



UNIVERSIDADE DE VIGO

E. T. S. Ingenieros Industriales



José Ignacio Armesto Quiroga

<http://www.disa.uvigo.es/>

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática
Vigo, Curso 2007-2008.



Tema 6

COMUNICACIONES INDUSTRIALES

(4 horas)



Tema 6. Comunicaciones Industriales.

A thick, horizontal yellow brushstroke underline is positioned below the section title.

- Introducción
- Redes de comunicaciones industriales.
- Clasificación
 - Redes de datos:
 - Redes de empresa.
 - Redes de fábrica y célula.
 - Redes de control:
 - Redes de controladores.
 - Redes de sensores-actuadores.
- Familias de redes industriales.



Comunicaciones Industriales.

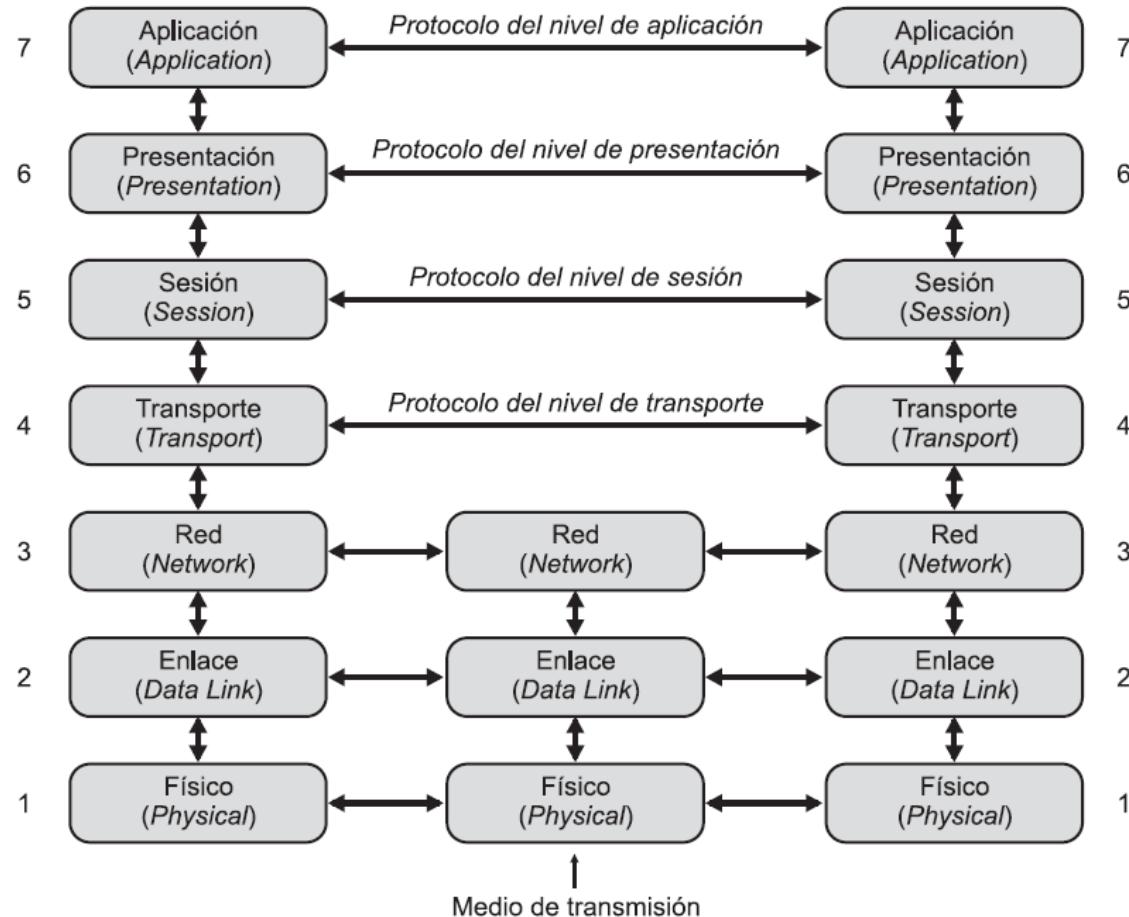
Introducción.

- Se pueden **definir** las **Comunicaciones Industriales** como: *"Área de la tecnología que estudia la transmisión de información entre circuitos y sistemas electrónicos utilizados para llevar a cabo tareas de control y gestión del ciclo de vida de los productos industriales"*
- Deben resolver la problemática de la **transferencia de información** entre los equipos de control del mismo nivel y entre los correspondientes a los niveles contiguos de la pirámide CIM.
- En la década de 1980, las comunicaciones industriales comenzaron a realizarse mediante **comunicaciones digitales punto a punto** para, posteriormente, evolucionar hacia la aplicación de **redes multipunto**.



Comunicaciones Industriales.

Introducción.



Modelo OSI desarrollado por la ISO para la conexión de sistemas informáticos abiertos

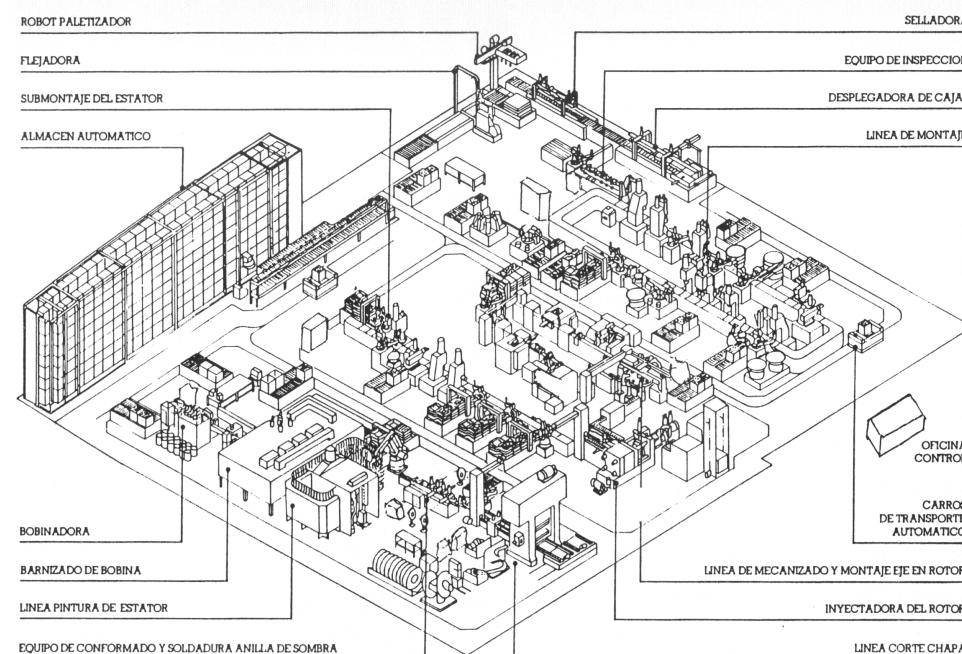


Comunicaciones Industriales.

Introducción.

Sistema de fabricación flexible:

- Conjunto de **máquinas e instalaciones, enlazadas** entre sí mediante sistemas de **transporte** y **control**, que es capaz de producir una *variedad de productos* dentro de una gama.



Sistema de Fabricación Flexible



Comunicaciones Industriales.

Introducción.

Comunicaciones industriales. Necesidad:

- La **automatización integrada** de la producción se realiza mediante un conjunto de dispositivos y **sistemas de control y gestión** de proceso asociados a diferentes niveles y que han de estar **intercomunicados**.

Nivel	Tipo de Sistema Electrónico de Control	Parámetro		
		Tiempo de respuesta	Relación (%) de tareas Gestión/Control	Operatividad exigible (%)
4	Computador de planta	De días a segundos	95-100/0-5	> 10
3	Controlador de área	De minutos a segundos	90-95/5-10	< 10
2	Controlador de célula	De segundos a milisegundos	80-90/10-20	80-90
1	Controlador de proceso	De milisegundos a microsegundos	5-10/90-95	90-95



Comunicaciones Industriales.

Introducción.

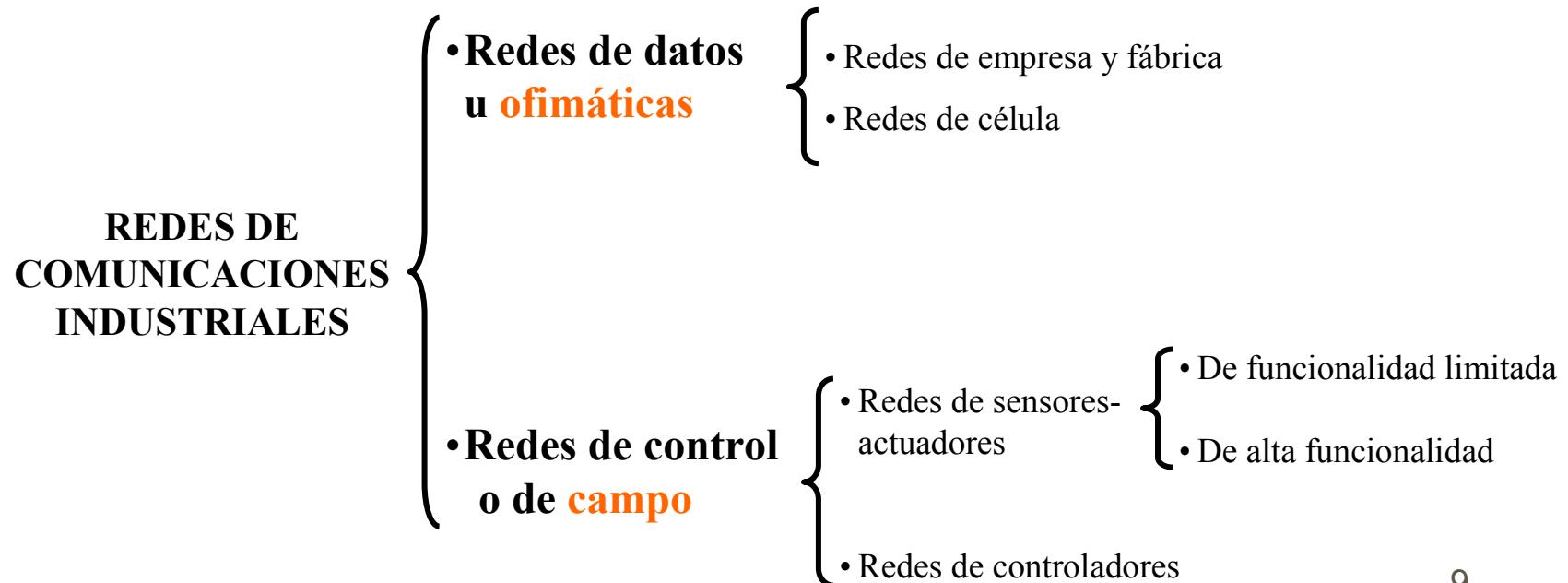
- En los **niveles superiores** de la pirámide CIM se trabaja frecuentemente con **grandes volúmenes de datos**, aunque el tiempo de respuesta **no** es en general **crítico** y se sitúa entre pocos segundos hasta minutos o incluso horas.
- Por el contrario, los sistemas electrónicos de control utilizados en los **niveles inferiores** de las fases de producción trabajan en tiempo real y debido a ello se les exigen tiempos de transmisión mucho más rápidos y, sobre todo, un **comportamiento determinista** de las comunicaciones, aunque los **volúmenes de información** a transmitir son, en general, **menos elevados**.



Comunicaciones Industriales.

Clasificación de las Redes Industriales.

- Las diferentes características (por ejemplo, **tiempos de respuesta**) exigidas al sistema de comunicaciones de cada uno de los niveles hacen que sea diferente el tipo de red de comunicaciones necesaria para implementarlo.





Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

- Se consideran redes de datos las dedicadas al establecimiento de las **comunicaciones** entre los **equipos informáticos** que conforman los niveles de empresa, fábrica, área y, en ocasiones, de célula de la pirámide CIM.
- Se clasifican por lo tanto en:
 - Redes de **empresa y fábrica**
 - Redes de **célula**





Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

Redes de empresa y fábrica (I):

- En este nivel se ejecutan, entre otras, las siguientes **aplicaciones informáticas**:
 - Programas **ERP** (*Enterprise Resource Planning*)
 - Programas **MES** (*Manufacturing Execution Systems*)
 - Programas **CAD/CAM/CAE** (*Computer Aided Design / Manufacturing / Engineering*)
 - Herramientas de aplicación general que permiten el trabajo en grupo (**Groupware**) del personal de todas las áreas de la empresa

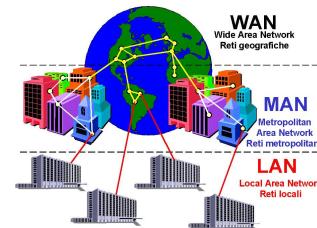
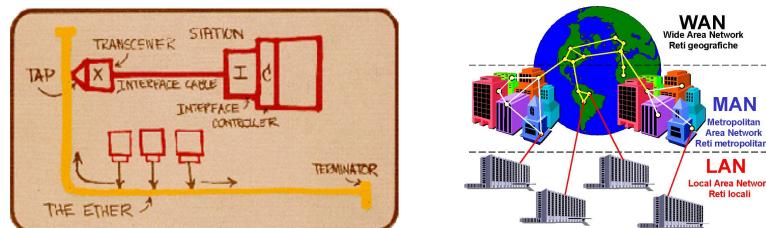


Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

Redes de empresa y fábrica (II):

- Cuando los sistemas enlazados están situados en la misma planta o emplazamientos próximos, o sea en redes de área local (**LAN**, *Local Area Networks*), la red más utilizada es **Ethernet – TCP/IP** (Ethernet fue diseñado por *Bob Metcalf* en PARC Xerox - 1972/3). Se estima que actualmente lo utiliza **más del 80%** de las comunicaciones en este sector.
- Para comunicar entre sí las distintas sedes de una empresa se utilizan redes de área metropolitana (**MAN**, *Metropolitan Area Networks*) y extensa (**WAN**, *Wide Area Networks*); un ejemplo de ellas es la red mundial conocida como **Internet**.





Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

Redes de célula (I):

- Las **redes de empresa** **no han sido diseñadas**, al menos inicialmente, para satisfacer determinados **requisitos** que son propios del ambiente **industrial**, entre los que destacan:
 - Funcionamiento en ambientes **hostiles** (perturbaciones FEM, temperaturas extremas, polvo y suciedad, ...)
 - Gran **seguridad** en el intercambio de datos en un **intervalo** cuyo límite superior se fija con exactitud ("**determinismo**") para poder trabajar correctamente en "tiempo real".
 - Elevada **fiabilidad** y **disponibilidad** de las redes de comunicación, mediante la utilización de dispositivos electrónicos, medios físicos redundantes y/o protocolos de comunicación que dispongan de mecanismos avanzados para detección y corrección de errores...



Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

Redes de célula (II):

- Por ello, en las dos últimas décadas del siglo XX se acrecentó el interés por desarrollar **redes de comunicación específicamente** diseñadas para **entornos industriales** y que diesen soporte a la intercomunicación entre las operaciones del nivel de fábrica y las del nivel de empresa.
- Fue **GM** la que, a mediados de los 80, desarrolló la red **MAP** (*Manufacturing Automation Protocol*). Posteriormente, en 1986 surge en el seno de la empresa **BOEING** la red **TOP** (*Technical and Office Protocol*).
- De la unión de ambos surgió el proyecto de red **MAP/TOP**, que contemplaba la capacidad de intercomunicación de los sistemas de control (**MAP**) con los de oficina de (**TOP**).



Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

Redes de célula (III):

- El **protocolo** más importante de la capa de **aplicación** de una red **MAP** (o derivadas de ella) es el conocido como **MMS** (*Manufacturing Message Specification*). Fue diseñado para facilitar la monitorización y gestión de sistemas de control de procesos de fabricación (CNC's, robots, PLC's, ...).
- A pesar de sus características, la red **MAP** casi **no se utiliza** actualmente por:
 - Cubre adecuadamente los requisitos solicitados, pero la **robustez** de sus protocolos proporciona, en la práctica, **tiempos de respuesta** en la comunicación **relativamente elevados** para los exigidos en el nivel de planta o fábrica.
 - Su **especificación es tan vaga** en algunos aspectos que se ha hecho muy **complejo y difícil** el desarrollo de interfaces, con lo que ello implica en **costes comerciales**.



Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

Redes de célula (IV):

- En la actualidad, constituye una línea de I+D+i de gran auge la **adaptación y redefinición** de las **tecnologías** que son normas ***de facto*** en las **redes de datos** para poder utilizarlas en el ámbito del control de procesos. Surgen las conocidas como redes **Industrial Ethernet**, cuya capa de enlace está basada en la técnica **Ethernet** y cuyos protocolos básicos de comunicación se fundamentan en **TCP/IP**.
- A grandes rasgos, estas redes tratan de **rediseñar** (en mayor o menor medida) el *hardware* y el *software* asociado a las capas inferiores de Ethernet para poder aplicarlo en los **ambientes más hostiles** de los niveles de **planta** (redundancia, redefinición de protocolos, mayores niveles de CEM, temperatura, humedad, vibraciones, ...)



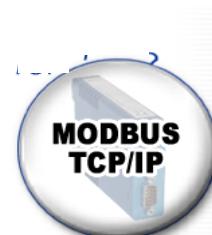
Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

Redes de célula (V):

- En lo que respecta a los **protocolos** de la capa de **aplicación** que se debe utilizar en las redes **Industrial Ethernet** en combinación con los protocolos de las capas inferiores, **no** existe actualmente una **solución única normalizada** y están propuestas diferentes soluciones como:

- **Modbus TCP**
- **EtherNet/IP**
- **PROFINet**
- **EtherCat**
- **Powerlink**
- **FF HSE**
- ...



<http://ethernet.industrial-networking.com/ethernet/intro.asp> 17

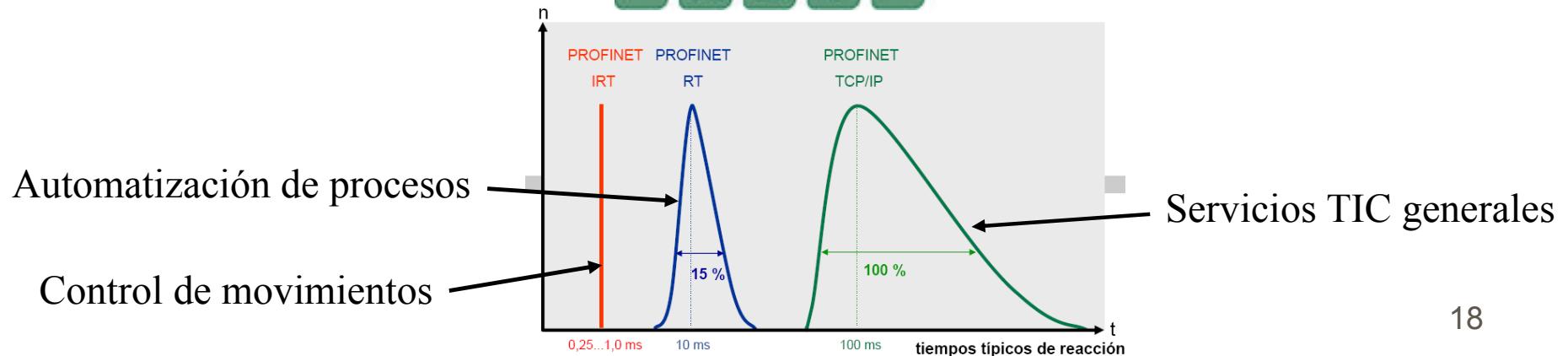


Comunicaciones Industriales.

Redes de datos.

Redes de célula (VI):

- También está en estudio la **modificación de la norma Ethernet** a fin de **reservar** un cierto **ancho de banda** para las necesidades de **comunicación determinista de la planta** (una de las propuestas, relacionada con “PROFINet”, denomina a esta solución con el calificativo de “Isócrona”, IRT).

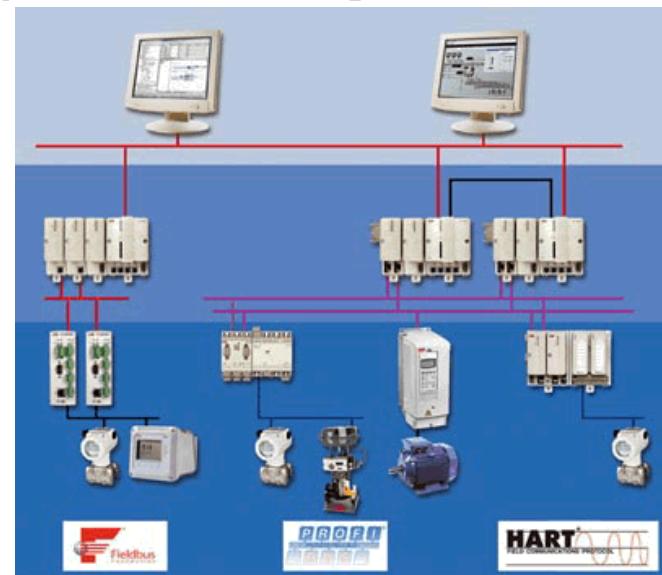




Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

- Suelen recibir el nombre genérico de **buses de campo** (*Fieldbuses*). Las redes de control resuelven los problemas de comunicación en los niveles inferiores de la pirámide CIM. Se utilizan, por tanto, para comunicar entre ellos **sistemas de control industrial** y/o con **dispositivos de campo**.
- Se clasifican en:
 - Redes de **controladores**
 - Redes de **sensores-actuadores**





Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

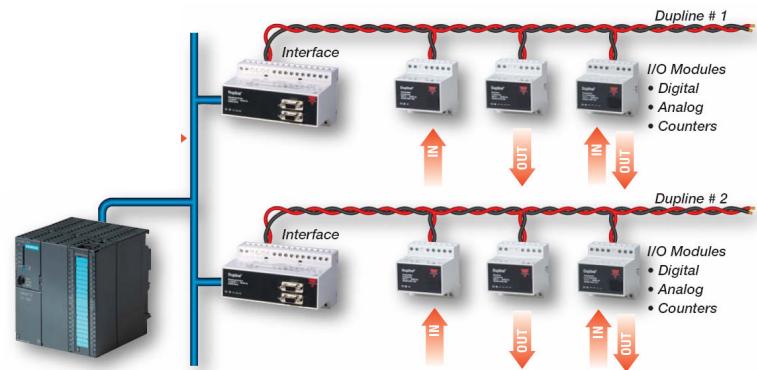
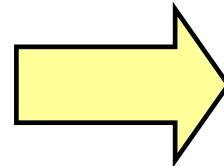
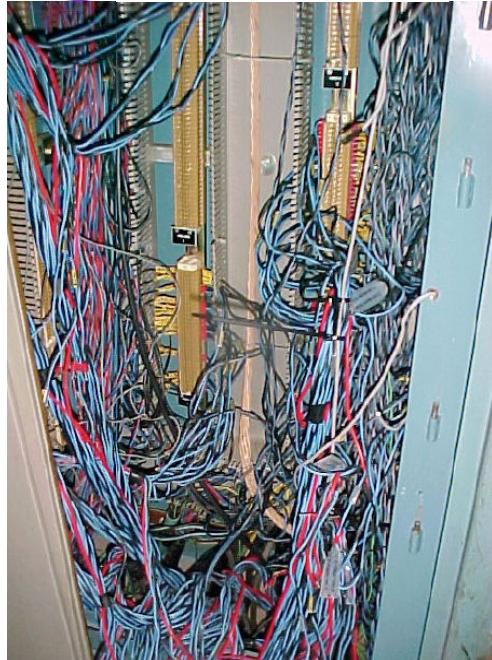
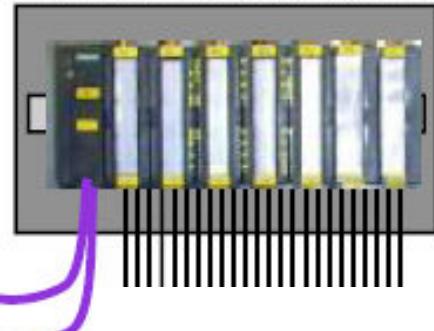
- **Históricamente**, el desarrollo de esta clase de redes (que se produjo en la **década de los 80**) fue debido a la elevación de la **complejidad** en la automatización de los sistemas industriales, que incrementó desmesuradamente el **volumen de cableado** que era preciso realizar para conectar a los equipos de control un elevado número de dispositivos sensores y actuadores mediante hilos independientes.
- Para resolver el problema, surgió la **idea** de conectar cada grupo de dispositivos de campo a un **procesador de comunicaciones** y éstos, a su vez y mediante otro procesador de comunicaciones, al sistema de control. Surgen así las **redes de sensores-actuadores**.



Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

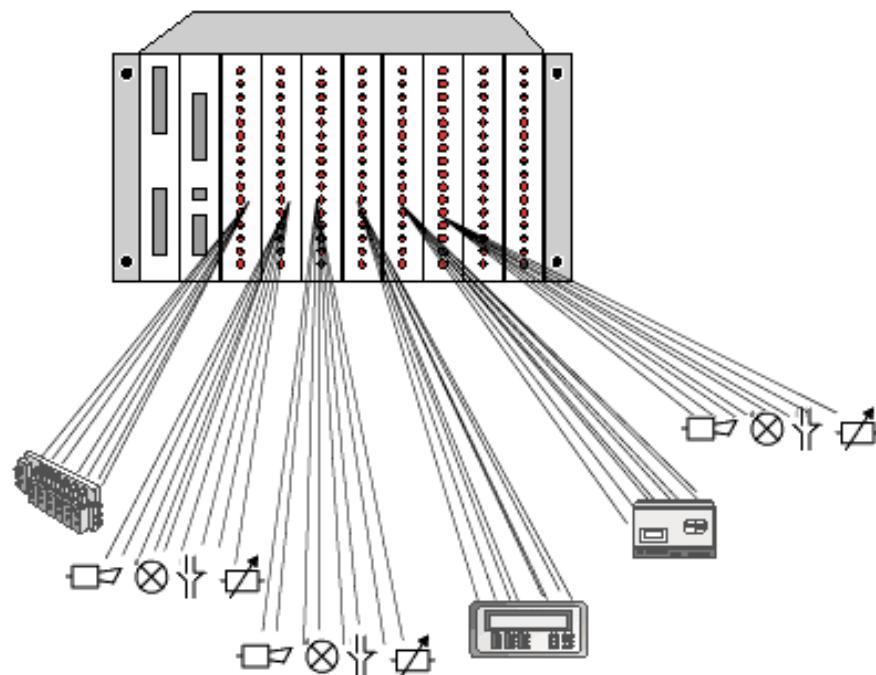
PLC with parallel wiring



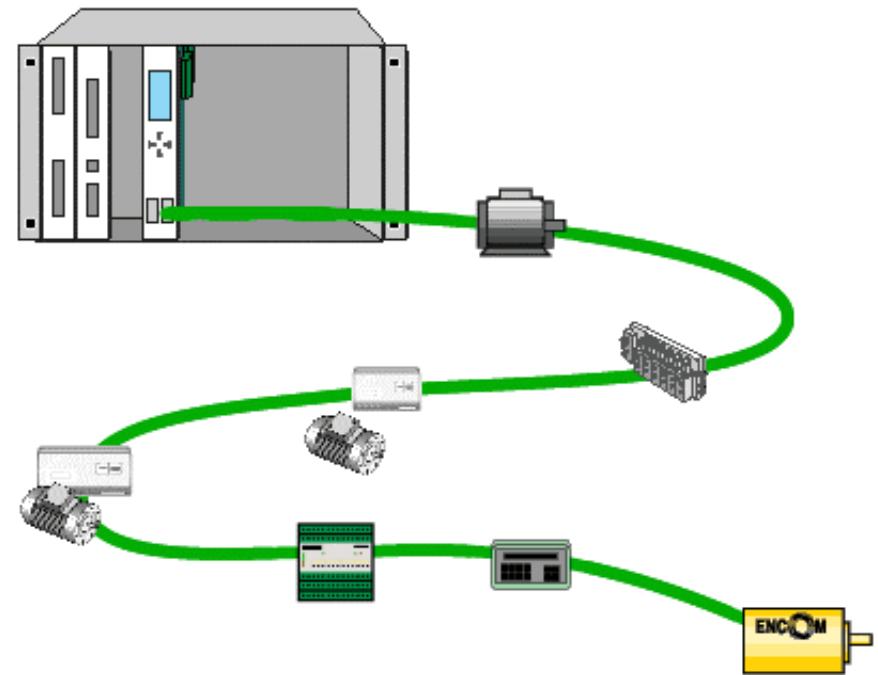


Comunicaciones Industriales.

