



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



Redes de PLC de la casa OMRON

Trabajo de final de curso de AUTI

TÍTOL: Redes de PLC de la casa OMRON. Trabajo de final de curso de AUTI

AUTORS: Espinosa Tugues, Nicolàs
Rodríguez Gómez, Juan Pablo

TITULACIÓ: ETI especialitat en Electrònica Industrial

DIRECTOR: Pere Ponsa

DEPARTAMENT: ESAII

DATA: 18-1-2005

Trabajo de final de curso de AUTI

RESUM (màxim 50 línies)

La complejidad de los procesos en el entorno industrial hace que hoy en día las faenas de control, supervisión y regulación sean tarea difícil para el ser humano. Desde que a principios del siglo V se hicieran las primeras “piruetas” en materia de automatización, el hombre ha ansiado poder buscar un sustituto que hiciera las faenas más pesadas por él. En el entorno industrial esto se ha traducido a tareas en procesos continuos, en cadenas de montaje y en general actividades industriales en que la monotonía del trabajo era un factor muy negativo para el operario.

Una de las soluciones que se lograron fue el controlador lógico programable (PLC), capaz de llevar procesos como si se tratase de un cerebro humano con sus periféricos de sensado y actuación.

En 1993 nace con fuerza OMRON Corporation, empresa dedicada a productos de automatización. Dirigida por Yoshio Tateishi y con sede central en Kyoto (Japón), Omron tiene más de 25.000 empleados en más de 35 países trabajando para proporcionar productos y servicios en varios campos, incluyendo automatización industrial, industria de componentes electrónicos y atención sanitaria. La empresa tiene oficinas en Japón (Kyoto), Asia-Pacífico (Singapur), China (Hong Kong), Europa (Amsterdam) y EE.UU. (Chicago). La organización europea tiene sus propias instalaciones de desarrollo y fabricación, y proporciona asistencia a cada cliente en todos los países de Europa.

El trabajo tiene dos bloques bien diferenciados. El primero, se dedica a describir un poco lo que es un PLC, detallando algunos elementos que lo conforman. El segundo bloque corresponde a lo que es la esencia del trabajo, la comunicación entre PLCs de OMRON con los protocolos de comunicación que esta casa más utiliza en sus aplicaciones. La estructura que hemos hecho para cada tipo de comunicación es siempre la misma; primero describimos el protocolo, sus características, y luego describimos el módulo que OMRON ofrece para cada uno, detallándolo y describiéndolo mediante tablas y explicaciones.

123456789

Paraules clau (màxim 10):

ÍNDICE

0. Introducción al PLC	1
1.Necesidad de comunicación.....	8
• 1.1 AS-Interface	10
• 1.2 Device Net.....	13
• 1.3 Profi bus	16
• 1.4 Can Bus	16
• 1.5 Controller Link.....	17
• 1.6 Ethernet	18
• 1.7 Compobus	22
•	
2. Arquitectura de la comunicación.....	25
Bibliografía y documentación	30

0. INTRODUCCIÓN A LOS PLCs

Los PLCs surgieron como alternativa a los sistemas de control basados en cableados de relés. Y aunque los circuitos integrados y la lógica interna del PLC han sustituido a los componentes discretos, relés, contadores, temporizadores, etc., el PLC opera como si estos componentes siguieran ahí, pero el control es mucho más flexible y fiable.

Los símbolos y otros conceptos de control del PLC proceden de la simbología de los cableados de relés, y forman la base del método de programación por diagrama de relés. La mayoría de los términos utilizados para describir y relacionar estos símbolos están tomados de la terminología informática.

Así un PLC (Controlador programable) consiste básicamente en una CPU (Unidad de Proceso Central) con un programa y conectado a dispositivos de entrada y salida (E/S). El programa controla el PLC de tal forma que cuando se activa una entrada procedente de un dispositivo de entrada se genera una respuesta apropiada. La respuesta normalmente implica la activación de una salida de algún dispositivo de salida. Los dispositivos de entrada pueden ser fotocélulas, pulsadores, finales de carrera, o cualquier otro dispositivo capaz de generar señales que puedan ser procesadas por el PLC. Los dispositivos de salida pueden ser solenoides, lámparas de indicación, relés de control de motores, o cualquier otro dispositivo capaz de ser activados por las salidas procedentes del PLC.

Por ejemplo, un sensor que detecta el paso de objetos, activa una entrada del PLC. Este responde poniendo a ON una salida que activa un expulsor para dirigir el producto a otra cinta transportadora. Otro sensor, colocado a superior altura que el primero, pone a ON otra entrada diferente para indicar que el producto es demasiado grande. El PLC pone a ON otra salida para activar un pulsador, posicionado delante del mencionado anteriormente, para dirigir el producto a un contenedor de productos no válidos.

A pesar de que este ejemplo sólo utiliza dos entradas y dos salidas, es típico de las operaciones de control que el PLC puede ejecutar. Realmente este ejemplo es mucho más complejo de lo que puede parecer en un principio debido a la temporización necesaria, es decir, ¿cómo sabe el PLC cuando ha de activar cada expulsor? También son posibles sin embargo operaciones mucho más complicadas. El problema reside en obtener a partir de las señales de entrada disponibles las señales de control deseadas en el momento adecuado.

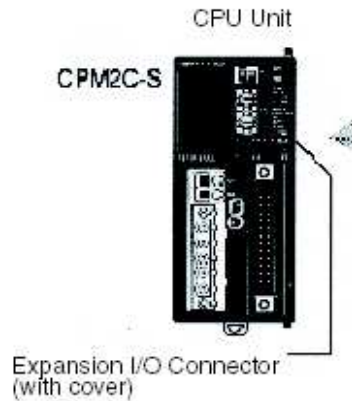


Diagrama 1. Esquema de una CPU de OMRON

0.1 Entradas salidas

Un dispositivo conectado al PLC y al que envía una señal se denomina dispositivo de entrada; la señal que envía se denomina señal de entrada. La señal entra en el PLC a través de los terminales o pines del conector de una unidad. Se llama punto de entrada al lugar donde entra una señal. Este punto de entrada se asigna a una dirección de memoria que refleja su estado, ON u OFF. Esta dirección de memoria se denomina bit de entrada. La CPU en su ciclo de procesamiento normal, monitoriza los estados de todos los puntos de entrada y pone a ON o a OFF los bits de entrada correspondientes.

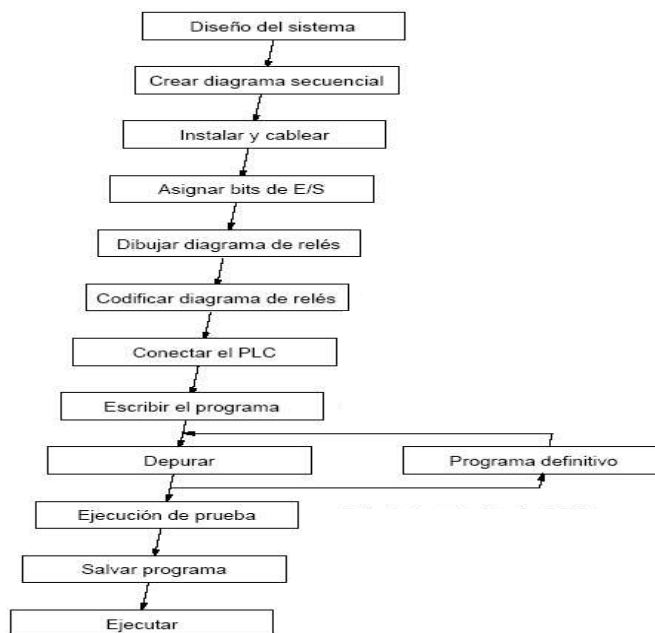
Existen también en memoria bits de salida que están asignados a puntos de salida en las unidades a través de las cuales se envían las señales de salida a los dispositivos de salida, es decir, se pone a ON un bit de salida para enviar una señal a un dispositivo de salida a través de un punto de salida. La CPU, periódicamente, pone a ON o a OFF los puntos de salida de acuerdo con los estados de los bits correspondientes. Estos términos se utilizan cuando se describen diferentes aspectos del funcionamiento del PLC. En programación, se implica la información contenida en la memoria, y por lo tanto se refiere a bits de E/S. Si se habla de Unidades que conectan el PLC con el sistema controlado y los lugares físicos de entrada y salida de las señales, nos referimos a puntos de E/S. Cuando se cablean los puntos de E/S, nos referimos también a los terminales o pines del conector. Cuando se habla de las señales procedentes o dirigidas del/al PLC nos referimos a las señales de entrada y a las señales de salida, o simplemente entradas y salidas. También depende del aspecto del PLC del que se esté hablando.

0.2 Sistema de control

El sistema de control incluye el PLC y todos los dispositivos de E/S utilizados para controlar un sistema externo. Un sensor que suministra información para conseguir el control es un dispositivo de entrada que forma parte claramente del sistema de control. El sistema controlado es el sistema externo cuyo funcionamiento es controlado por el PLC mediante los dispositivos de E/S. Estos, en determinados casos, se pueden considerar parte del sistema controlado, por ejemplo el motor que mueve una cinta transportadora.

0.3 Diseño de un sistema con PLC

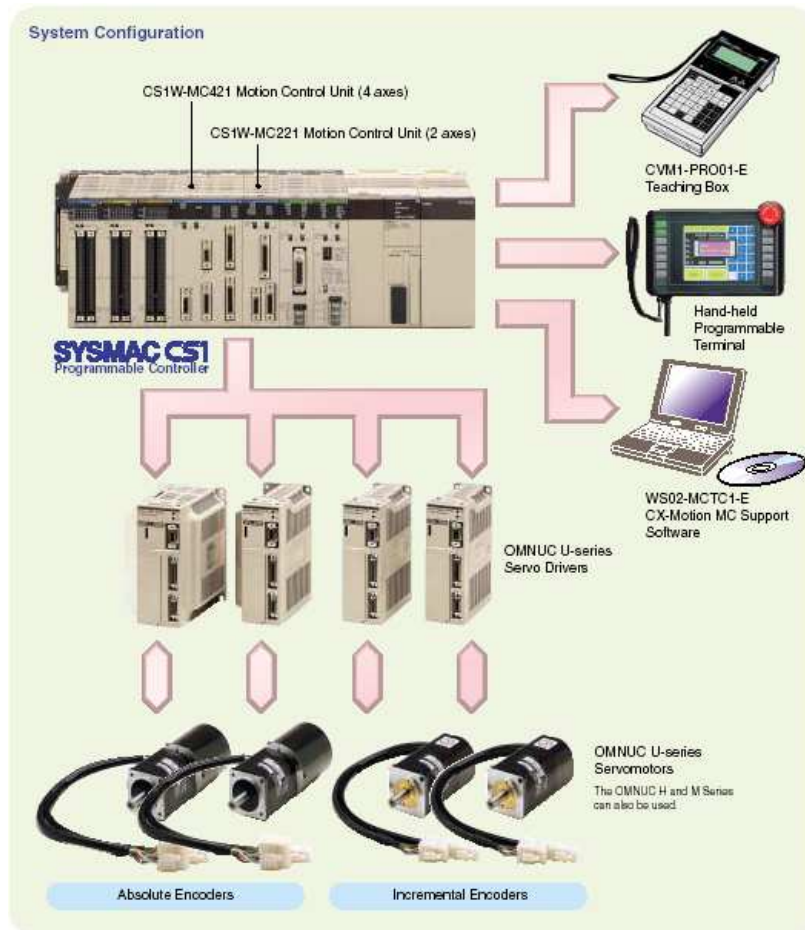
Los pasos para diseñar un sistema automático utilizando PLC son:



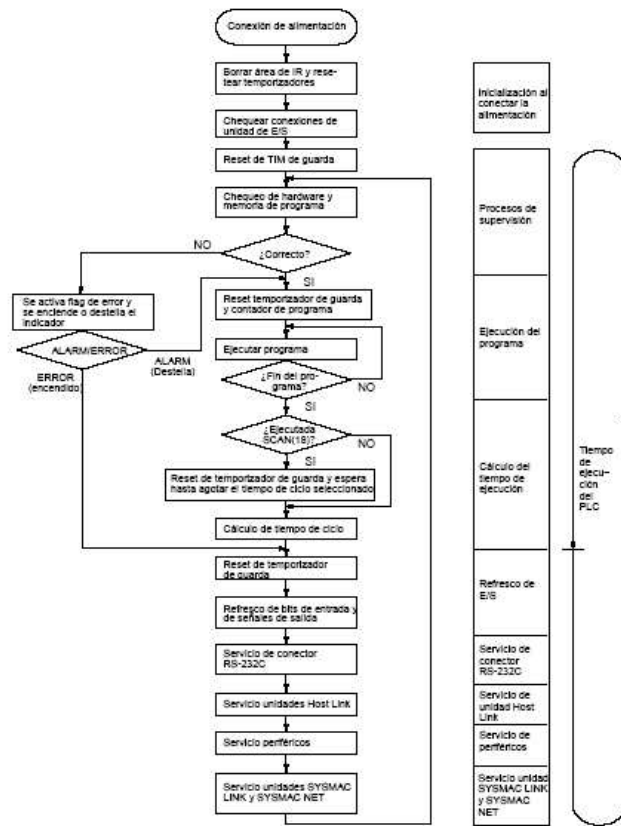
Así los pasos descritos son:

- Determinar qué debe hacer el sistema controlado, en qué orden, y cuándo.
- Determinar el tamaño requerido por el sistema, es decir si será suficiente con una CPU o será necesario un adaptador de enlace para conectar varias CPUs.
- Asignar, sobre el papel, todos los dispositivos de entrada y de salida a los puntos de E/S en la CPU y determinar qué bits de E/S serán asignados a cada uno.
- Utilizando símbolos de diagrama de relés, escribir un programa que represente la secuencia de operaciones necesarias y su relación. Verifique también la programación de todas las respuestas apropiadas a todas las posibles situaciones de emergencia.
- Escribir en el PLC el programa y todos los datos necesarios.
- Depurar el programa, para eliminar primero los errores de sintaxis, y para localizar luego los errores de ejecución.
- Cablear el PLC al sistema controlado.
- Probar el programa en una situación real de control y realizar los ajustes necesarios.
- Realizar dos copias del programa completo y guardarlas en diferentes lugares seguros.

En el siguiente diagrama podemos observar el conexionado del PLC CS1 a diferentes módulos:



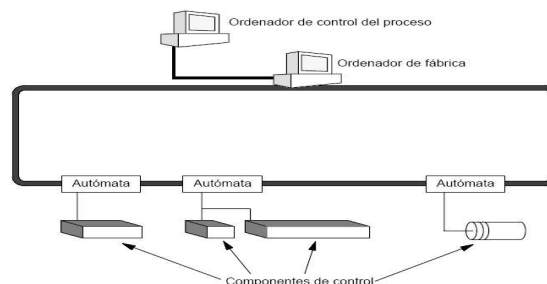
Y en este otro podemos observar los procesos de ejecución que realiza una CPU de un PLC OMRON:



0.4 Diseño del sistema de control

Un sistema de control es el conjunto de dispositivos electrónicos necesarios para controlar un proceso específico. Un sistema de control puede incluir desde un ordenador central de control hasta los elementos que suministran las entradas y ejecutan las salidas: los interruptores, motores paso a paso, solenoides y sensores, pasando por los autómatas programables y posibles redes de conexión.

Diseñar el sistema de control es el primer paso para automatizar cualquier proceso. Sólo después de entender todo el sistema de control se puede programar y operar el PLC. Para diseñar el sistema de control es necesario, antes de nada, un conocimiento exacto de los dispositivos que van a ser controlados. El primer paso en el diseño de un sistema de control es por lo tanto determinar los requerimientos del sistema controlado. Una vez diseñado el sistema de control, se puede empezar el resto de tareas de programación, depuración, y operación.



Un sistema de control puede integrar aplicaciones de gran escala donde diferentes modelos de autómatas están conectados entre sí o aplicaciones tan simples como un autómata controlando un dispositivo de salida.

0.5 Requerimientos de entrada/salida

Lo primero que se debe evaluar es el número de puntos de entrada y de salida que necesitará el sistema controlado. Esto se lleva a cabo identificando cada dispositivo que envía una señal de entrada al PLC o cada uno que recibe una señal de salida del PLC.

0.6 Secuencia, tiempos e interrelación

A continuación, determinar la secuencia en la que han de producirse las operaciones de control y el diagrama de tiempos de las operaciones. Identificar las relaciones físicas entre los dispositivos de E/S así como los tipos de respuestas que deberían darse entre ellos. Por ejemplo, una fotocélula se puede enlazar funcionalmente a un motor por medio de un contador del PLC.

Cuando éste recibe una entrada del pulsador de arranque, podría poner en marcha el motor. El PLC pararía el motor cuando el contador haya contado un número especificado de señales de entrada procedentes de la fotocélula. Se ha de seguir el mismo proceso para determinar cada una de las tareas relativas, desde el principio de la operación de control hasta el final.

0.7 Consola de programación

La consola de programación se utiliza para escribir y transferir programas al PLC, así como para monitorizar la operación y modificar datos. La consola se puede conectar directamente al PLC en caso de configuración con un sólo PLC. También se puede conectar a través de un adaptador de enlace para acceder a cada uno de los PLC conectados al adaptador.

Podemos observar en la siguiente foto una consola de programación

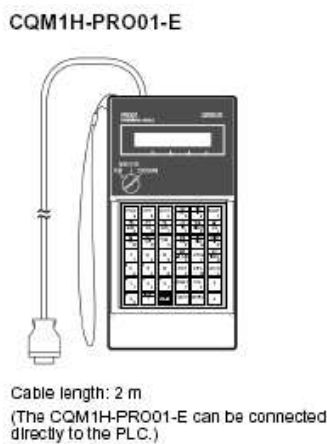


Diagrama 3. Foto de un Programador

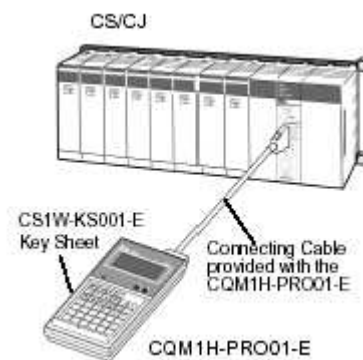


Diagrama 4. Esquema de programación de un autómeta

0.7.1 Adaptador de enlace

El adaptador de enlace se utiliza para conectar hasta cuatro CPUs, de tal forma que se puedan transferir datos entre ellas y se pueda acceder a cada una mediante la consola de programación. Consultar para más detalles *I-4 Configuración del PLC*.

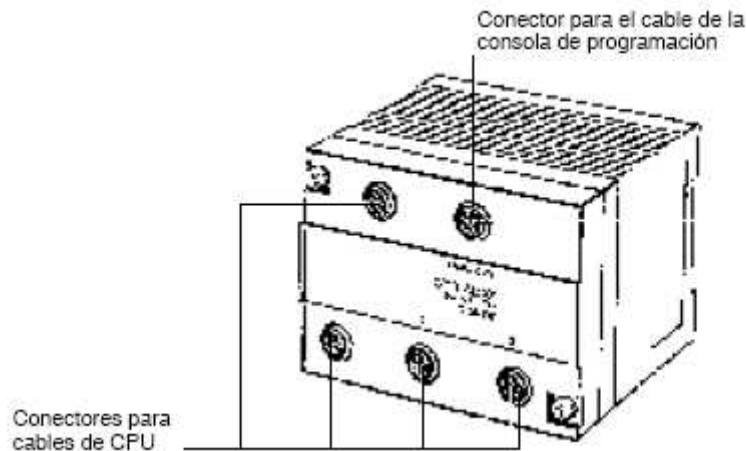


Diagrama 5. Foto de un Adaptador de enlace de OMRON

0.7.2 Tarjetas de memoria

La consola de programación permite realizar copias de seguridad de programas. La ranura de la tarjeta de memoria situada en la base del teclado permite transferir directamente programas de/a la consola de programación. Cada tarjeta incorpora una batería para mantener los datos. Sólo se puede utilizar un modelo de tarjeta de memoria: la HMC-ES141. Cada tarjeta tiene una capacidad de 16 Kbytes de S-RAM. Una tarjeta de memoria puede contener hasta 26 programas para el SP10 y hasta 18 programas para el SP16 y SP20.

La batería que incorpora la tarjeta de memoria permite mantener los datos. La batería debe cambiarse a los cinco años. Para ello, insertar un objeto punzante, por ejemplo la punta de un bolígrafo, en el agujero de la parte inferior derecha de la tarjeta. La sustitución de la batería debe realizarse en un minuto máximo.

Las tarjetas de memoria tienen un interruptor de protección contra escritura. Cuando este interruptor está en ON no se puede escribir en la memoria.

1. NECESIDAD DE COMUNICACION

Todo proceso industrial controlado necesita una comunicación entre periféricos que posibilite el intercambio de información de control y de datos/variables. Omron ofrece una serie

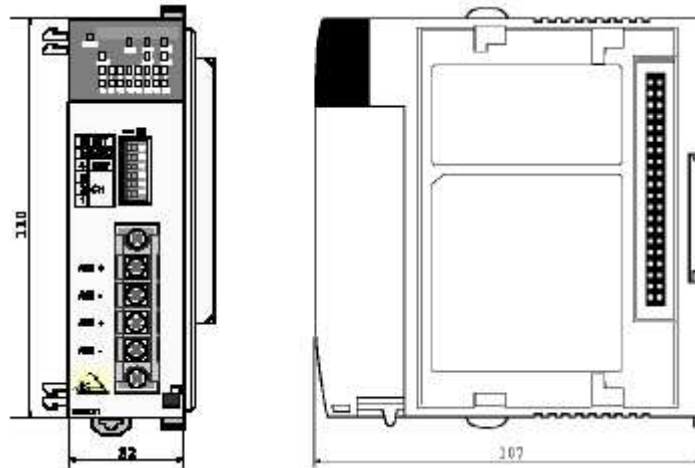
de soluciones al problema de cómo comunicar diferentes elementos de las arquitecturas que tiene ingenizadas.

En este capítulo describiremos los tipos de redes que utiliza Omron y lo asociaremos a los módulos que actualmente esta empresa posee en el mercado para las series de PLCs que más utilización tienen en el mercado actualmente: CQM1, CPMXX, CS1, y CJ1.

