialización de los bloques a utilizar, respuesta de estos a situaciones anormales, lenguajes de procedimiento, etc.

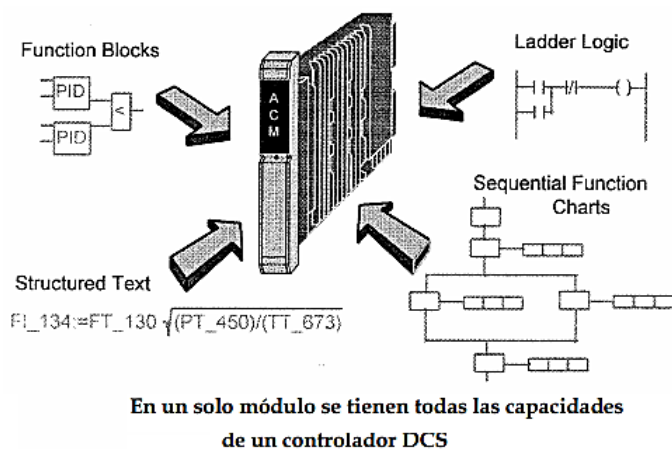


Figura 60

Subsistemas de recolección de datos

Estos subsistemas permiten coleccionar información de variables auxiliares de procesos para indicación, registro, totalización o alarmas. Reemplazan a los paneles con instrumentos que cumplen dichas funciones aceptando señales diversas como milivoltios, voltios, 4-20 mA, termocuplas, RTD, pulsos y señales discretas. La información puede ser enviada a diferentes estaciones e incluso ser compartida simultáneamente, facilitando la comunicación.

La adición de otros dispositivos tales como gateways, han permitido el acceso de otras señales provenientes no solo de transmisores como era tradicional sino además de PLC, balanzas, cromatógrafos, etc.

Con el tiempo, los grandes subsistemas de recolección de datos fueron reemplazados por subsistemas distribuidos de entradas y salidas (I/O), los cuales se diferencian tanto en su estructura como en funcionalidad. Estos módulos se comunican con el DCS vía una red de comunicación digital y son más inteligentes que sus predecesores, incluyendo sistemas de detección de fallas y autodiagnóstico.

Subsistemas computacionales de procesos

Tal como los computadores de procesos conectados a instrumentos convencionales, son usados para activación de alarmas o reportes, así como para optimización del control de supervisión y aplicaciones de control de procesos tipo batch.

La principal diferencia entre el DCS y los paneles convencionales era el método de interfaz. Los instrumentos de entonces requerían muchos cables por controlador para proveer toda la información relevante tales como set-point, medición, salida o modo de control. Usando un DCS, toda la información del controlador o el subsistema de recolección de datos estaba disponible en forma digitalizada a través de un simple cable de comunicación de alta velocidad. El empleo de esta forma de comunicación y de interfaces como los gateways como elemento traductor entre el computador y el sistema DCS, ha significado una reducción de los costos de instalación y una mayor flexibilidad en las redes de comunicación, aún con el crecimiento de los DCS.

Las tareas de procesamiento de información incluyen:

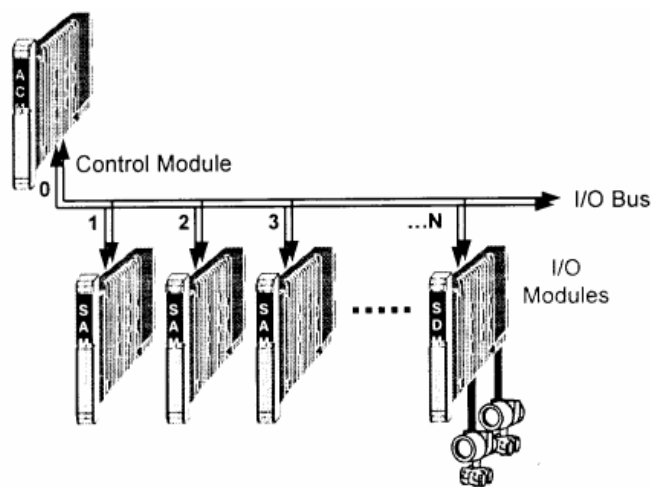
- Programación de producción y mantenimiento
- Estrategias de optimización basadas en modelos
- Aplicación de sistemas expertos
- Análisis estadístico de calidad del producto y del proceso
- Manejo de registros electrónicos, incluyendo el archivo de variables y eventos de proceso, alarmas y condiciones excepcionales, acciones de operador y supervisor, desviación de procedimientos, etc.

