

SISTEMAS DIGITAIS DE CONTROLE DISTRIBUIDO - **SDCD**

Redes industriais

PEDRO URBANO B. DE ALBUQUERQUE



Características para protocolos industriais

Determinismo: capacidade para transmissão de dados em tempo real;

Interoperabilidade: capacidade que os sistemas abertos possuem de troca de informações entre eles, mesmo que sejam fornecidos por fabricantes diferentes;

Modularidade: aspectos que caracterizam as facilidades de alteração e crescimento de um sistema;

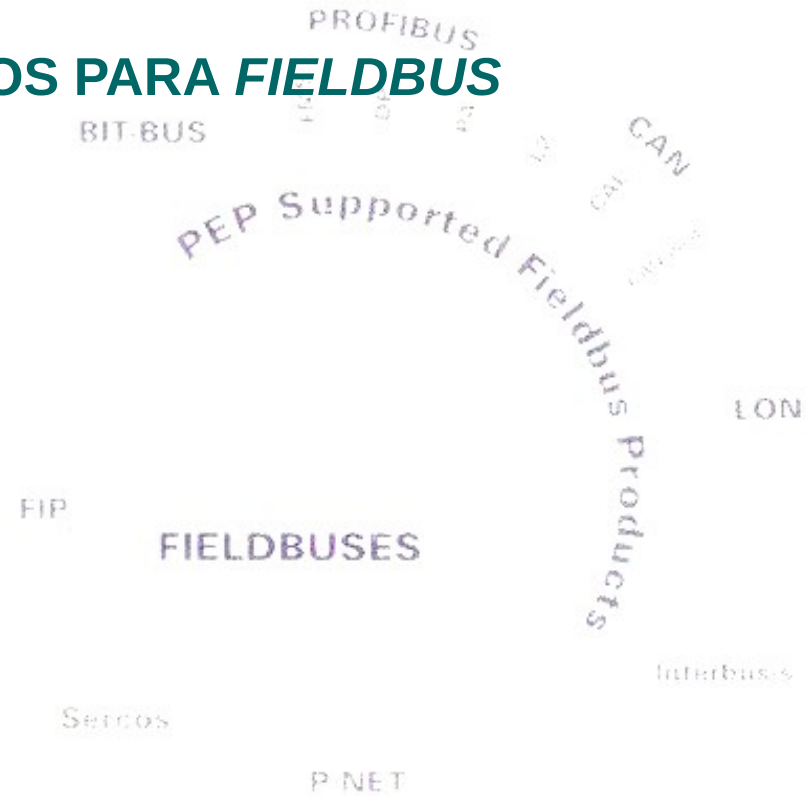
Interconectividade: maneira através da qual se podem conectar computadores de fabricantes distintos;

Portabilidade: capacidade de um *software* de rodar em plataformas diferentes.

○ REDES INDUSTRIAIS - BARRAMENTOS DE CAMPO

PRINCIPAIS PROTOCOLOS PARA *FIELDBUS*

MODBUS
PROFIBUS
FIP
CAN
INTERBUS
LonWork
AS-i
FOUNDATION
Industrial EtherNET
X10
HART



31/03/16



Protocolos para BARRAMENTOS DE CAMPO

- **MODBUS - MODICON**
- **PROFIBUS. - SIEMENS/PROFIBUS User Organization**
- **MAP (Manufacturing Automation Protocol) - OSI**
- **EPA (Enhanced Performance Architecture) -> MAP2.2**
- **WorldFIP (Factory Information Protocol) - AB +**
- **ISP(Interoperable Systems Project) - SIEMENS**
- **SP50 - ISA (International Standards Association)**
- **FOUNDATION**

PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO PREDIAIS:



→ **EIB** - EIBA (European Installation Bus Association)

→ LonWork (**LonMark Interoperability Association**)



→ BACnet - A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks - ANSI/ASHRAE (American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers)



→ **PROPRIETÁRIOS: - Protocolos não abertos**

→ **METASYS - JOHNSON CONTROLS**

→ **DeviceNET/ControlNET/DH+/DF1 - ROCKWELL/ALLEN BRADLEY**

→ **SMART DISTRIBUTED SYSTEM - HONEYWELL**



A organização que promove a DeviceNet é a ODVA, Open Device Vendor Association, que tem sede nos EUA. www.odva.org .

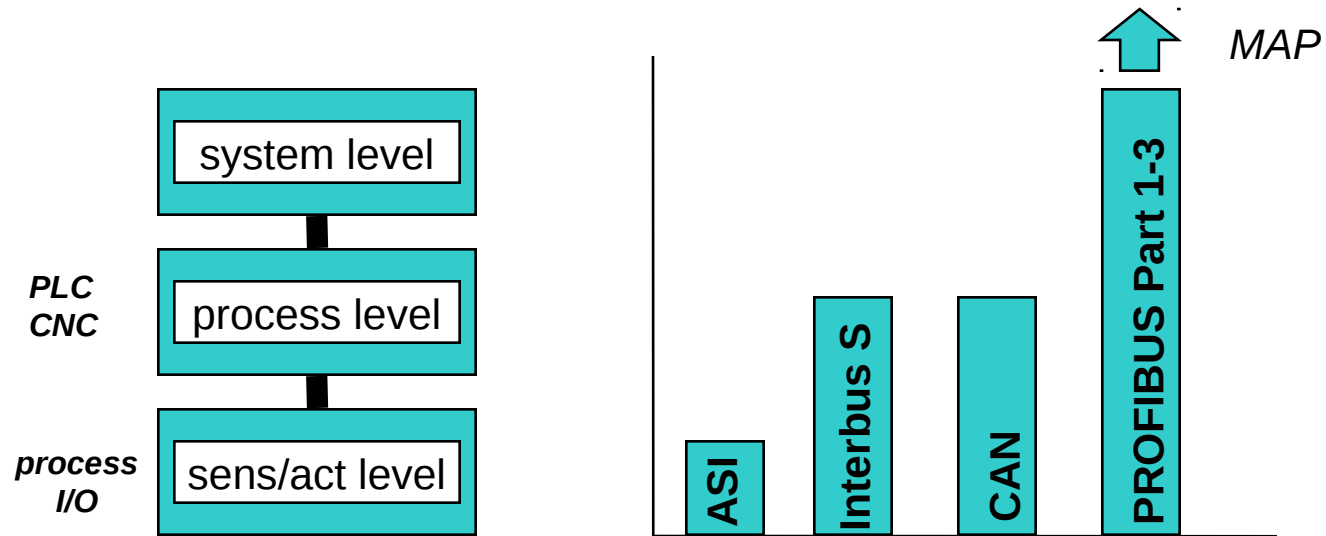
Fieldbus - categorias

nível mais baixo - Redes de dispositivos simples tais como sensores/atuadores em nível de BIT (do tipo entrada/saída). Ex: ASI; SERIPLEX; Interbus-S; Profibus-PA; HART;

nível médio - Redes de controladores (comunicação serial entre dispositivos - CLP) de campo. Ex: CAN; Lonworks; DeviceNET; Profibus-DP e

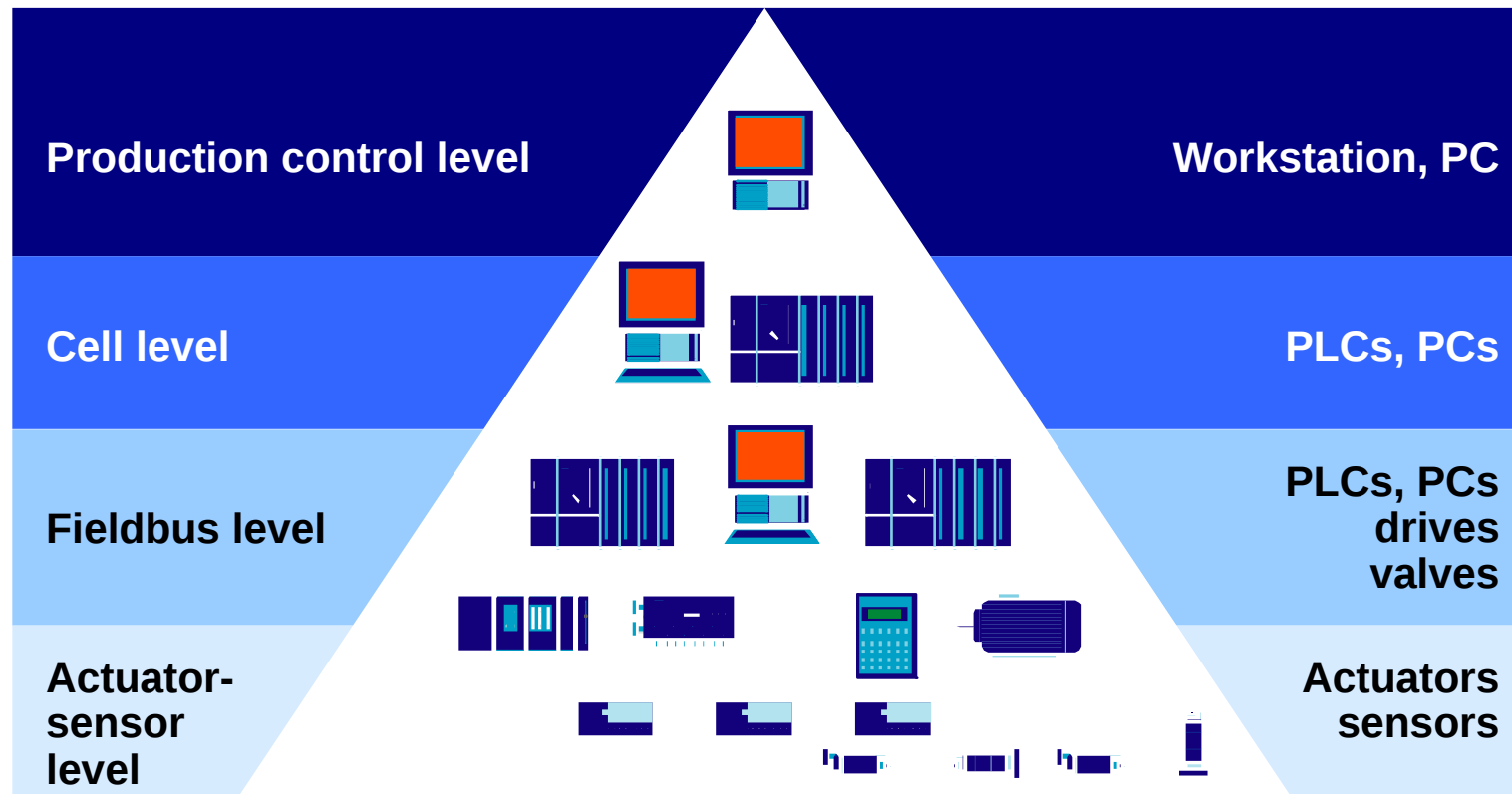
alto nível - Redes de controladores (mestres) para controles, e instrumentação mais sofisticada (inteligentes). Ex: SP50-H2; ETHERNET industrial; Profibus-FMS.