1.1 ASI (AS-Interface)

Sistema de conexión electromecánica de bajo coste y sencillo desarrollado en la década de los noventa por un consorcio de empresas de automatización con el fin de sustituir la arquitectura de cableado tradicional. Consta de un par de hilo (cable) presionado por clip la parte central. Es un bus de campo de entradas y salidas digitales de bajo nivel abierto orientado a sensores y actuadores. Permite distancias largas de más de 100 metros usando repetidores. Se basa en un sistema de Maestro/eclavo con posibilidad de interconectar 31 esclavos con módulos OMRON al maestro, con 4 bits de entrada y 4 de salida para cada esclavo. Su topología puede ser en bus, estrella o árbol. La velocidad de transmisión es de 167 Kbps con un tiempo de respuesta menor a 5 mseg. y ciclo de bus mayor de 5 mseg. El inconveniente que presenta es la necesidad de una fuente de alimentación especial para el maestro; la alimentación de los nodos de los esclavos, se hace mediante el mismo par de hilos de comunicación que lleva los datos y de forma simultanea con los datos que viajan por ellos.

OMRON ofrece los módulos de unidad maestra ARM1 para la gama de PLCs CQM1. Estos módulos se conectan en cascada al PLC junto a la CPU. En la imagen vemos la unidad ARM1.



Las principal característica es la de soportar hasta 31 esclavos (según configuración requerida) conectados en red de todas las formas que permite la comunicación ASI. A continuación vemos la tabla de características generales de la ARM21, tales como unidades por CPU, banderas de estados en el autómata programable, colocación en el sistema PLC, etc...

<i>Número de unidades por CPU</i>	1
<i>Posición de montaje de la unidad maestra</i>	Recomendado poner la unidad de entrada/salida enfrente del sistema CQM1
<i>Ajustes</i>	Conmutadores:

	Localización de canal IR Modo de operación (Protegido/Config.) Configuración de almacenamiento
<i>Displays indicadores</i>	Estado de la unidad: - RUN: La unidad opera sin ningun problema.. LED de color VERDE. - ERR: La unidad detecta errores u operaciones ilegales. LED de color ROJO. Estado de la red : - APF(AS-Interface Power Fail): Fallo del suministro de energía a la red ASI. LED de color ROJO. - CER: Error de configuración de la unidad. LED de color ROJO. - AUP: La opción de autoprogramado está disponible. LED de color AMARILLO. - CM: Modo de configuración. LED de color AMARILLO. Estado de los esclavos: 0~15, +16: Esclavo configurado o activo. LED de color AMARILLO.
<i>Conectores externos</i>	2 x ASI+, 2 x ASI-, M3 screw terminals, detachable terminal block.
<i>Número de ajustes DM</i>	1 palabra de la configuración de la información de la unidad (DM 6604)
<i>Número de palabras IR</i>	Seleccionable mediante interruptor. Mínimo: 3 palabras de entrada + 3 de salida Máximo: 8 palabras de entrada + 8 de salida
<i>Número de esclavos por unidad maestra</i>	Seleccionable mediante interruptor. Mínimo: 11 esclavos por unidad maestra Máximo: 31 " " " "
<i>Información de estado en el PLC</i>	Bandera de Modo de operación Bandera de Error de sistema Bandera de Operación Normal Bandera de Configuración correcta
<i>Especificaciones de comunicación</i>	European Standard EN 50295. Especificación completa V2.04 de ASI. AS-Interface Master Profiles V 1.5, profile M0. Prüfungsordnung für ASI Master V1.1. Certificación No. 22701
<i>Configuración de red</i>	Built-in configurator functions: - Adquirir configuración permanente - Poner configuración permanente - Leer configuración actual - Cambiar dirección de esclavo - Adquirir parámetro permanente - Poner parámetro permanente - Leer parámetro - Escribir parámetro

<i>Consumo de corriente</i>	Alimentada con la fuente del PLC: 300 mA con 5 V DC (1.5 W) como máximo. Con la alimentación de la línea ASI: 100 mA a 30.5 V DC (3.05 W) como máximo.
<i>Temperatura del cajetín</i>	-20 a +75°C
<i>Temperatura mientras opera</i>	0 a +55°C
<i>Humedad mientras opera</i>	10% a 90% (no condensado)
<i>Conformidad de estándares</i>	EN 50081-2 ; EN 61131-2
<i>Peso</i>	Aproximadamente 200 g incluyendo tapa frontal y bloque terminal

Vemos que otra característica importante que ofrece es la configuración de red, con instrucciones de configuración de Built-in. Otra característica que llama la atención, es que la unidad CQM1-ARM1 da en todo momento una información del estado del PLC mediante flags (banderas indicadoras) y LEDs. Esto es importante, ya que puede avisarnos de que un PLC conectada a ella está entrando en funcionamiento erróneo, evitándonos paradas inesperadas en procesos industriales o provocando daños personales a algún operador.

1.2 Device Net

Es un tipo de bus basado en el ya conocido CAN Bus. Su capa física y de transporte se basan, por tanto, en ISO 11898 sobre par trenzado, y en la especificación de Bosh 2.0. Sobre esta capa de transporte Device Net define una de las más sofisticadas capas de transporte industriales sobre CAN Bus.

Utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para maestro-esclavo, pooling, strobing o lanzamiento de interrogación general de dispositivos, mensajes espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, modelo productor-consumidor, carga y descarga de bloques de datos y ficheros, etc.

Device Net es una solución de comunicaciones a nivel de dispositivo (bus de campo) que permite la conexión de gran variedad de dispositivos E/S de una forma descentralizada. Además es una solución abierta y Estándar Europeo.

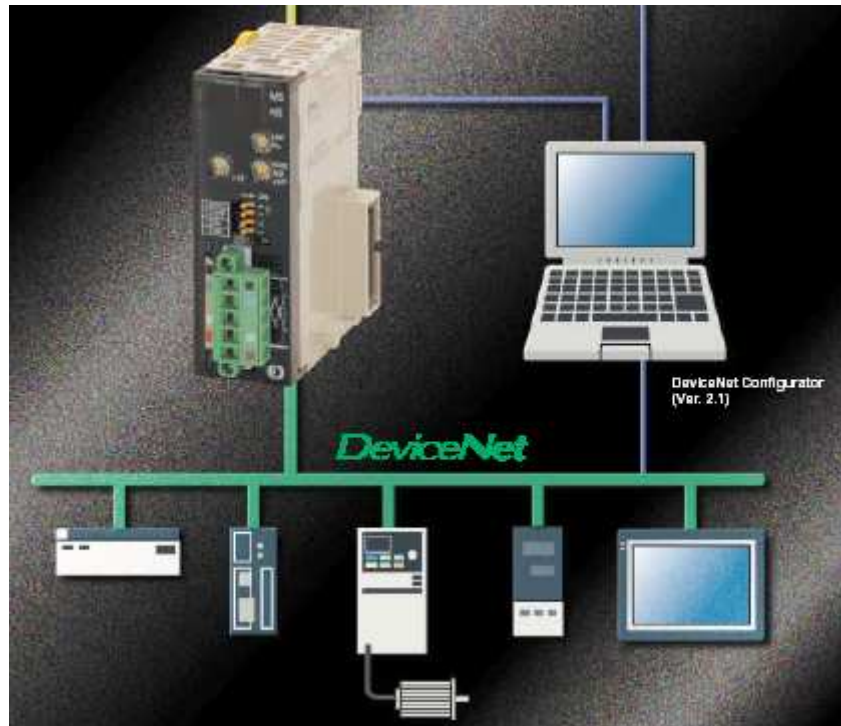
Sus principales características son las de permitir una conexión en Bus, con derivaciones en forma de T y conexiones multipunto. Su velocidad e transmisión son configurables y pueden ir de los 125 kbps a los 500 kbps. Las distancias a las que pueden llegar los filamentos de la red formada con Device Net son variables según su configuración de velocidad; siendo estas de 500, 250 o 100 metros para unas velocidades de 125, 250 y 500 kps respectivamente. El cableado es especial de Device Net, teniendo un cable grueso para la línea principal del bus, y otros más finos para las derivaciones a cada elemento (mayoritariamente sensores y aparatos de campo). Las características de los dos tipos de cables son las de ser cables planos de 5 conductores. Posee un conector de bus mediante bloques de terminales y una resistencia de fin de red para indicar que la red acaba en la unidad que hay antes de dicha resistencia. La característica más interesante es que soporta un máximo de 64 nodos (incluido el maestro), con lo cual nos permite una conexión de 63 esclavos. Esto, junto a la característica mencionada antes de la conexión en T, permiten una gran flexibilidad a la hora de configurar sistemas, ya que se utilizan multi derivaciones y conexionados multipunto. La configuración de los esclavos se hace mediante ficheros EDS.

Dentro de Device Net hay la subdivisión FA estándar, a nivel de dispositivo. Otra característica que permite la comunicación Device Net es la de poder cambiar de esclavos mientras es sistema está en marcha, sin necesidad de costosas paradas para reemplazar o expandir la red.

Para montar redes con Device Net, OMRON cuenta con las unidades para maestro DRM21 (para CS1 y CJ1) y los DRT21 (para CJ1). Para que dentro de la red el PLC haga de esclavo, las

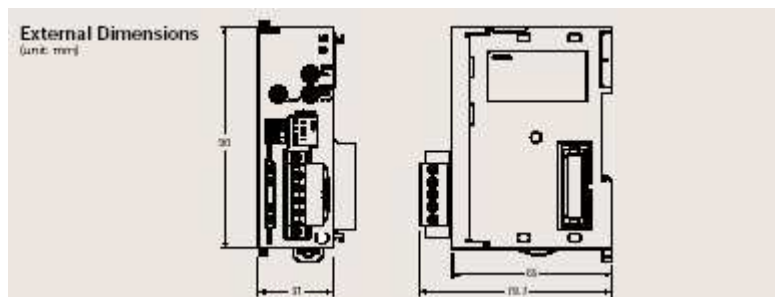
versiones CPM2A y 1A cuentan con una unidad DRT21, y los CPM2C también cuentan con el módulo S100C-DRT (salidas NPN) y S110C-DRT (salidas PNP).

A continuación, mostramos un ejemplo de conexión de una unidad DRM21 para CJ1 con diferentes elementos mediante Device Net:



Las características de los módulos mencionados son las siguientes:

- DRM21:



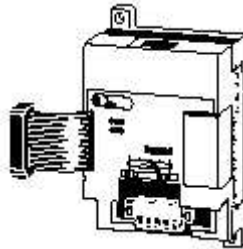
Es una maestra-esclava de 32000 E/S con 63 esclavos como maestro. 4800 E/S (1 bloque de 1600 E y 2 bloques de 1600 S) en modo esclavo. Usada por las CPUs CS1 y CJ1.

- S100C-DRT y S110-DRT:



Es un esclavo programable de Device Net (1024 E/S: 512 E y 512 S). Toda la funcionalidad del PLC CPM2C como controlador con 6 entradas y 4 salidas NPN (100) o PNP (110) incorporadas. También válido como Master en Compo Bus/S (256 E/S: 128 E y 128 S).

- DRT21 (en CPM2A y 1A):



Esta unidad conectada a una CPU de CPM2A hace que esta trabaje en la red como esclava, con 64 E/S (32 E y 32 S).