Dentro de las características de los subsistemas computacionales se debe mencionar el manejo de bases de datos relacionales las cuales organizan la información en tablas con una estructura simple que permite una fácil modificación según los requerimientos. El empleo de estos paquetes y más recientemente de las versiones en red o distribuidas han encontrado la aplicación en los DCS, principalmente en el almacenamiento información de la construcción

de paquetes configurables tales como estrategias de control, displays, y rutinas de recolección de datos y en el registro histórico de información relacionada con el proceso tal como variables, alarmas, acciones y mensajes de operador y eventos significativos.

Redes de comunicación

Integra los cuatro subsistemas anteriores y facilita la posibilidad de interconectar varias áreas de la planta en una base común de información. Muchos estándares de comunicación se han adoptado para usarse en los DCS desde fines de los 80; estos incluyen el TCP/IP (transmission control protocol/Internet protocol), el cual es el protocolo más empleado. Debido a esto, a su reputación de servicio confiable y a su integración a sistemas y software de aplicación tal como UNIX, constituye una elección muy popular



Comunicación local entre módulos de un controlador DCS

Figura 61

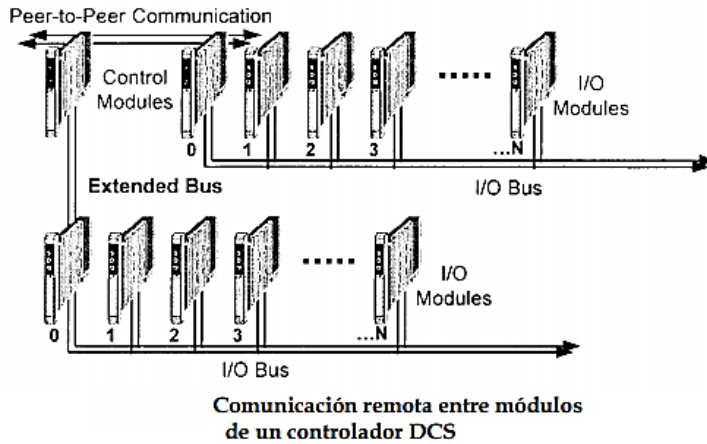


Figura 62

3.2 Arquitectura externa de un DCS.

La arquitectura externa de un controlador DCS habitualmente viene dada por los siguientes componentes:

- Fuente de poder
- CPU
- Módulo de comunicaciones
- Módulos I/O

Fuente de poder

La fuente de poder provee de energía eléctrica a los módulos conectados a través del LocalBus como son el CPU, módulo de comunicaciones y módulos I/O.

Generalmente se presenta como un adaptador AC/DC (220 ó 110 [VAC]/ 24[VDC])

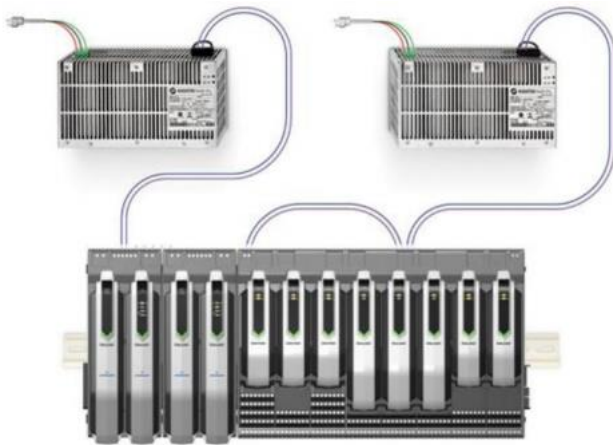


Figura 63

A modo de ejemplo se verán las características del siguiente modulo en la tabla 16:
Bulk Ac to 24 VDC Power Supply, DeltaV

