



UNIVERSIDADE DE VIGO

E. T. S. Ingenieros Industriales



5º Curso
Orientación Instalaciones y Construcción

Instalación de Sistemas de Automatización y Datos

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.

- 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.

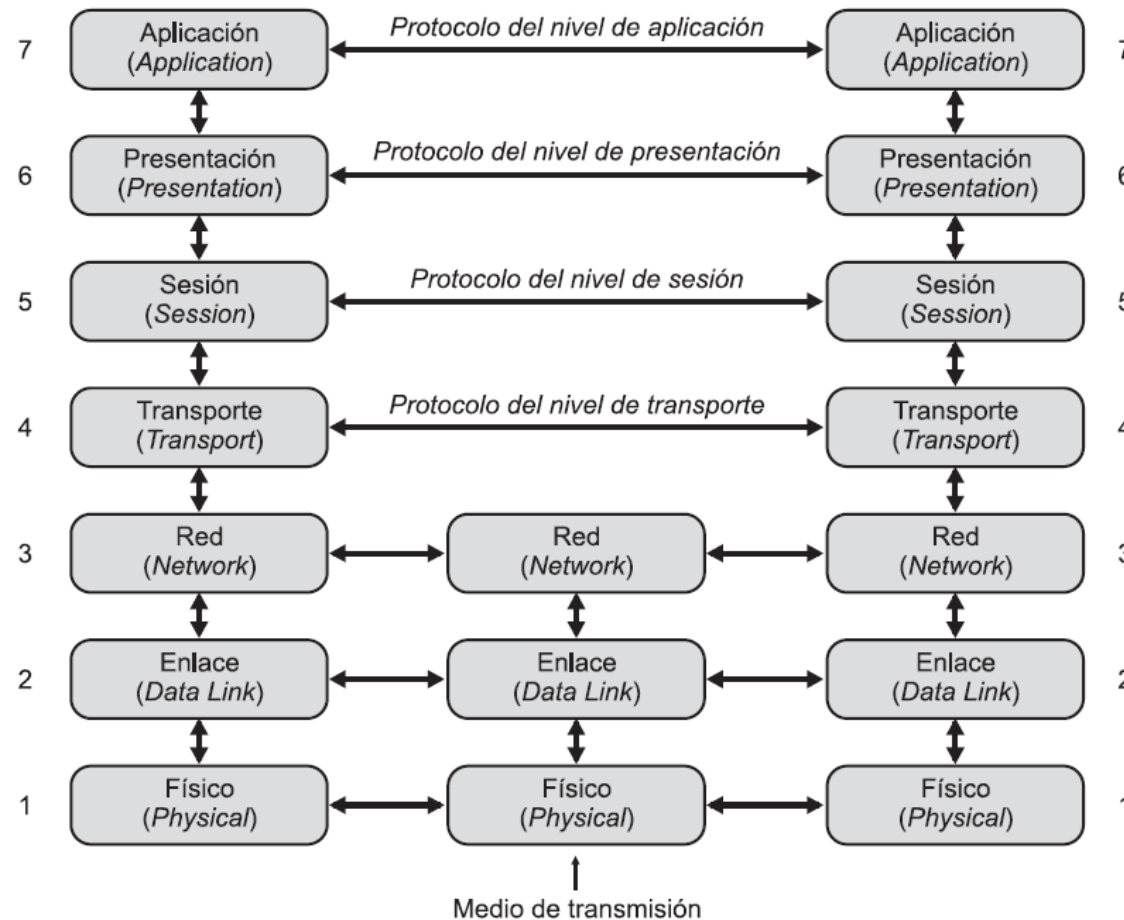
Introducción.

- 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

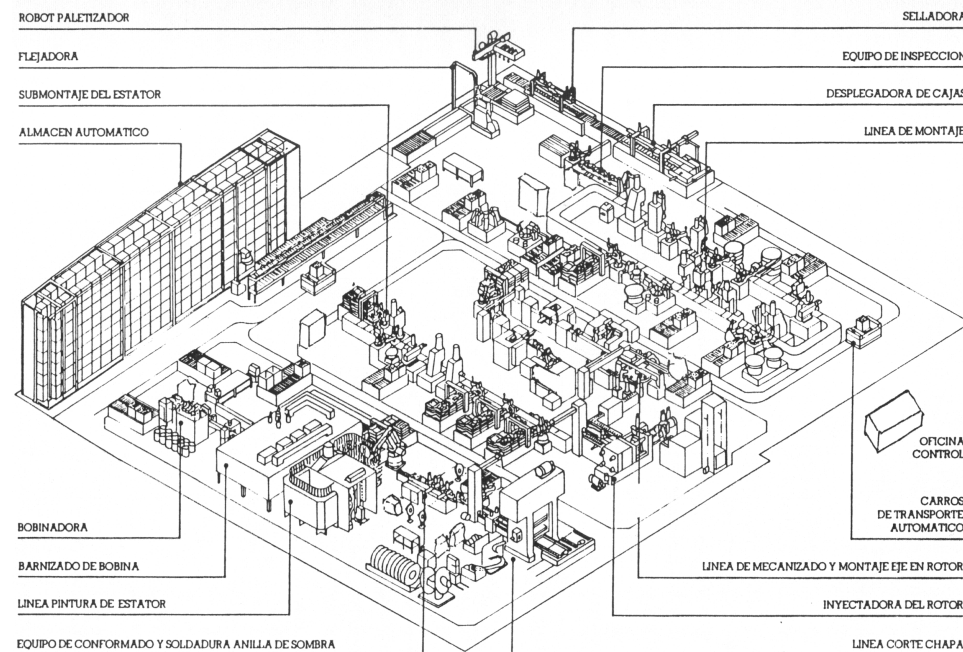


Comunicaciones Industriales.

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**.

		Parámetro		
Nivel	Tipo de Sistema Electrónico de Control	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.

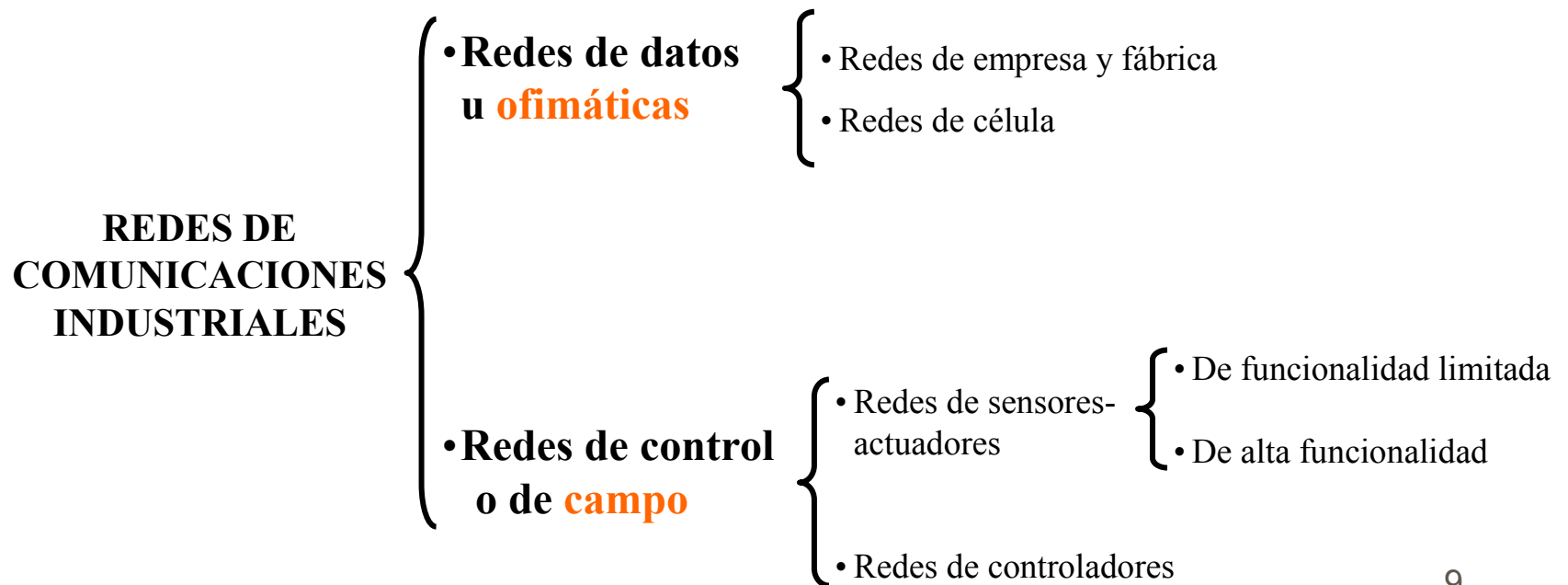
- En los **niveles superiores** de la pirámide CIM se trabaja frecuentemente con **grandes volúmenes de datos**, aunque el tiempo de respuesta **no** es en general **crítico** y se sitúa entre pocos segundos hasta minutos o incluso horas.
- Por el contrario, los sistemas electrónicos de control utilizados 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

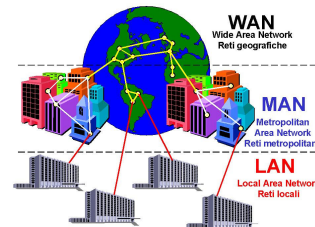
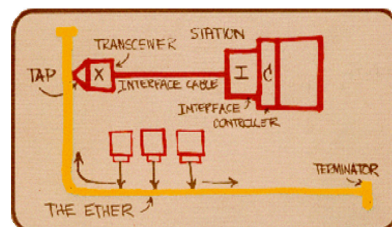


Comunicaciones Industriales.

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**

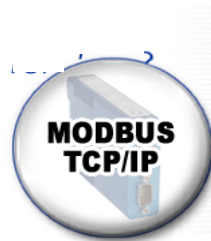
- **PROFINet**

- **EtherCat**

- **Powerlink**

- **FF HSE**

- ...