Redes de control.



Cableado paralelo de sensores y actuadores

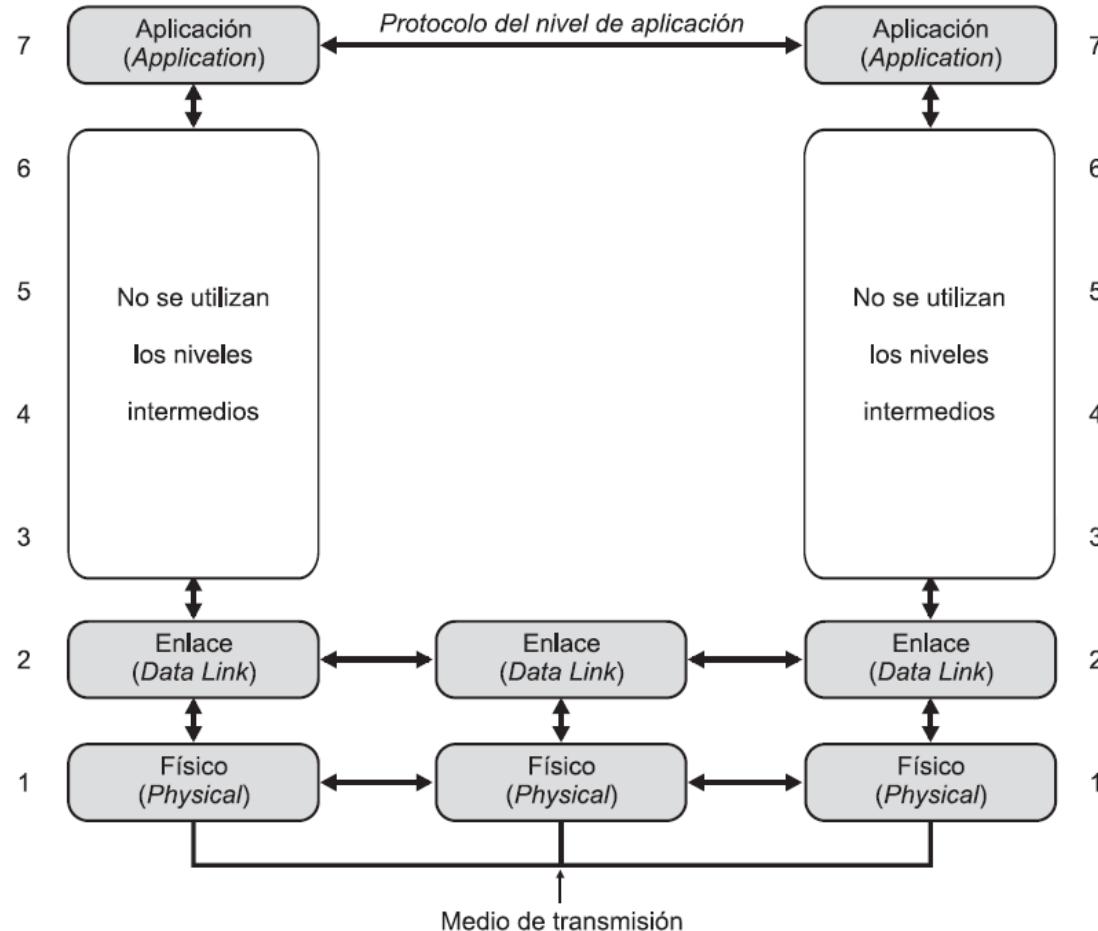


Bus de campo de sensores y actuadores



Comunicaciones Industriales.

Redes de control.



Modelo OSI simplificado utilizado en la mayoría de las redes de control



Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de controladores (I):

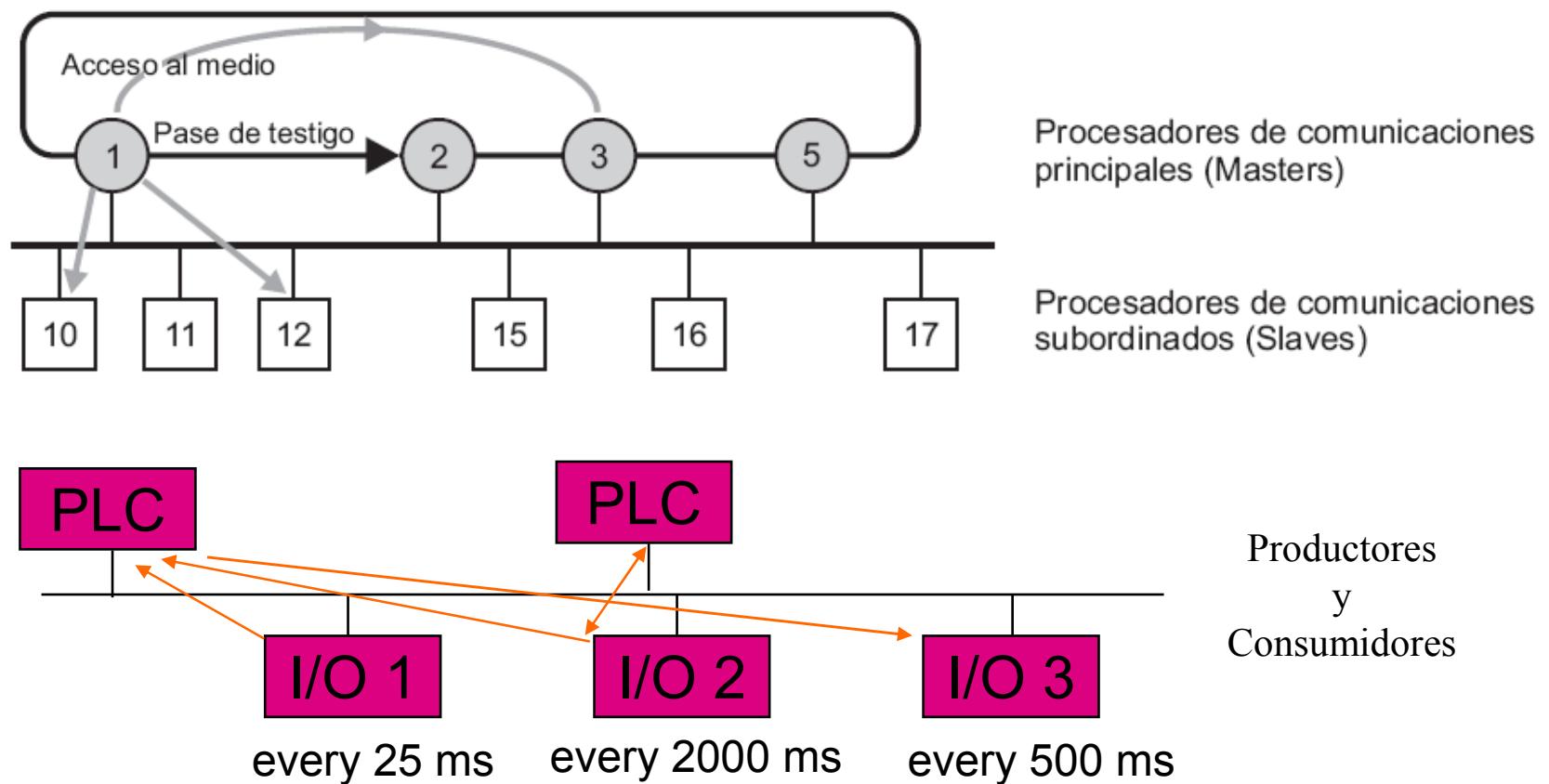
- Este tipo de redes de control están diseñadas para realizar la comunicación de **varios sistemas electrónicos de control** (PLC's, CNC's, robots, ...) **entre sí**.
- Son, por lo general, redes de área local de tipo **principal-subordinado** (*master-slave*) o **productor-consumidor** (*producer-consumer*) que poseen **varios nodos principales** (*Multimaster Networks*).
- Los **servicios** de comunicación que proporcionan permiten no sólo el intercambio estructurado de información sino también llevar a cabo las **tareas** de diagnóstico, programación, **carga**, descarga y ejecución y depuración de los **programas ejecutados** en ellos.



Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de controladores (II):

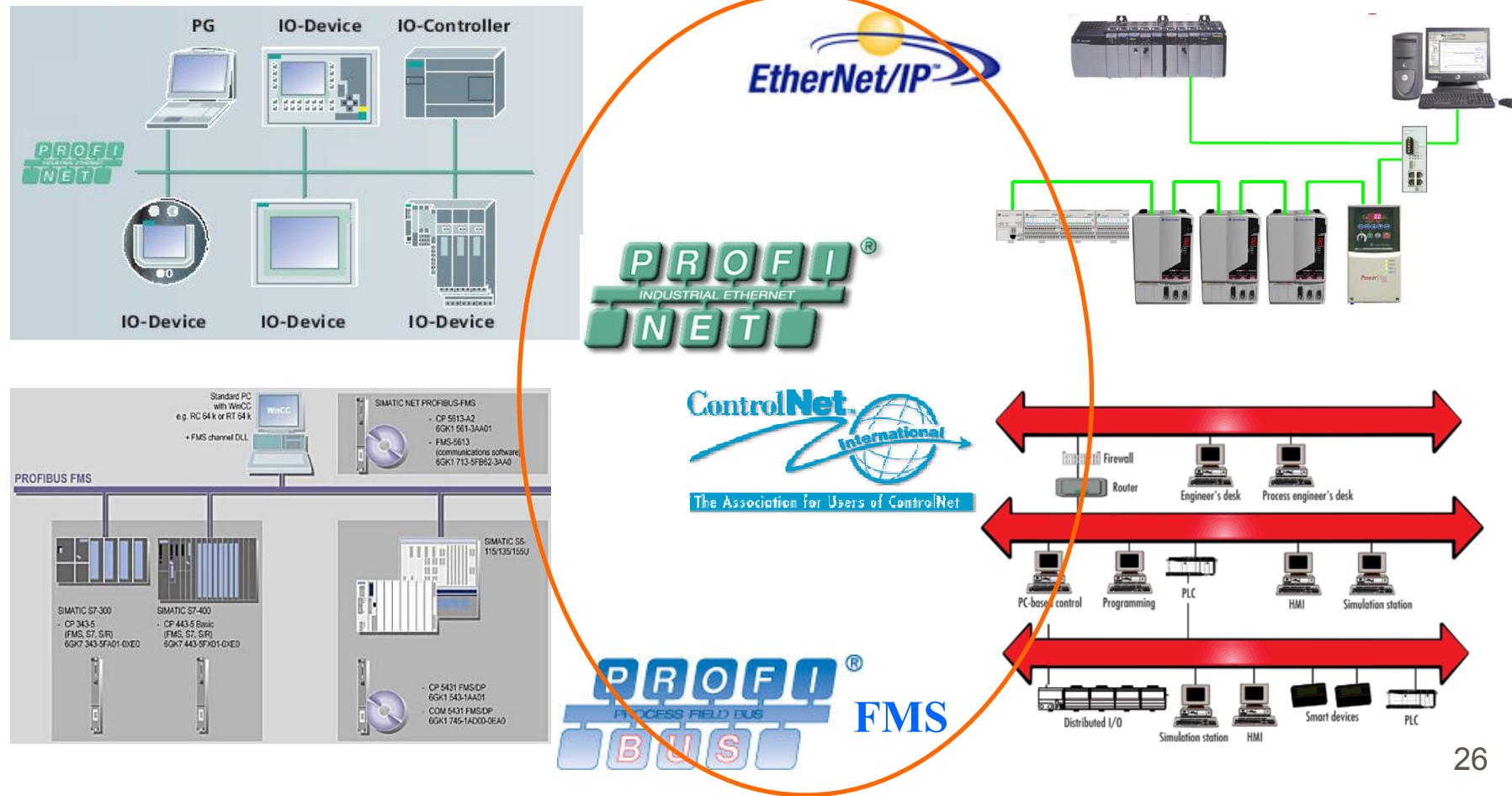




Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de controladores (III):



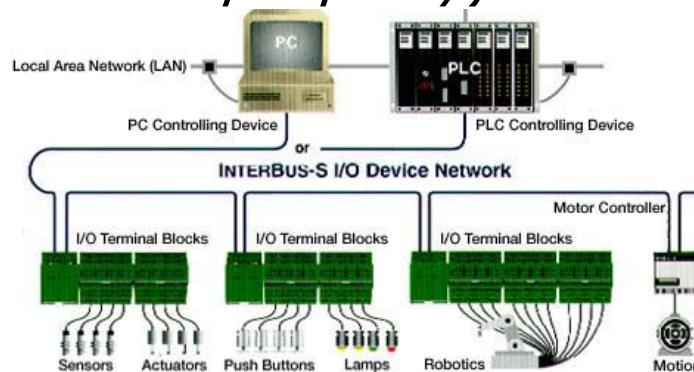


Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de sensores-actuadores (I):

- En este grupo se encuentran las redes de campo diseñados con el objetivo específico de intercomunicar los **sistemas electrónicos de control** con los **dispositivos de campo conectados al proceso**.
- Funcionan en aplicaciones de **tiempo real estricto** en una pequeña zona de la planta (típicamente una máquina o célula). Los fabricantes suelen denominarlas redes de **periferia distribuida** (*distributed periphery*).





Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de sensores-actuadores (II):

- Han sido numerosos los fabricantes que han desarrollado este tipo de redes, que se **diferencian** en aspectos como:
 - La posibilidad de disponer de **uno o más** nodos **principales** (*master*) en la red.
 - La comunicación de datos de sensores y actuadores **todo/nada** (*on/off*) o **analógicos**.
 - La capacidad de **diagnosis y/o parametrización** de los sensores y actuadores.
- Es frecuente, además, que los fabricantes traten de **normalizar** el **intercambio de información** con los dispositivos de **uso más frecuente** (**perfiles de comunicación**).