Características módulo Bulk Ac to 24 VDC Power Supply, DeltaV

Description	DIN-rail Mounted Bulk AC to 24 VDC Power Supply Specifications
AC input	120/230 VAC nominal, 90 VAC to 264 VAC range, 47 Hz to 63 Hz, single-phase
Output power rating 60°C	24.6 VDC at 12.0 A
Output power rating 70°C	24.6 VDC at 9.0 A
Input	4.2 A (24V supply)
Inrush current	40/25 A maximum (hot/cold start)
Hold-up time	20 ms (from 90 to 264 VAC input)
Ripple and Noise	1% PK to PK max (Bandwidth 20 MHz)
Output overvoltage protection	110% - 120%
Power factor	0.98 at full rated load
Input protection	Internally fused, non-replaceable fuses. Note: The internal fuse is for an internal fault condition only. Shorts and overload will not cause the fuse to fail.
Alarm relay contact rating	30 VDC at 2.0 A, 250 VAC at 2.0 A
Redundancy output isolation diode	Integrated in unit. External Isolation diode not required

Tabla 16

CPU

Es el módulo principal de procesamiento, en este módulo se procesan todos los algoritmos de control implementados y descargados en su memoria, además es el encargado de la lectura y escritura de variables de entrada y salida en los módulos conectados al localBus (Tarjetas E/S y módulos de comunicación). Estos sistemas están diseñados para permitir la modificación y creación de algoritmos de control en tiempo real.

Así como también permite realizar respaldo de aplicaciones críticas en tiempo real (Hot Backup).



Figura 64

CPU

- Ambiente CEE y ACE

Las tareas se ejecutan definiendo el tiempo de loops. A diferencia de los PLC que lo con tiempos relacionados a la extensión del programa.

Permiten la ejecución de tareas simultáneas.

La ejecución permite llamar a subrutinas, Rutinas especiales en caso de fallas y/o eventos predeterminados.

Módulos I/O

Permiten la comunicación con sensores y actuadores. Los módulos más comunes son:

- Entradas análogas aisladas (analog input isolated) 1-5 volt DC, 4-20mA.
- Salidas análogas (analog output) 4-20mA.
- RTD aislados y entradas de termocuplas.
- Entradas Discretas (Discrete input) 24 VDC, 120/230 VAC.
- Salidas Discretas (Discrete output) 24 VDC, 120/230 VAC.
- Contador de pulsos de Entrada.
- Salidas de pulsos de tiempo variable.

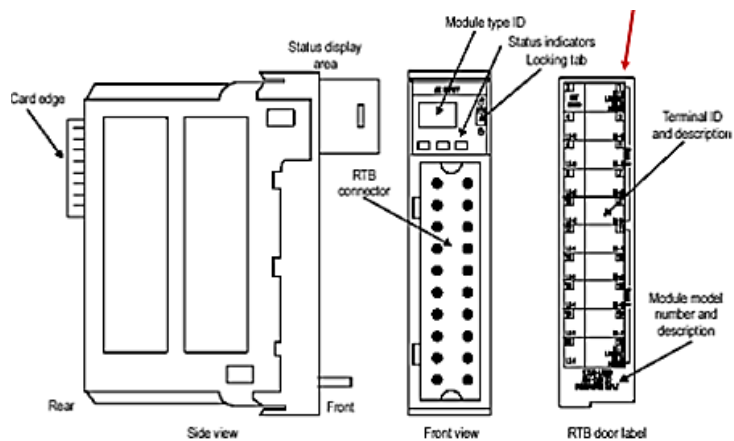


Figura 65

Módulos I/O

- Modulo I/O analógico

Para una señal analógica de entrada el valor debe ser medido y luego se convierte a un valor numérico por un convertidor A / D.