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

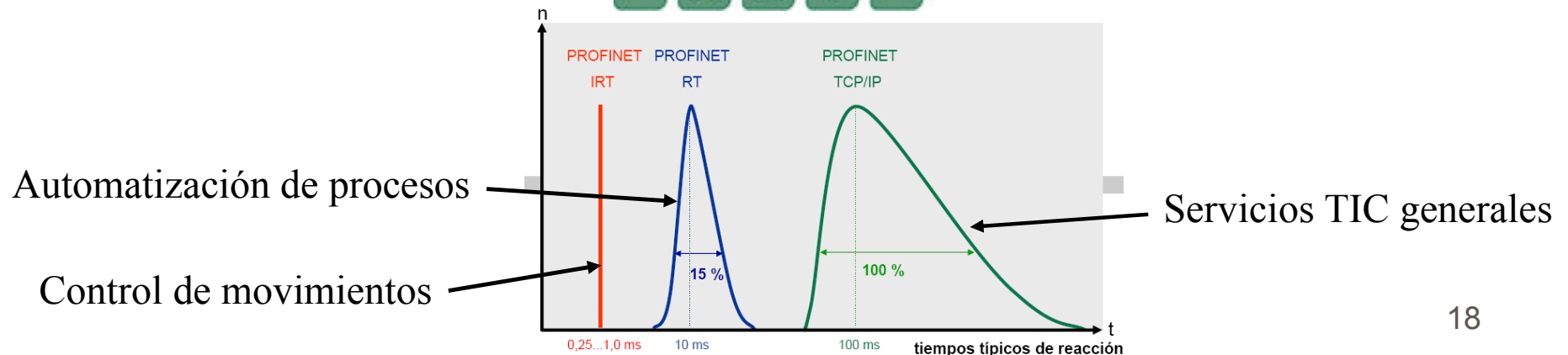


Comunicaciones Industriales.

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).

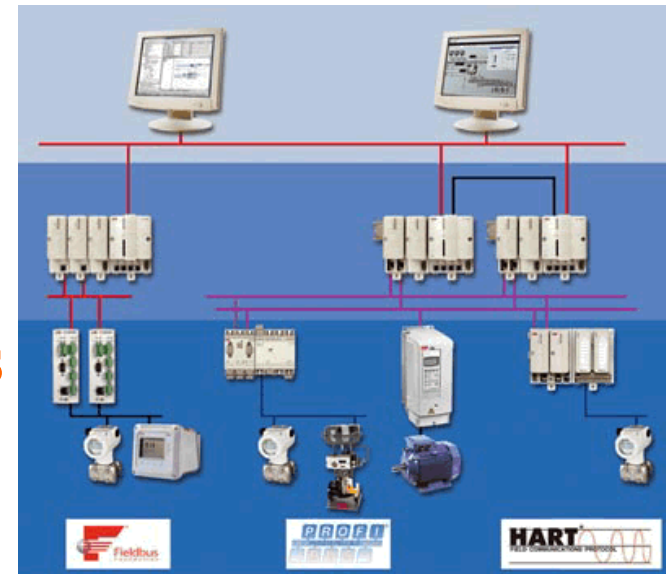




Comunicaciones Industriales.

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.

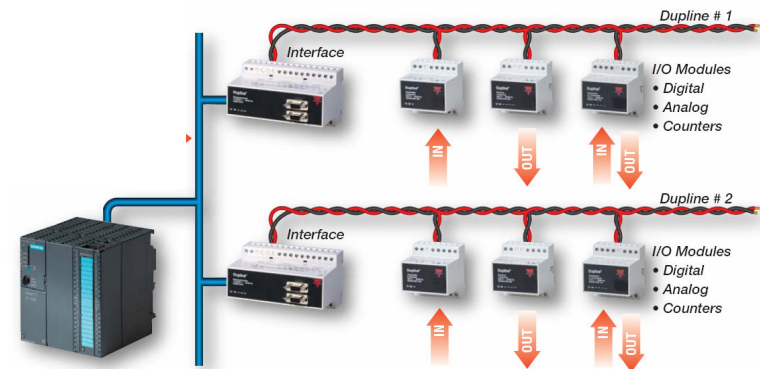
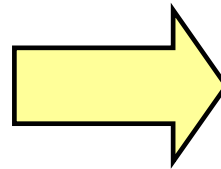
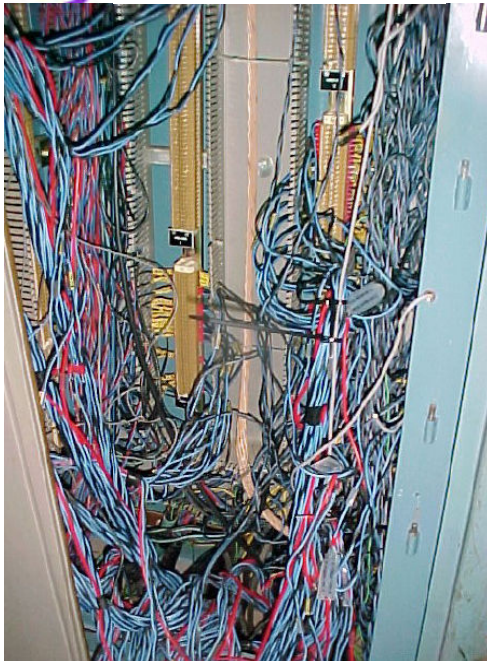
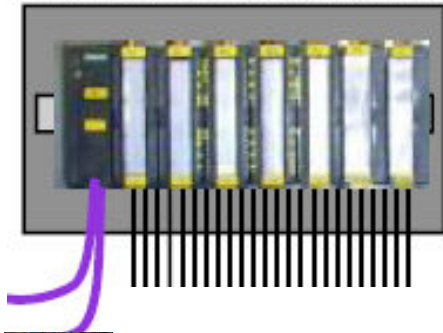
- **Históricamente**, el desarrollo de esta clase de redes (que se produjo en la **década de los 80**) fue debido a la elevación de la **complejidad** en la automatización de los sistemas industriales, que incrementó desmesuradamente el **volumen de cableado** que era preciso realizar para conectar a 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.

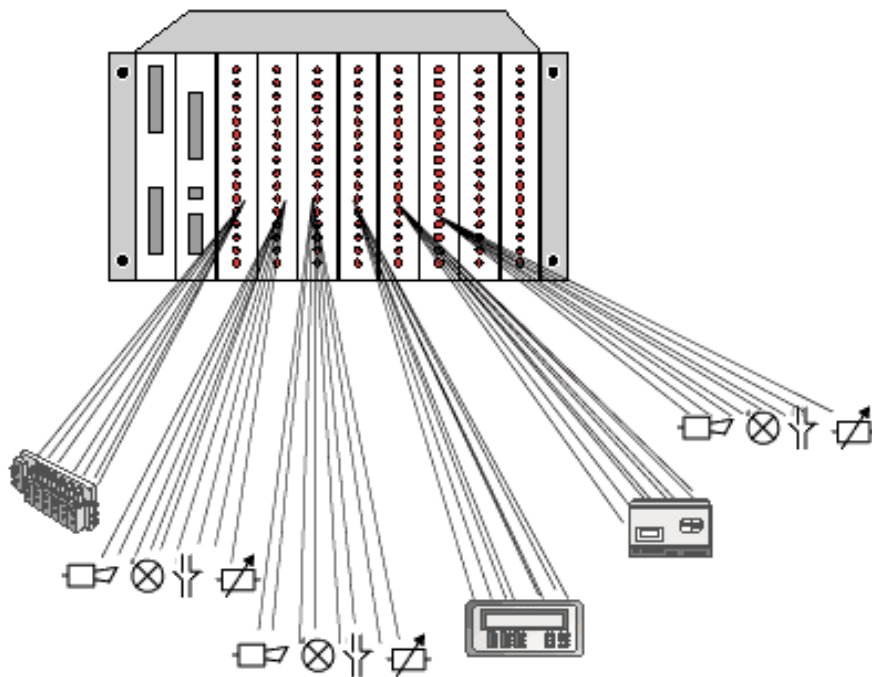
PLC with parallel wiring



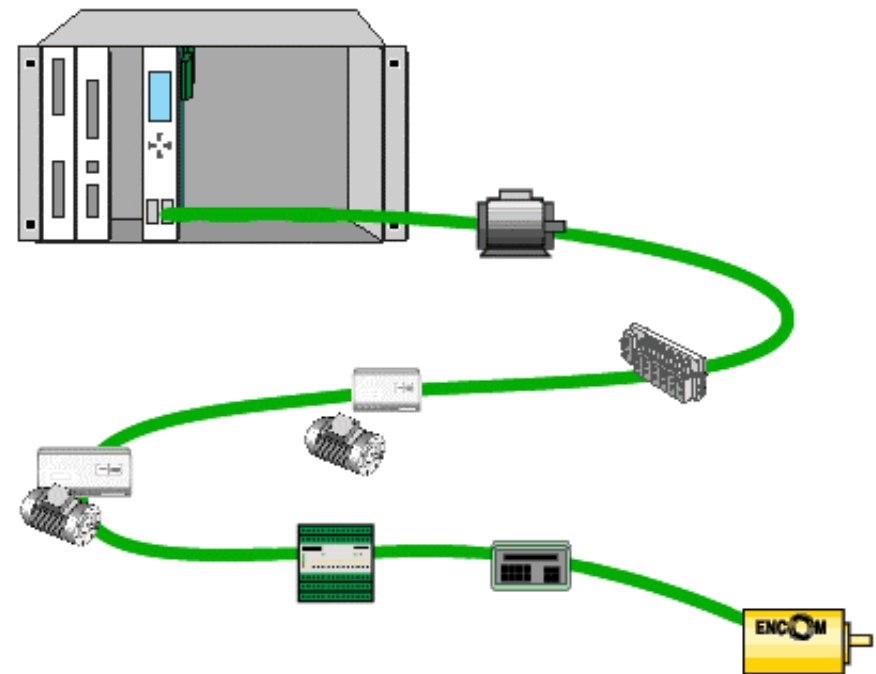


Comunicaciones Industriales.

Redes de control.