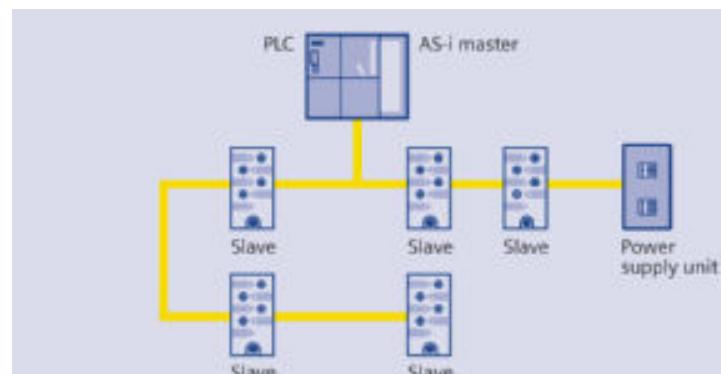


Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de sensores-actuadores de capacidad limitada:

- Las redes de sensores-actuadores de **capacidad funcional limitada** han sido diseñadas para integrar principalmente **dispositivos todo-nada** (fin de carrera, fotocélula, relé, ...).
- Se caracterizan por tener, en general, un **único nodo principal**.
- Como ejemplo de este tipo de redes se puede citar la red **AS-i** (*Actuator Sensor Interface*)





Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de sensores-actuadores de elevada capacidad (I):

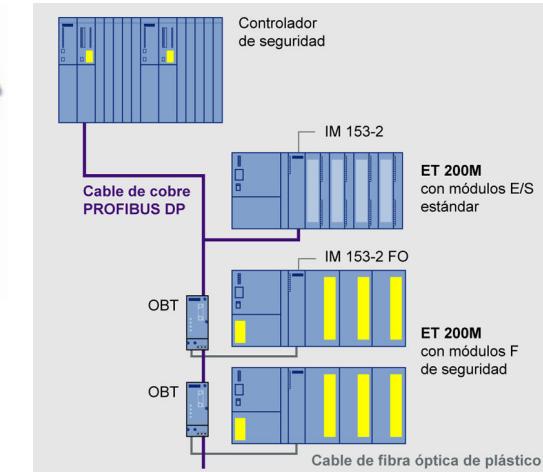
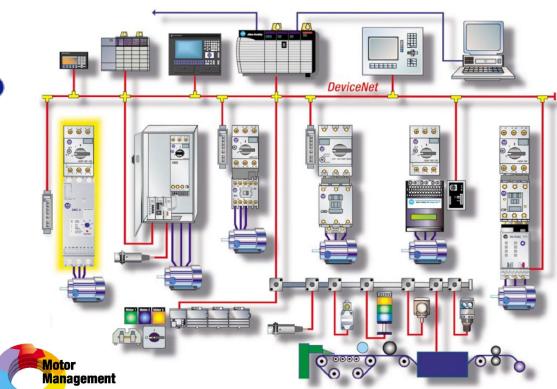
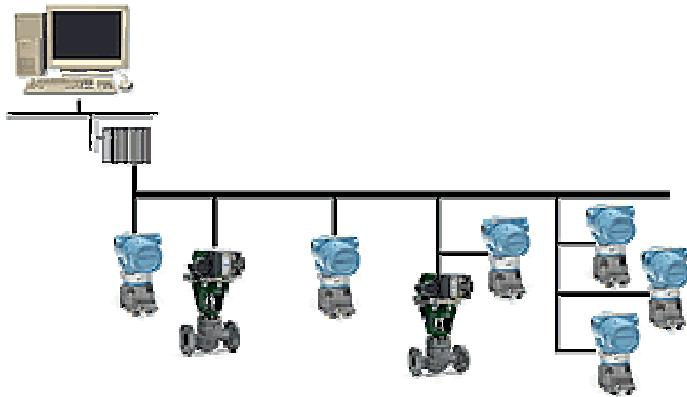
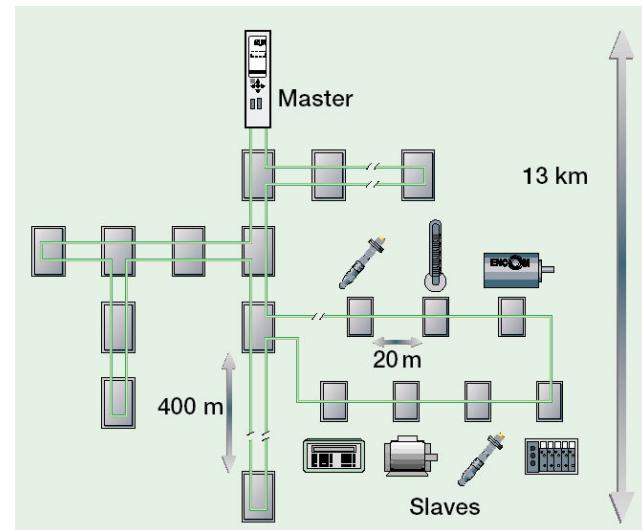
- Las redes de sensores-actuadores de **elevada capacidad funcional** disponen de una capa de enlace adecuada para el **envío eficiente** de bloques de datos de **mayor tamaño** que en el caso anterior.
- Estos mensajes más complejos permiten que, mediante ellas, se puedan **configurar, calibrar** e incluso **programar dispositivos de campo** (*Field Devices*) más **“inteligentes”** que los todo/nada (codificadores absolutos, sensores de temperatura, presión o caudal, variadores de velocidad, servoválvulas, etc.).



Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de sensores-actuadores de elevada capacidad (II):

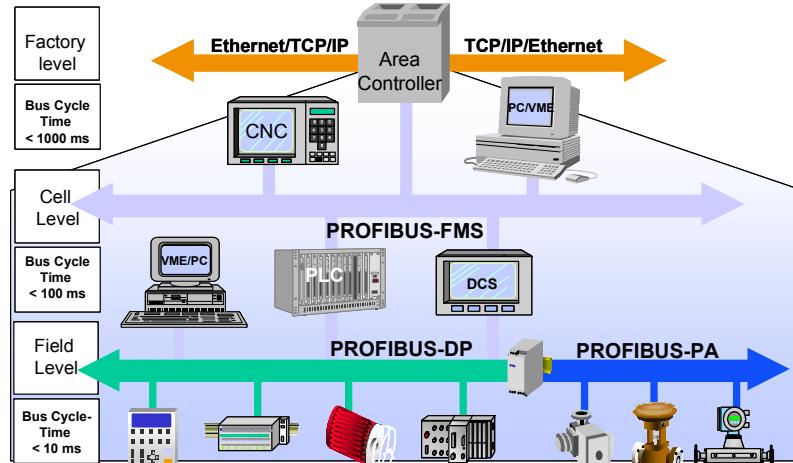




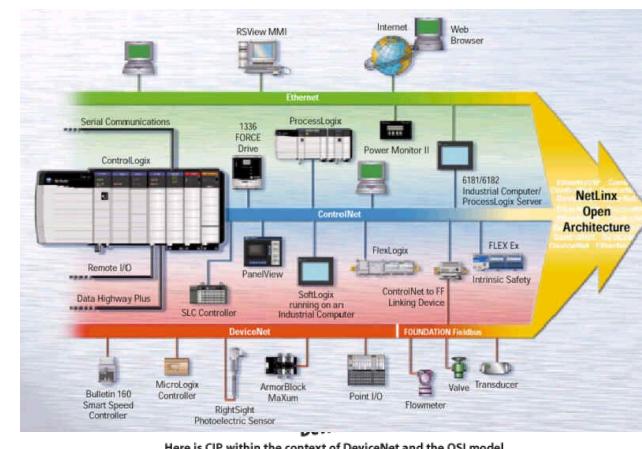
Comunicaciones Industriales.

Familias de redes industriales.

- Una **familia** de **redes industriales** es un conjunto de redes de datos y de control que **comparten** alguna/s de la/s capa/s del modelo OSI.
- Su objetivo es utilizar una **base común** y, a partir de ella, implementar un conjunto de **funcionalidades** que satisfagan los requisitos propios de **cada nivel CIM**.



Familia de redes PROFIBUS



Familia de redes NETLNX (CIP) 32



Red AS-i de sensores-actuadores.

Contenidos de la presentación

- 
- 1. Introducción**
 - 2. Características generales**
 - 3. Capa física de la red AS-i**
 - 4. Capa de enlace de la red AS-i**
 - 5. Capa de aplicación de la red AS-i**
 - 6. Componentes funcionales de una red AS-i**
 - 7. Implementación de una red AS-i**
 - 8. Ejemplo de aplicación**



Red AS-i de sensores-actuadores.

Introducción



1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación



Red o bus de campo AS-i:

- AS-i: "Actuator-Sensor Interface" (**EN 50295**). Su diseño fue realizado originariamente por **11 fabricantes** de **sensores, actuadores y sistemas de control**.
- **Permite** la **interconexión**, mediante un único canal de comunicación, de **un sistema de control** (Autómata Programable, Control Numérico, Computador Industrial, Robot, etc.) y un máximo* de **31 nodos** que constituyen procesadores de comunicaciones, a *cada uno* de los cuales se pueden conectar, como máximo*, **4 sensores y 4 actuadores todo/nada**.

* En su versión inicial (1.0). En la versión 2.1: 62 nodos y 4E/3S

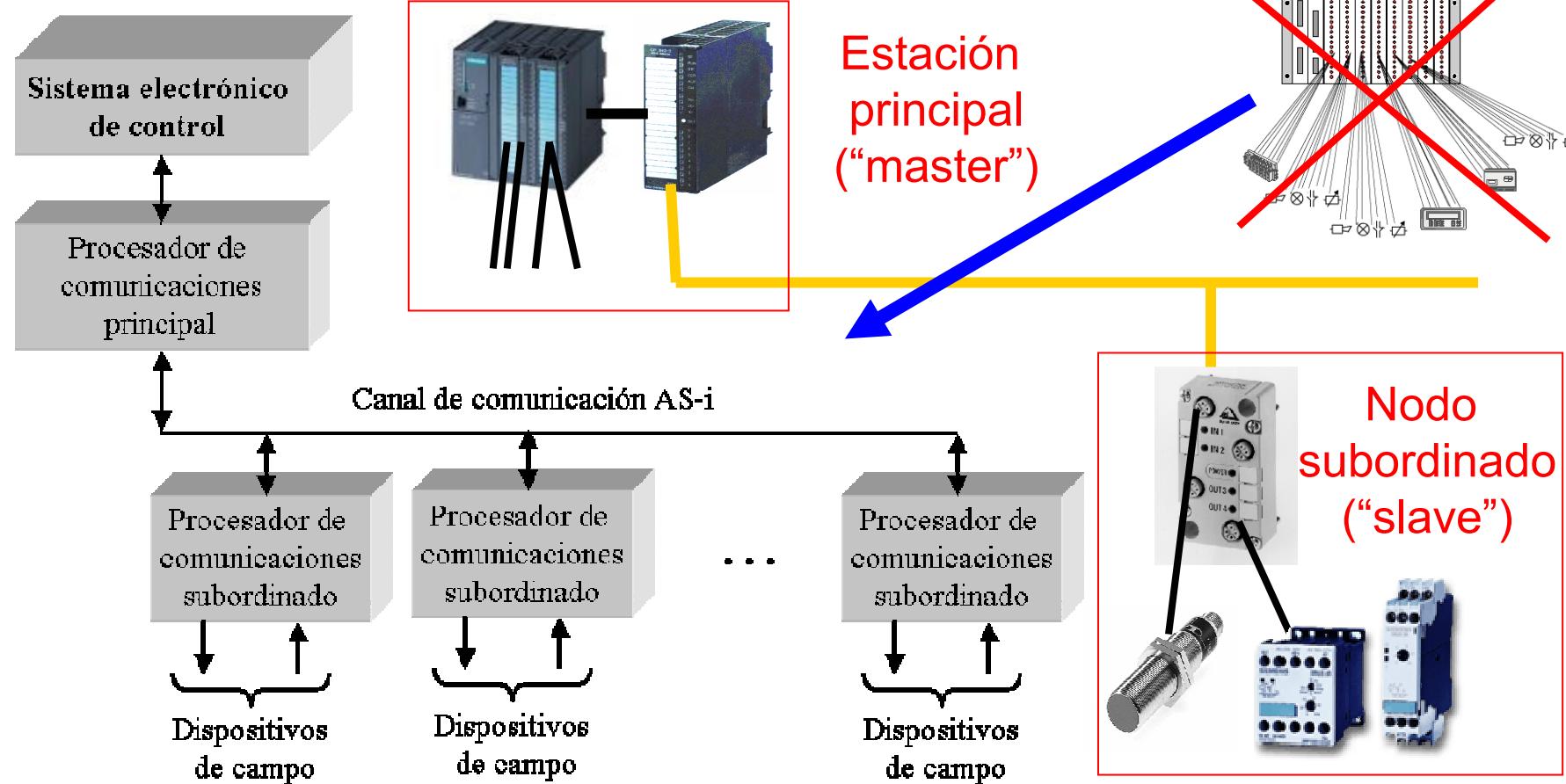


Red AS-i de sensores-actuadores.

Introducción

-
1. Introducción
 2. Características generales
 3. Capa Física de AS-i
 4. Capa de Enlace de AS-i
 5. Capa de Aplicación AS-i
 6. Componentes funcionales
 7. Implant. de una red AS-i
 8. Ejemplo de aplicación

Diagrama de bloques de una red AS-i:



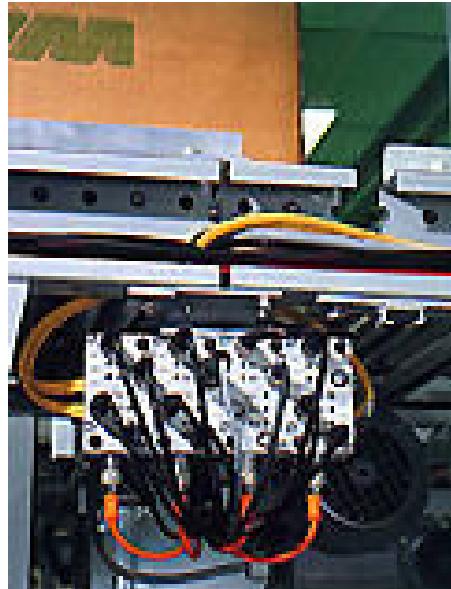


Red AS-i de sensores-actuadores.