El valor de datos de muestreo tiene un valor entre la tensión al comienzo y al final de la muestra.

Los valores (V_{max}) y (V_{min}) son una función del hardware de control. Se especifican por el fabricante.

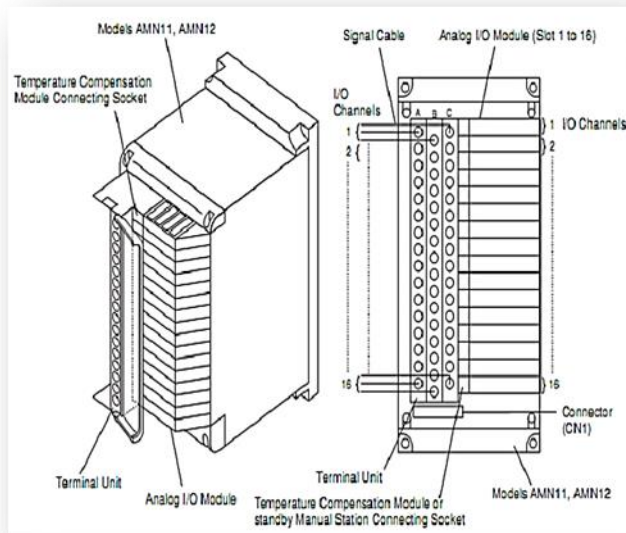


Figura 66

Modulo I/O analógico

- Modulo I/O digital

El módulo de E / S digital es configurado por la unidad de la tarjeta misma y la unidad o conector de la unidad terminal.

Sus entradas y salidas son de 16 o 32 puntos de señal y convierte las señales.

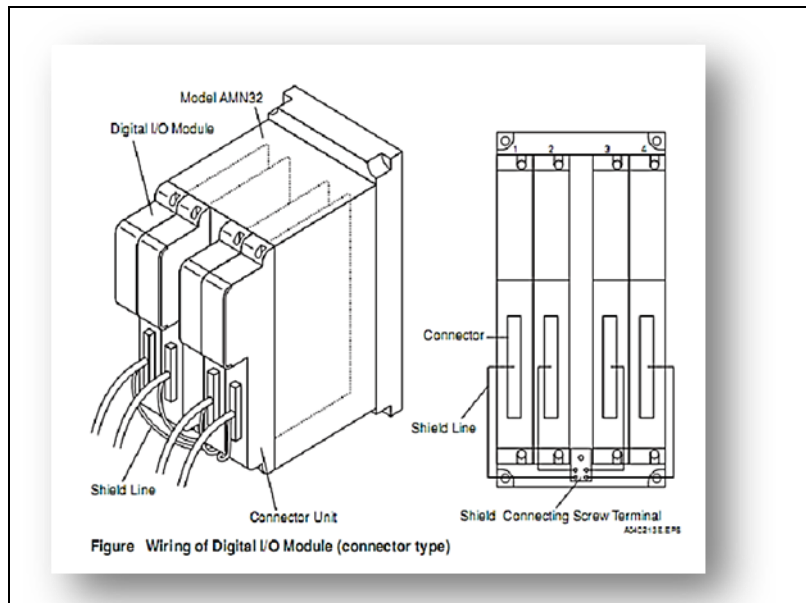


Figura 67

Módulo I/O digital

Módulo de comunicaciones

Basado en el estándar IEC-61158, las capacidades de los buses de campo son integrados a los sistemas DCS para:

- Reducir el cableado y los costos de instalación.
- Proveer de un mayor flujo de información para permitir realizar ingeniería de automatización, mantenimiento y funciones de apoyo.