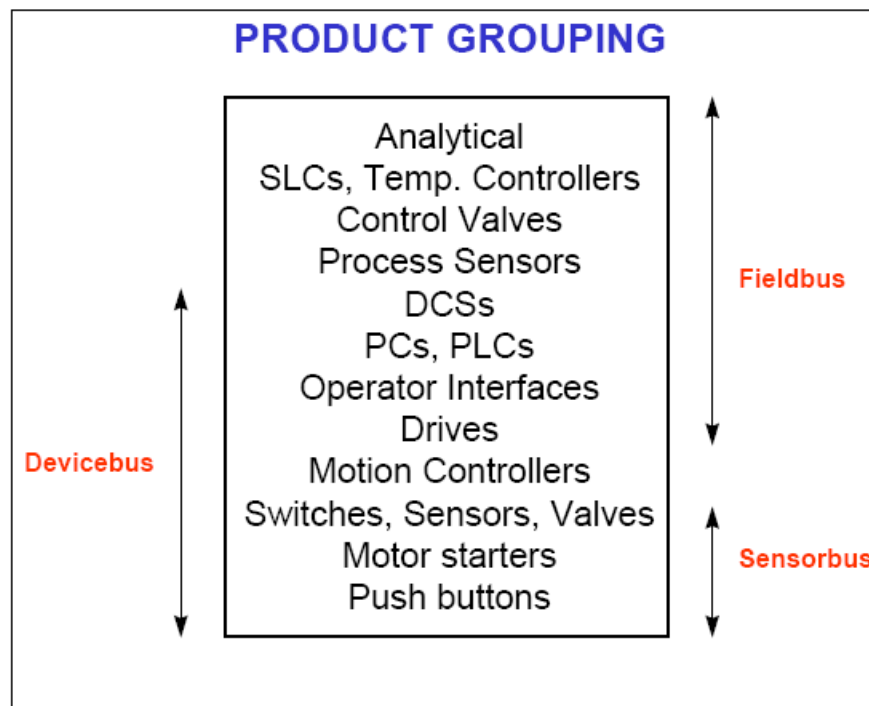
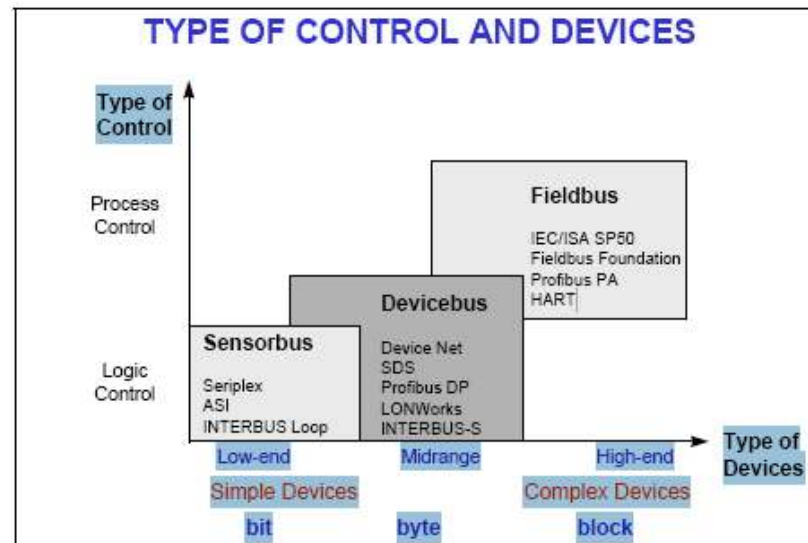
Fieldbus - Faixas de aplicação



Fieldbus Systems

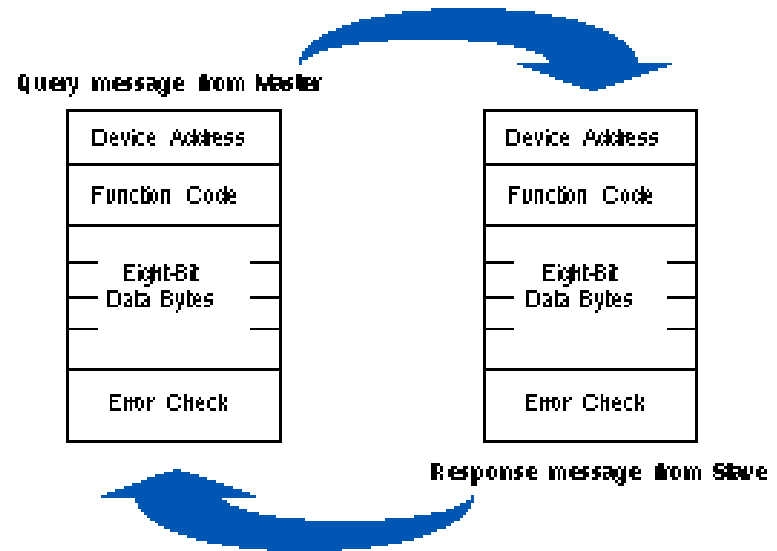
Range of Application





MODBUS

- Mestre-Escravo
- Modo Pergunta/resposta



Modos de mensagem

- **ASCII** (American Standard Code for Information Interchange) - cada byte em uma mensagem será emitido como dois caracteres
- **Modo RTU** (Remote Terminal Unit) - cada byte na mensagem contém dois caracteres hexadecimais de quatro bits cada

- CRC-16 (*Cyclic Redundancy Check*)

START	ADDRESS	FUNCTION	DATA	CRC CHECK	END
T1-T2-T3-T4	8 BITS	8 BITS	N x 8 BITS	16 BITS	T1-T2-T3-T4

The PROFIBUS Family



EN 50170 Volume 2 and DIN 19245 Part 1 to 4

Factory Automation

PROFIBUS-DP

(Decentralized
Periphery)

fast

- plug and play
- efficient and cost effective

Automation for General Purposes

PROFIBUS-FMS

(Fieldbus Message
Specification)

universal

- large variety of applications
- multi-master communication

Process Automation

PROFIBUS-PA

(Process Automation)

application oriented

- buspowered (option)
- intrinsic safety (option)

Device Profiles
Application Profiles

EN50170 e atualmente IEC 61158 e 61784

- Sistema aberto, independente de fabricante garantido pela normalização técnica europeia EN 50 170 e garantida pela PROFIBUS User Organization
- PROFIBUS PA
 - Voltado para automação de processo em áreas que necessitam de segurança intrínseca.
 - Comunicação de dados e alimentação do equipamento usando tecnologia de dois fios de acordo com a norma internacional IEC 61158-2.
 - Topologia barramento, árvore e estrela com 32 estações e taxa fixa de 31,25kbps
 - FDE (fail disconnection equipment).
 - Derivação máxima de 30m em aplicações IS;
 - Fonte e cabos dimensionados pelo nº de dispositivos (10mA por transmissor);

PROFIBUS

○ PROFIBUS DP

- Otimizado para alta velocidade;
- Voltado especialmente para comunicações entre sistemas de automação e I/O distribuídos;
- Camadas 1 e 2 do modelo OSI + interface com o usuário;
- Funções diagnósticos

○ PROFIBUS-FMS

- Realizar a tarefa de comunicação a nível de célula.
- Grande flexibilidade com diversas funções disponíveis;
- 7 Camadas modelo OSI;
- Usado para tarefas de comunicação extensas e complexas;
- habilita comunicação incluindo tecnologia *token passing*, garantindo comunicação entre MESTRES da rede e permitindo tempos de acessos curtos.

OBS:

- O PROFIBUS DP e PA são voltados para aplicações de campo e possui protocolo Mestre/Escravo (DP: 32 por seguimento e máximo 126 escravos);
- O DP:
 - podem coexistir diversos mestres na rede porém somente um mestre pode escrever em um escravo específico.
 - Comunicação multiponto: broadcast (todos) e multicast (alguns); Comunicação cíclica e não cíclicas (alarmes);
 - pode-se ativar/desativar escravos ciclicamente;
 - Verificar configuração de escravos;
 - *Watch dog* nos escravos;
 - 246 bytes de I/O;

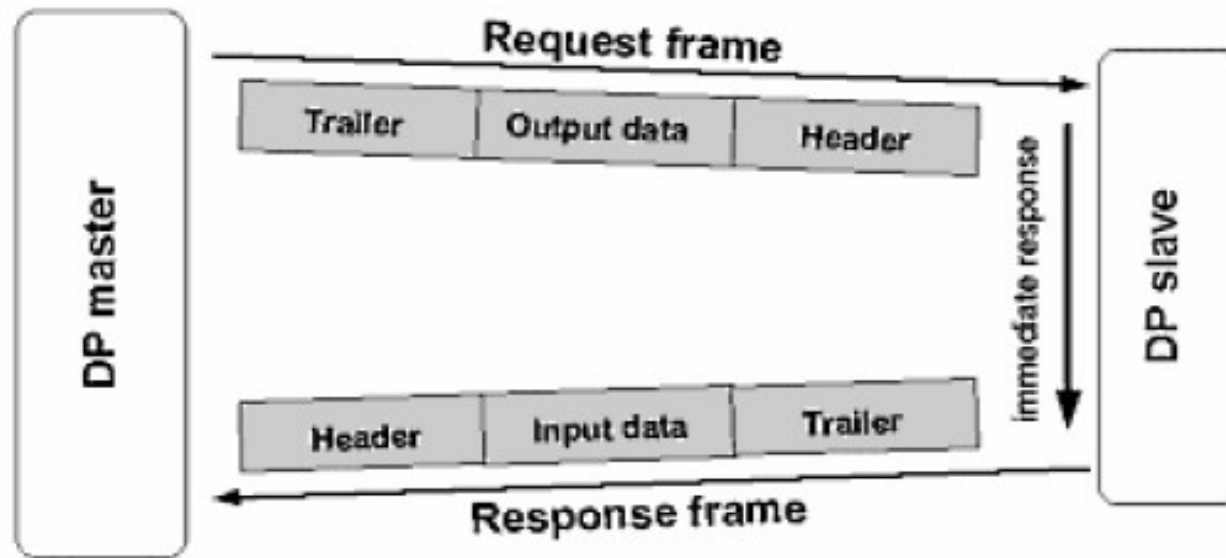
PROFIBUS

○ Profibus-DP

- Podemos utilizar para conectar: CLP's, IHM's, válvulas, conversores etc...
- Graças ao seu rápido tempo de resposta, é uma rede bem conceituada no mercado.
- O Profibus-DP oferece alguns níveis de performance:
- **DPV0:** troca contínua de dados entre o mestre e os escravos;
- **DPV1:** troca de dados de tempos em tempos, ou seja, de acordo com a necessidade do usuário. Utilizado para parametrizar, controlar, monitorar etc.
- **DPV2:** troca de dados com alta precisão de tempo ex. motion control; e troca de dados entre escravos.