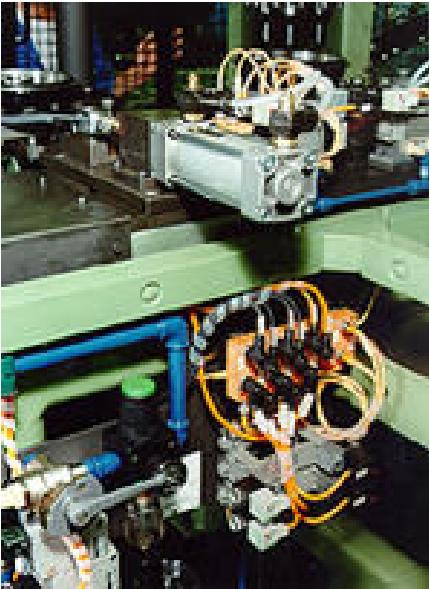
Introducción

- 1. Introducción
- 2. Características generales
- 3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i
- 5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales
- 7. Implant. de una red AS-i
- 8. Ejemplo de aplicación

Ejemplos típicos de aplicación industrial de AS-i:



Manutención
industrial



Ensamblaje
de piezas



Dosificación
y embalaje



Transporte
de producto



Red AS-i de sensores-actuadores.

Características generales

-
1. Introducción
 - 2. Características generales**
 3. Capa Física de AS-i
 4. Capa de Enlace de AS-i
 5. Capa de Aplicación AS-i
 6. Componentes funcionales
 7. Implant. de una red AS-i
 8. Ejemplo de aplicación

Requisitos industriales de la red AS-i:

- **Máximo nivel de descentralización:** el objetivo es *reducir al mínimo el cableado* existente entre el nodo subordinado y el sensor, llegando a fusionarlos en un único componente.
- **Máxima flexibilidad en la topología:** debe permitir *cualquier tipo de configuración topológica* para simplificar al máximo su tendido en máquinas, facilitar la reconfiguración del sistema, etc.
- **Simplicidad en la instalación y puesta en marcha:** debe disponer de un sistema de *conexionado rápido y fiable*, técnicas de *configuración sencilla* de la red, etc.
- **Normalización eléctrica y mecánica:** de este modo se *garantiza al máximo la modularidad e intercambiabilidad* de los componentes.
- En todo caso, uno de los objetivos es que sea una red de **bajo coste**, pero sin perder por ello características industriales.



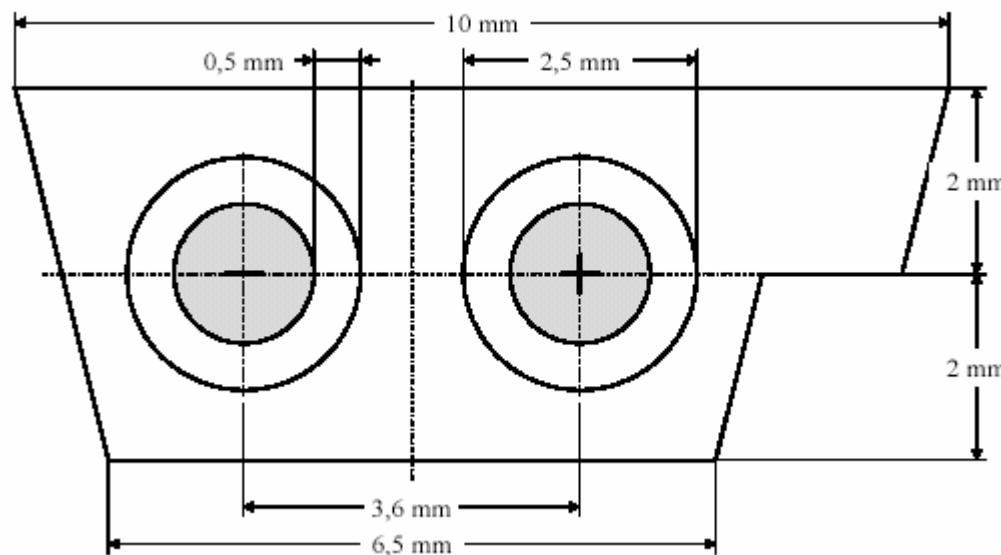
Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa Física de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Cable de conexión AS-i:

- Aunque puede utilizarse cable redondo convencional de dos hilos sin trenzar ni apantallar, la **norma AS-i define y recomienda el empleo de un cable plano de color amarillo** con guía de posicionamiento (DIN VDE 0295, clase 6) y un perfil especial que impide la inversión de polaridad en la conexión.



- Perfil asimétrico
- Autocicatrizable
- Flexible
- Protección IP65





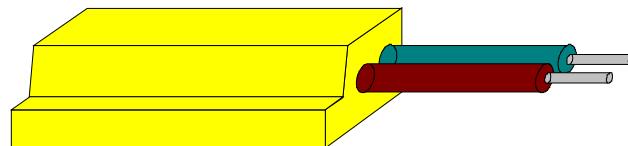
Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa Física de la red AS-i

- 1. Introducción
- 2. Características generales
- 3. **Capa Física de AS-i**
- 4. Capa de Enlace de AS-i
- 5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales
- 7. Implant. de una red AS-i
- 8. Ejemplo de aplicación

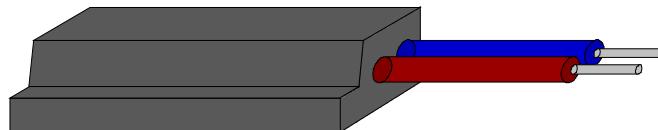
Cable de conexión AS-i (cont.):

- Por este cable circulan tanto las **señales que soportan el intercambio de información** como la **corriente continua de 30V_{dc}** que se puede utilizar para alimentar a dispositivos de campo de bajo consumo presentes en el sistema (hasta 8A).

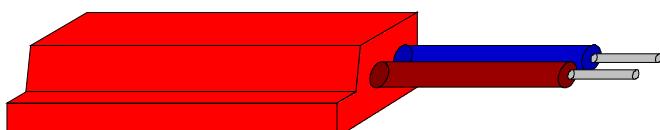


Amarillo – datos y alimentación a 30 Vdc

- Se han desarrollado **variantes** del cable plano que permiten aprovechar esta tecnología de conexionado para otros fines:



Negro – alimentación a 24 Vdc



Rojo – alimentación a 230 Vac



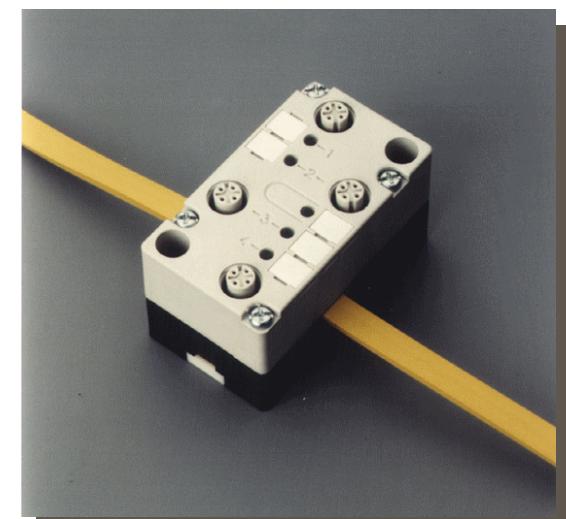
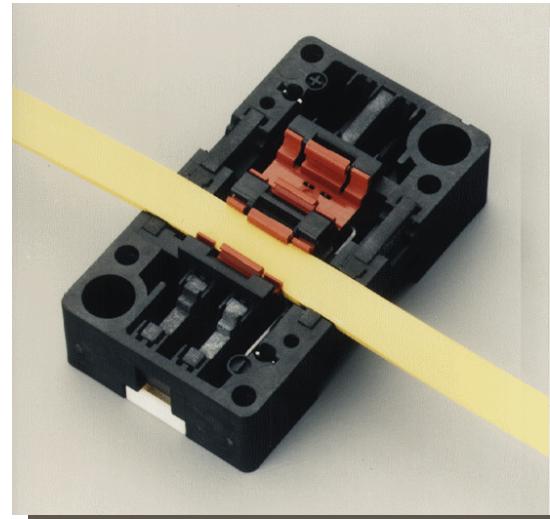
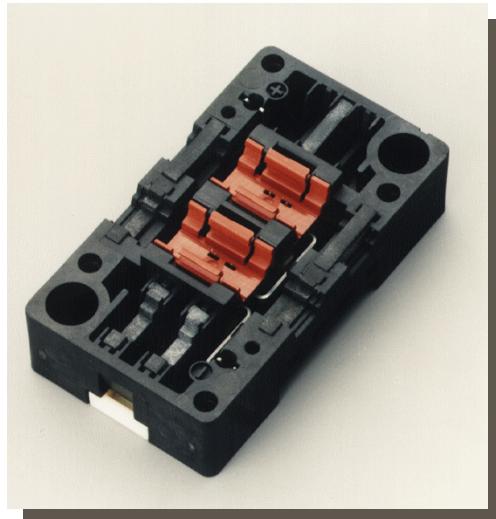
Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa Física de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. **Capa Física de AS-i**
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Método de conexión AS-i:

- El método definido por la norma consiste en la **perforación del aislamiento del cable plano AS-i** por medio de unas **cuchillas** que penetran en la cubierta de goma y establecen contacto con los dos hilos (método "**Vampiro**").





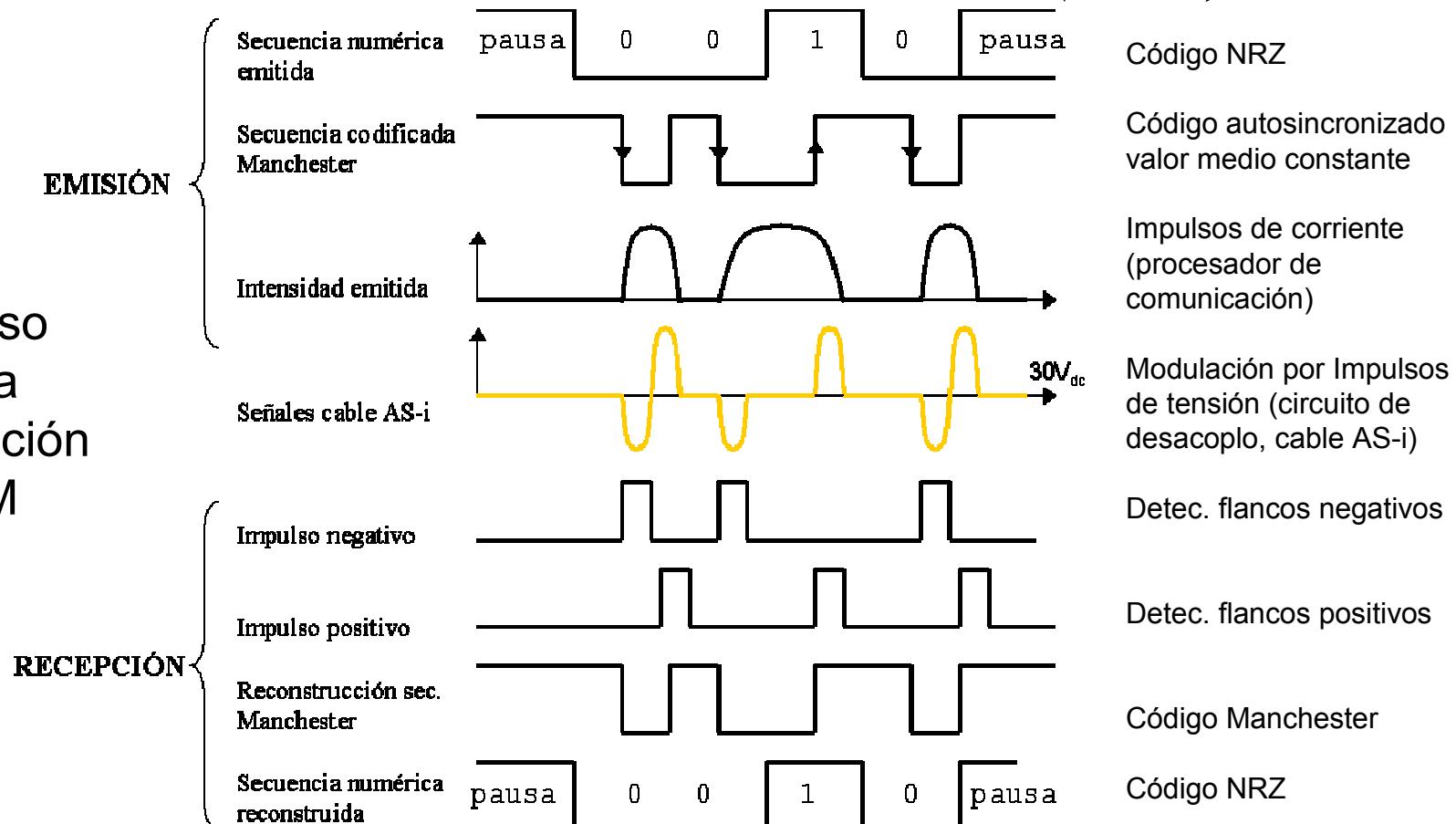
Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa Física de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. **Capa Física de AS-i**
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Proceso de modulación de la señal AS-i (cont.):

Proceso
de la
Modulación
APM





Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa Física de la red AS-i

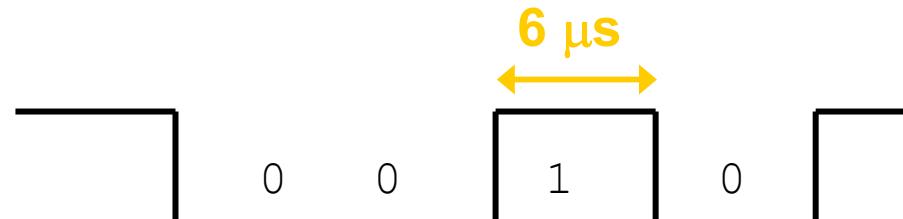
1. Introducción
2. Características generales
3. **Capa Física de AS-i**
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Proceso de modulación de la señal AS-i (cont.):

Esta técnica de modulación, junto con:

- las características eléctricas del cable de comunicación
- las topologías de red soportadas
- la distancia máxima de transmisión

hacen que la **duración** de cada **bit** pueda ser, a lo sumo, (con los requisitos exigidos) de **6 microsegundos**.



Por todo ello, la **velocidad de transmisión** de información en la red de campo AS-i se ha **normalizado** en **167 Kbits/segundo**.



Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de **Enlace** de la red AS-i

- 1. Introducción
- 2. Características generales
- 3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i**
- 5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales
- 7. Implant. de una red AS-i
- 8. Ejemplo de aplicación

Control de acceso al medio:

- La red AS-i sigue el **esquema** de comunicación **principal/subordinado** ("*master/slave*").
- En cada red AS-i existe **un único procesador principal** ("AS-i *master*") que se comunica con los **procesadores** o **nodos subordinados** ("AS-i *slaves*") presentes en la red.
- El procesador principal **consulta, de forma cíclica y por turno** ("*cyclical polling*"), a todos los nodos subordinados. **En cada ciclo**, el procesador **recibe información** sobre el estado de los **sensores** y **actualiza la información** de los **actuadores** conectados a cada nodo subordinado.
- Para ello se produce un **intercambio de mensajes**, entre el procesador principal y los subordinados.

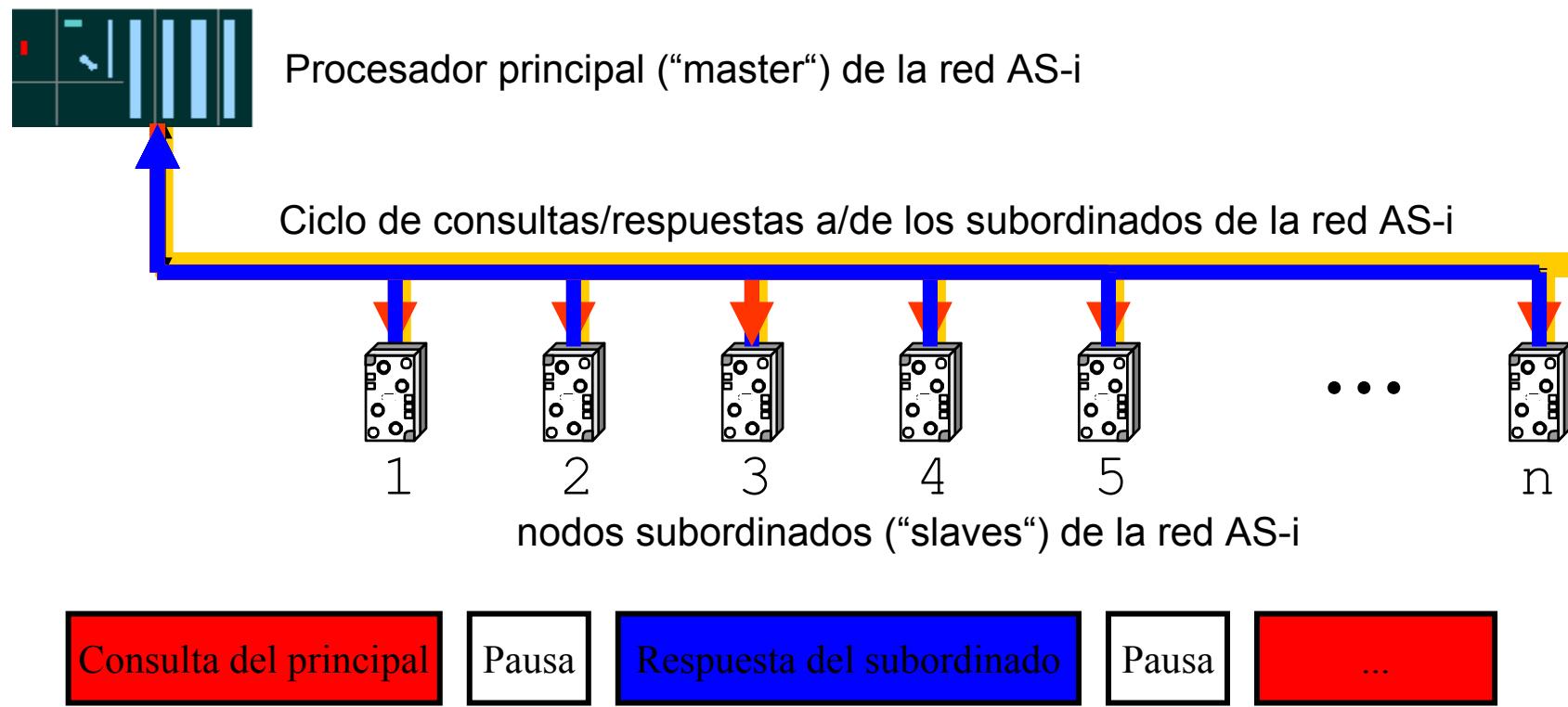


Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Control de acceso al medio. Consulta cíclica:



Estructura general de un **intercambio de mensajes** en AS-i



Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Control lógico:

La subcapa de control lógico establece:

- La forma de **identificar funcionalmente** y **direccionar** los procesadores de comunicación **subordinados**
- La forma de **parametrizar** los procesadores **subordinados**.
- Los **modos de funcionamiento** (máquina de estados) del propio **procesador** de comunicaciones **principal**.
- La **estructura de los mensajes** utilizados para llevar a cabo las funciones que controlan el intercambio de información.
- El **formato de las órdenes de protocolo** de enlace de la red de comunicaciones AS-i.



Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Identificación funcional de los subordinados:

Todos los módulos subordinados al bus AS-i se definen mediante **dos combinaciones binarias de 4 bits** que constituyen un **perfil AS-i** ("AS-i profile"). Dichas combinaciones se denominan.

- **Código de entrada/salida** ("I/O Code"): especifica el tipo de dispositivos de campo conectables a cada uno de sus terminales de conexión (*E*, *S*, *E/S* y *E/S/NU*).
- **Código de identificación** ("ID Code"): define su funcionalidad, es decir, el tipo de dispositivo de campo para el que ha sido diseñado. Algunos códigos ya están normalizados por la asociación AS-i (arrancador de motor, electroválvula con sensor de posición, "libre", etc.).

El **fabricante** de un determinado **módulo AS-i subordinado** debe introducir (dentro de su procesador de comunicaciones) el **perfil AS-i** correspondiente al tipo de módulo.



Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Identificación funcional de los subordinados (cont.):

I/O Code	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit4	Perfil E/S
0	E	E	E	E	4E
1	E	E	E	S	3E/1S
2	E	E	E	E/S	4E/1S
3	E	E	S	S	2E/2S
4	E	E	E/S	E/S	4E/2S
5	E	S	S	S	1E/3S
6	E	E/S	E/S	E/S	4E/3S
7	E/S	E/S	E/S	E/S	4E/4S
8	S	S	S	S	4S
9	S	S	S	E	1E/3S
A	S	S	S	E/S	1E/4S
B	S	S	E	E	2E/2S
C	S	S	E/S	E/S	2E/4S
D	S	E	E	E	3E/1S
E	S	E/S	E/S	E/S	3E/4S
F	E/S/NU	E/S/NU	E/S/NU	E/S/NU	4E/4S o no utilizado

Códigos de E/S establecidos por la asociación AS-i

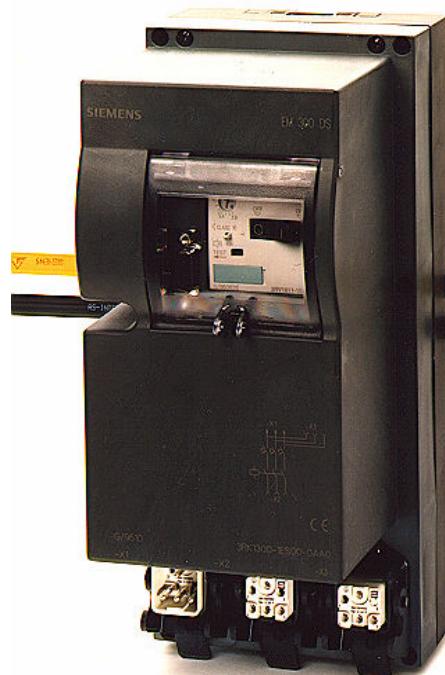


Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Identificación funcional de los subordinados (cont.):



IO/Code: D → (3E/1S)

ID Code: 1

	Tipo	Significado
S	S	Activar/desactivar
E	E	Realimentación estado
E	E	Aviso protección magne
E	E	Equipo preparado para



Perfil AS-i “S-D.1” establecido por la asociación para un dispositivo **arrancador de motor** (directo, no inverter)



Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. **Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Identificación de dirección de los subordinados:

Además de su *perfil AS-i*, cada módulo subordinado tiene asociada una **combinación binaria de 5 bits**, que establece su **dirección AS-i** ("Address") dentro de la red.

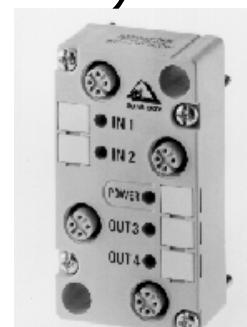
El **fabricante** suministra los módulos con **la dirección por defecto (0)** y el usuario la **cambia** por la correspondiente a la dirección que dicho módulo deba tener en la aplicación concreta (entre **1** y **31***).



Módulo AS-i
(dir. de fábrica)



Programador de
direcciones AS-i



Módulo AS-i
(dir. modificada)

1-31*



Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

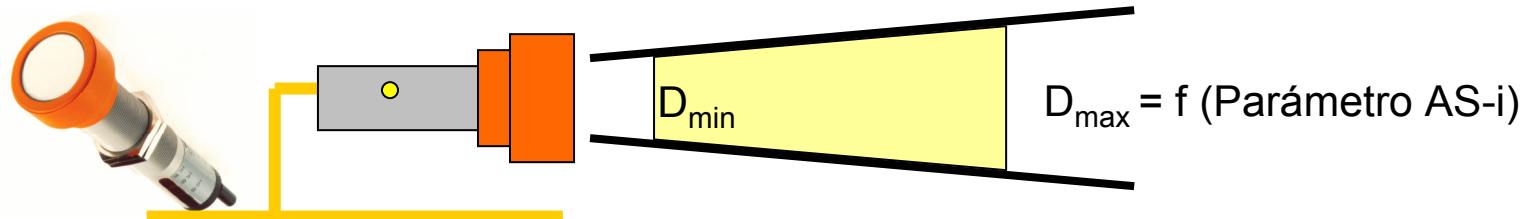
1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. **Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Parametrización de los subordinados:

En la norma AS-i está previsto que se puedan establecer **diferentes modos de operación** de los **dispositivos de campo** conectados a la red. Para ello, el procesador de comunicaciones principal puede enviar una **combinación binaria de 4 bits** a **cada subordinado**, que se denomina:

- **Parámetro** ("*Parameter*"): variable que sirve para modificar las **características de funcionamiento** de un sensor o actuador.

Ejemplo: Sensor AS-i de distancia basado en ultrasonidos. Variación del rango de medida en función del parámetro AS-i.





Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Funcionamiento del procesador Principal:

El **procesador de comunicaciones principal** ("*master*") lleva a cabo las siguientes **funciones básicas**:

- **Inicialización** de la **red**
- **Detección** e **identificación** de los módulos **subordinados** conectados a la misma.
- **Transmisión** de los **parámetros** de configuración y **activación** de los subordinados.
- **Intercambio cíclico** de los datos de Entrada/Salida.
- **Diagnóstico** o gestión de la red (estado de los procesadores subordinados, fallo de alimentación, ...)
- **Transmisión** de los **fallos** detectados al **sistema de control**.
- **Asignación de nuevas direcciones** a los subordinados en caso de cambio de configuración (por ejemplo, sustitución de un módulo AS-i).



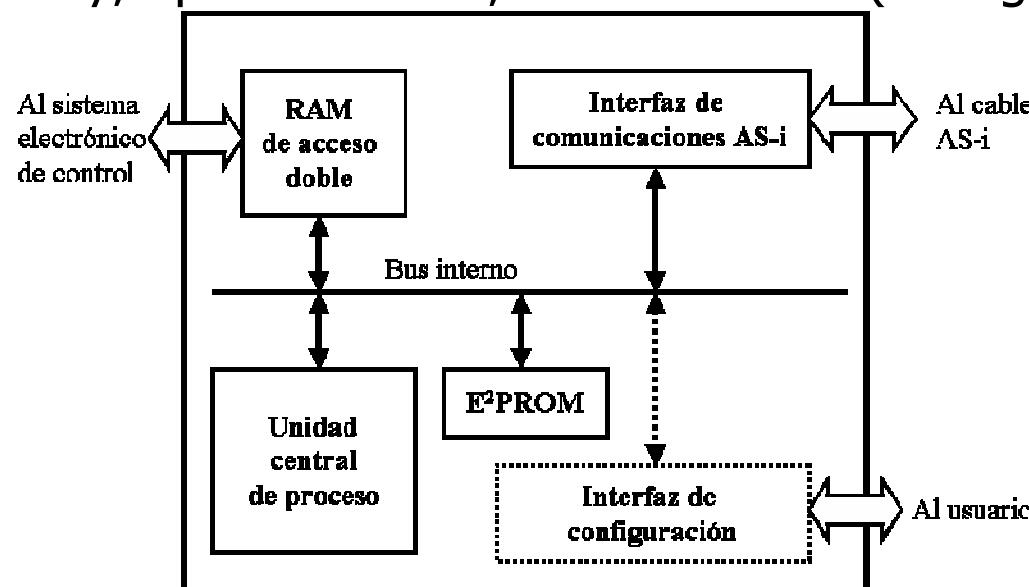
Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. **Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Procesador Principal. Diagrama de bloques:

Para poder realizar estas acciones, el procesador de comunicaciones principal ("AS-i master") es básicamente un **procesador digital conectado** con el **sistema de control** a través de una memoria de acceso aleatorio doble ("Dual-Port RAM"), con **la red AS-i** a través de un interfaz de comunicaciones y, opcionalmente, con el **usuario** (configuración).