Cableado paralelo de sensores y actuadores

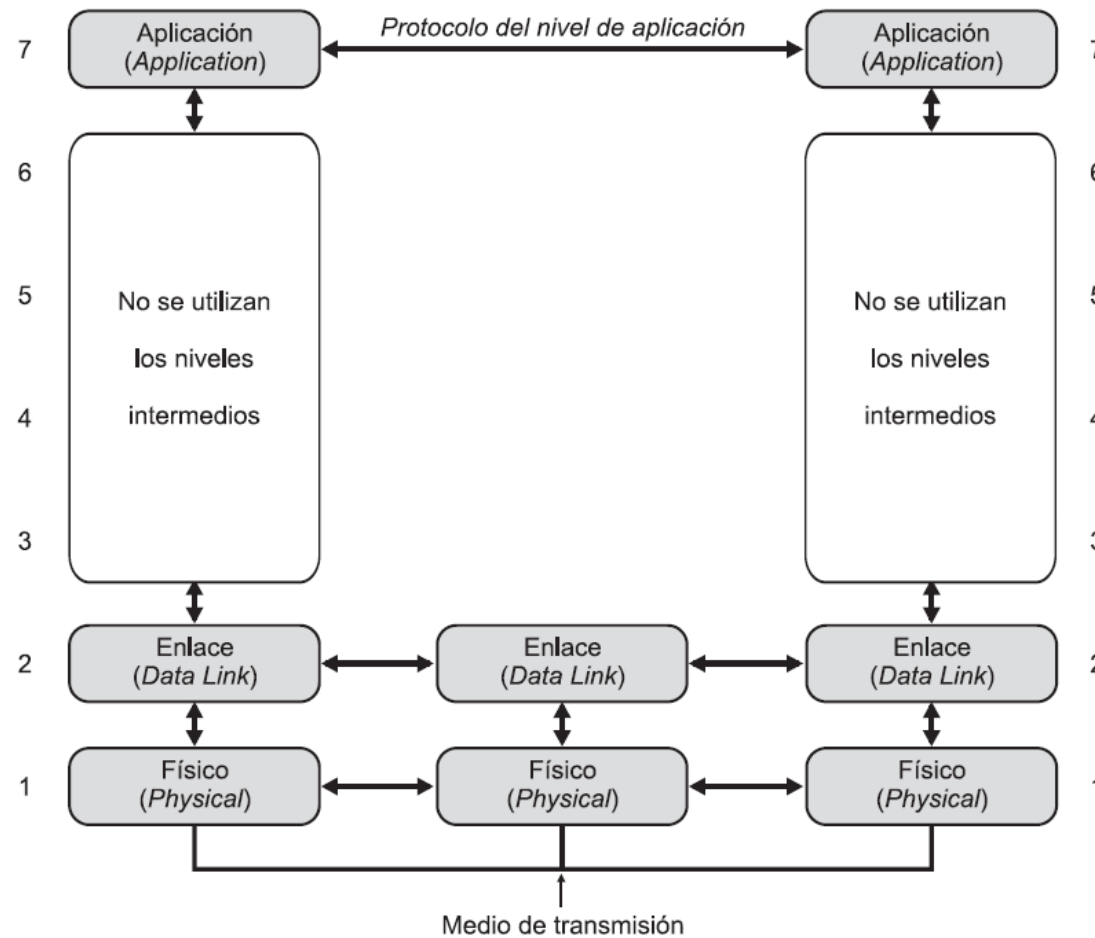


Bus de campo de sensores y actuadores



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):

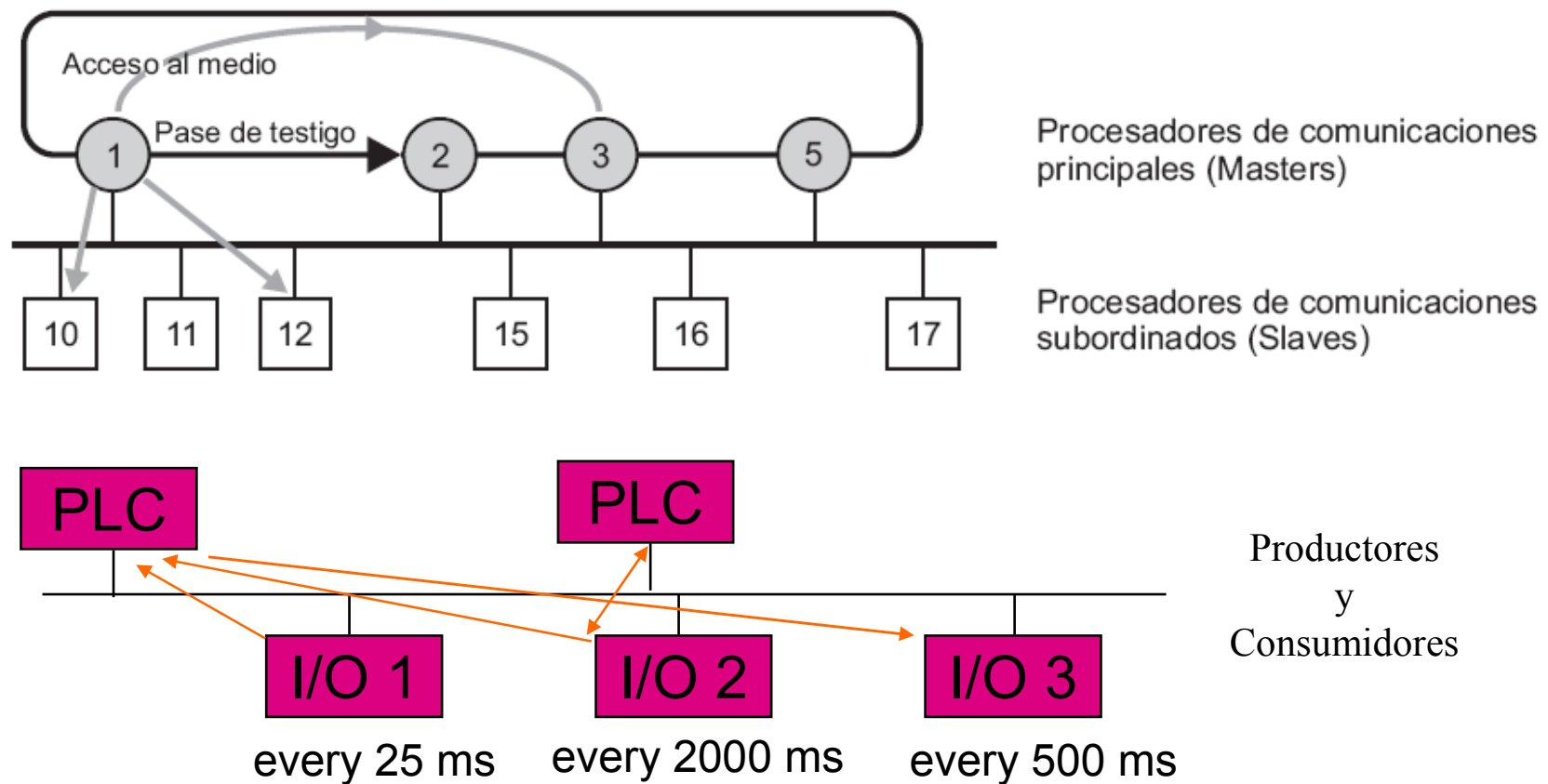
- Este tipo de redes de control están diseñadas para realizar la comunicación de **varios sistemas electrónicos de control** (PLC's, CNC's, robots, ...) **entre sí**.
- Son, por lo general, redes de área local de tipo **principal-subordinado** (*master-slave*) o **productor-consumidor** (*producer-consumer*) 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):

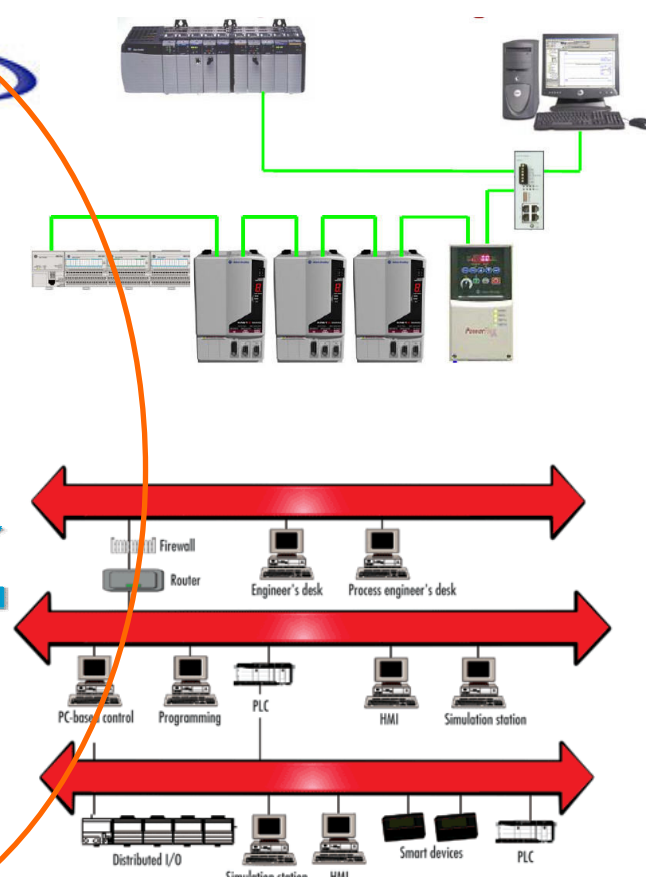
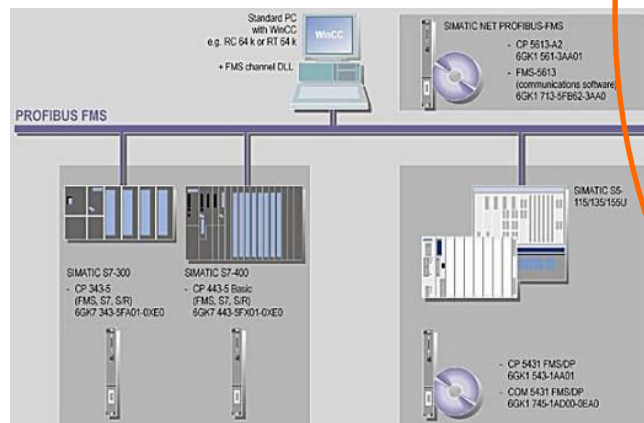
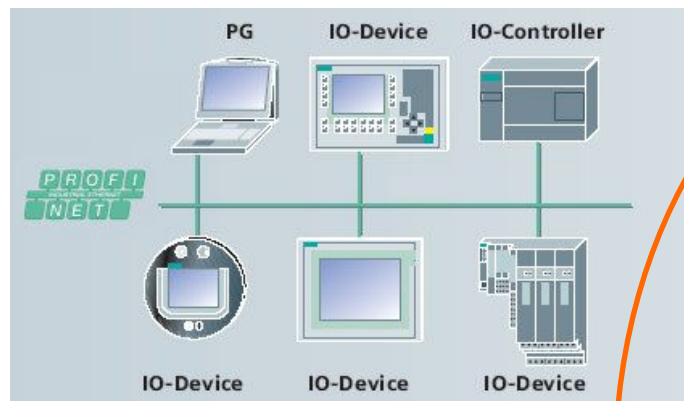




Comunicaciones Industriales.

Redes de control.

Redes de controladores (III):



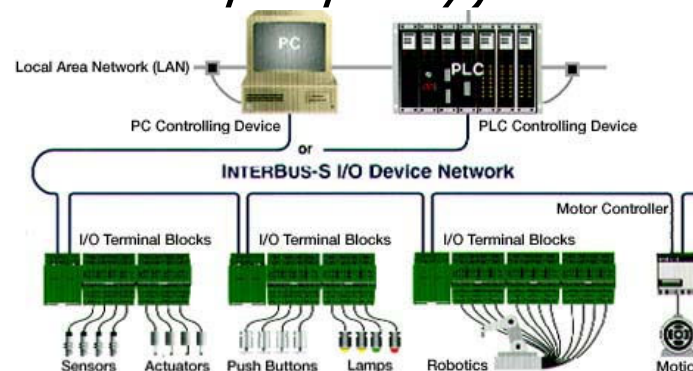


Comunicaciones Industriales.