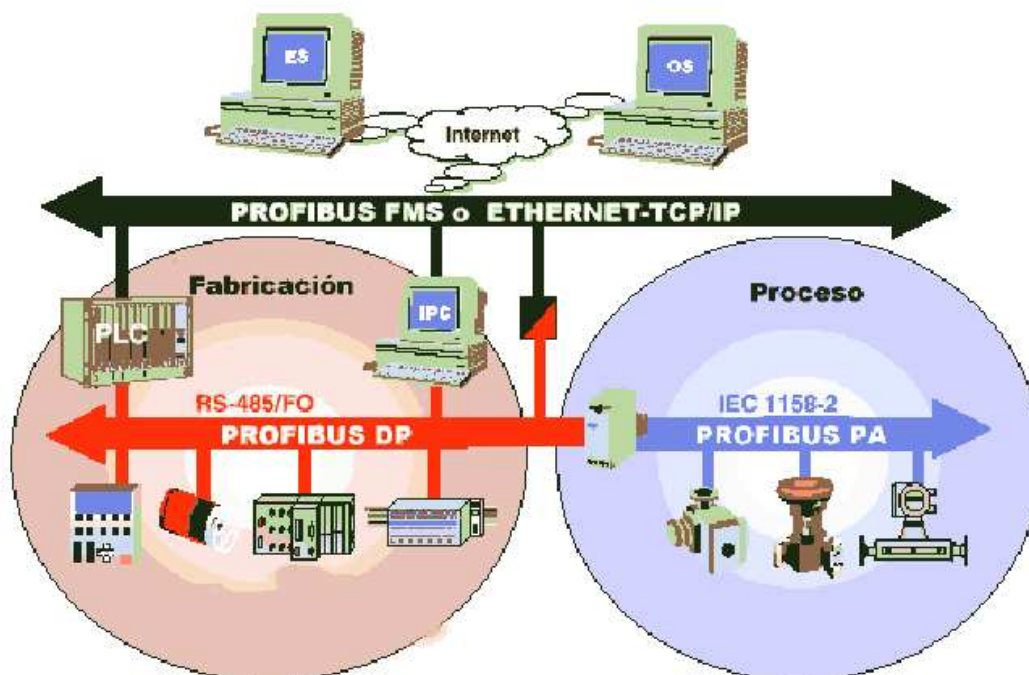
1.3 Profi Bus

Originalmente Profi Bus fue creado por Siemens e impulsado por el gobierno alemán para interconectar sensores, actuadores y controladores PLC. Es una combinación de Hardware a medida y software, con un protocolo de 12 Mbit/s. Pertenece a la fundación Fieldbus con el estándar EN50170, y es un tipo de bus serie, digital y bidireccional que sirve como LAN, sobre un lazo de corriente de 4 a 20 mA, basado en redes digitales jerarquizadas, para la instrumentación y medición de plantas/factorías y se utiliza en aplicaciones de procesos y de automatización industriales. Otros sectores donde cabe resaltar la utilización de ProfiBus es en la industria de automoción (debido a que este tipo de comunicación es rápido para tiempos de respuesta críticos) e incluso en automatización de edificios.

Existen 3 tipos de Profi Bus, cada uno correspondiente a una capa de la Pirámide CIM:

- PROFIBUS DP: diseñado para sensores/actuadores enlazados a PLCs o terminales.
- PROFIBUS PA: hecho para control de proceso, cumpliendo las normativas para seguridad en industrias químicas.
- PROFIBUS FMS: capaz de comunicar varias células como las de la escuela. La evolución de los protocolos TCP/IP está haciendo que este tipo esté perdiendo fuerza y tienda a ser obsoleto.

En la siguiente figura se observa cómo los diferentes tipos de PROFIBUS están en distintas capas de la pirámide:



En el PROFIBUS PA se distingue entre dispositivos maestro y dispositivos esclavo. El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico (polling). Este tipo de bus ofrece la posibilidad de multimaestros o simplemente maestro-esclavo.

En el PROFIBUS DP se distingue entre: maestro clase 1 (estaciones de monitorización y diagnóstico), maestro clase 2 (PLCs, PCs industriales,...) y esclavos (sensores y actuadores). El transporte de información se hace mediante datagramas en modo broadcast o multicast. Se utiliza comunicación serie asíncrona por lo que es utilizable una UART genérica. A la vez prescinde de los niveles ISO del 3 al 6 y la capa de aplicación ofrece una amplia gama de servicios de diagnóstico, seguridad, protecciones, etc. Es una capa de aplicación relativamente compleja debido a la necesidad de mantener la integridad en el proceso de paso de testigo (un y SÓLO un testigo).

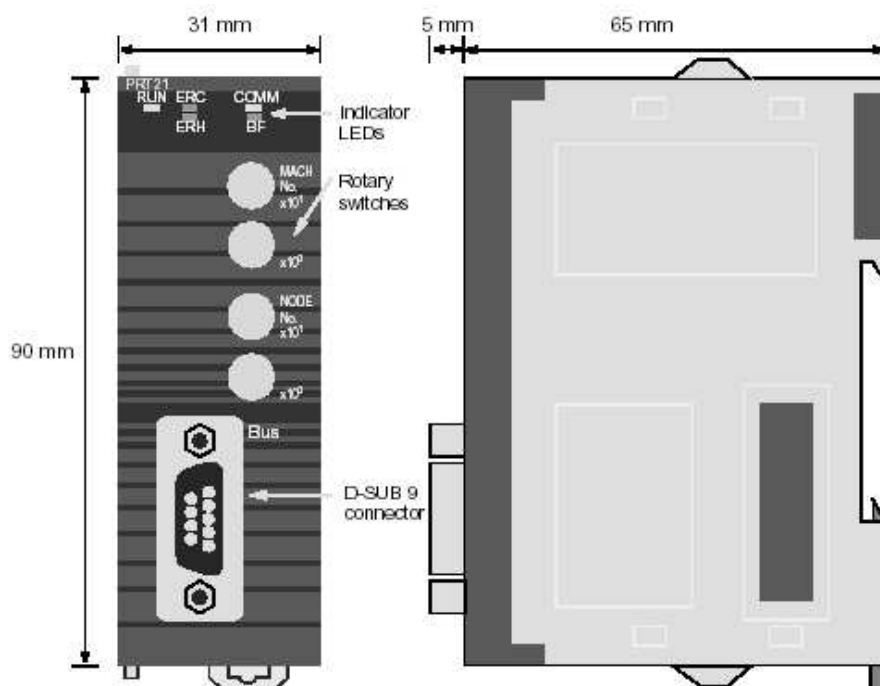
La última capa de PROFIBUS es la FMS, compleja pero que permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células con posibilidad de acceso a objetos, ejecución remota de procesos, etc. Los dispositivos se definen como dispositivos de campo virtuales (VFDs), cada uno incluye un diccionario de objetos (OD) que enumera los objetos de comunicación (Ods). Los servicios disponibles son un subconjunto de los definidos en Manufacturing Message Specification ISO 9506). Como hemos dicho antes, esta capa se está empezando a substituir por protocolos TCP/IP.

La topología de bus que utiliza el PROFIBUS le hace trabajar con nodos, teniendo en este caso 125 nodos (32 nodos máximo por segmento con hasta 3 repetidores). El principio y el fin de cada segmento se indica mediante una resistencia de fin. La conexión al bus se hace a través de un sub-D de 9 pines hembra. La velocidad va de 9,6 kb/s hasta como máximo 12 Mb/s, configurable por el usuario. Las distancias a las que se pueden colocar los elementos que formemos con Profibus van desde los 100 metros (con una velocidad de 12 Mb/s) hasta los 4800 metros (con una velocidad de 9,3 kb/s) utilizando 3 repetidores. Por último resaltar que las unidades esclavas se configuran por medio de ficheros GSD.

Para PLCs que actúen de esclavos en la red Profibus/DP, Omron ofrece las unidades PRT21, aceptadas por casi la totalidad de PLCs de OMRON en la actualidad. Para que el PLC

desempeñe la tarea de maestro, OMRON cuenta con las unidades PRM21, también aceptadas por la gran mayoría de PLCs de esta marca.

- PRT21:

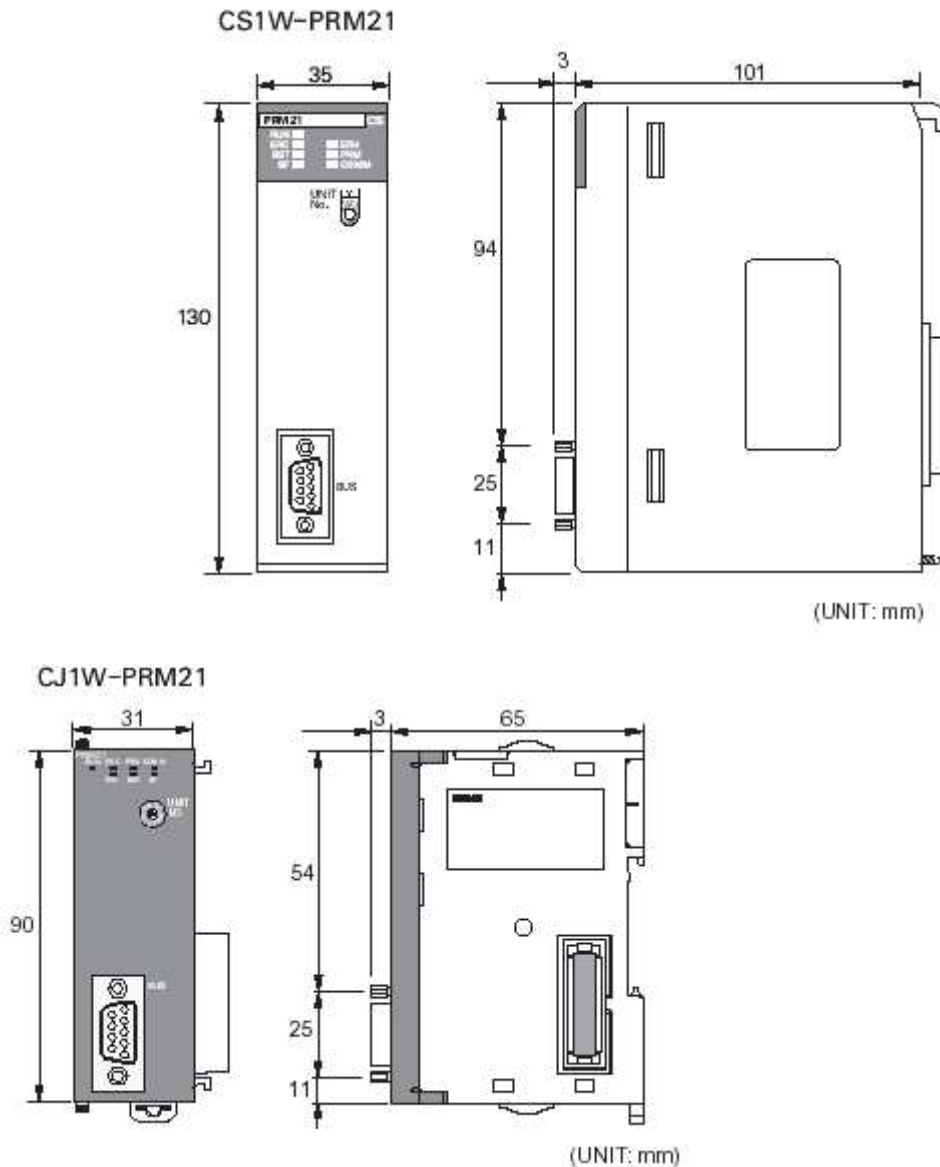


Para CQM1: Unidad esclava configurable a 2, 4, 6 u 8 canales (2 canales E + 2 canales S, 4 E + 4 S, 6 E + 6 E o 8 E + 8 S).