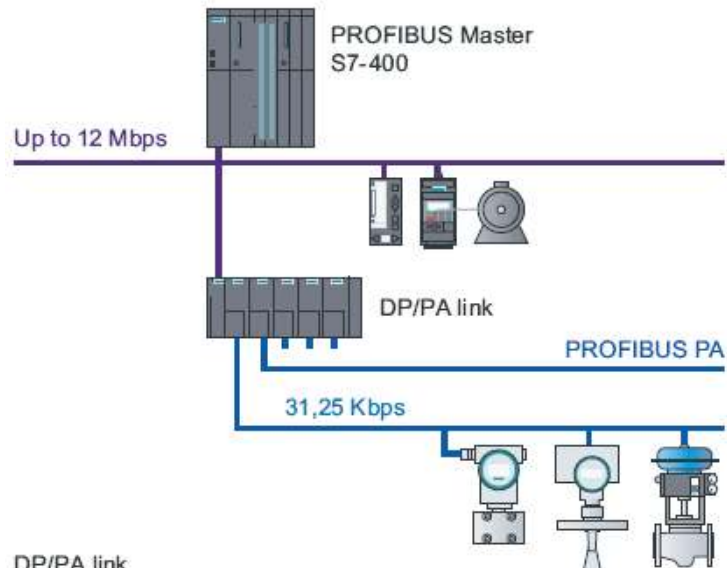
PROFIBUS

Mensagem



PROFIBUS

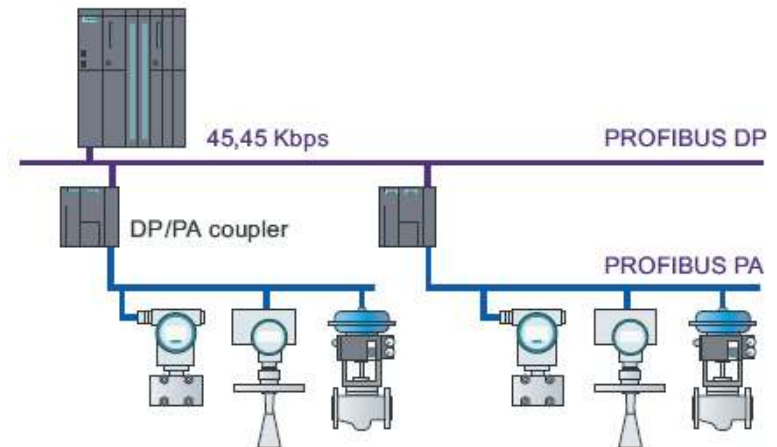
High-speed solution with DP/PA Link



DP/PA link

- Interface module IM 153-2 High Feature (redundant)
- DP/PA coupler (max. 5 per IM)
- Slave at PROFIBUS DP master at PROFIBUS PA
- Max. 64 PA devices (244 bytes I/O data)

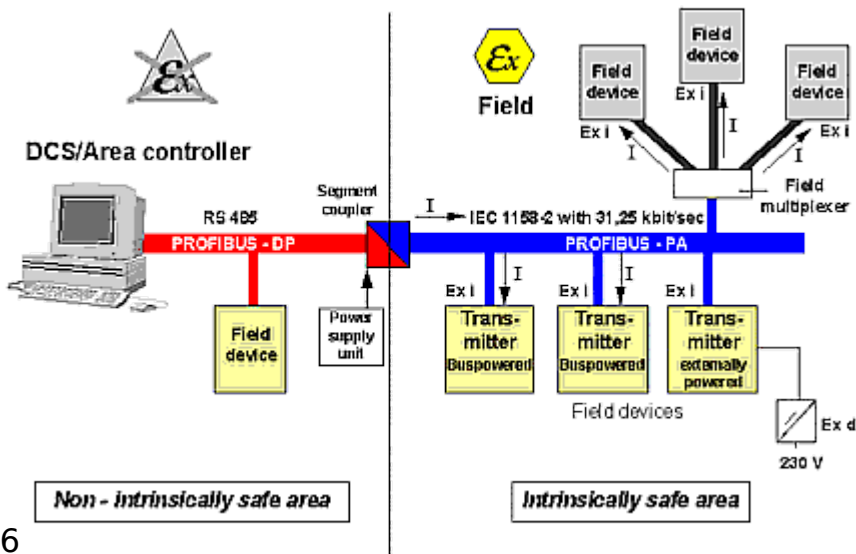
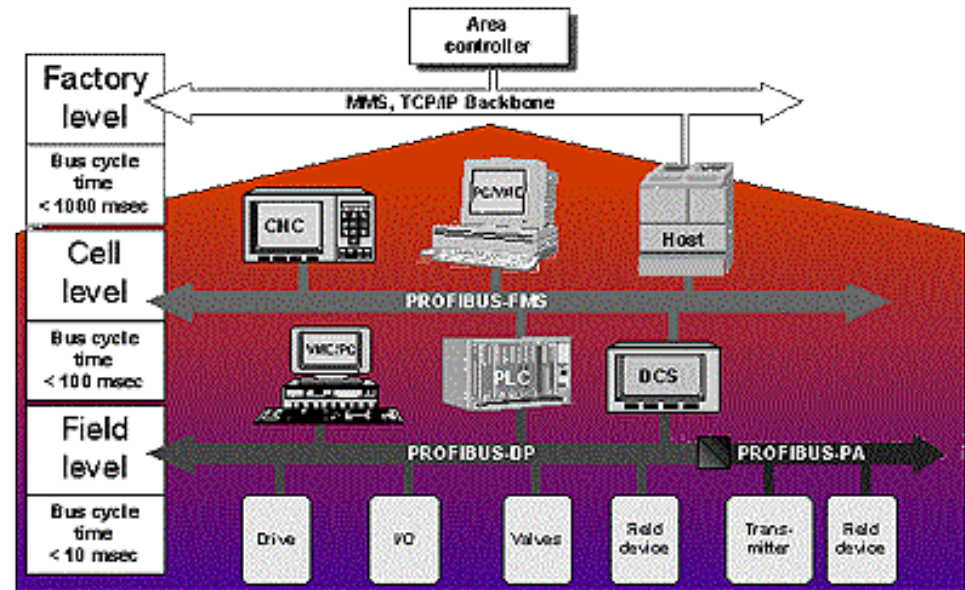
Low-cost solution with direct addressing



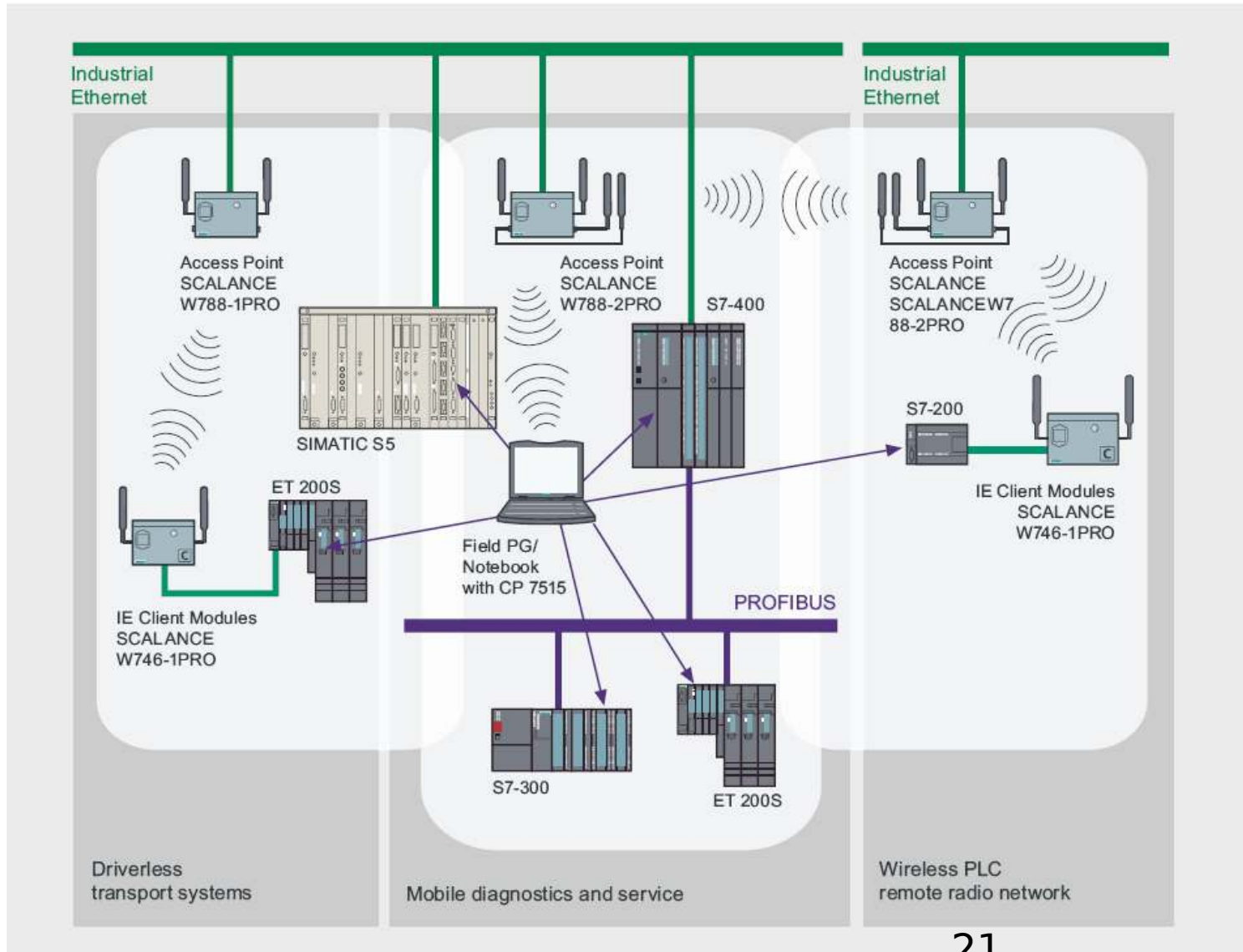
DP/PA coupler

- Transparent for communication
- Ex-Version 13.5 V / 110 mA
- Non-Ex-Version 31 V / 1000 mA