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 **diagnos**is 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**).

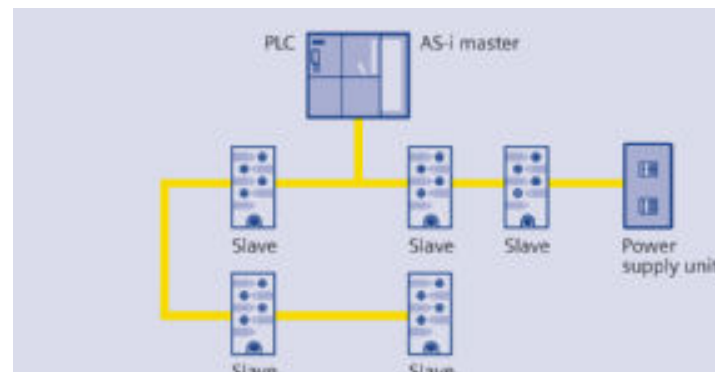


Comunicaciones Industriales.

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):

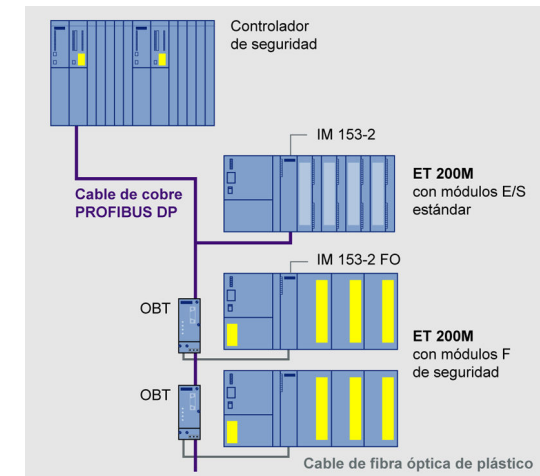
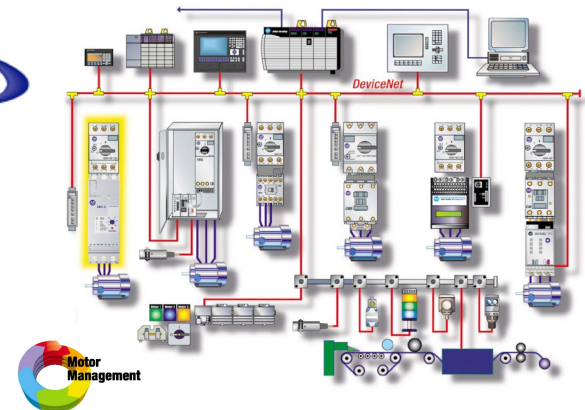
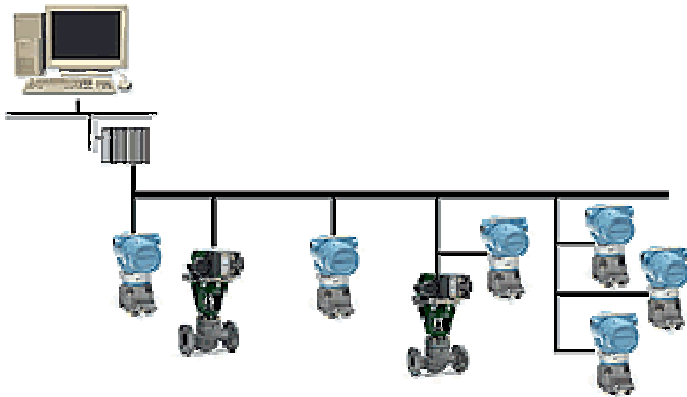
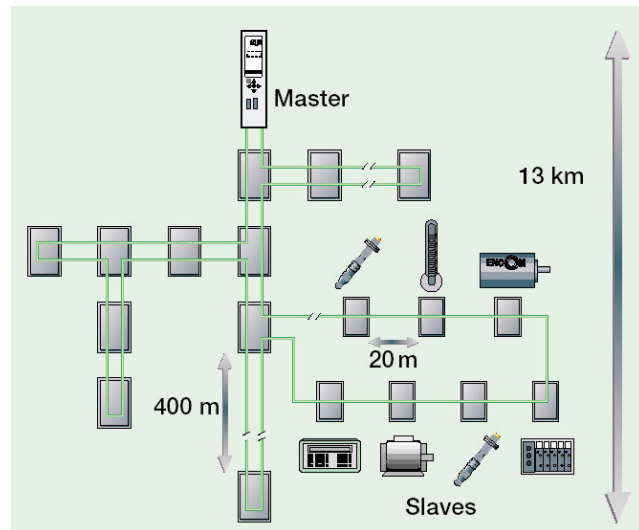
- Las redes de sensores-actuadores de **elevada capacidad funcional** disponen de una capa de enlace adecuada para el **envío eficiente** de bloques de datos de **mayor tamaño** que en el caso anterior.
- Estos mensajes más complejos permiten que, mediante ellas, se puedan **configurar, calibrar** e 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):

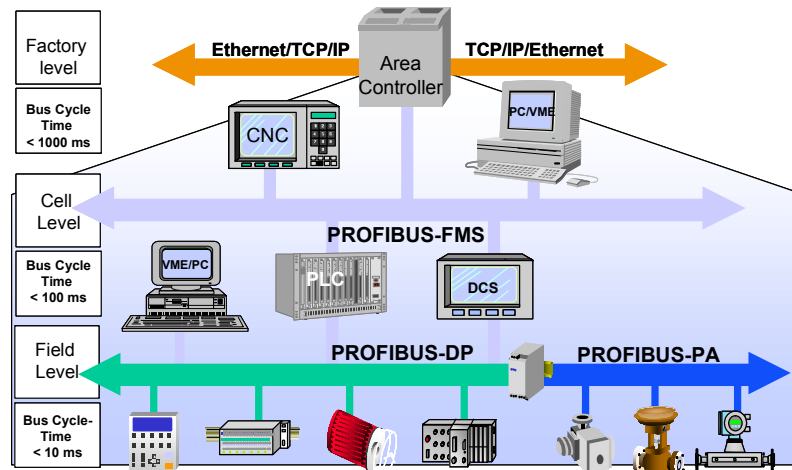




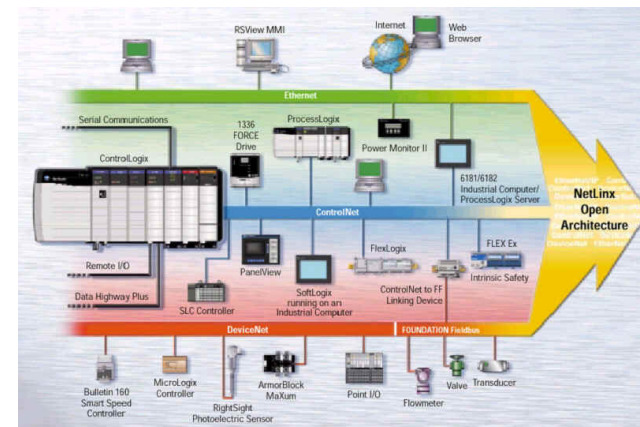
Comunicaciones Industriales.

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



Here is CIP within the context of DeviceNet and the OSI model.

Familia de redes NETLINX (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. Implantación 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**.

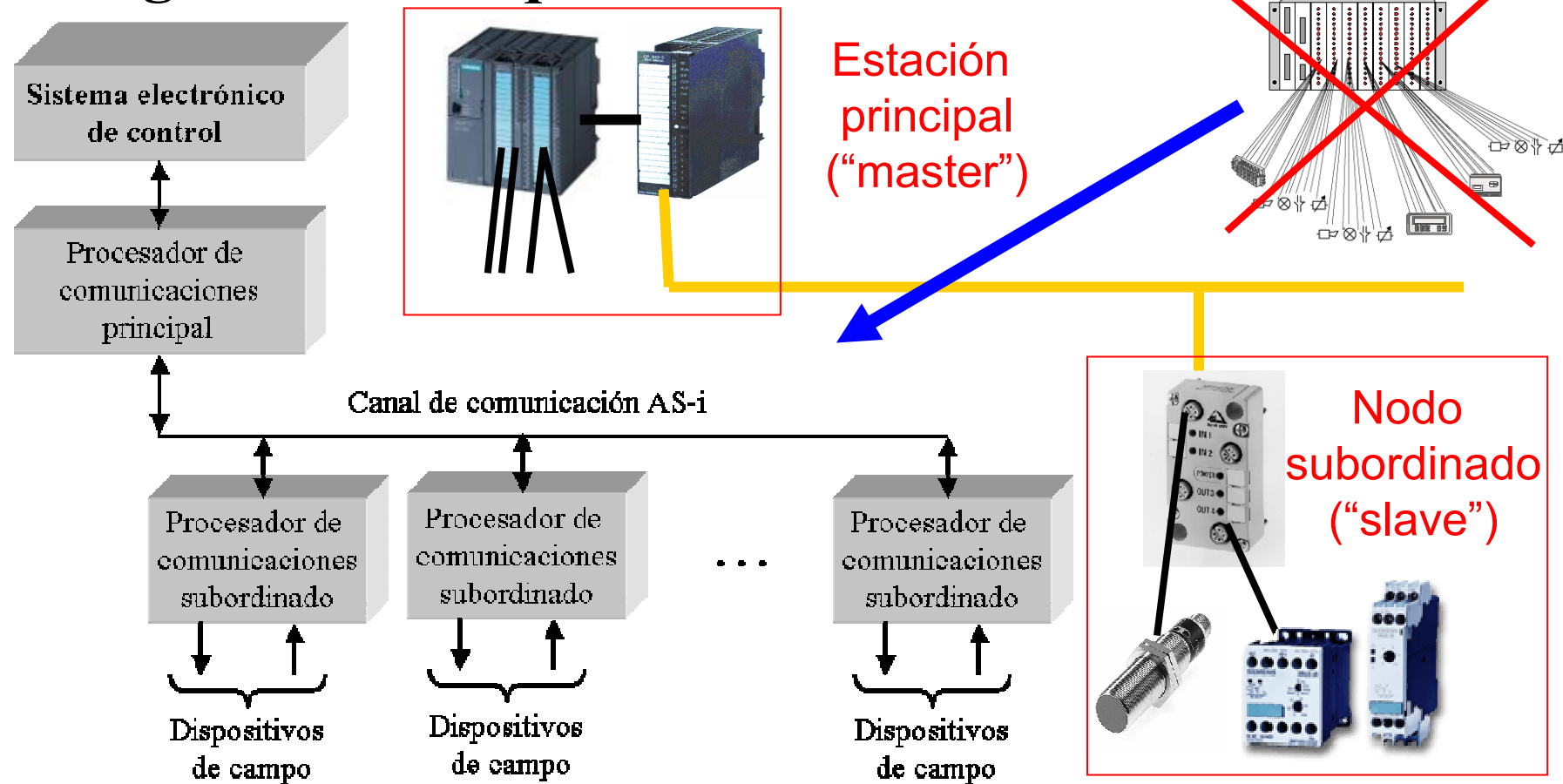
* En su versión inicial (1.0). En la versión 2.1: 62 nodos y 4E/3S