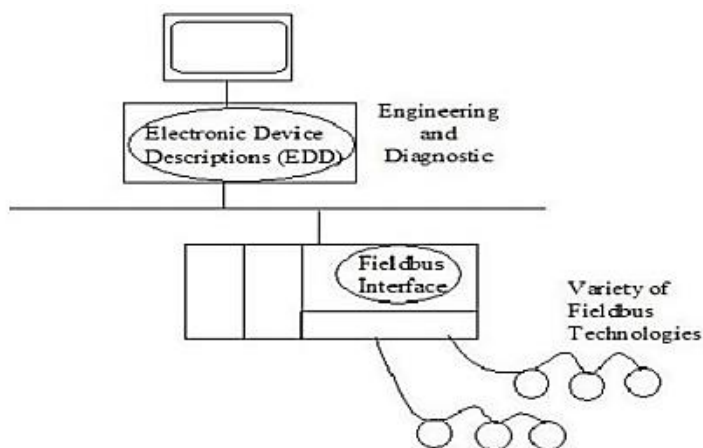


Figura 68

Módulo de comunicaciones

Los Protocolos soportados en estos módulos pueden ser:

- Hart AI-Card and AO-Card.
- DeviceNet (baund rate 125, 250,500 Kbit/sec).
- FOUNDATION Fieldbus.
- AS-Interface.
- Profibus DP Baud rate (9.6-19.2-93.75-187.5-500-1500 Kbit/sec).
- Profibus PA.
- Serial Interface (Modbus or Allen Bradley's Data Highway Plus Protocol).
- Otros (Ej.: Nativos).

Las redes de buses de campo están diseñadas para proporcionar comunicaciones bidireccionales entre los sensores "inteligentes" o elementos finales y un sistema de control.

Un lenguaje descriptivo de dispositivos electrónicos (EDD) ha sido definido por estándar IEC 61804 que permite al DCS utilizar dispositivos basados en diferentes tecnologías y plataformas.



Profibus DP
Module

Figura 69

Módulos de Comunicación e integración con Wireless

Para aplicaciones, tales como maquinaria de rotación, conseguir mediciones puede ser difícil, con la integración de comunicaciones Wireless se facilita en gran medida el acceso a la información que entregan los procesos y/o aplicaciones de difícil acceso. En otras aplicaciones, como monitoreo de equipos y procesos, tecnología Wireless proporciona una forma totalmente nueva de interactuar con el proceso.



Figura 70

Módulo de comunicaciones e integración con wireless

La desventaja de la comunicación inalámbrica son las posibles desconexiones indeseadas debido a condiciones externas

Módulos de Comunicación e Interface con Subsistemas (MODBUS)

La comunicación mediante el protocolo MODBUS es un método popular para mover los valores de datos entre sistemas. Se trata de un protocolo de mensajería en la capa de aplicación, que establece la comunicación cliente / servidor entre dispositivos conectados en diferentes tipos de buses o redes.