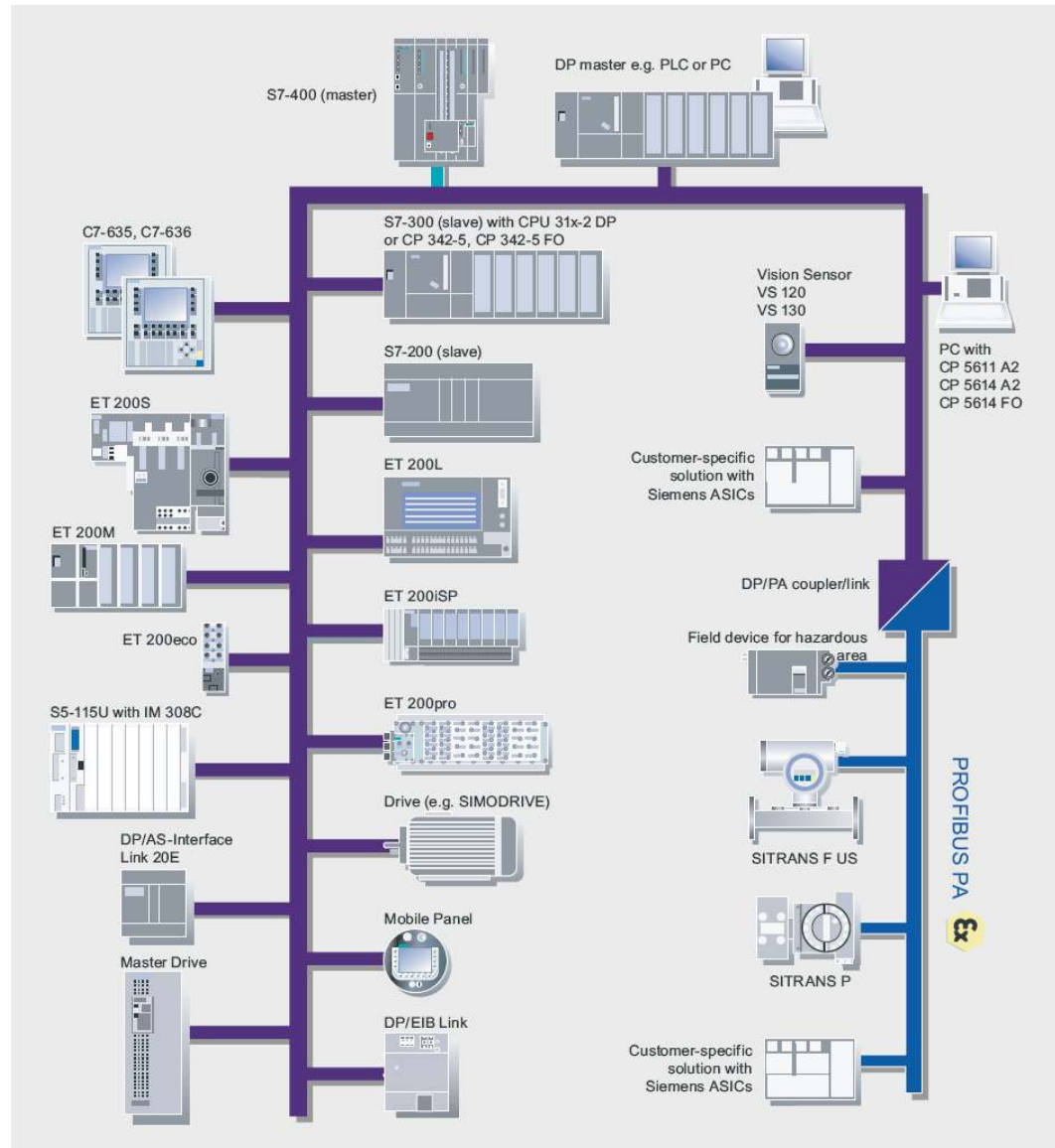
PROFIBUS



Protocols **PROFIBUS**



Protocolos PROFIBUS

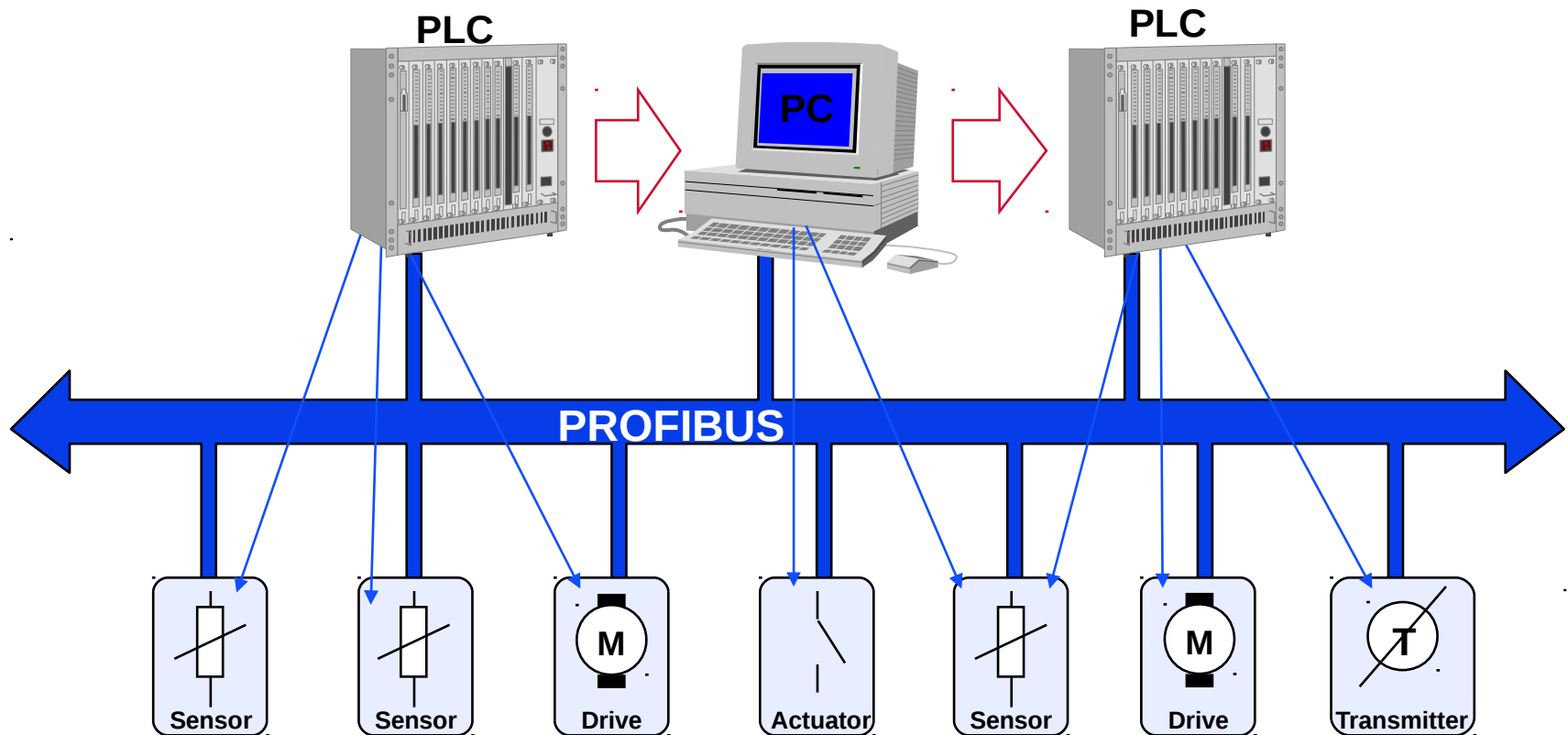


PROFIBUS – Velocidade x distância

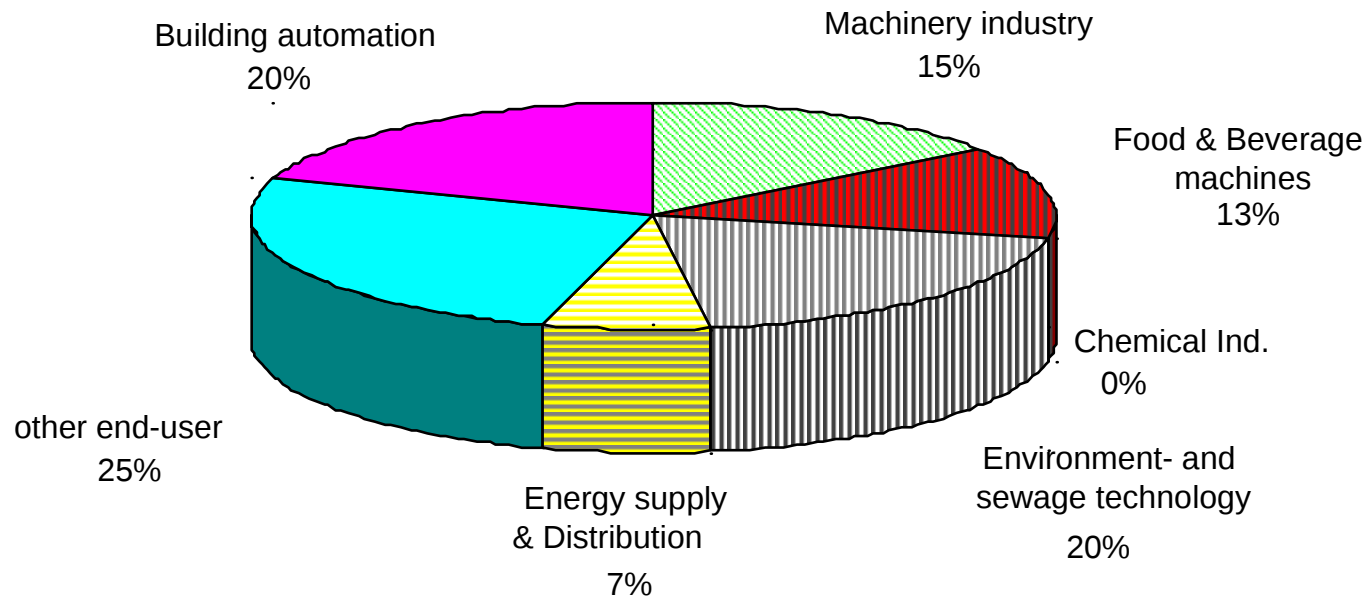
Data transmission rate	Max. segment length
9.6 kbit/s	1000 m
19.2 kbit/s	1000 m
45.45 kbit/s	1000 m
93.75 kbit/s	1000 m
187.5 kbit/s	1000 m
500 kbit/s	400 m
1500 kbit/s	200 m
3000 kbit/s	100 m
6000 kbit/s	100 m
12000 kbit/s	100 m