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:

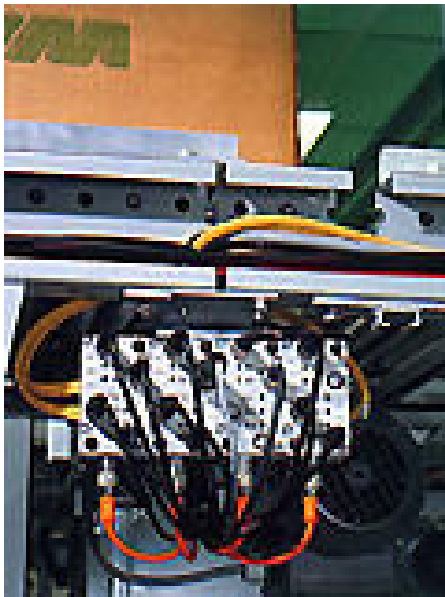




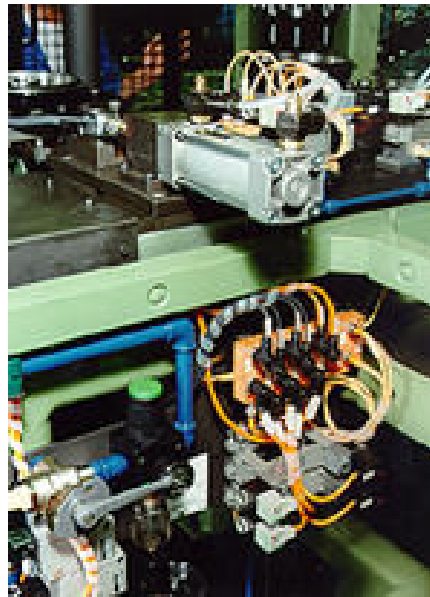
Red AS-i de sensores-actuadores. Introducción

- 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:



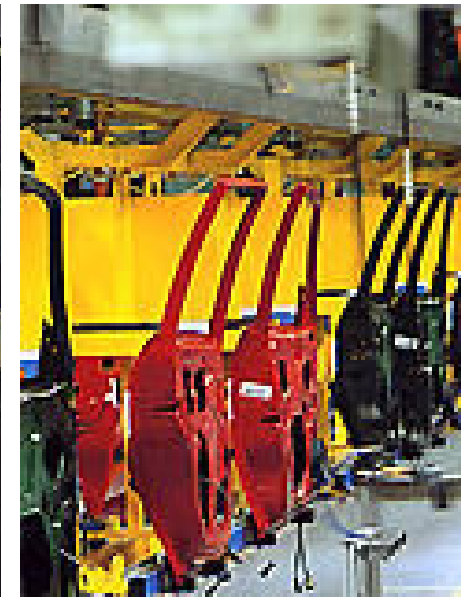
Manutención
industrial



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 *conexión 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.



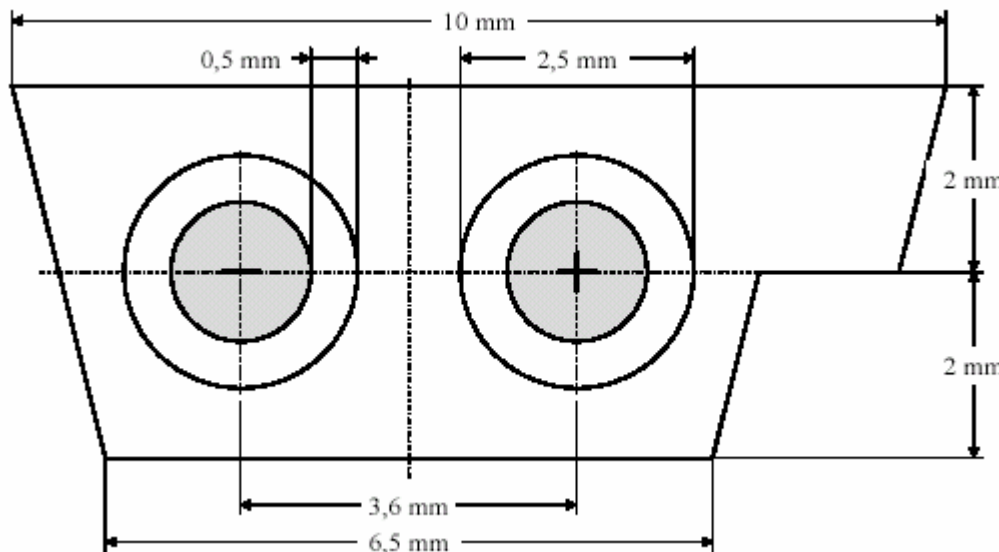
Red AS-i de sensores-actuadores.

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
- Autocicatrizante
- Flexible
- Protección IP65





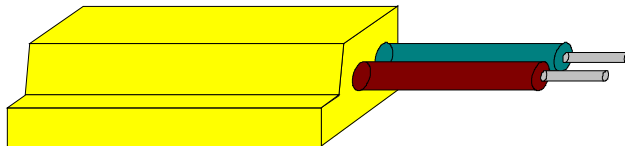
Red AS-i de sensores-actuadores.

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

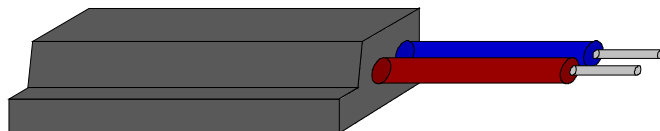
Cable de conexión AS-i (*cont.*):

- 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).

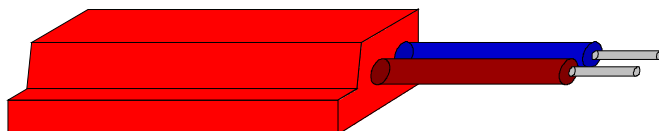


Amarillo – datos y alimentación a 30 Vdc

- 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



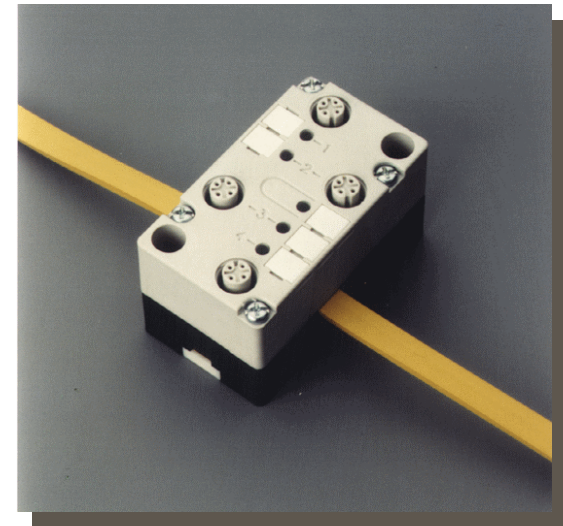
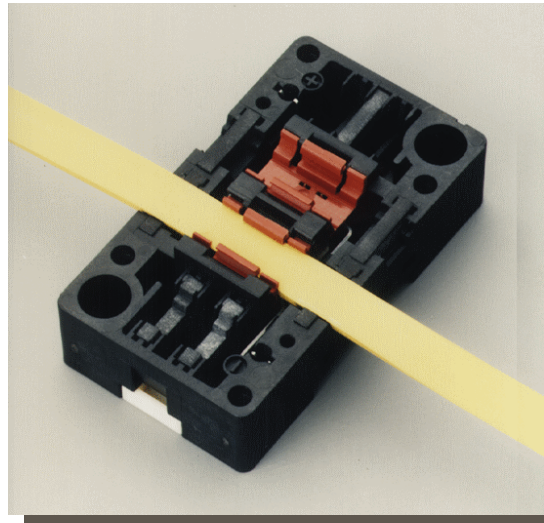
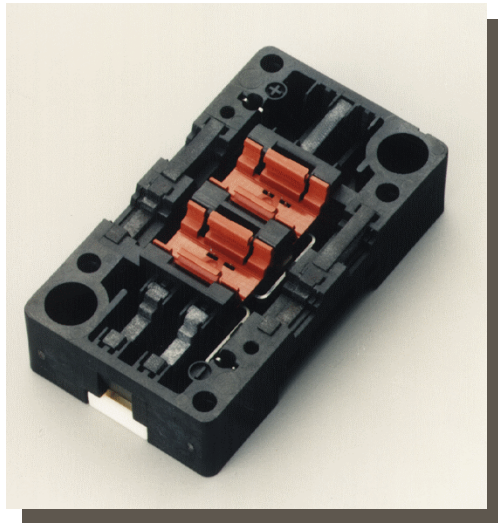
Red AS-i de sensores-actuadores.

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**").