Para CPM1A: Unidad esclava con sólo 1 canal de entrada y 1 canal de salida

Para CJ1: Unidad esclava compatible con C200HW que soporta hasta 1600 entradas y 1600 salidas. Velocidad de transferencia de 9,6 a 12 Mb/s.

- PRM21:



Unidades maestras de CS1 y CJ1 respectivamente. Tiene las mismas características. Son de clase 1 (DPM1). Sus velocidades son de 9,6 kb/s a 12 Mb/s, deteriorándose con la distancia a la que se encuentren los elementos; así tenemos 100 metros a 12 Mb/s y 9,6 kb/s a 1200 metros. Aguanta hasta un máximo de 16 unidades por PLC. Cuenta con 125 nodos por maestra (124 esclavos). Tiene una capacidad de E/S de 7 kwords de E/S y 25 words CIO. El número que ocupa en la net es configurable mediante switch. Se configura con comandos FDT/DTM y con comandos FINS, lo que la equipa con la posibilidad de una configuración remota desde Controller Link o Ethernet.

1.4 CAN BUS

El CAN Bus surgió inicialmente como solución al problema del complicado conexionado que existía cuando se utilizaban conexiones multipunto en los dispositivos electrónicos de los automóviles. En la industria fue introducido como un estándar. El bus CAN es un canal de comunicación serie multiplexado, en el cual los datos son transferidos entre módulos electrónicos distribuidos; muy similar al SPI o SCI, aunque algo más complejo. Este protocolo permite la creación de redes dentro de un vehículo o sistema industrial con una gran

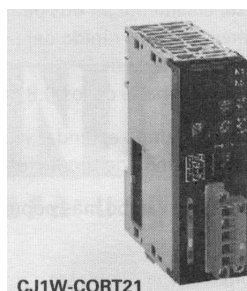
tolerancia de errores en ambientes industriales, siendo las redes CAN muy adecuadas para aplicaciones críticas en control.

Utiliza dos hilos con capacidades multimaestro a tiempo real (calidad que lo hace excelente para realizar control). Es un protocolo que posee capacidad de multidifusión (los mensajes se pueden enviar a varios nodos a la vez). En cuanto a topología de comunicación, decir que utiliza topología Bus con derivaciones (al igual que ProfiBus). Su distancia es también variable con la velocidad, teniendo recorridos pequeños de 40 metros a 1 Mbit/s, medianos de 800 metros a 100 kbit/s y grandes distancias de 1 kilómetro a 50 kbit/s.

Su utilización se hace mayoritariamente en aplicaciones que se encuentran dentro de un cuerpo, como en los automóviles.

Para montar una red de PLCs con este protocolo OMRON ofrece los módulos CORT21-V1, compatibles con la gama CS1. Estas unidades a parte de soportar Bus CAN soportan su otro protocolo CAN Open (adquiriendo software y un elemento hardware CANpari o CANcardX).

Esta unidad es capaz de recibir y enviar cualquier mensaje CAN con identificadores de 11 o 29 bits, pudiéndose hacer estos envíos por cambio de datos, por tiempo o por petición; la recepción se puede controlar mediante filtros para el identificador correspondiente. Actúa como Gateway entre el PLC y el CAN Bus, pudiéndose definir el protocolo que quiera el usuario. Las configuraciones de propósitos se pueden definir vía FINS, algo que facilita la programación y puesta en marcha del módulo. Permite un intercambio a través de la memoria del PLC durante el refresco de E/S. Puede intercambiar 7 kwords de datos de E/S con el PLC.

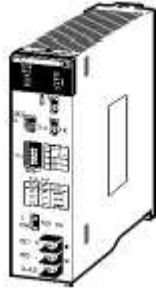


1.5 Controller Link

Es una comunicación que utiliza una topología de Token Bus N:N y de Token Ring N:N cuando se utiliza la fibra óptica. Para comunicación por enlace físico, la red soporta hasta 32 nodos de conexión, y para enlace por fibra óptica hasta 62. Su velocidad máxima con enlace de cable es de 2 Mb/s (a 500 metros), deteriorándose a 1Mb/s a 800 metros y 500 kb/s a 1 kilómetro. Con fibra óptica tiene un alcance de 20 kilómetros conservando la calidad de transmisión. Usa un DataLink de 8000 palabras por nodo, 32000 palabras por nodo con PC con las tarjetas de Bus ISA y hasta 62000 con las tarjetas de Bus PCI. Su programación se puede realizar desde cualquier de los 32 o 62 nodos de la red, teniendo total accesibilidad a cualquiera de ellos. Es de fácil instalación, bajo coste y máxima operatividad. Su dimensionado lo hace perfecto para aplicaciones de bus en planta, como control de producción, supervisión y mantenimiento remoto.

OMRON tiene las unidades CLK12, CLK21 y CLK 52 para conectar redes con este tipo de comunicación.

- CLK21 (para CS1W):



Unidad de Controller Link de par Trenzado para CPU CS1 que soporta 4 unidades por CPU.

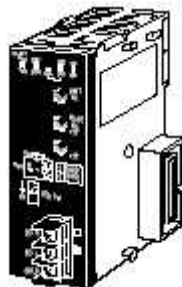
- CLK12 (para CS1W):

Unidad de Controller Link por Fibra óptica HPCF para CPU CS1 que soporta 62 nodos. Topologías permitidas de Bus o Anillo Redundante. Soporta 4 unidades por CPU.

- CLK52 (para CS1W):

Unidad Controller Link por Fibra óptica 62,5/125 para CPU CS1. Topologías de Token Ring con redundancia o Bus. Permite distancias de red de 20 kilómetros y distancias entre nodo y nodo de 2 kilómetros. Soporta hasta 62 nodos y 4 unidades por CPU.

- CLK21 (para CJ1W):



Soporta hasta 4 unidades por PLC y 32 nodos (con repetidor podemos ampliar a 62). Tiene una velocidad de transmisión de 2 Mb/s, y un alcance de 1000 metros (con velocidad de 500 kb/s), ampliable con repetidores. El intercambio de datos entre controladores se hace mediante Data Links automáticos de 8000, 32000 o 62000 canales por nodo como máximo. Posee un servicio de mensajería que le permite enviar gran cantidad de datos. Otra característica interesante de este módulo es que tiene total funcionalidad en la detección y reparación de errores. Posibilidad de programación, monitorización y mantenimiento remoto.

1.6 Ethernet

Ethernet es un tipo de red LAN serie estándar que transmite grandes cantidades de información. Esto hace que esté en el Nivel de información y sirva para que ordenadores o controladores intercambien información. Su velocidad varía según el tipo y puede ser de 10 o de

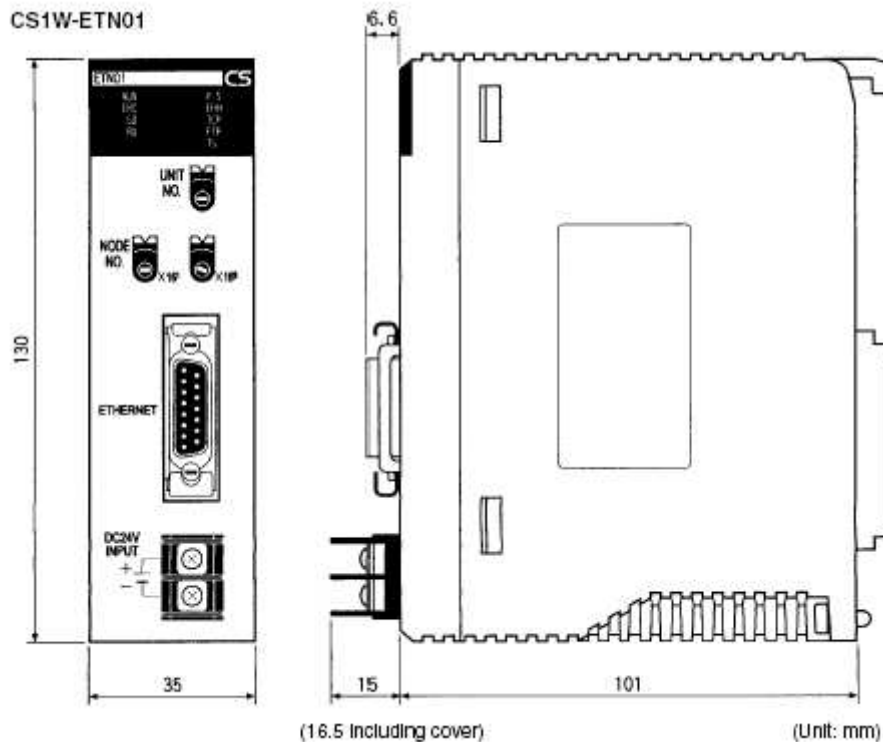
100 Mb/s. Es una tecnología muy extendida, incluso en nuestra vida cotidiana (Messenger de Microsoft). Es barato pero a la vez robusta y muy fácil de utilizar. Es una tecnología abierta que utiliza protocolos UDP/IP y TCP/IP, lo cual le facilita poderse comunicar con dispositivos de cualquier marca. En el caso de OMRON, las unidades soportan mensajería FINS, utilizando GateWay FINS, lo cual le permite acceder a PLCs que estén emplazados en otra red.. Cuenta con servicios FTP para transferir datos y funciones de correo electrónico. No es determinista, por lo que no es apropiado en control en tiempo real.

Según el tipo de tecnología se utilizan denominaciones distintas de la red, según indica esta tabla:

10 Base T	10 Mb/s; Par de cables Trenzado
10 Base 2	10 Mb/s; Cable coaxial
10 Base 5	10 Mb/s; Viejo cable delgado
10 Base F	10 Mb/s; Fibra óptica
100 Base Tx	100 Mb/s; Nuevo par de cables Trenzado
100 Base T4	100 Mb/s; Viejo par de cables Trenzado
100 Base Fx	100 Mb/s; Fibra óptica
1000 Base Sx	1 Gb/s; Fibra baja longitud onda
1000 Base Lx	1 Gb/s; Fibra alta longitud onda
1000 Base T	1 Gb/s; Par de cables Trenzado

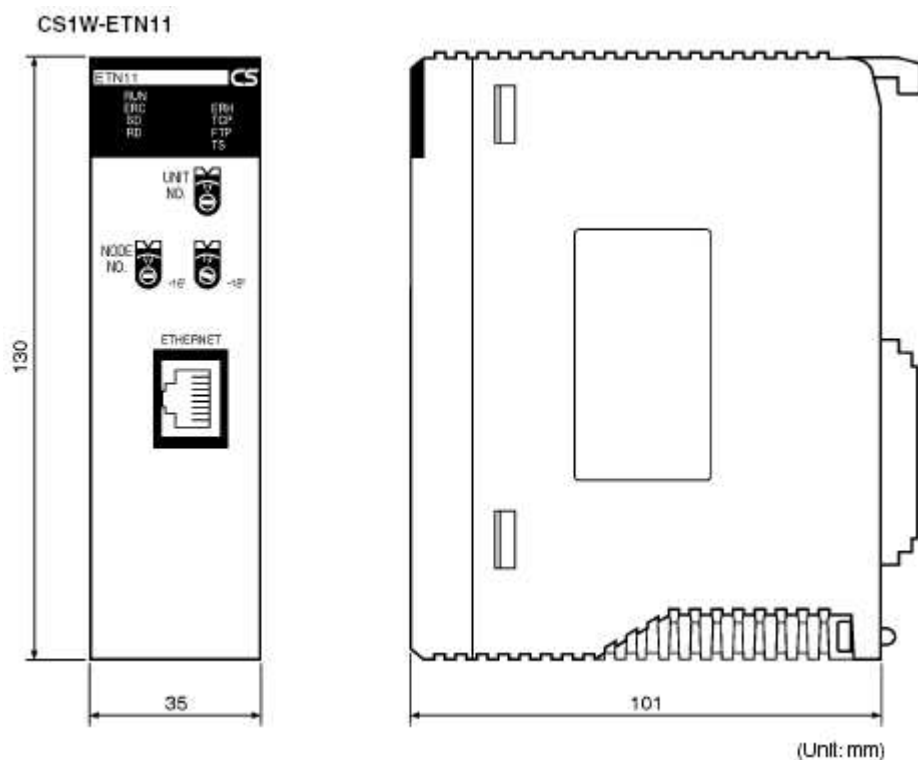
OMRON tiene las unidades ETN01, ETN11 y ETN21 para formar redes Ethernet con los PLCs de la serie CJ1 y CS1.