PROFIBUS

- PLCs and accessories



PROFIBUS application-fields

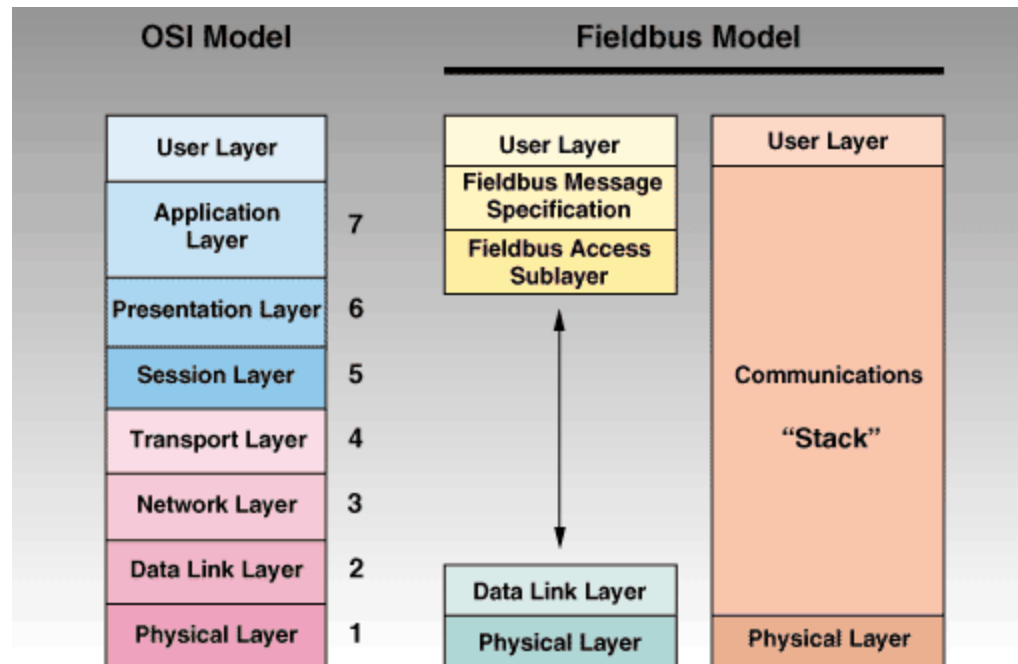


FOUNDATION

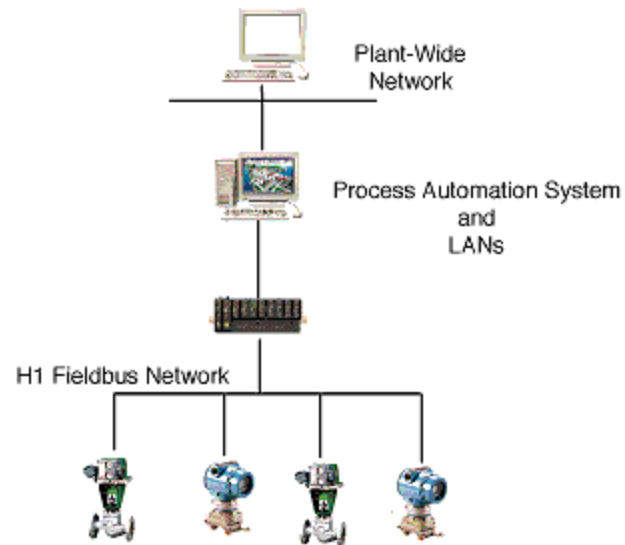
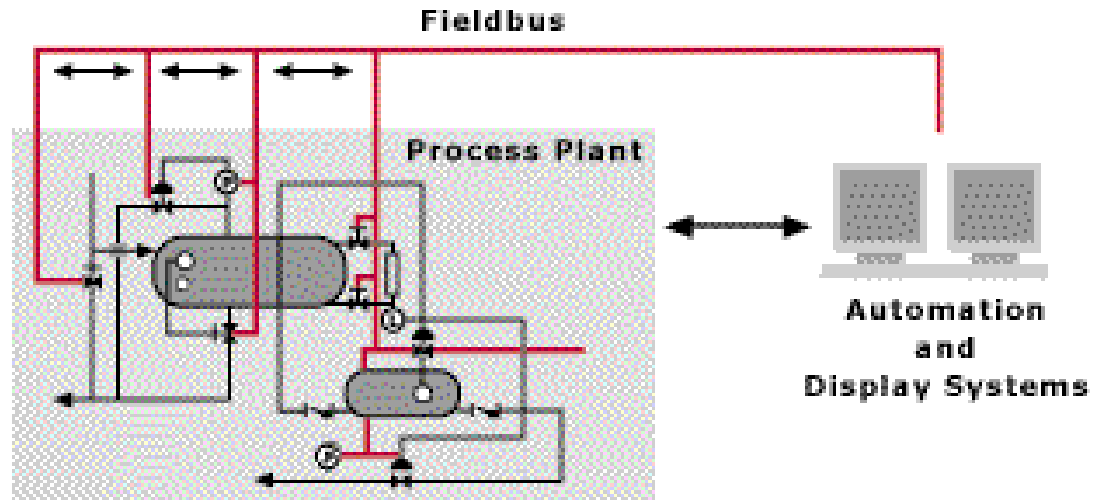


○ 1994 - ISP + WorldFIP = **FOUNDATION**

- Compatível com os padrões SP50 (ISA)
- Especificações do IEC



FOUNDATION



FIELDBUS FUNDATION[®]



4 a 20 mA_{Acc} X FIELDBUS

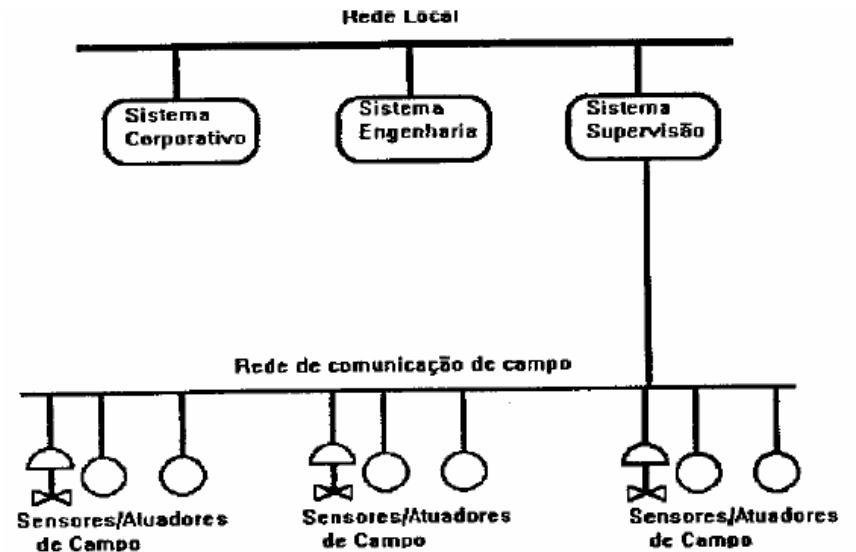
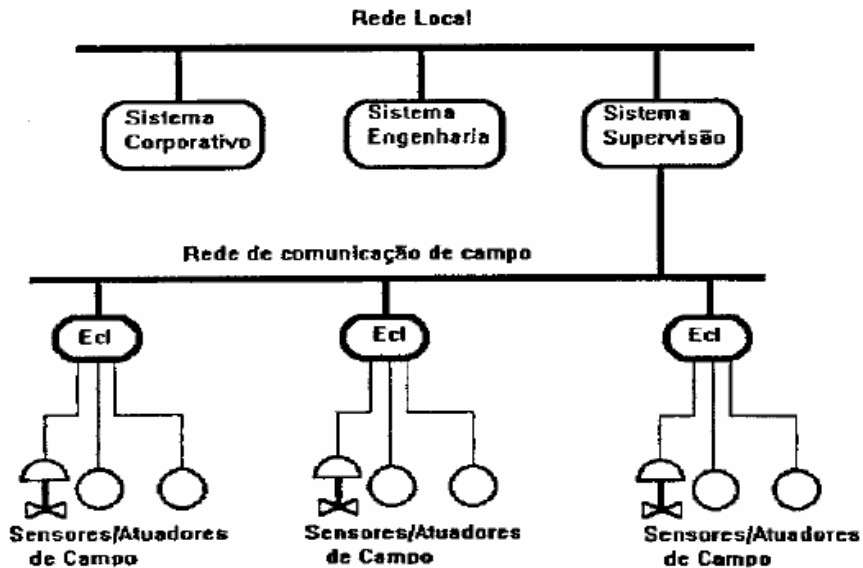
FOUNDATION

- A Data Link Layer (DLL) controla também o acesso ao meio através do Link Active Scheduler (LAS).
- O LAS é usado para programar as transmissões de mensagens, determinando e autorizando a troca dos dados entre dispositivos.
- A Data Link do FOUNDATION fornece:
 - Método de controle de acesso bem dinâmico,
 - Serviços para vários modelos de dados, incluindo suporte a client/server, publisher/subscriber e distribuidor de pacotes de dados.
 - Suporta redes multi-segmentadas, transportando dados com total segurança e sincronismo.
 - Permite supervisão e configuração on-line dos dispositivos, e também manutenção on-line.

FOUNDATION

- **User Layer dividida em Blocos e denomina-se Function Block Application Process (FBAP):**
 - **Resource Blocks** - determina os parâmetros específicos que pertence aos processos aplicativos (e.g., manufacturing ID, Tipos de dispositivos, etc.).
 - **Function Blocks** - estabelece o controle das funções (e.g., controlador PID, entrada analógica, etc).
 - **Transducer Blocks** - representa uma interface para sensores como os de temperatura, pressão e fluxo.
 - **System Management**
 - **Network Management**
 - **Device Description Technology.**