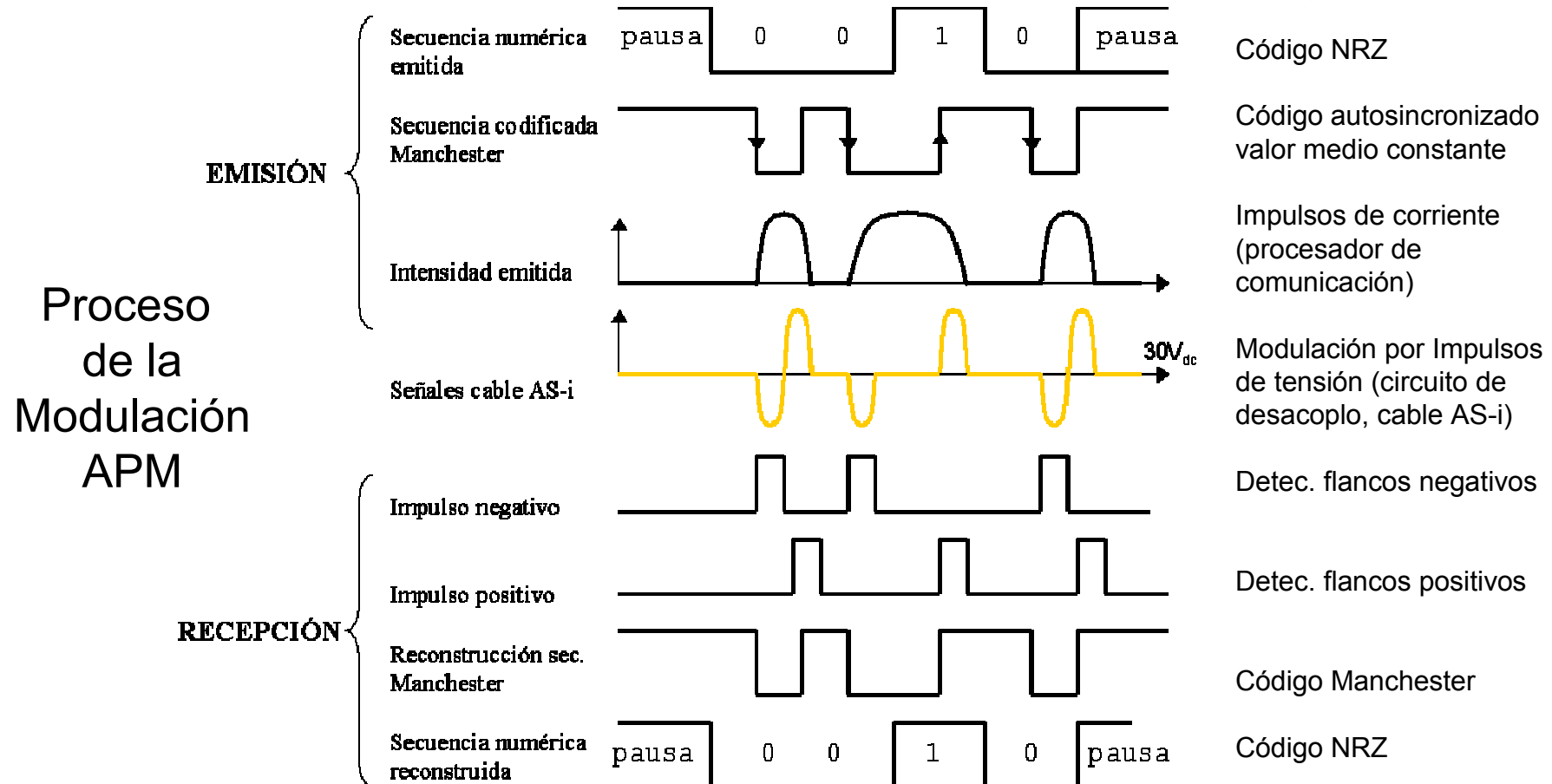


Red AS-i de sensores-actuadores.

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.*):





Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa Física de la red AS-i

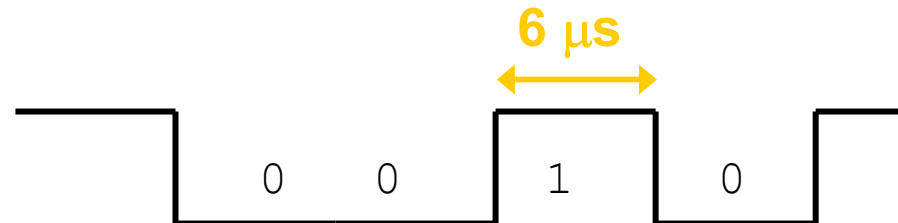
1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

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.

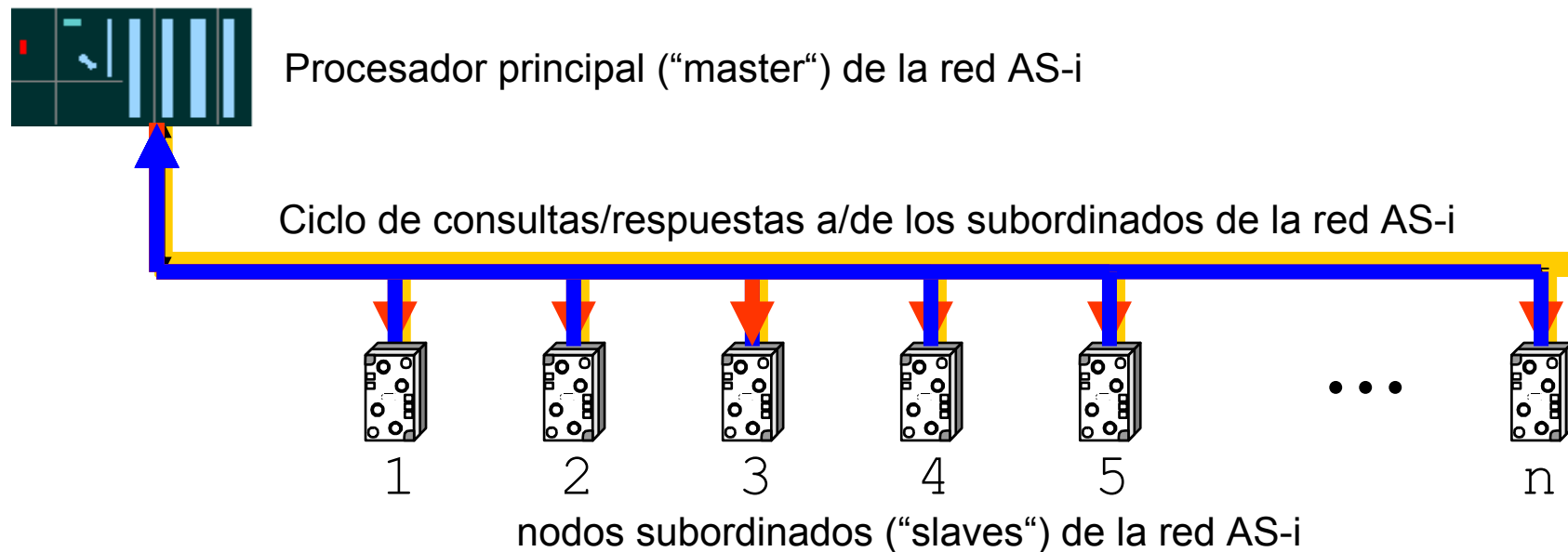


Red AS-i de sensores-actuadores.

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



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



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.

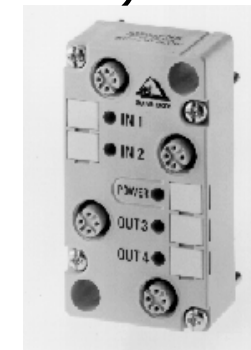
El **fabricante** suministra los módulos con **la dirección por defecto (0)** y el usuario la **cambia** por la correspondiente a la dirección que dicho módulo deba tener en la aplicación concreta (entre **1** y **31***).



Módulo AS-i
(dir. de fábrica)



Programador de
direcciones AS-i



Módulo AS-i
(dir. modificada)



Red AS-i de sensores-actuadores.

Capa de Enlace de la red AS-i

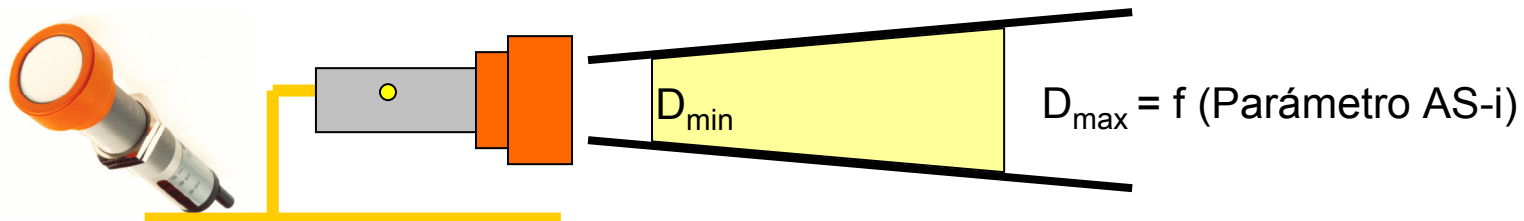
1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. **Capa de Enlace de AS-i**
5. Capa de Aplicación AS-i
6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

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).



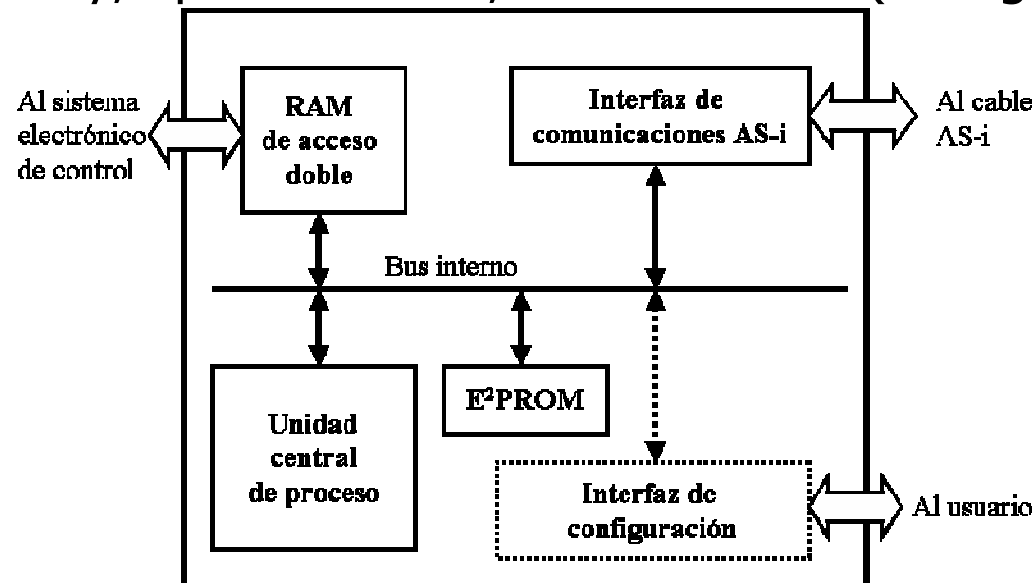
Red AS-i de sensores-actuadores.

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).