- ETN01 (para CS1W):



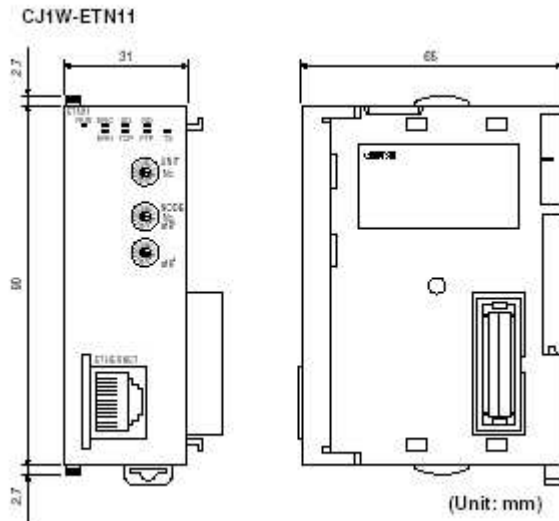
Unidad de Ethernet tipo 10 Base 5 para CPU CS1. Utiliza comunicaciones FINS, servidor FTP para envío de datos, servicios de Base UDP/IP y servicios de correo SMTP. Soporta hasta 4 unidades por CPU. La conexión se hace mediante 10 Base 5 (Sub-D de 15 pines hembra). Velocidad máxima según tecnología de 10 Mb/s.

- ETN11 (para CS1W):



Unidad de Ethernet tipo 10 Base T para CPU CS1. Utiliza comunicaciones FINS, servidor FTP para envío de datos, servicios de Base UDP/IP y servicios de correo SMTP. Soporta hasta 4 unidades por CPU. La conexión se hace mediante 10 Base 5 (Cable UTP y conector RJ45). Velocidad máxima según tecnología de 10 Mb/s.

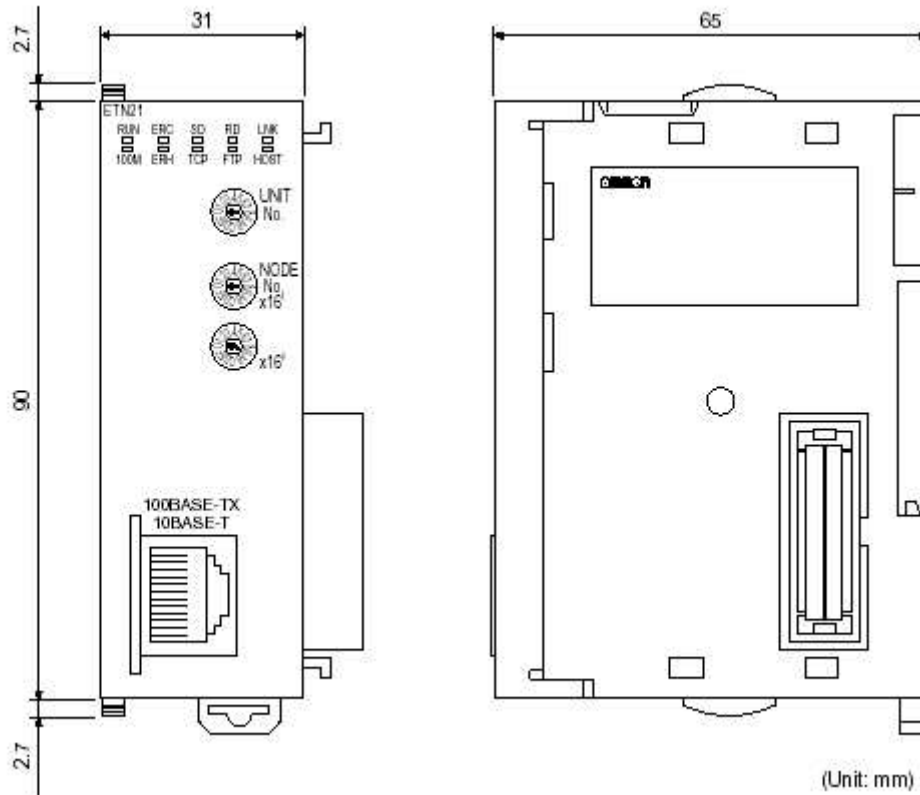
- ETN11 (para CJ1W):

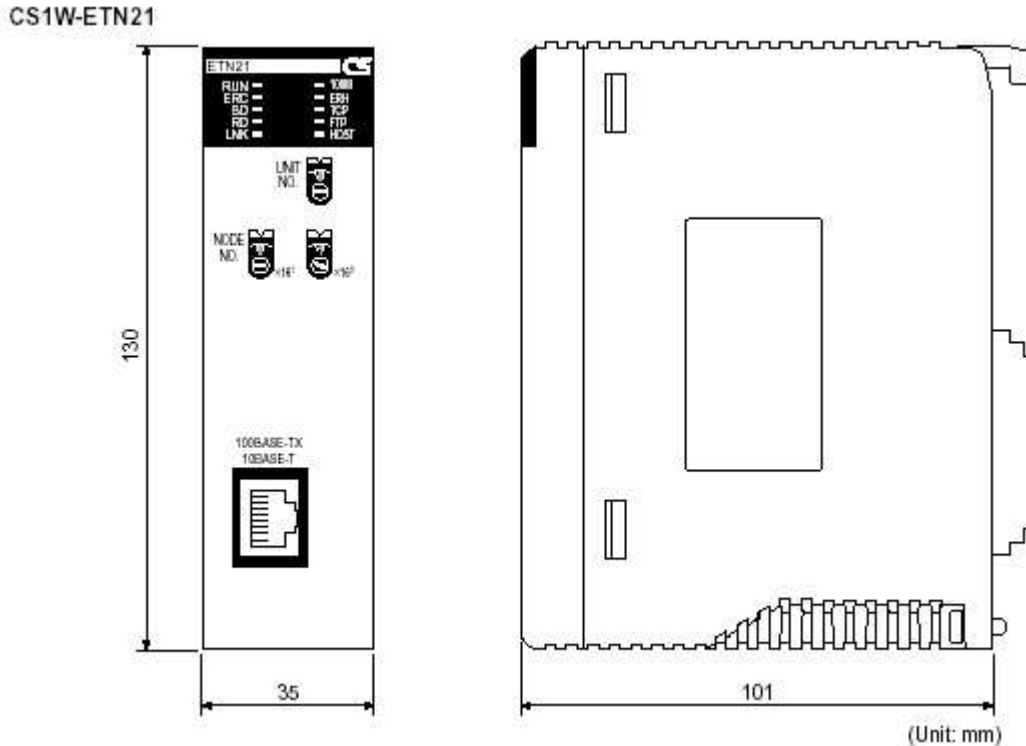


Unidad de Ethernet tipo 10 Base T para CPU CJ1. Utiliza comunicaciones FINS, servidor FTP para envío de datos, servicios de Base UDP/IP y servicios de correo SMTP. Soporta hasta 4 unidades por CPU. La conexión se hace mediante 10 Base 5 (Cable UTP y conector RJ45). Velocidad máxima según tecnología de 10 Mb/s.

- ETN21 (para CJ1W y CS1W):

CJ1W-ETN21





Las unidades de Ethernet permiten una conexión entre sistemas de información y sistemas de control. Utiliza un conector RJ45 para conectar mediante par trenzado. Su velocidad autogestionada es de 10 o 100 Mb/s. Soporta 4 unidades por PLC, con hasta 254 nodos. Acceso sencillo a servicio socket. Permite aprovechar la transmisión por correo electrónico (protocolos POP3/SMTP) para acceder al PLC remotamente a través de Internet utilizando asuntos del correo electrónico. Las comunicaciones están perfectamente integradas con Controller Link y otras redes. Utiliza protocolos estándar TCP/IP y UDP/IP. Utilización de comandos FINS. Soporta asignación dinámica de direcciones IP: DHCP. Se sincroniza horariamente con el protocolo SNTP. Se pueden especificar diversos tipos de servidores mediante sus nombres de host: DNS. CX-Programmer o por web-server incorporado en la unidad a partir de firmware V.1.3 se puede configurar sencillamente ésta. Permite la programación, monitorización y mantenimiento remotos gracias a protocolos.