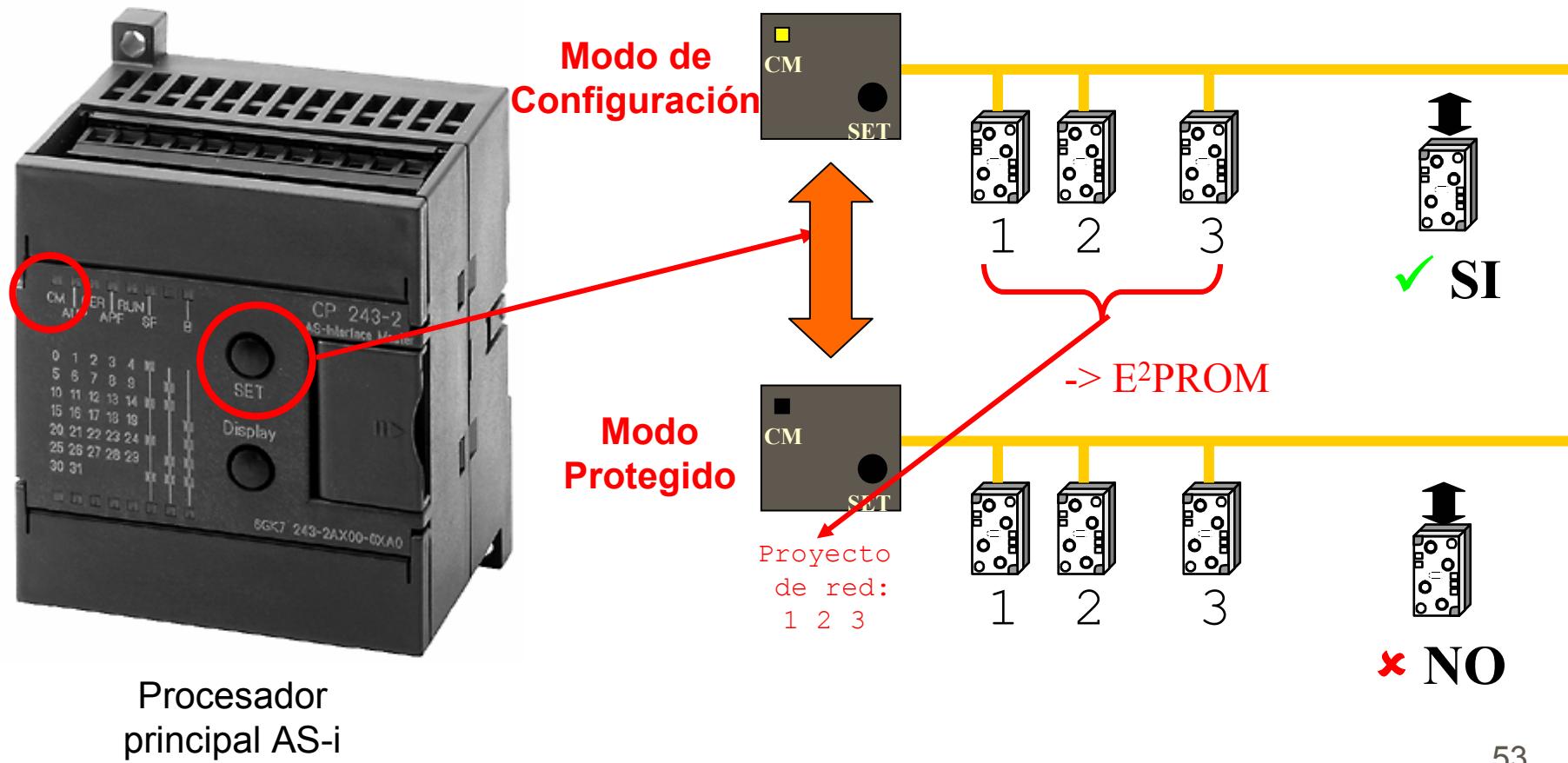


Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Procesador Principal. Modos de funcionamiento:





Red AS-i de sensores-actuadores.

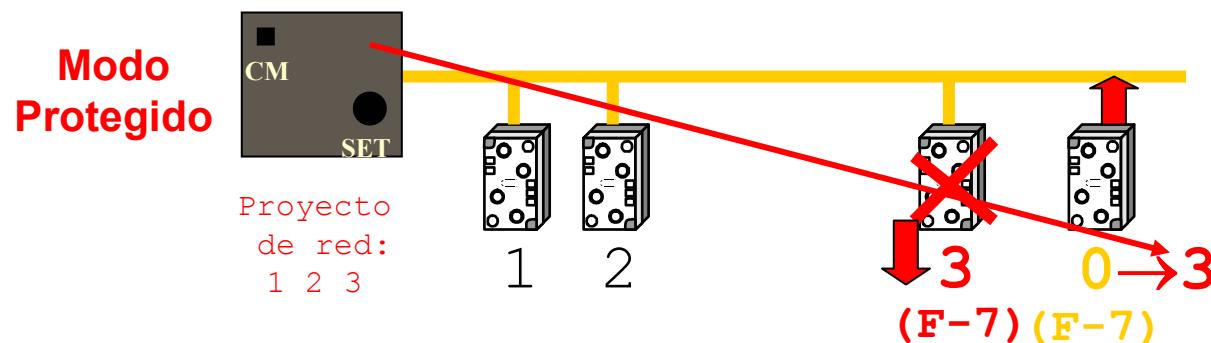
Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. **Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Procesador Principal. Modos de funcionamiento (cont.):

Cuando el procesador principal se encuentra en **modo protegido**, posee además la capacidad de realizar **direcccionamiento automático** ("*automatic addressing*") de módulos subordinados.

Esta capacidad consiste en asignarle dirección, de forma *transparente para el usuario*, a un único módulo subordinado nuevo en la red (con la dirección **0**) que sustituya a otro defectuoso con el que comparte idéntica configuración ("*I/O Code*" - "*ID Code*").



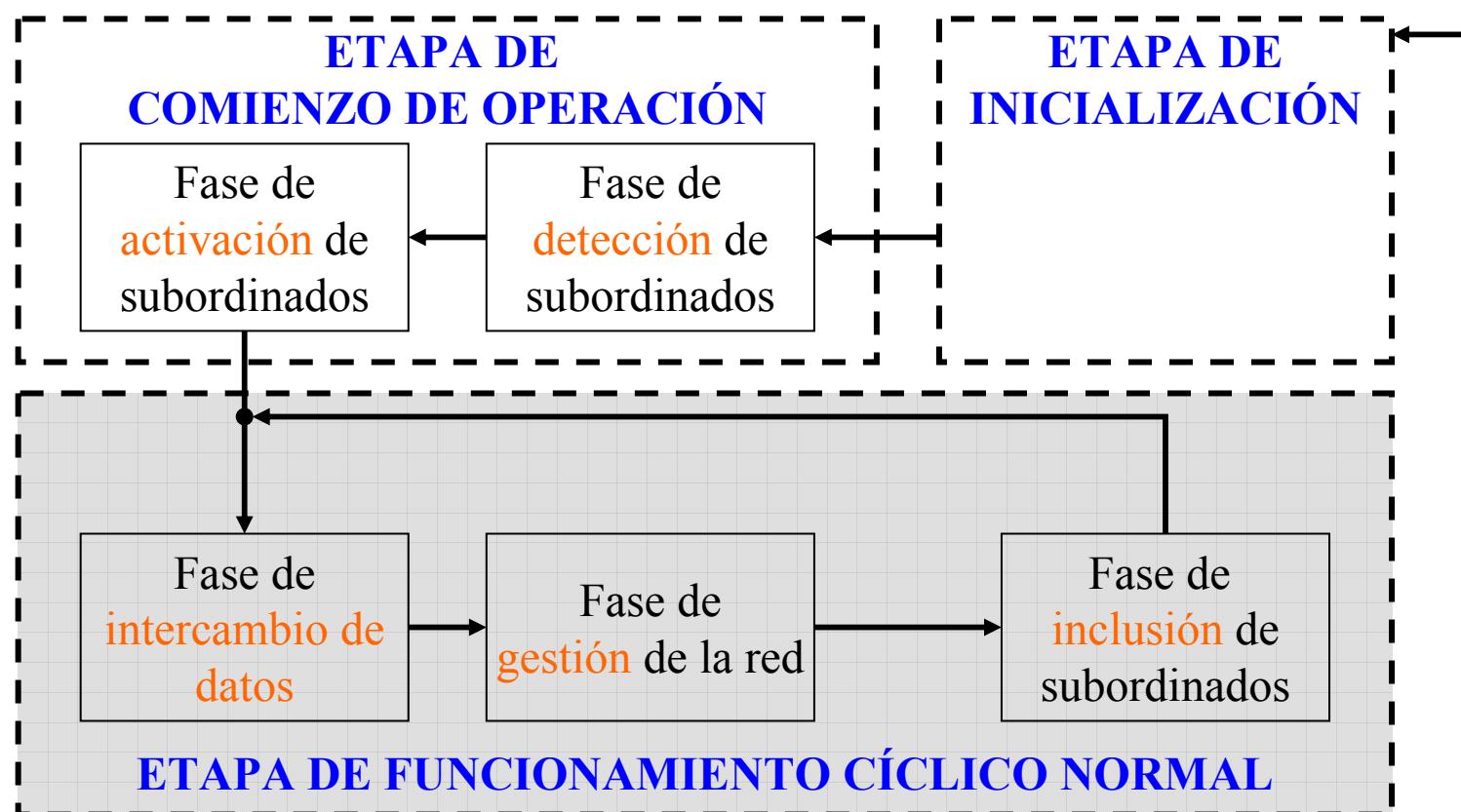


Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. **Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Procesador Principal. Etapas de funcionamiento:





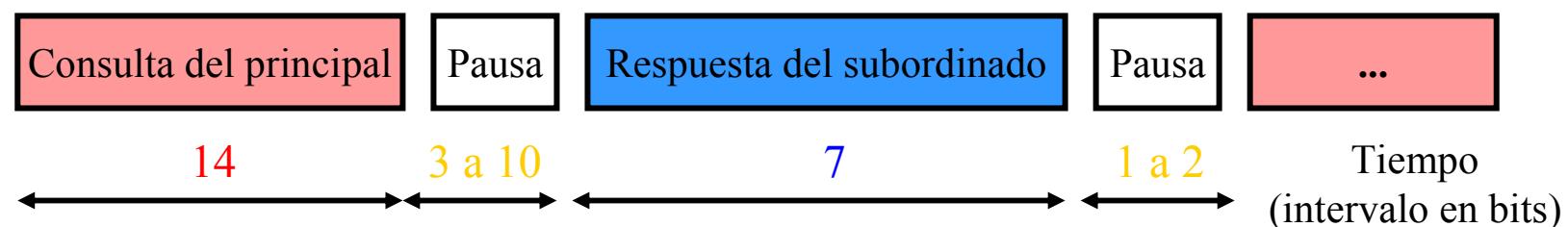
Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

- 1. Introducción
- 2. Características generales
- 3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i**
- 5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales
- 7. Implant. de una red AS-i
- 8. Ejemplo de aplicación

Formato de los mensajes AS-i:

El proceso de comunicación se lleva a cabo mediante el **intercambio de información** entre el procesador de comunicaciones principal y cada uno de los subordinados **a través de mensajes** con la siguiente estructura:



La *unidad de tiempo* para el envío de un bit de información es de $6 \mu\text{s}$. Por lo tanto, el **tiempo** dedicado por lo general a una **transacción de información** con **un módulo subordinado** del sistema es de:

$$(14 + 4 + 7 + 1) * 6 \mu\text{s} = 26 * 6 \mu\text{s} = 156 \mu\text{s}$$



Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

- 1. Introducción
- 2. Características generales
- 3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i**
- 5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales
- 7. Implant. de una red AS-i
- 8. Ejemplo de aplicación

Órdenes del protocolo de enlace de AS-i:

- El **procesador de comunicaciones principal** de la red AS-i **puede enviar** a los subordinados **9 tipos de órdenes distintas**:

1. Intercambio de datos ("Data Exchange")
2. Escritura de parámetros ("Write Parameter")
3. Asignación de dirección ("Assign Address")
4. Supresión de dirección ("Delete Address")
5. Inicialización ("Reset")
6. Lectura de la configuración de E/S ("Read I/O Configuration")
7. Lectura del código de identificación ("Read ID Code")
8. Lectura de estado ("Read Status")
9. Lectura y puesta a cero del estado ("Read and Reset Status")



Red AS-i de sensores-actuadores. Capa de **Aplicación** de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
- 5. Capa de Aplicación AS-i**
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación



Capa de Aplicación de AS-i:

- Está constituida por un conjunto de **tablas de información compartidas** (a través de, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio doble - *"Dual Port RAM"*) **entre el sistema de control** y **el procesador de comunicaciones principal**.
- De acuerdo con la norma AS-i, se establecen 4 tipos diferentes de tablas:
 1. Tablas de **datos de usuario** (*"User Data"*)
 2. Tablas de **datos de configuración** (*"Configuration Data"*)
 3. Tablas de **datos de conf. permanente** (*"Permanent Config. Data"*)
 4. Tabla de **indicadores de estado AS-i** (*"AS-i flags"*)



Red AS-i de sensores-actuadores.

Comp. Funcionales de la red AS-i

- 1. Introducción
- 2. Características generales
- 3. Capa Física de AS-i
- 4. Capa de Enlace de AS-i
- 5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales**
- 7. Implant. de una red AS-i
- 8. Ejemplo de aplicación



Componentes Funcionales de una red AS-i:

- De forma general, entre los elementos más significativos que se puede encontrar en una red AS-i destacan:
 1. Fuente de alimentación AS-i
 2. Módulos de conexión o acoplamiento
 3. Módulos electrónicos de usuario (o módulos de E/S)
 4. Sensores/actuadores con circuito integrado AS-i
 5. Aparatos de diagnóstico y direccionamiento AS-i
 6. Repetidores AS-i
 7. Módulos principales AS-i
 8. Módulos pasarela AS-i



Red AS-i de sensores-actuadores.

Comp. Funcionales de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales**
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Fuente de alimentación AS-i:

- La transmisión conjunta de datos y energía hace necesario que la fuente de alimentación disponga de un **círculo de desacoplo** que disponga de una elevada impedancia en la banda de frecuencia utilizada para transmitir la información.

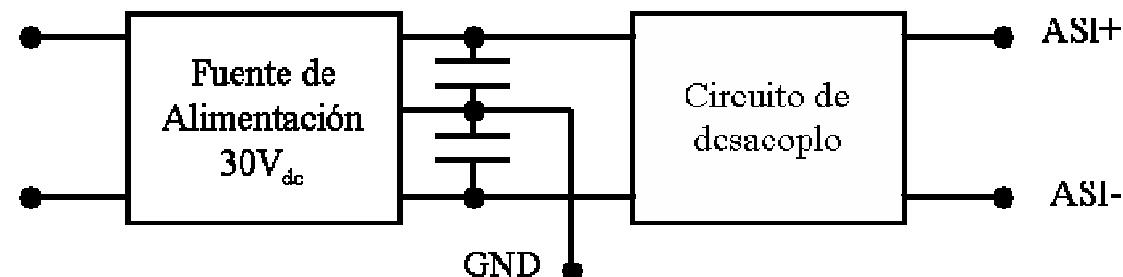


Diagrama de bloques de una fuente de alimentación AS-i



Fuentes AS-i comerciales con grados de protección desde IP20 hasta IP67



Red AS-i de sensores-actuadores.