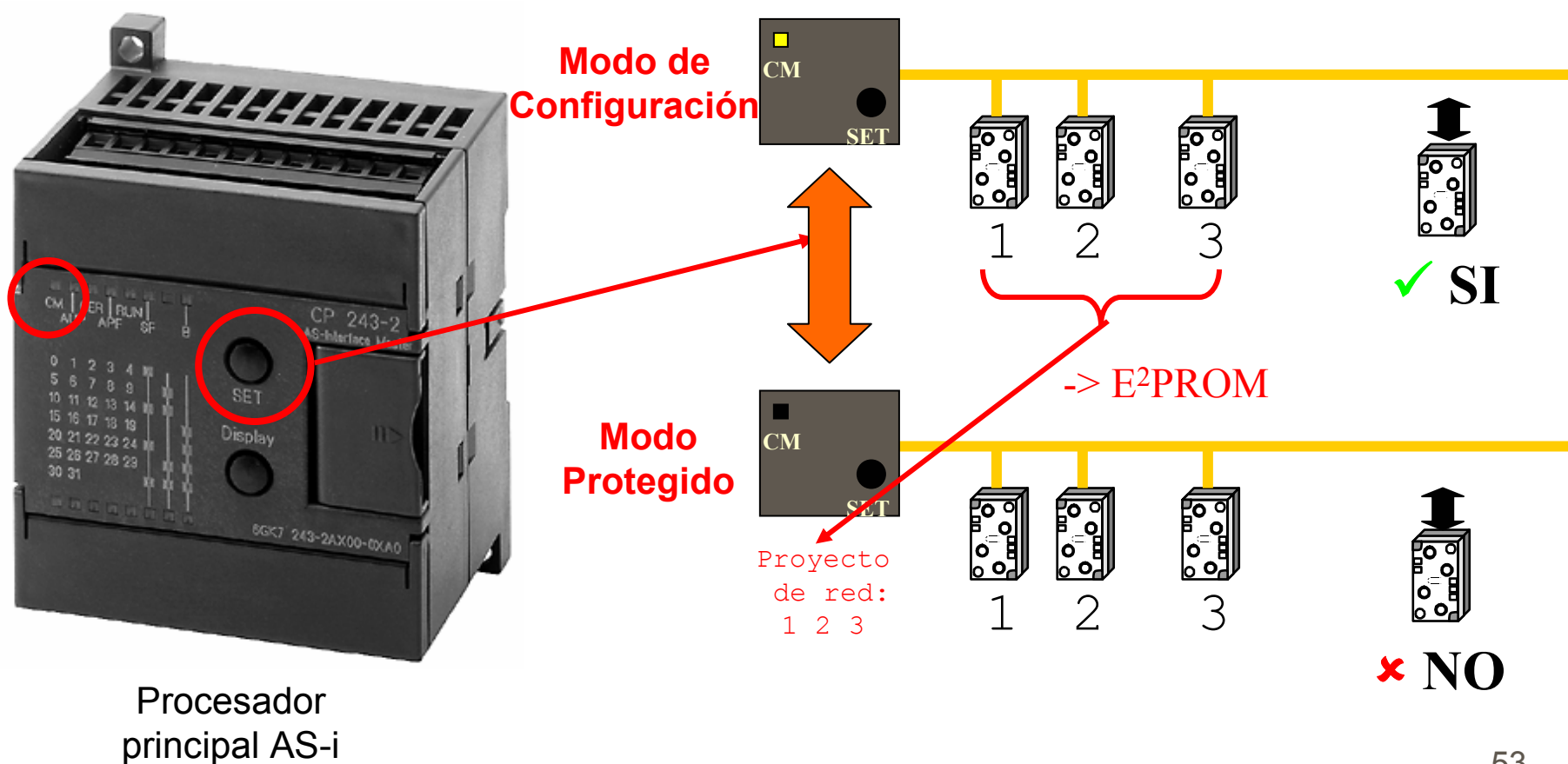


Red AS-i de sensores-actuadores.

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.

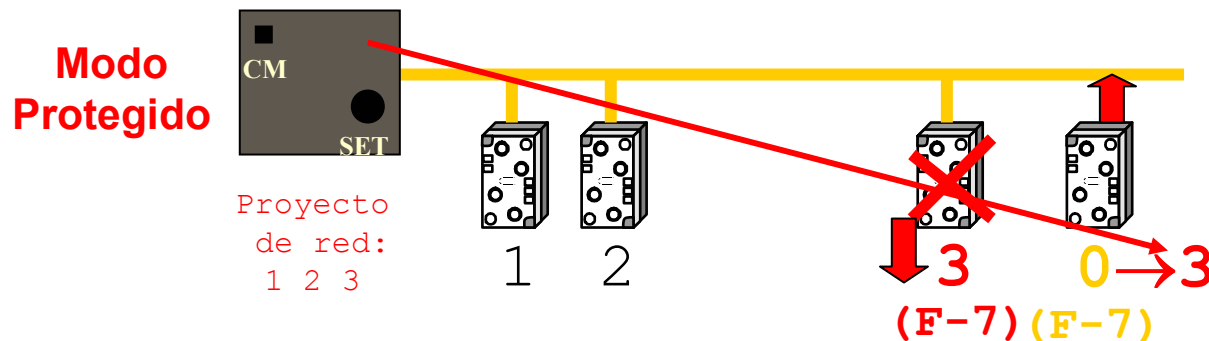
Capa de Enlace de la red AS-i

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 **direccionamiento 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*").



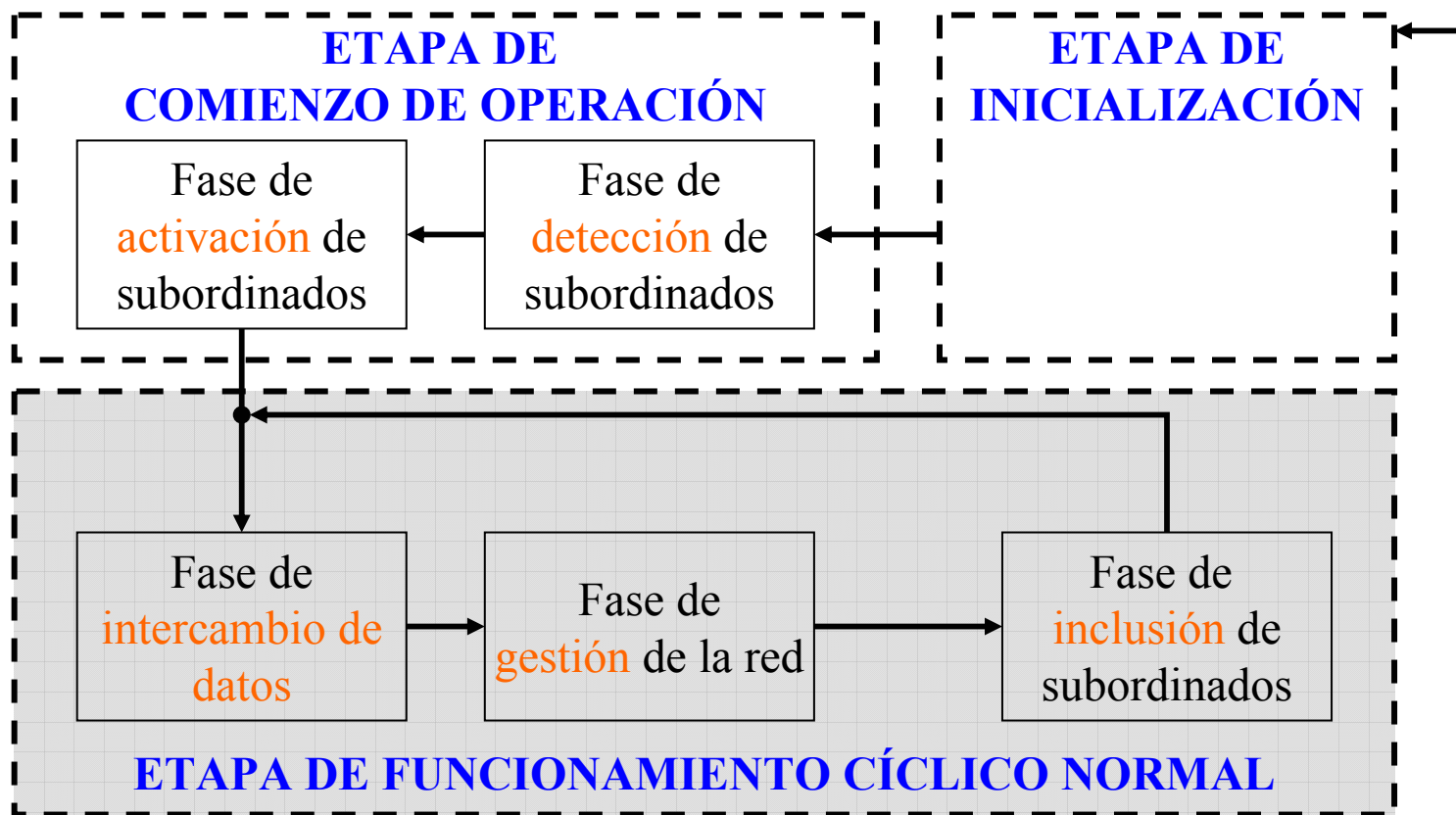


Red AS-i de sensores-actuadores.

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:





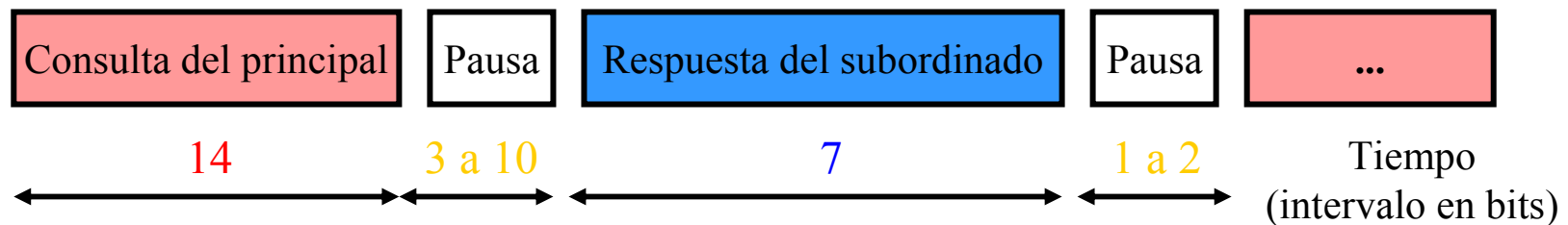
Red AS-i de sensores-actuadores.

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 **circuito de desacoplo** que disponga de una elevada impedancia en la banda de frecuencia utilizada para transmitir la información.