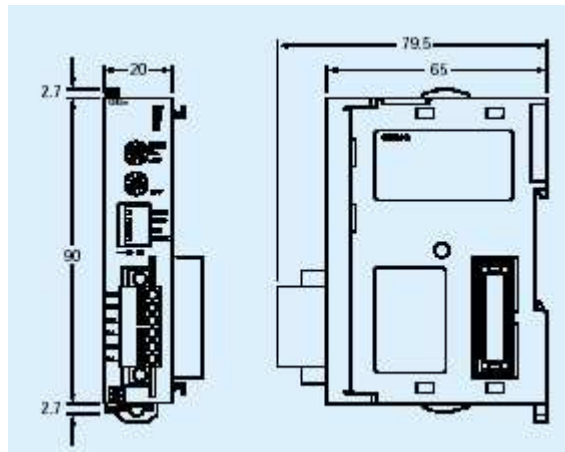
1.7 Compobus

Es un tipo de bus de campo que tiene entradas y salidas digitales. Es muy sencillo y de bajo coste. Sus características de robustez lo hacen idóneo para entornos industriales. Tiene la posibilidad de usar sistema IP67. Es un bus adecuado para actuadores y sensores binarios. A pesar de ser un bus con E/S digitales, tiene módulos con E/S analógicas (128 E y 128 S). Permite hasta 32 esclavos, utilizando 8 o 16 bits paracada uno. Es un sistema barato en lo que se refiere al conexionado de nodos. Utiliza cable VCTF de 2 o 4 conductores o Cable especial plano. Incorpora modo de alta velocidad de comunicaciones (a 750 kb/s), que es cuando intercambia 256 puntos de E/S de datos con un máximo de 32 esclavos en un máximo tiempo de ciclo de comunicaciones de 1 milisegundo por punto para 100 metros. Ideal para aplicaciones donde la velocidad es crítica y se necesita un tiempo de respuesta pequeño, como por ejemplo

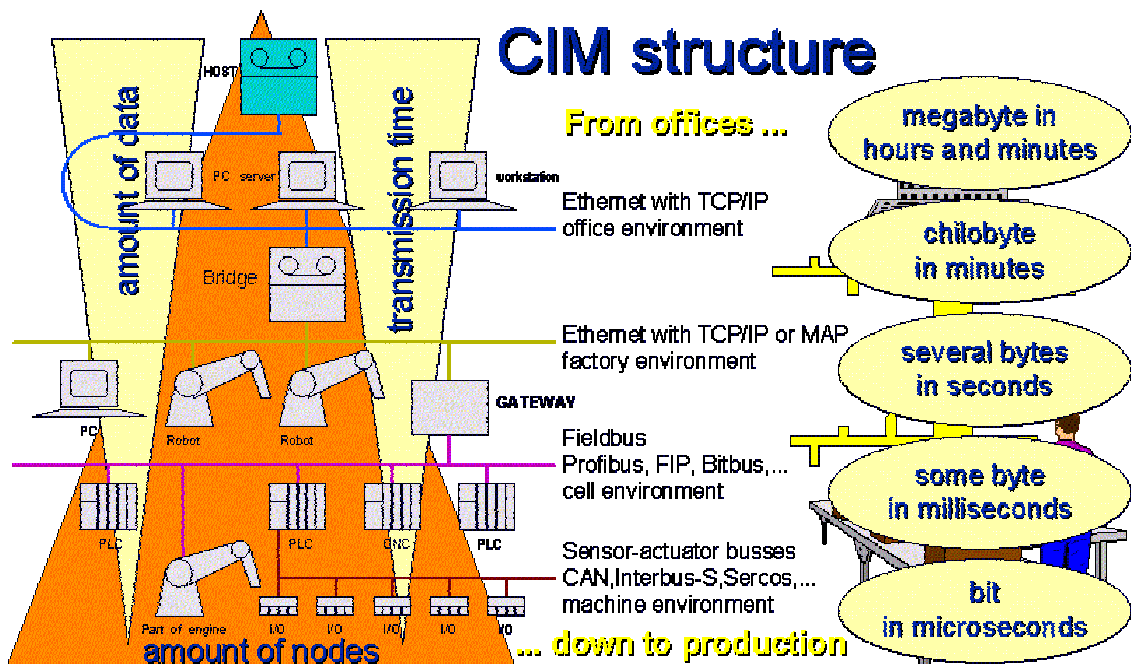
en el sector del automóvil. El otro modo que incluye es el de larga-distancia de comunicaciones (93,75 kb/s), con una línea principal de 500 metros y un total de 100 metros de líneas secundarias o derivaciones; con un tiempo de ciclo máximo de 6 milisegundos; este modo es ideal para aplicaciones en donde se necesiten redes de gran abasto. Utiliza una topología de bus con multipunto y derivaciones en T, que ayudan a la expansión del sistema. Utiliza esclavos programables para controlar procesos distribuidos. Su programación y configuración no necesita de módulos de configuración ni consolas de direccionamiento; se configuran los nodos, se selecciona el modo de comunicación y el sistema ya está listo para empezar a funcionar. Ideal para máquinas-herramienta, pequeñas líneas de producción, domótica...

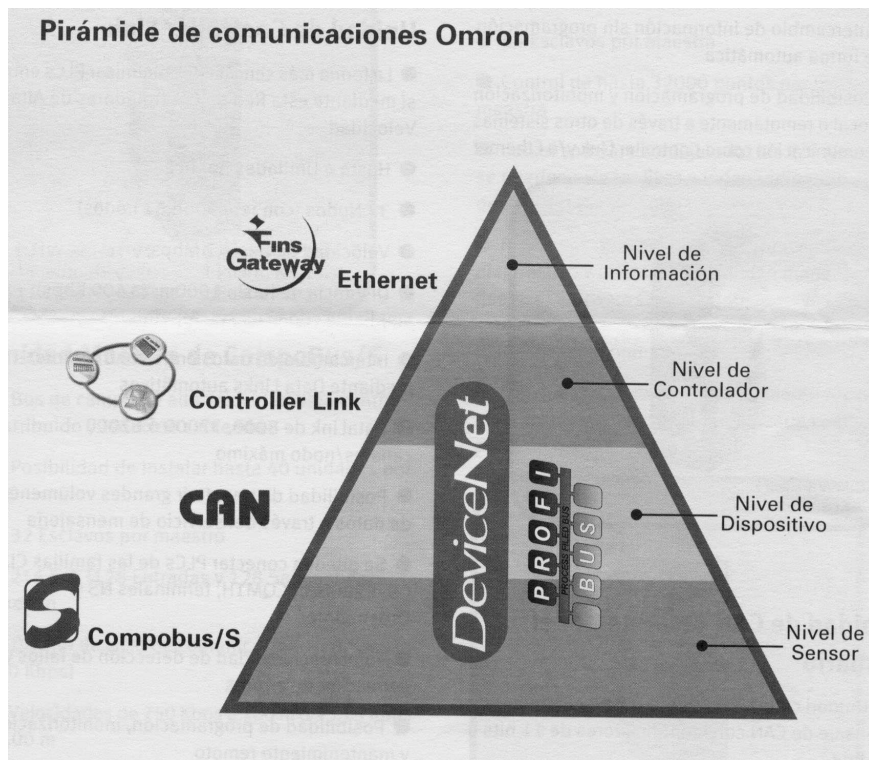
OMRON utiliza los mismos módulos S100C y 110C esclavos de Device Net de la CPM2C para hacer esta vez que éste PLC tenga el rol de maestro. Las únicas características que cambian son las de poseer 256 E/S en lugar de las 1024 que tenía como esclavo de Device Net. Es interesante añadir que estos módulos a su vez pueden ser programados como esclavos en ProfiBus también. Por lo demás, son de iguales características que los módulos descritos en el apartado anterior. OMRON también propone comunicación Compo Bus para las CPUs CQM1 y CJ1, que actuarán como maestras. La primera CPU utiliza una unidad SRM21-V1, que tiene 128 E/S, la segunda una SRM21 como las de la siguiente imagen:

El módulo SRM21 permite hasta 40 unidades por PLC, y un máximo de 32 esclavos por maestro. Tiene 256 E/S (128 E y 128 S). Tiene un tiempo de ciclo de comunicaciones de 0,5 milisegundos (750 kb/s). Su velocidad es variable, teniendo a 750 kb/s para 100 metros y 93,75 kb/s para 500 metros. Tal como dijimos antes, no es necesario ninguna programación de la red, con lo cual nos ahorramos tiempo en poner a punto el sistema. Por último remarcar las funciones de autodiagnóstico que ayudan al operario a la detección de fallos y mantenimiento.



Hasta ahora hemos visto las 7 comunicaciones que OMRON actualmente tiene en uso en sus PLCs. Hay una pirámide resumen que lo engloba dentro de la llamada Pirámide de comunicaciones OMRON, en donde se clasifica cada tipo de comunicación dentro de niveles, parecido a la Pirámide CIM. Estas dos imágenes nos pueden ayudar a hacernos una idea:





Pirámide de comunicaciones OMRON:

- CompoBus/S: es sencillamente un bus de sensores, probablemente el más rápido del mercado a fecha de hoy, con un tiempo de ciclo de comunicaciones que puede ser inferior a los 0,8 milisegundos.
- Device Net: es el bus de campo estándar y abierto con un extenso portfolio de productos.
- Profi Bus DP: es el bus de campo más popular en el mercado europeo.
- CAN: posibilita el conectar diferentes protocolos definidos por usuario.
- Controller Link: las red de comunicaciones diseñada por Omron parala comunicación de PLCs.
- Ethernet: el estándar que permite conectar el nivel de control con el mundo de los PCs (diferentes protocolos o FTP).
- Ethernet/IP: ofrece la posibilidad de tener un Data Link corriendo sobre Ethernet.

2. ARQUITECTURAS DE COMUNICACIÓN

Como hemos visto antes, cada sistema de comunicación tiene asociada una o varias topologías de comunicación. Se llama topología o arquitectura de una red al patrón de conexión entre sus nodos, es decir, a la forma en que están interconectados los distintos nodos que la forman. Los Criterios a la hora de elegir una topología, en general, buscan que eviten el coste del encaminamiento (necesidad de elegir los caminos más simples entre el nodo y los demás), dejando en segundo plano factores como la renta mínima, el coste mínimo, etc. Otro criterio determinante es la tolerancia a fallos o facilidad de localización de éstos. También tenemos que tener en cuenta la facilidad de instalación y reconfiguración de la Red. Atendiendo a los criterios expuestos anteriormente hay dos clases generales de topología utilizadas en Redes de Area Local: Topología tipo Bus y Topología tipo Anillo. A partir de ellas derivan otras que

reciben nombres distintos dependiendo de las técnicas que se utilicen para acceder a la Red o para aumentar su tamaño. Algunos autores consideran también la topología Estrella, en la que todos los nodos se conectan a uno central. Aunque en algunos casos se utilice, una configuración de este tipo no se adapta a la filosofía LAN, donde uno de los factores más característicos es la distribución de la capacidad de proceso por toda la Red. En una Red Estrella gran parte de la capacidad de proceso y funcionamiento de la Red estarán concentradas en el nodo central, el cual deberá de ser muy complejo y muy rápido para dar un servicio satisfactorio a todos los nodos.

De este modo, existen tres tipos, que podíamos llamar "puros". Son los siguientes:

- Estrella
- Bus
- Anillo
- Arbol

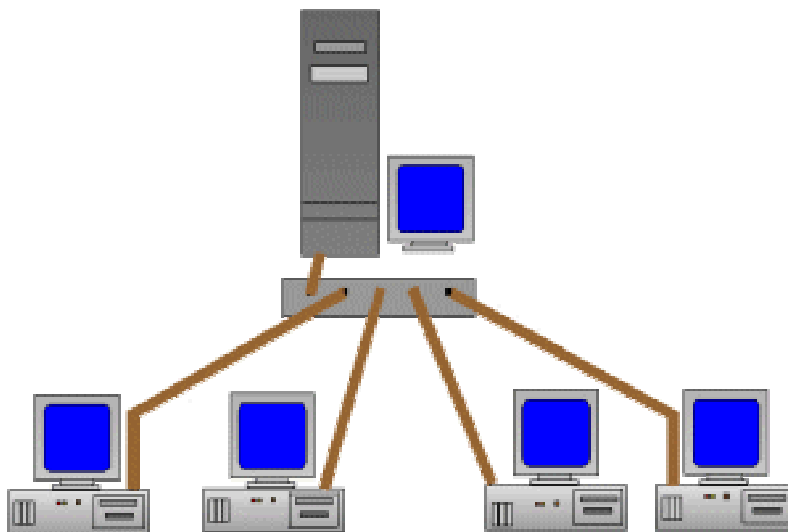
Topología en Estrella.

Esta topología se caracteriza por existir en ella un punto central, o más propiamente nodo central, al cual se conectan todos los equipos, de un modo muy similar a los radios de una rueda.