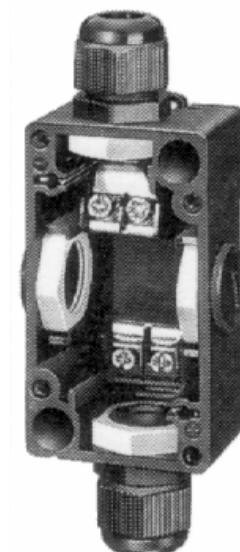
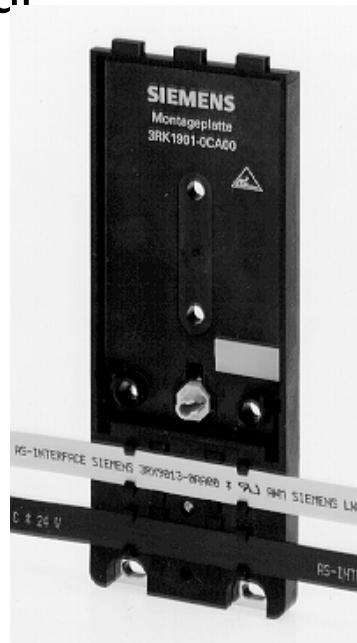
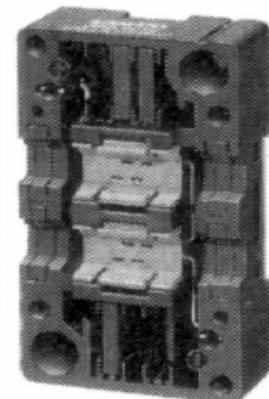
Comp. Funcionales de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales**
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación



Módulos de conexión o acoplamiento:

- Son las bases a las que se conectan los módulos electrónicos de usuario. Su misión es el establecimiento de conexión entre estos últimos con el cable AS-i amarillo y, opcionalmente, con la alimentación auxiliar



Módulos de conexión para cable plano AS-i o cable redondo convencional



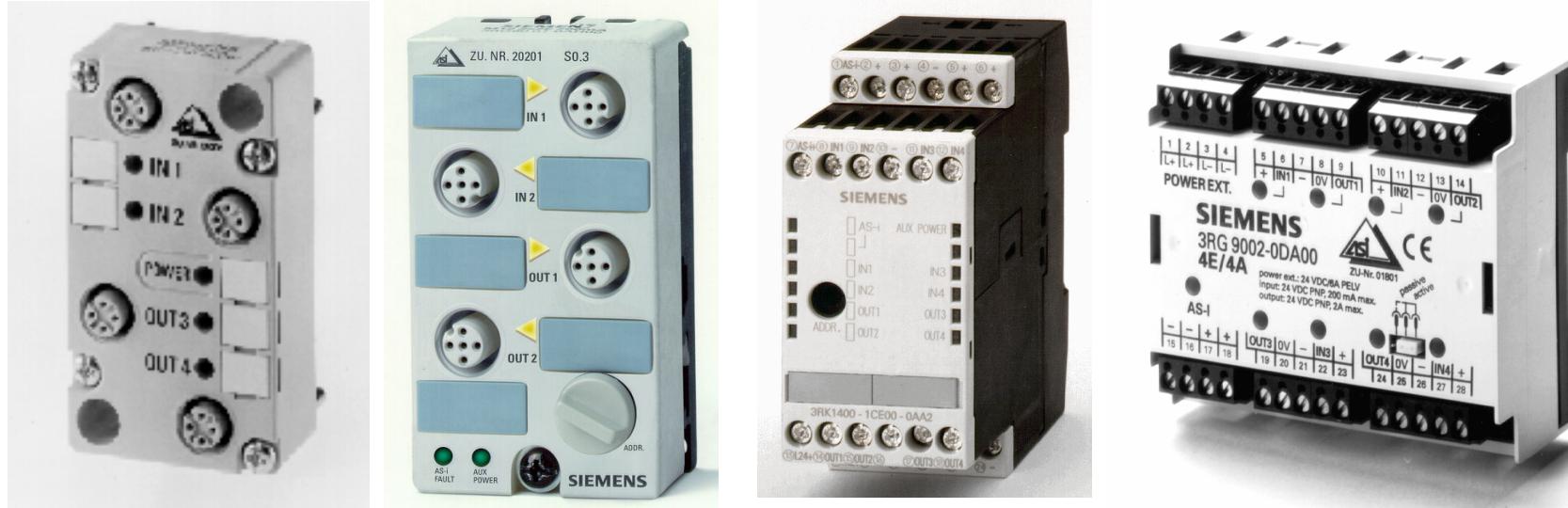
Red AS-i de sensores-actuadores.

Comp. Funcionales de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. **Componentes funcionales**
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Módulos electrónicos de usuario (o módulos de E/S):

- Contienen los circuitos electrónicos de un procesador de comunicaciones subordinado necesarios para poder conectar sensores y actuadores tradicionales a la red.



Diferentes módulos de usuario de una red AS-i en formatos desde IP20 hasta IP67



Red AS-i de sensores-actuadores.

Comp. Funcionales de la red AS-i

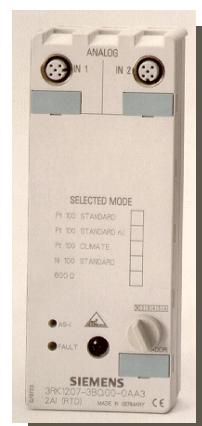
1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. **Componentes funcionales**
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Módulos de E/S analógicos:

- La **nueva especificación 2.1** de AS-i facilita la manipulación de variables analógicas (con hasta **16 bits** de resolución). Es posible el intercambio de hasta **124 datos analógicos**.
- **Detección** de módulos analógicos e **intercambio de datos** realizado de forma **automática** por el procesador de comunicaciones principal.



4 EA (PT-100)
IP65



2 EA (0..20mA)
IP67



2 EA/SA (0..10V/4..20mA)
IP20



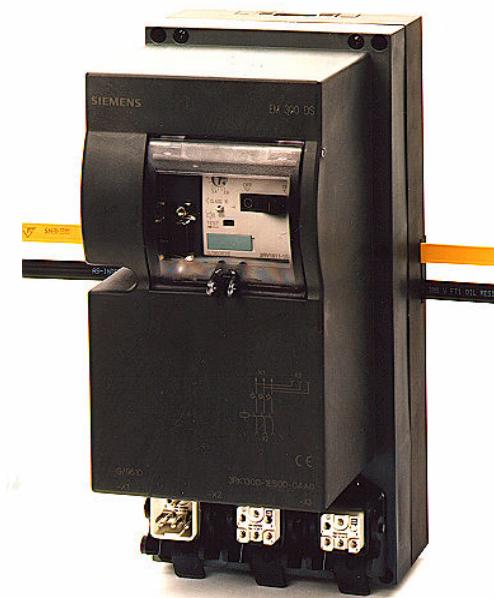
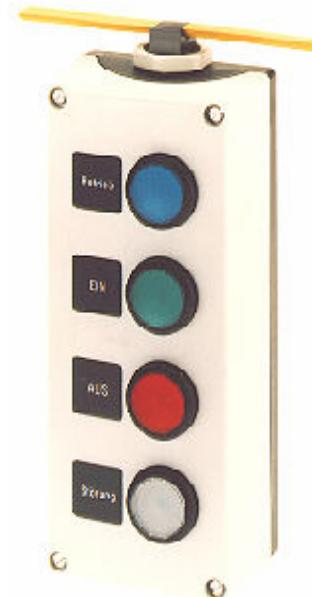
Red AS-i de sensores-actuadores. Comp. Funcionales de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales**
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación



Sensores/actuadores con circuito integrado AS-i:

- Se comercializan también sensores y actuadores “inteligentes” que, además de realizar su función esencial, incorporan en su interior el procesador de comunicaciones subordinado.



Diferentes tipos de sensores y actuadores inteligentes conectables a AS-i.



Red AS-i de sensores-actuadores.

Comp. Funcionales de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. **Componentes funcionales**
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Aparatos de diagnóstico y direccionamiento AS-i:

- Equipos especializados en el direccionamiento, puesta en marcha y diagnóstico de una red AS-i.



Diferentes sistemas de direccionamiento y diagnóstico de una red AS-i.



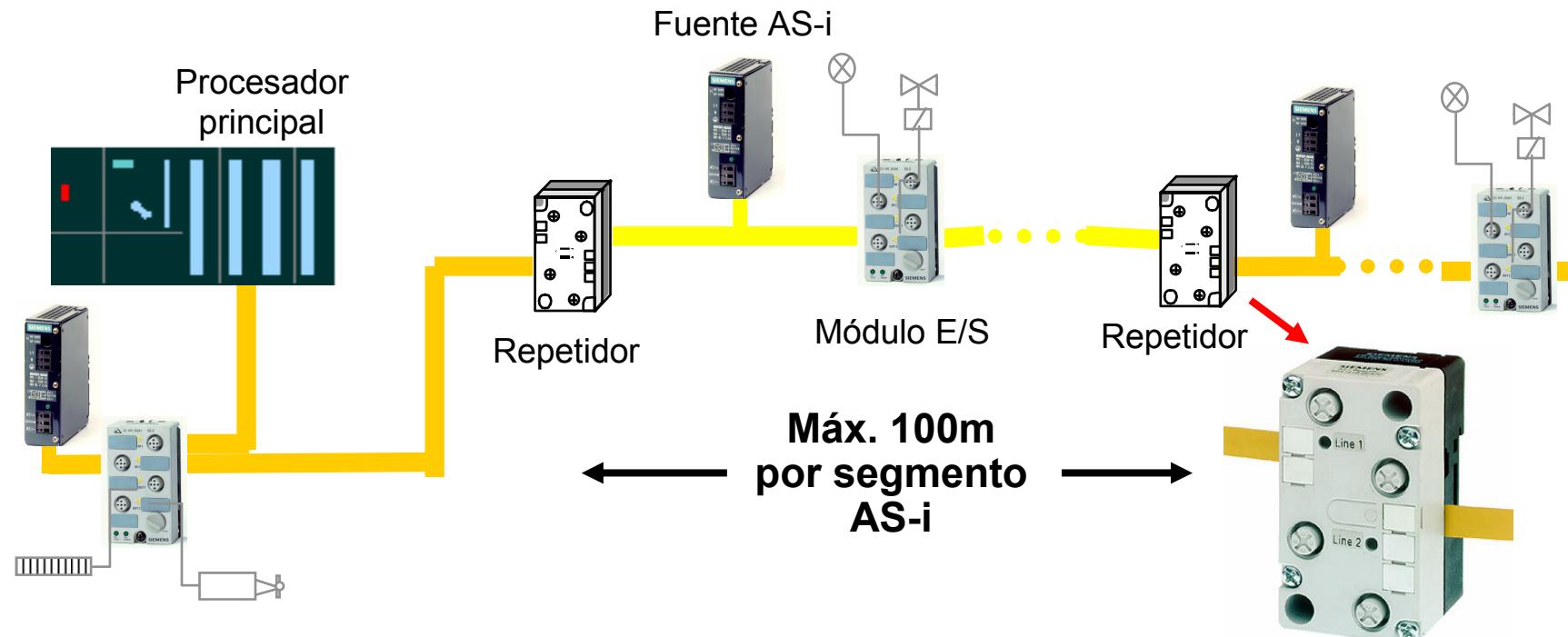
Red AS-i de sensores-actuadores.

Comp. Funcionales de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales**
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Repetidores AS-i:

- Los repetidores reproducen y amplifican las señales AS-i que circulan, de forma bidireccional, por los segmentos AS-i que interconectan.





Red AS-i de sensores-actuadores.

Comp. Funcionales de la red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales**
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

Módulos principales y pasarelas AS-i:

- Cada fabricante comercializa versiones específicas del **Procesador de Comunicaciones principal** (AS-i "master") para **sus equipos de control** (Autómatas Programables, Sistemas de Control Numérico, etc.)
- Las **pasarelas** AS-i **incor** **red** **interc** **datos** **de s** **AS-i**, **ue** **la** **el** **l o** **po** **IS,**



Diversos procesadores principales y pasarelas AS-i.



Red AS-i de sensores-actuadores.

Implantación de una red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
- 7. Implant. de una red AS-i**
8. Ejemplo de aplicación



Consideraciones generales:

- El sistema objeto de automatización debe disponer, preferentemente, de **sensores y actuadores de tipo binario (todo/nada)**.
- Está *especialmente indicada* para sistemas en los que la **“dispersión” de los elementos de campo es elevada** (es decir, se encuentran distribuidos a lo largo de un espacio relativamente amplio) y su **“densidad” pequeña** (es decir, se encuentran concentrados en grupos de pequeño volumen de E/S).
- Un *dato significativo* que puede condicionar asimismo la aplicación de la red AS-i es su **velocidad de respuesta**. Si en el sistema existen señales que deben ser muestreadas a elevada cadencia (por ejemplo, mayor de 5 ó 10 ms. para señales binarias) puede no ser adecuada.



Red AS-i de sensores-actuadores.

Implantación de una red AS-i

1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
- 7. Implant. de una red AS-i**
8. Ejemplo de aplicación



Consideraciones en el diseño de una red AS-i:

- Determinación del **número de E/S existentes** en la instalación.
- Estudio de las **dimensiones y morfología** de la instalación.
- Estudio y selección del **tipo de módulos de usuario** y/o **dispositivos** de campo con circuito **AS-i integrado** que se *desea utilizar* en la instalación.
- Estudio y selección de las **fuentes de alimentación auxiliar**.
- Definición, disposición y conexión de las **redes electrotécnicas de seguridad** asociadas al sistema.
- Estudio de las **distancias** existentes entre la posición definida para los **nodos** subordinados y cada uno de los **sensores-actuadores**.
- Estudio de la **normativa interna** de automatización de la empresa.