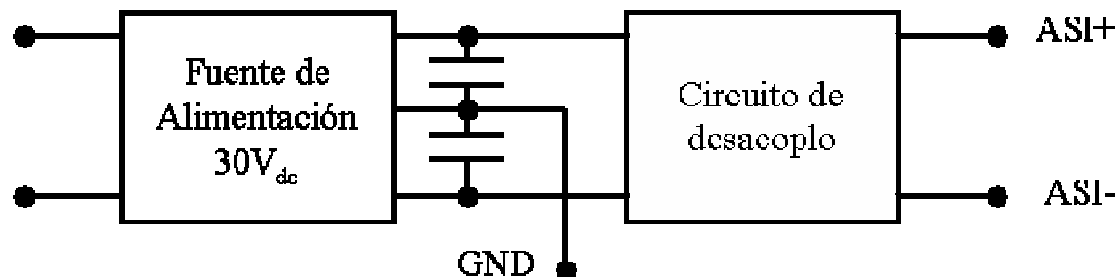
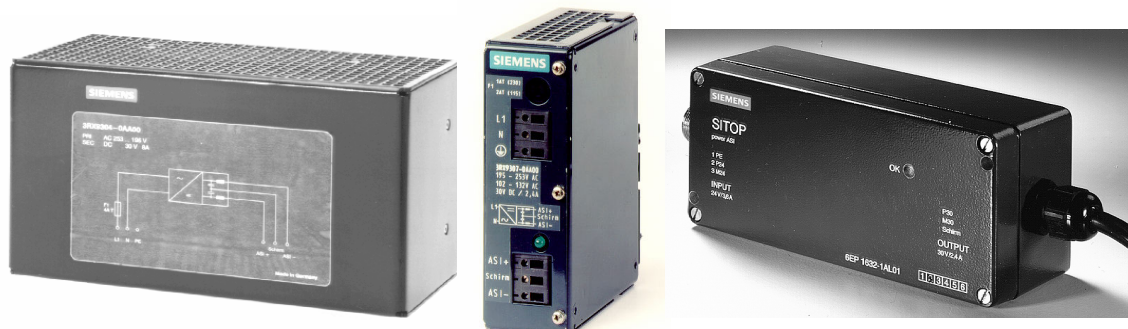


Diagrama de bloques de una fuente de alimentación AS-i



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

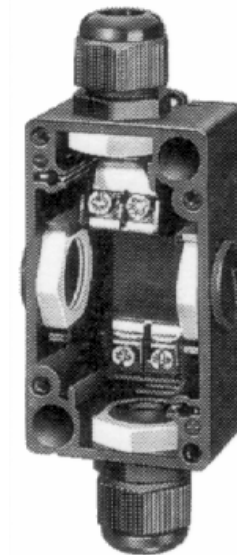
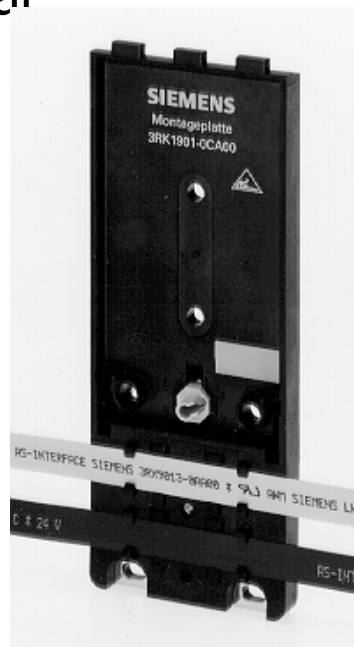
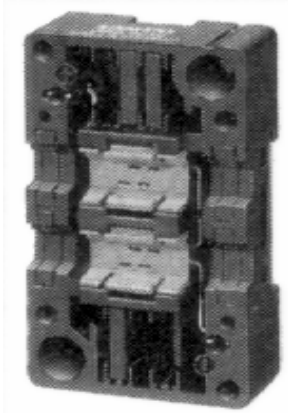


Red AS-i de sensores-actuadores. Comp. Funcionales de la red AS-i

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

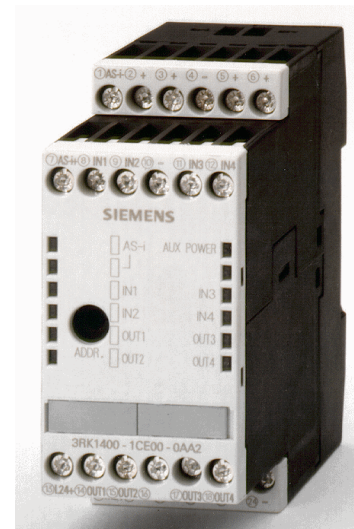
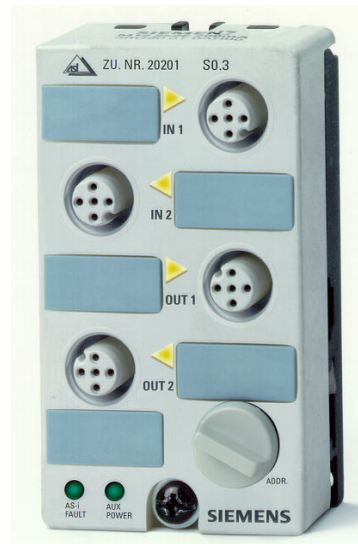
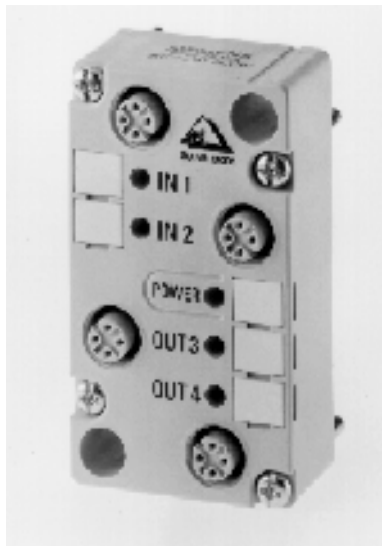


Red AS-i de sensores-actuadores. Comp. Funcionales de la red AS-i

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

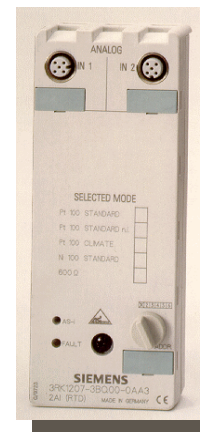
1. Introducción
2. Características generales
3. Capa Física de AS-i
4. Capa de Enlace de AS-i
5. Capa de Aplicación AS-i
- 6. Componentes funcionales
7. Implant. de una red AS-i
8. Ejemplo de aplicación

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

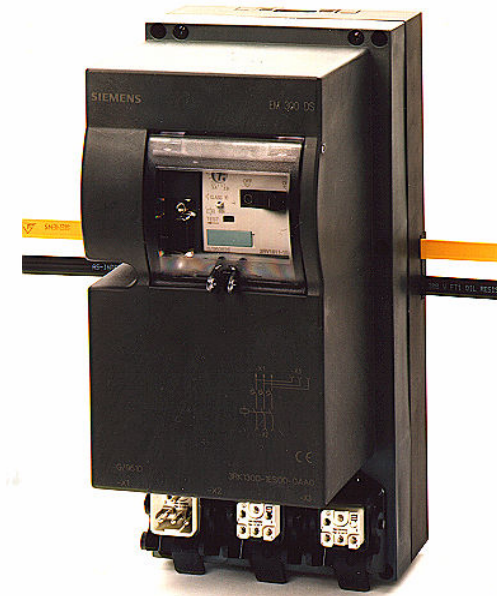
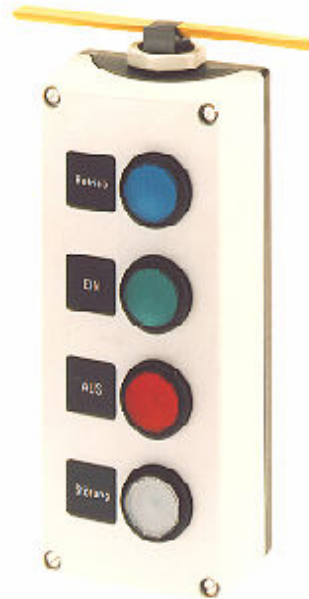


Red AS-i de sensores-actuadores. Comp. Funcionales de la red AS-i

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 subordi



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.

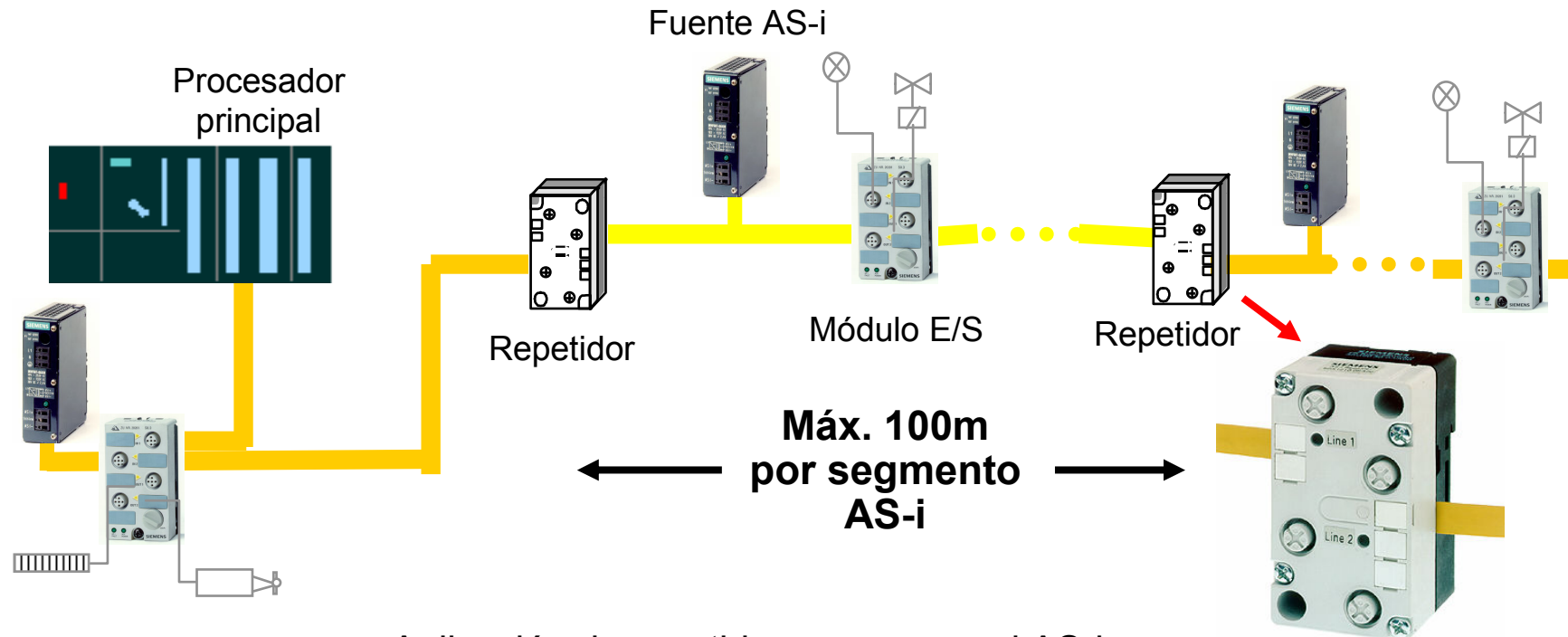


Red AS-i de sensores-actuadores. Comp. Funcionales de la red AS-i

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.



Aplicación de repetidores en 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

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)

- Las incorporan a su red AS-i para intercambiar datos de sensores y actuadores.



que se conectan a la red AS-i para el intercambio de datos.

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.