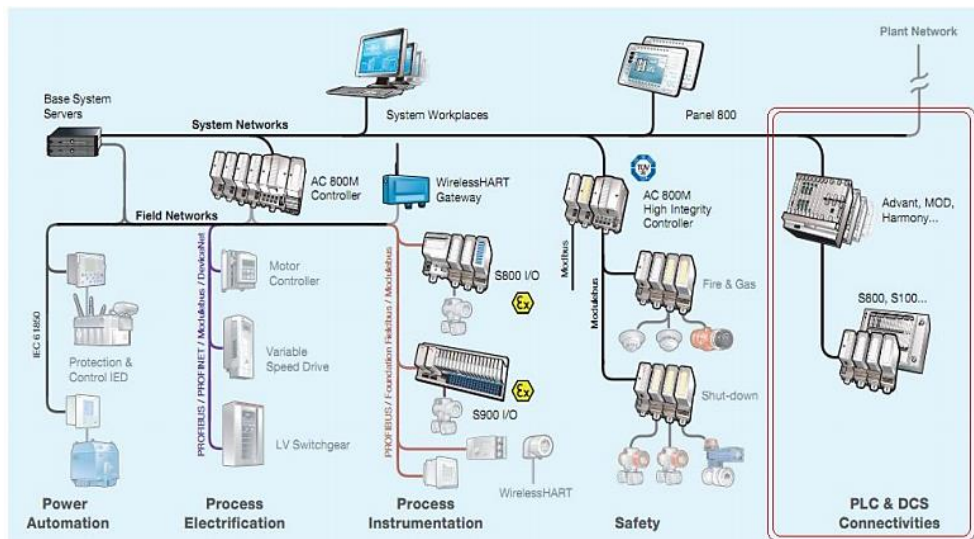


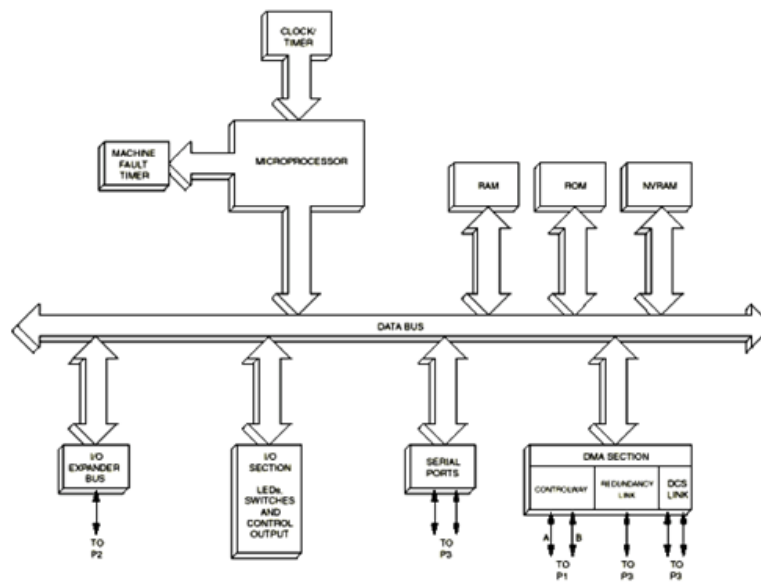
Figura 71

Módulos de Comunicación e Interface con Subsistemas (MODBUS)

3.3 Arquitectura interna de un DCS

La arquitectura interna de un controlador DCS básicamente consiste en un microprocesador con memorias e interfaces a los canales de comunicación. (Slave Bus y Control Way). Dentro de las memorias podemos clasificarlas de la siguiente forma:

- ROM: Memoria base del sistema, es aquí donde residen los programas básicos para el funcionamiento del procesador.
 - ✓ Sistema Operativo.
 - ✓ Firmware.
 - ✓ Biblioteca de funciones.
- NVRAM: Memoria de configuración, es donde se realiza la configuración lógica del controlador y por ser una RAM con batería, la configuración del módulo no se pierde ante la falta o el corte de la energía.
- RAM: Memoria de trabajo. La configuración realizada en la NVRAM se copia a la RAM y se ejecuta para el normal funcionamiento.



Distribucion interna de un DCS

Figura 72

3.4 Lenguajes de programación Ladder y FBD, IEC-61158

Al igual que los controladores lógicos programables (PLC) los lenguajes de programación de los sistemas de control distribuido (DCS) son normados por IEC-

61158, los lenguajes Ladder y FBD tienen la misma estructura para PLC y DCS como se ve en los siguientes ejemplos:

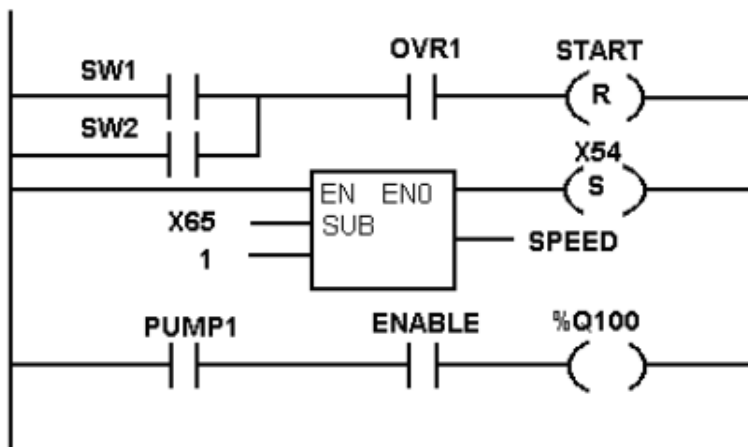


Figura 73

Lenguaje Ladder

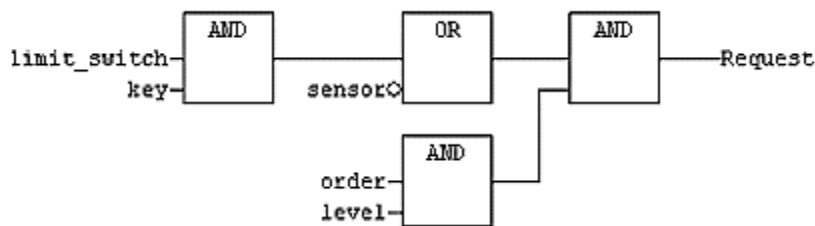


Figura 74

Lenguajes FBD

3.5 Software de programación para DCS

A continuación se verá los software de programación de sistemas de control distribuido (DCS) más usados actualmente.

- Controladores Emerson - software delta-v
- Controladores Siemens - software step 7
- Controladores ABB - software 800 XA

4. Mantenimiento a hardware de sistemas de control distribuido

Los procesos de conexión, desconexión, limpieza y pruebas de puesta en marcha son prácticamente iguales a los procedimientos realizados para los controladores lógicos programables (PLC), la diferencia radica en que los documentos necesarios (permisos de trabajo, permisos de trabajo, etc.) son diferentes para cada equipo.

Actividad N°10

Descripción

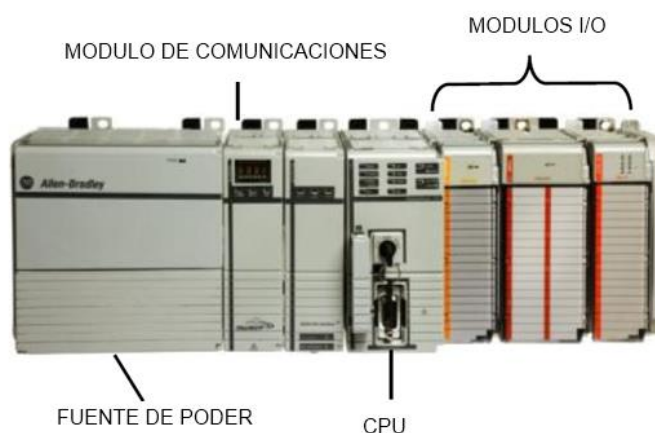
Los participantes guiados por el instructor deberán realizar mantención a las partes y piezas de un PLC modular. El objetivo de la actividad es que los participantes se familiaricen con los componentes del PLC así como con su forma de trabajo y los distintos pasos para realizar una correcta mantención de los módulos del PLC.

Aprendizaje Esperado

Conocer e identificar las partes y piezas de un PLC modular, además realizar una correcta mantención, las partes y el procedimiento para la mantención son los siguientes:

Partes y piezas de un PLC

1. Fuente de Alimentación
2. CPU
3. Módulo de comunicaciones
4. Módulos de entrada y salida analógicos
5. Módulos de entrada y salida digitales



Procedimiento de la mantención

1. Verificar la documentación necesaria para realizar el procedimiento

2. Revisar si se cuenta con los EPP apropiados y equiparse con dichos EPP
3. Revisar si se cuenta con todos los materiales necesarios para realizar la mantención
4. Verificar la prolijidad y seguridad del espacio de trabajo
5. Proceder a la desenergización el rack de PLC
6. Verificar que no existan corrientes residuales y se aterriza el rack
7. Identificar el modulo a retirar
8. Identificar y documentar el conexiones existente en las borneras del modulo
9. Desconectar y retirar el modulo
10. Limpiar el modulo con los elementos necesario y apropiados
11. Conectar el modulo y reconectar el cableado existente previamente