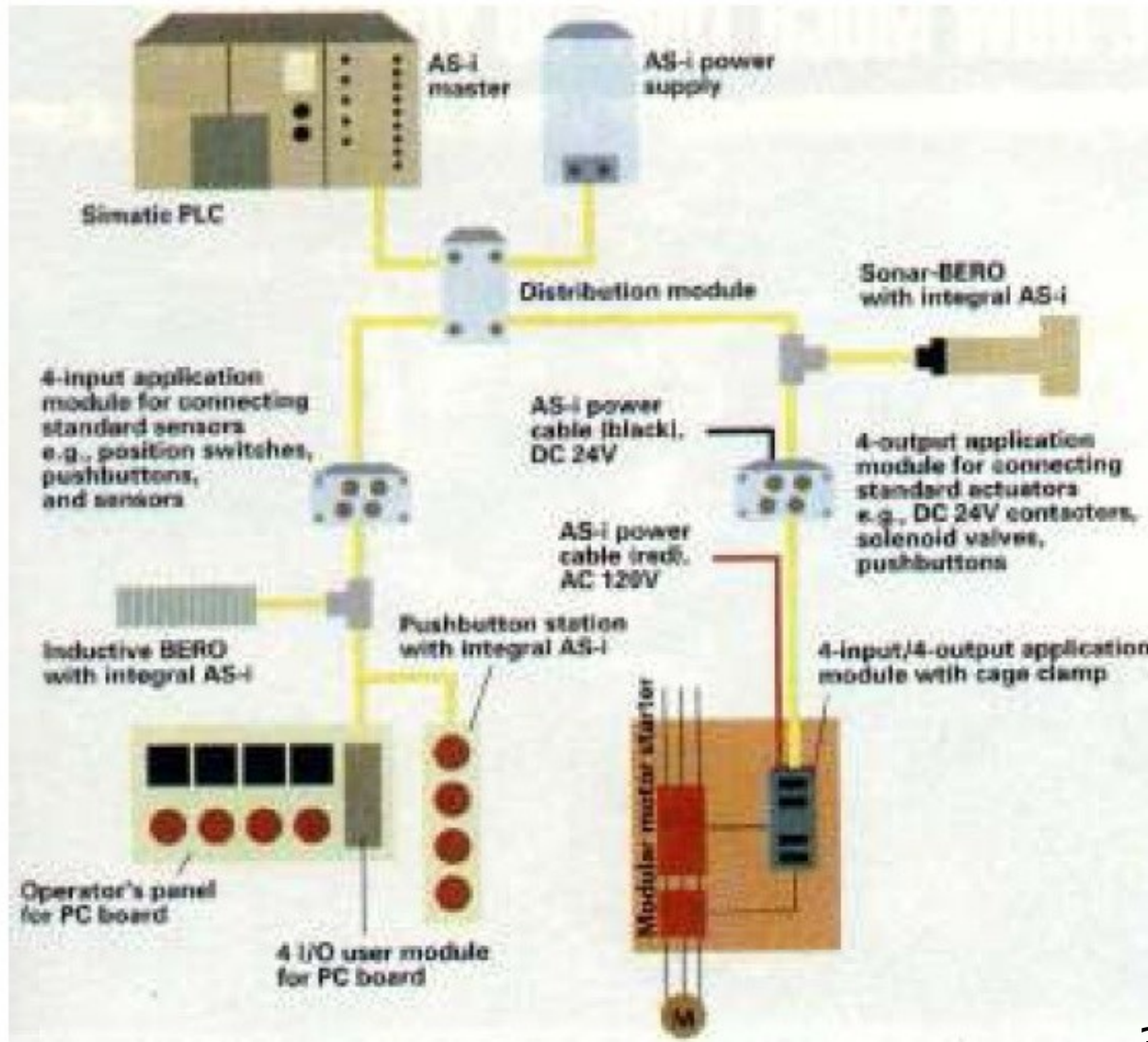
FOUNDATION – vantagens

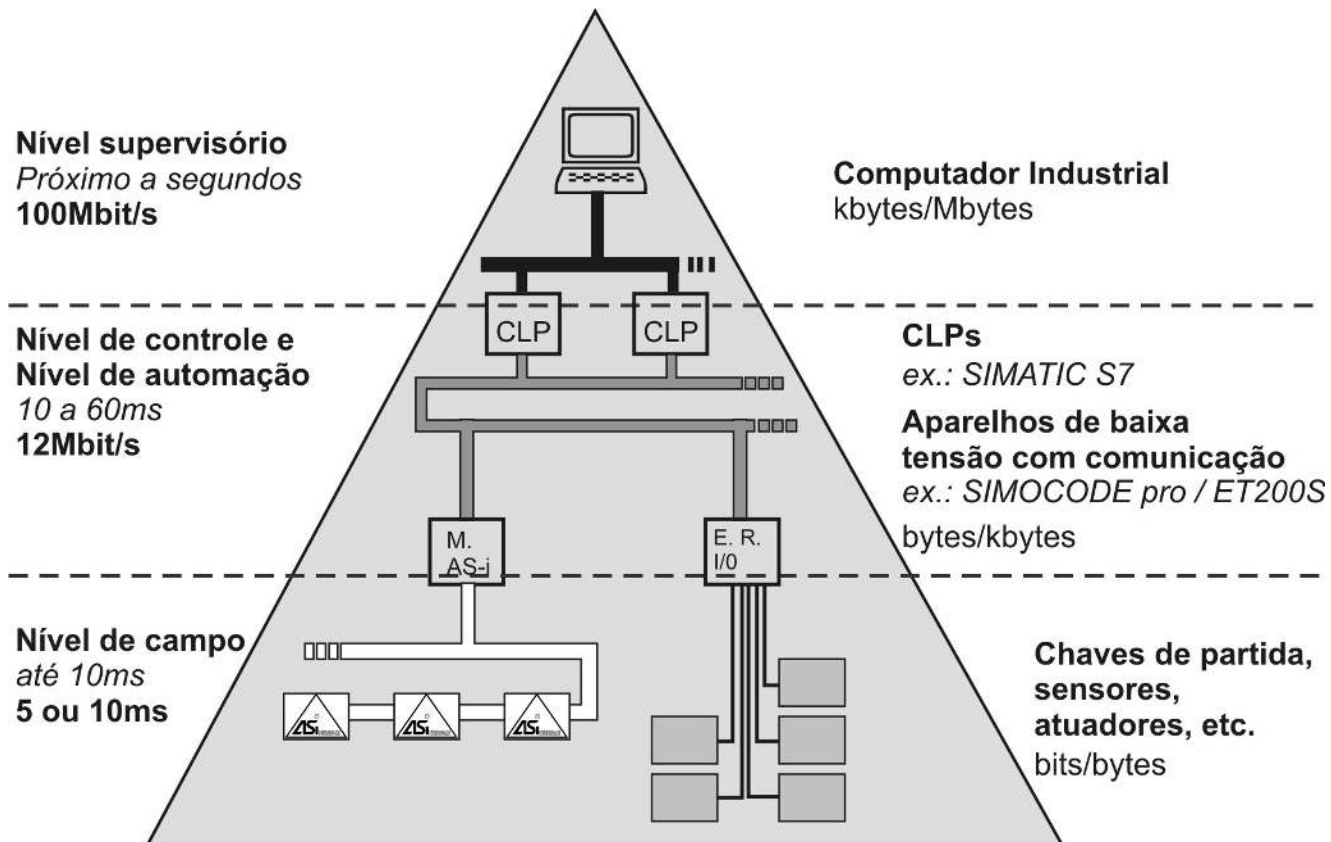


EXEMPLOS DE FABRICANTES QUE UTILIZAM O FIELDBUS FOUNDATION

- * **Allen-Bradley**
- * **Chiyoda Corporation**
- * **Fischer - Rosemount Systems**
- * **Fuji Electric Co. Ltd.**
- * **Hitachi Ltd.**
- * **Honeywell Inc.**
- * **Institute for Automation**
- * **Instrumentation & Process Control Engineers Association**
- * **Smar**
- * **The Foxboro Company**

AS-i





REDE AS-i ACTUADOR SENSOR INTERFACE

- Fabricantes de sensores e atuadores formaram um consórcio para desenvolver um rede de baixo custo que vinha de encontro com as necessidades de aplicações no mais baixo nível de rede.
- 1996 criada a AS International Associations.
- Em um par de fios, caminharão junto a alimentação dos sensores ou atuadores em 24Vcc e a informação do estado dos mesmos.
- A configuração máxima da rede é de 31 participantes (escravos) ciclicamente por um mestre no nível de controle superior.

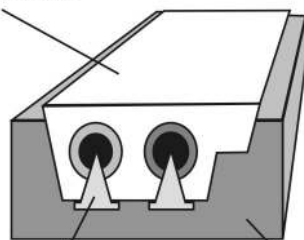
REDE AS-i ACTUADOR SENSOR INTERFACE

- Cada escravo é capaz de transferir 4 entradas e 4 saídas
- A conexão dos elementos pode ser feita em estrutura de árvore, estrela, barra ou em uma combinação das anteriores
- Módulos com grau de proteção IP67
- conectores M12 padrões para conexão de sensores

AS-i – módulo IP67



Cabo perfilado



Conexão Vampiro com IP 67 Encaixe do módulo

Conector Vampiro



AS-i - Comparação

	Versão 2.0	Versão 2.1
Número de escravos	Max 31	Max 62
Número de E/S	124E + 124S	248E + 186S
Sinais	Dados e energia até 7A	Dados e energia até 7A
Meio	Cabo normal	2x1,5mm ²
Máx. tempo de ciclo	5ms	10ms
Transmissão de valor analógico	Via Função Block (FB no CLP)	Integrada no mestre
Número de valores analógicos	Tipicamente 16 <i>bytes</i> por valores digital e analógico	124 valores analógico à 16 bits
Procedimento de acesso	Mestre/Escravo	Mestre/Escravo
Comprimento do cabo	100m repetidores máx. 500m	100m repetidores máx. 500m

○ **LonWorks technology - LonMark Interoperability Association**

- Local Operating Network (LON) - Adequado principalmente para automação predial
- Produtos LONWORKS podem ser facilmente conectados à IEC's ICELAN-G™

○ **Principais componentes da LONWORKS são:**

- LonTalk protocol
- Neuron chips
- LONWORKS transceivers
- Network management and applications software

LONWORKS

- **LonTalk protocol** - Utiliza todas as camadas do modelo de referência **OSI** da **ISO** (International Organization for Standardization)
- Capacidade da rede:
 - Subnets per domain: 255
 - Nodes per subnet: 127
 - Nodes per domain: 32,385
 - Groups per domain: 255
 - Number of domains: 281.474.976.710.656
 - Each node has a 48-bit **ID**
-

LONWORKS

○ **Neuron chips**

- VLSI device (Motorola e Toshiba)
- Três processadores de 8-bit`s

○ **LONWORKS transceivers**

- 78 kbps Twisted Pair Transceiver -1400m (Pior caso)
- 1.25 Mbps Twisted Pair Transceiver - 130m
- Power Line Transceivers
- Radio Frequency Transceiver - RF transceivers 400-470 MHz and 900 MHz.

CAN: Controller Area Network

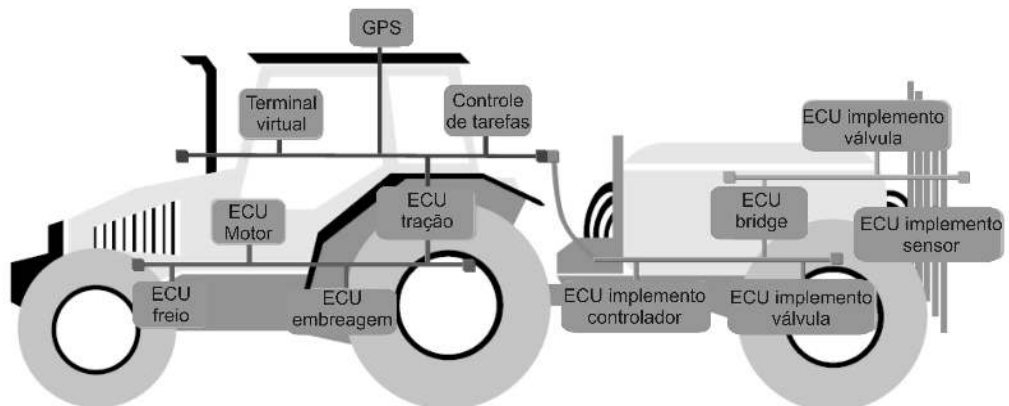
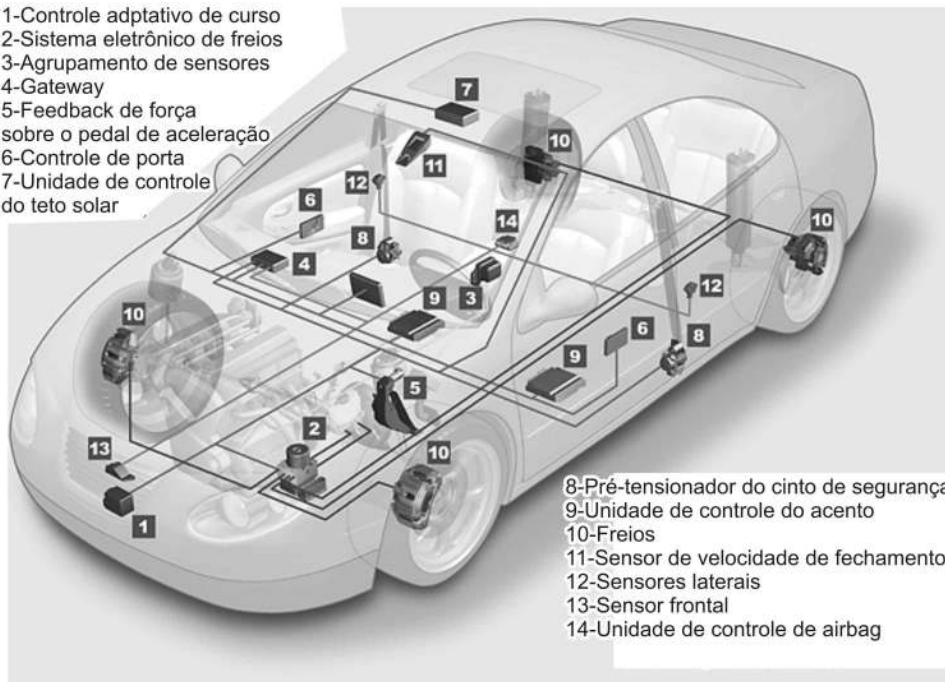
○ Características principais :

- Controle em tempo real com alto nível de segurança;
- Robusto, criado para aplicações que necessite de simplicidade e confiabilidade (padronizado para indústria automotiva);
- Leve em conta condições severas de temperatura, vibração e radiação eletromagnética.

CAN:

CANopen

- 1-Controle adaptativo de curso
- 2-Sistema eletrônico de freios
- 3-Agrupamento de sensores
- 4-Gateway
- 5-Feedback de força sobre o pedal de aceleração
- 6-Controle de porta
- 7-Unidade de controle do teto solar



CAN

○ Características principais :

- Normalizada (ISO 11519-1 e ISO 11898),
- Multimestre;
- Noção de prioridade de mensagem com distinção entre erros permanentes e temporários;
- Mensagens com até 8 bytes protegida com CRC de 16 bits;
- CSMA/CD;
- Transmissão em modo diferencial de até 1 Mbits/s.