De esta disposición se deduce el inconveniente de esta topología, y es que la máxima vulnerabilidad se encuentra precisamente en el nodo central, ya que si este falla, toda la red fallaría. Este posible fallo en el nodo central, aunque posible, es bastante improbable, debido a la gran seguridad que suele poseer dicho nodo. Sin embargo presenta como principal ventaja una gran modularidad, lo que permite aislar una estación defectuosa con bastante sencillez y sin perjudicar al resto de la red.

Para aumentar el número de estaciones, o nodos, de la red en estrella no es necesario interrumpir, ni siquiera parcialmente la actividad de la red, realizándose la operación casi inmediatamente.

La topología en estrella es empleada en redes Ethernet y ArcNet.



Topología en Bus

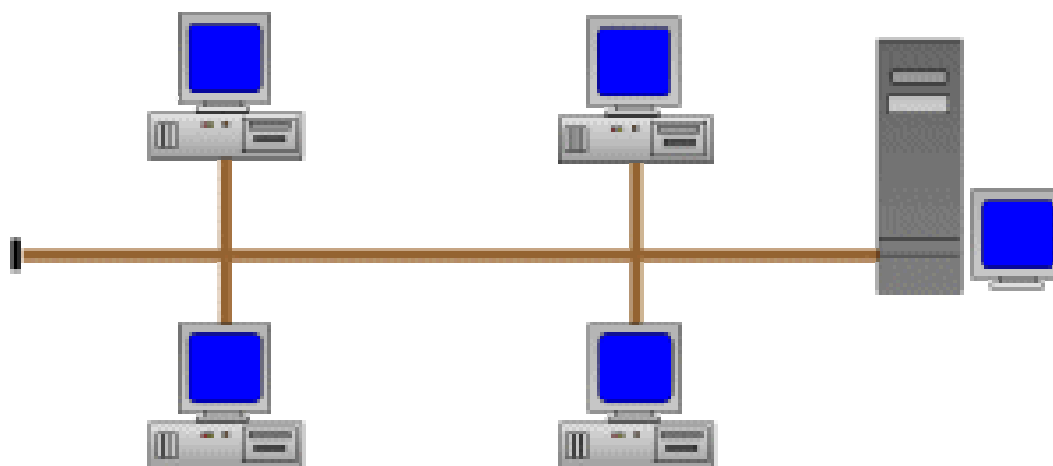
En la topología en bus, al contrario que en la topología de Estrella, no existe un nodo central, si no que todos los nodos que componen la red quedan unidos entre sí linealmente, uno a continuación del otro.

El cableado en bus presenta menos problemas logísticos, puesto que no se acumulan montones de cables en torno al nodo central, como ocurriría en una disposición en estrella. Pero, por contra, tiene la desventaja de que un fallo en una parte del cableado detendría el sistema, total o parcialmente, en función del lugar en que se produzca. Es además muy difícil encontrar y diagnosticar las averías que se producen en esta topología.

Debido a que en el bus la información recorre todo el bus bidireccionalmente hasta hallar su destino, la posibilidad de interceptar la información por usuarios no autorizados es superior a la existente en una Red en estrella debido a la modularidad que ésta posee. La red en bus posee un retardo en la propagación de la información mínimo, debido a que los nodos de la red no deben amplificar la señal, siendo su función pasiva respecto al tráfico de la red. Esta pasividad de los nodos es debida mas bien al método de acceso empleado que a la propia disposición geográfica de los puestos de red.

La red en Bus necesita incluir en ambos extremos del bus, unos dispositivos llamados terminadores, los cuales evitan los posibles rebotes de la señal, introduciendo una impedancia característica (50 Ohm.)

Añadir nuevos puesto a una red en bus, supone detener al menos por tramos, la actividad de la red. Sin embargo es un proceso rápido y sencillo. Es la topología tradicionalmente usada en redes Ethernet.



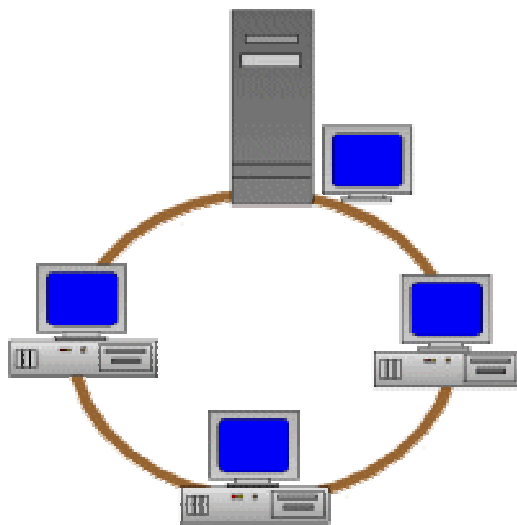
Topología en Anillo

El anillo, como su propio nombre indica, consiste en conectar linealmente entre sí todos los ordenadores, en un bucle cerrado. La información se transfiere en un solo sentido a través del anillo, mediante un paquete especial de datos, llamado testigo, que se transmite de un nodo a otro, hasta alcanzar el nodo destino.

El cableado de la red en anillo es el más complejo de los tres enumerados, debido por una parte al mayor coste del cable, así como a la necesidad de emplear unos dispositivos denominados Unidades de Acceso Multiestación (MAU) para implementar físicamente el anillo.

A la hora de tratar con fallos y averías, la red en anillo presenta la ventaja de poder derivar partes de la red mediante los MAU's, aislando dichas partes defectuosas del resto de la red mientras se determina el problema. Un fallo, pues, en una parte del cableado de una red en anillo, no debe detener toda la red. La adición de nuevas estaciones no supone una complicación excesiva, puesto que una vez más los MAU's aíslan las partes a añadir hasta que se hallan listas, no siendo necesario detener toda la red para añadir nuevas estaciones.

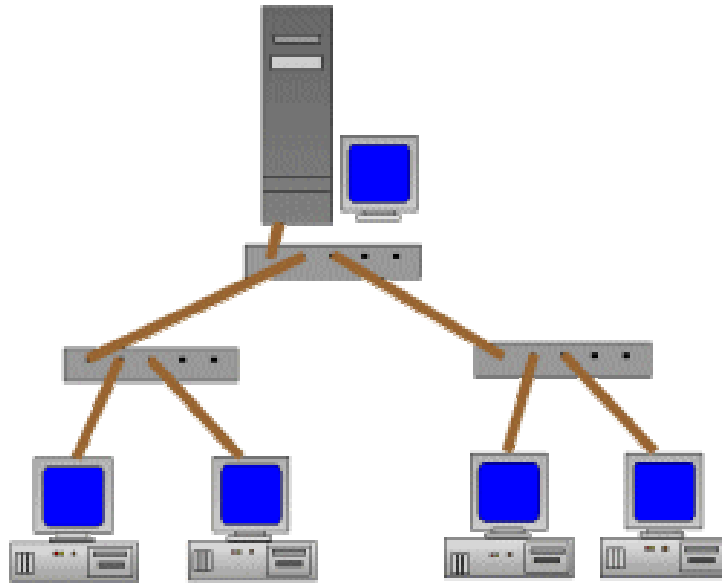
Dos buenos ejemplos de red en anillo serían Token-Ring y FDDI (fibra óptica)



Topología de Árbol.

La topología en árbol es una generalización de la topología en bus. Esta topología comienza en un punto denominado cabezal o raíz (headend). Uno ó más cables pueden salir de este punto y cada uno de ellos puede tener ramificaciones en cualquier otro punto. Una ramificación puede volver a ramificarse. En una topología en árbol no se deben formar ciclos.

Una red como ésta representa una red completamente distribuida en la que computadoras alimentan de información a otras computadoras, que a su vez alimentan a otras. Las computadoras que se utilizan como dispositivos remotos pueden tener recursos de procesamientos independientes y recurren a los recursos en niveles superiores o inferiores conforme se requiera.



Topología punto-a-punto

La topología punto-a-punto (point-to-point o PTP) conecta dos nodos directamente. Por ejemplo, dos computadoras comunicándose por modems, una terminal conectándose con una mainframe, o una estación de trabajo comunicándose a lo largo de un cable paralelo con una impresora.

En un enlace PTP, dos dispositivos monopolizan un medio de comunicación. Debido a que no se comparte el medio, no se necesita un mecanismo para identificar las computadoras, y por lo tanto, no hay necesidad de direccionamiento.

Topología multipunto

La topología multipunto enlaza tres dispositivos juntos o más a través de un sistema de comunicación. Debido a que esta topología comparte un canal común, cada dispositivo necesita identificarse e identificar el dispositivo al cual se quiere mandar información. Este dispositivo para identificar transmisores y receptores se llama direccionamiento.

BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

Páginas visitadas sobre PLCs

<http://www.cosinor.es/fidelizacion/sistemasControl/recursos.php3>

Automática general, con links de interés.

<http://www.mrplc.com>

Muchos artículos sobre PLCs i codigos para programar

<http://www.fut.es/~lcc/indice.html>

Comparativas entre PLCs i PLC en general

www.odva.org

Página oficial del protocolo Devicenet

http://www.europe.omron.com/ES_es/cor/

Página de Omron España en donde el usuario puede darse de alta y consultar varios manuales, documentos de corporación y bibliotecas técnicas.

Manuales consultados (PDF y físicos):

Cx-Supervisor-Flyer

Documento de presentación del SCADA CX-Supervisor con información algo escueta

Cx-Supervisor_Getting_Started

Manual de puesta en marcha del CX-Supervisor. Documento completo que explica como configurar los equipos.

CS1 Controller

Datasheet de este conocido PLC de Omron en donde explica su funcionamiento, características eléctricas y configuración.

CPM2C-S_Operation_Manual

Manual de operación del PLC CPM2C-S con explicación sobre la estructura interna, funcionamiento y demás información útil.

CX-Programmer Ver.4 Operation Manual W425-E1-01

Manual del CX-Programmer con indicaciones de cómo instalar tools, un poco de programación y explicación.

Otros documentos consultados

Publicación de OMRON Calentito sobre ProfiBus/DP (Prestado por Cristóbal Raya)

Buena explicación sobre los módulos de PROFIBUS de las CPUs CJ1 y CS1, así como de accesorios interesantes para este tipo de redes.

Publicación de OMRON Calentito sobre Comunicaciones (Prestado por Cristóbal Raya)

Interesante documento en dónde da las características de los módulos de comunicación de la serie CJ1.

Publicación de OMRON Calentito boletín de Diciembre 2003 sobre sistemas de comunicaciones industriales (Prestado por Cristóbal Raya)

Buen documento en donde se dan a conocer módulos que salieron por esas fechas para Device Net, Profi Bus, Controller Link y Ethernet.

Publicación de OMRON sobre SYSMAC CPMXX “Los Grandes Micros” (Prestado por Pere Ponsa)

Documento que recopila características generales de las CPUs CPM2A y 2C, con un apartado interesante de comunicaciones a la mitad de la revista.

Publicación de OMRON Advanced Industrial Automation sobre CJI PROFIBUS (Prestado por Cristóbal Raya)

Explicación grosso modo de las características del módulo de Profi Bus para CJ1. Algo escueto.

Manual de comunicaciones de OMRON (Prestado por Pere Ponsa)

Quizás el documento que resume este trabajo y la referencia cuando se habla de redes con PLCs de OMRON. Recolección de transparencias sobre los principales métodos de comunicación (algunos ya obsoletos) con los que trabaja OMRON.