Estrategia Metodológica para el Instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

Recurso Plataforma Web	
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	
Taller de Trabajo	✓
Propuestas de Situaciones Problemáticas	

Materiales y Recursos

PLC Modular

Destornilladores perilleros

Brochas

Limpiador de contactos eléctricos

Muñequera Conductiva

Desarrollo

El instructor les solicitara a los participantes que revisen en sus guías las partes y piezas de un PLC modular y los procedimientos para la desconexión, mantenimiento y conexión, se les solicitara que realicen la desconexión, mantenimiento y reconexión a los módulos de entrada y salida del PLC.

Cierre

Al finalizar la actividad el alumno será capaz de realizar correctamente la mantenimiento de los módulos del controlador (PLC o DCS), siguiendo los siguientes pasos:

- Completar los documentos correspondiente para realizar el trabajo
- Analizar las condiciones seguras e inseguras de trabajo
- Reconocer los EPP necesarios para la labor a realizar
- Reconocer los módulos del controlador correspondiente (PLC o DCS)
- Pasos a seguir para realizar una correcta desconexión de los módulos
- Realizar un correcto aseo de los módulos
- Pasos para realizar la reconexión del módulo del controlador

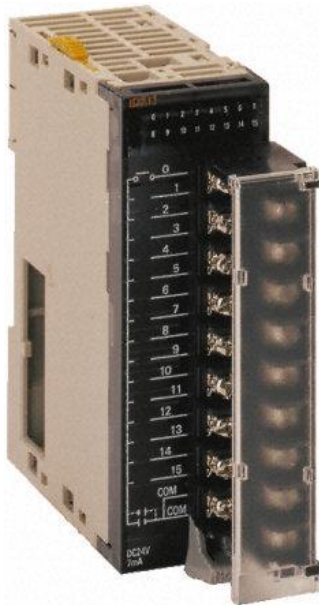
Descripción

Los participantes guiados por el instructor deberán realizar una prueba de operación de los módulos de entrada y salida digitales. El objetivo de la actividad es que los participantes experimenten como es el trabajo de las entradas y salidas digitales de un PLC o un DCS.

Aprendizaje Esperado

Conocer cómo es el trabajo de los módulos de entrada y salida digitales, como se ve reflejado en las salidas las acciones realizadas en las entradas:

Modulo digital



Procedimiento de la prueba

12. Verificar la documentación necesaria para realizar el procedimiento
13. Revisar si se cuenta con los EPP apropiados y equiparse con dichos EPP

14. Revisar si se cuenta con todos los materiales necesarios para realizar la mantención
15. Verificar la prolijidad y seguridad del espacio de trabajo
16. Energizar y programar el PLC o DCS para utilizar sus salidas y entradas digitales
17. Simular con un calibrador de lazo una entrada de 24V
18. Verificar el accionamiento de la salida con un multímetro

Estrategia Metodológica para el Instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

Recurso Plataforma Web	
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	
Taller de Trabajo	✓
Propuestas de Situaciones Problemáticas	

Materiales y Recursos

PLC Modular con módulos digitales
 Cable de enlace del PLC al PC
 Notebook
 Multímetro
 Calibrador de lazo
 Muñequera Conductiva

Desarrollo

El instructor programara el PLC o DCS para utilizar las entradas y salidas digitales del controlador. Le solicitara a los participantes que revisen generen una señal de 24 V en una entrada especifica del controlador y con el multímetro verifiquen el comportamiento de la salida especifica.

Cierre

Al finalizar la actividad el participante será capaz de reconocer el modo de trabajo de los módulos de entrada y salida digitales, tiempo de trabajo y concluir las posibles fallas de los módulos.



Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