HART - Highway Addressable Remote Transducer



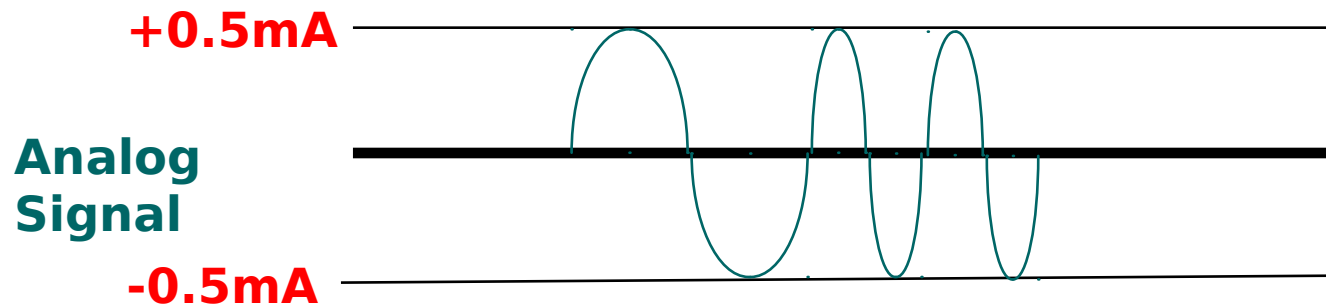
○ Características principais :

- Criado pela Rosemount - 1980's;
- Dois modos de comunicação simultaneamente: digital e analógico 4-20mA;
- Aplicados na integração de variáveis de processos remotos, com acesso a dados do processo, parâmetros e diagnósticos;
- Utiliza 3 camadas do modelo OSI: Física, enlace e aplicação.

PROTOCOLO HART®



Simultaneous Analog + Digital Communication



FSK freq: 1200 Hz

2200 Hz

Logical: "1"

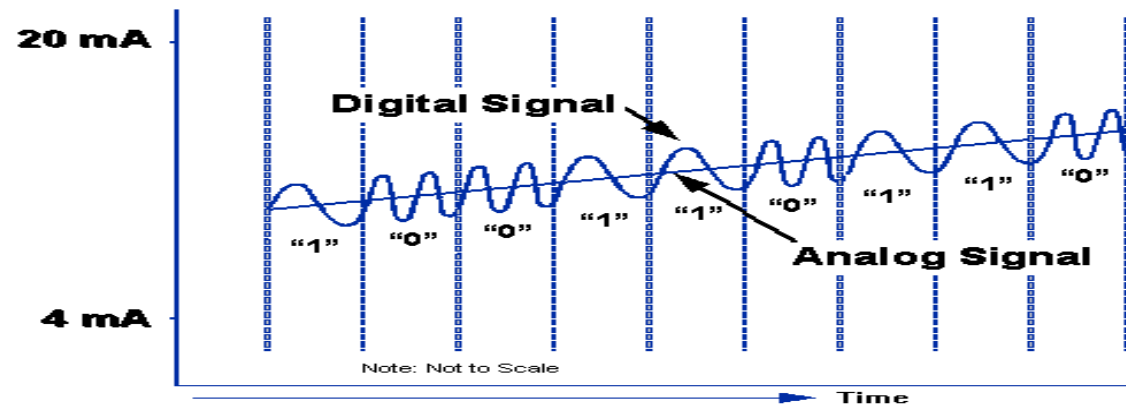
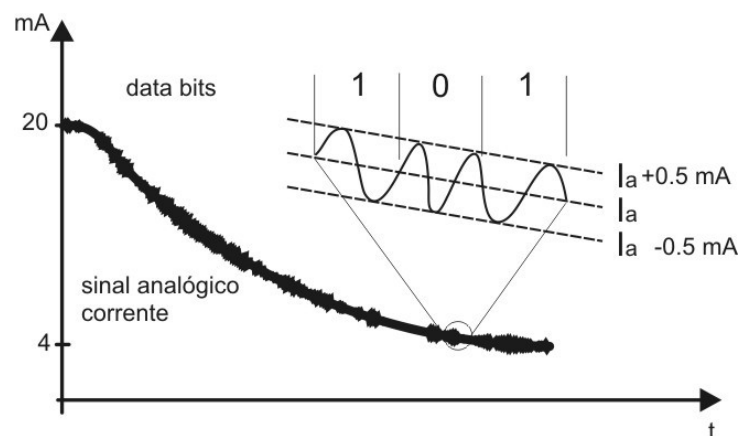
"0"

**Chaveamento por deslocamento de freqüência para
sobrepôr o sinal digital ao de 4-20mA**

HART

○ Características principais :

- **Tipo de comunicação Sinal**
- Tradicional Analógico 4-20mA
- Digital FSK, baseado no padrão comunicação telefônica 2 da Bell
- Frequência Lógica "0" 2.200 Hz
- Frequência Lógica "1" 1.200 Hz



Sinal digital sobreposto ao sinal analógico

PROTOCOLO HART®



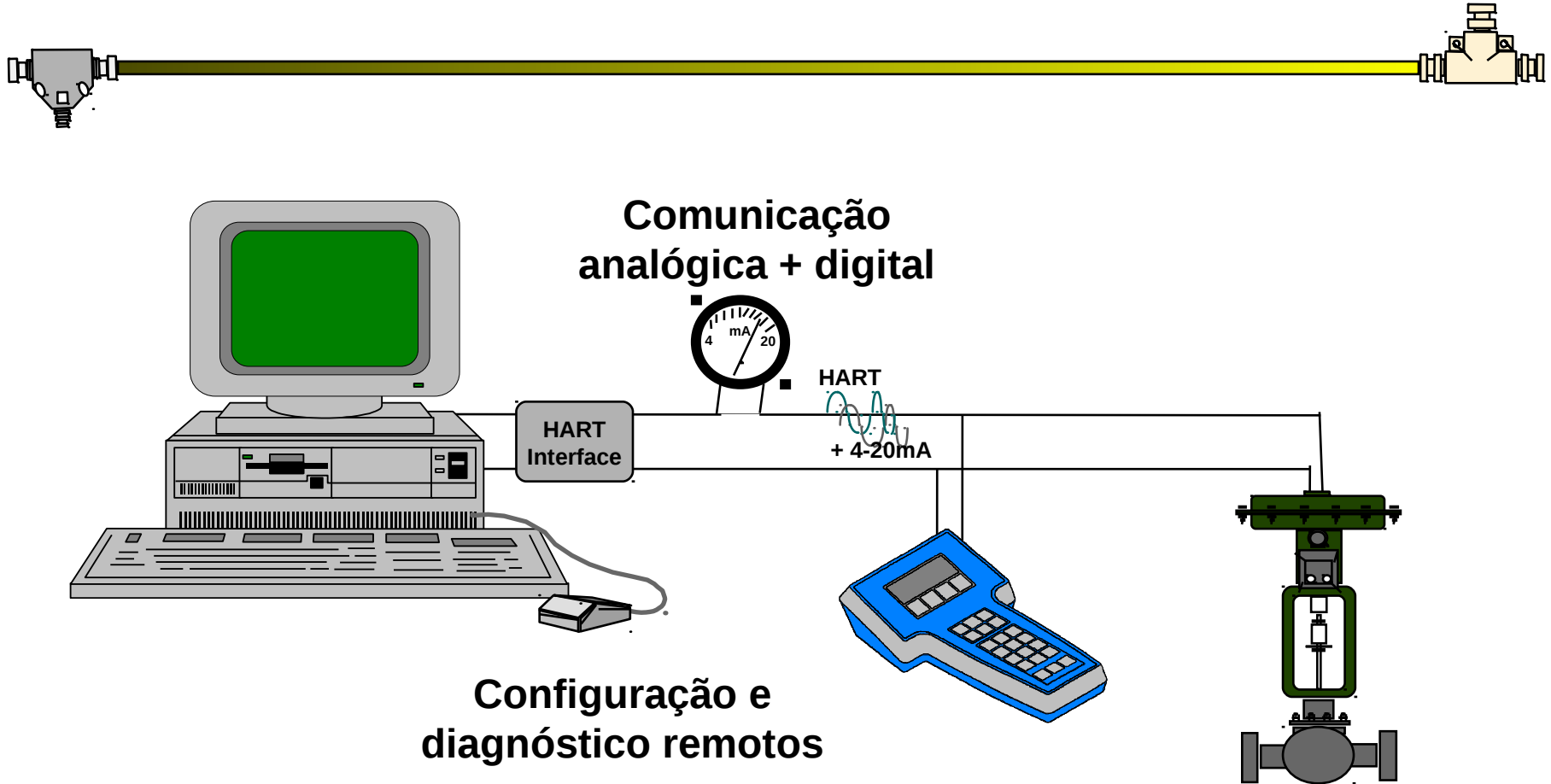
- **Comunicação multi-mestre**
- 256 variáveis por dispositivo
- Formato de ponto flutuante IEEE 754 (32 bits) com unidades de engenharia
- Topologia Ponto-a-ponto - simultâneo analógico e digital
- Cadeia Multidrop - somente digital (até 15 dispositivos)
- Comprimento do cabo em torno de 3000m

HART



	OSI Layer	Function	HART
7	Application	Provides the User with Network Capable Applications	Provides the User with Network Capable Applications
6	Presentation	Converts Application Data Between Network and Local Machine Formats	
5	Session	Connection Management Services for Applications	
4	Transport	Provides Network Independent, Transparent Message Transfer	
3	Network	End to End Routing of Packets. Resolving Network Addresses	
2	Data Link	Establishes Data Packet Structure, Framing, Error Detection, Bus Arbitration	A Binary, Byte Oriented, Token Passing, Master / Slave Protocol.
1	Physical	Mechanical / Electrical Connection. Transmits Raw Bit Stream	Simultaneous Analog & Digital Signaling. Normal 4-20mA Copper Wiring

PROTOCOLO HART®



Dois “mestres” se comunicando com um “escravo”

9. PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO DIGITAL



INTERBUS-S

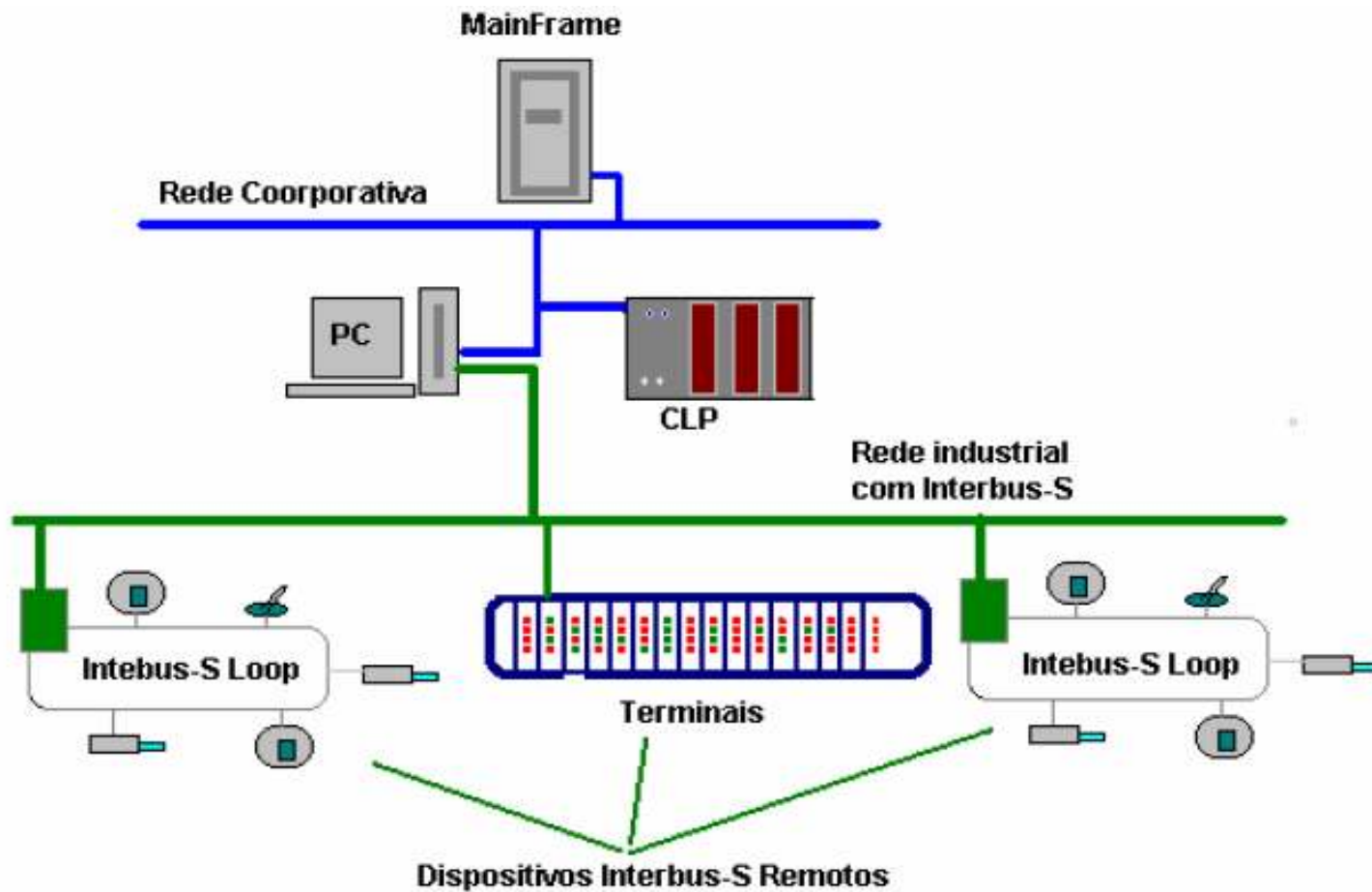


○ Dispositivos de E/S

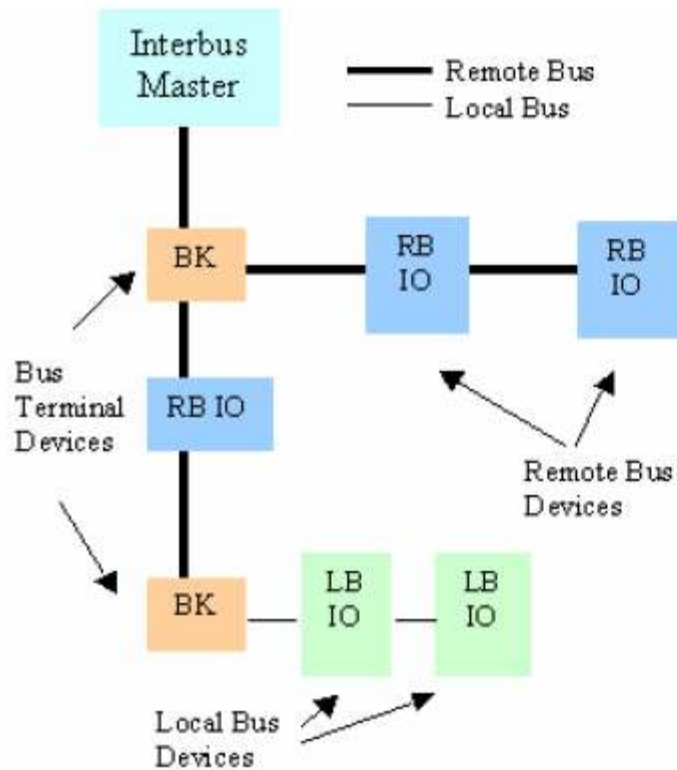
○ Protocolo aberto

- **Dispositivos de E/S** de fabricantes diferentes podem trocar informações sem necessidade de software adicional.
- **Desenvolvimento rápido da aplicação**, já que as funções dos dispositivos se comunicam de forma idêntica.
- **Suporte e treinamento simplificado** quando todos os dispositivos operam idênticamente.
- **Software incorporado** a funcionalidade dos dispositivos para promover maior facilidade de uso.

INTERBUS-S

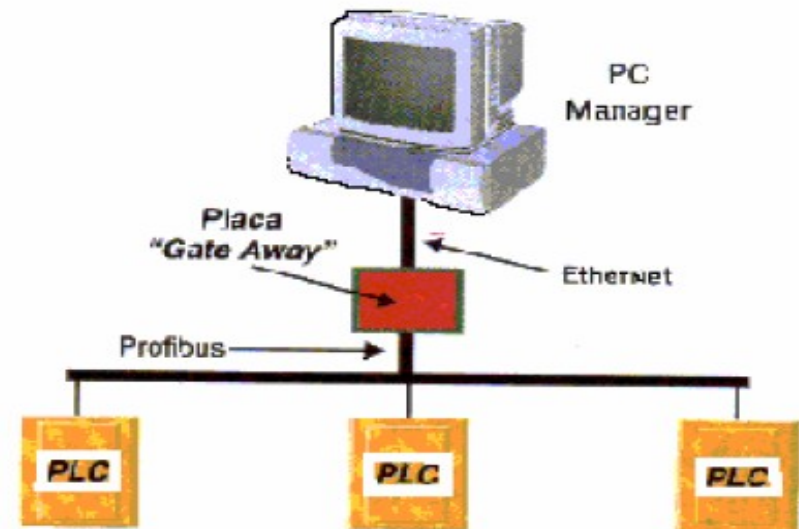


INTERBUS-S



OSI Layer	Interbus-S	
	Basic Implementation	PCP Implementation
7	Not Used	PMS Layer
6		
5		
4		
3		
2	Data Link Layer	
1	Physical Layer	

Ethernet Industrial



- 10 / 100 Mbps
- Uso em gerenciamento
- Uso em conjunto com PROFIBUS
- Facilidade e praticidade
- Par trançado, cabo coaxial, fibra ótica.

Ethernet Industrial

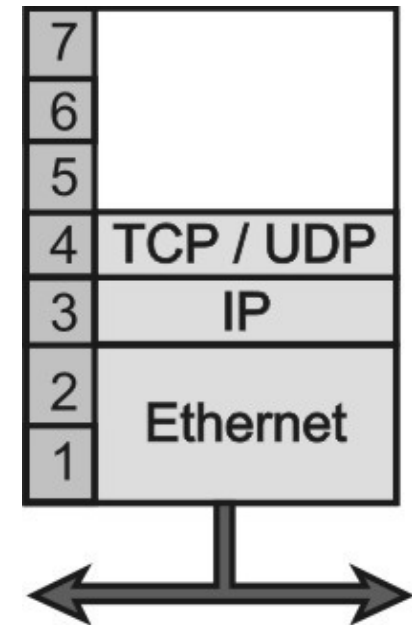
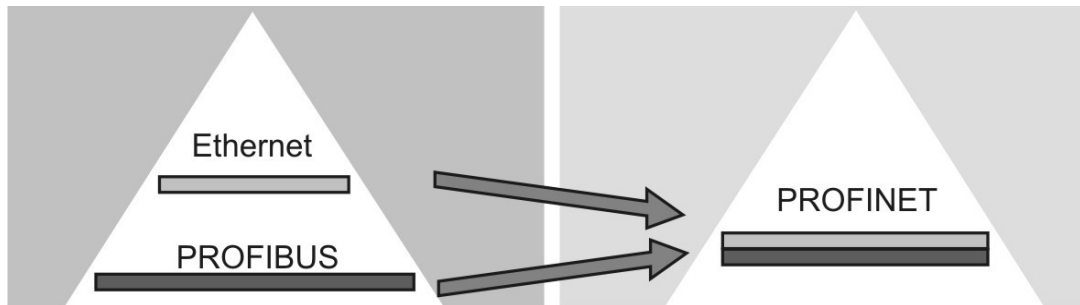


Itens	Produtos para Ethernet Comercial	Produtos para Ethernet Industrial
Temperatura de Operação	5°C a 40°C	0°C a 60°C
Placa Multi Layer para a imunidade a ruído	Não	Sim
Conectores	RJ-45	Parafuso, DB9, RJ-45 e Fibra Óptica
Redundância	Não	Sim
Encapsulamento industrial	Não	Sim
Alimentação	110Vac	24Vdc
Compatibilidade até 10 anos	Não	58 Sim

Ethernet Industrial



- 10 / 100 Mbps
- Uso em gerenciamento
- Uso em conjunto com PROFIBUS
- Facilidade e praticidade
- Par trançado, cabo coaxial, fibra ótica.



Ethernet Industrial



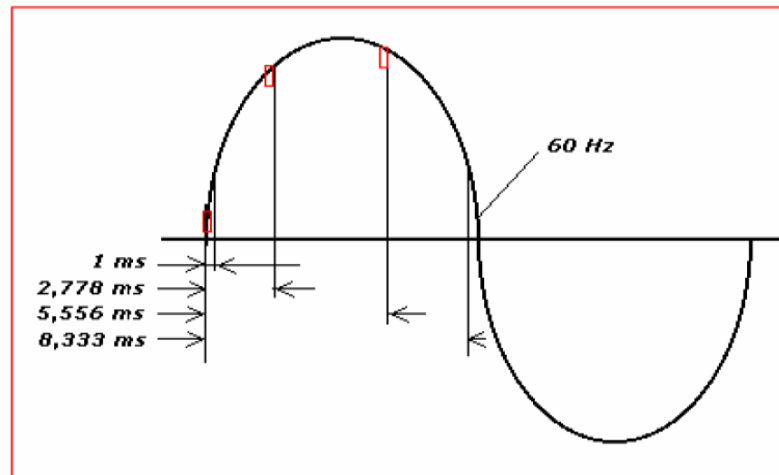
○ **Vantagens do Ethernet:**

- grande popularidade da tecnologia com levado número de pessoal técnico qualificado
- baixo custo de implementação, treinamento e manutenção;
- alta velocidade;
- capacidade de interconectividade e acesso remoto;
- capacidade de alavancar tecnologia comercialmente barata;
- os principais fabricantes de CLP ou SDCD suportam sistemas de fieldbus específicos, mas todos suportam Ethernet;
- capacidade de transportar elevado fluxo de informações entre o processo industrial e a corporação;
- Habilidade de prover diagnóstico e atuação remotamente;

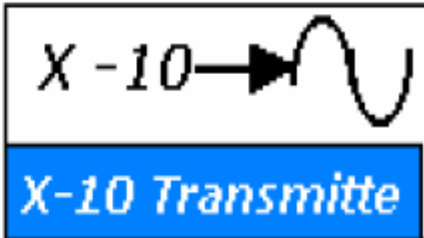
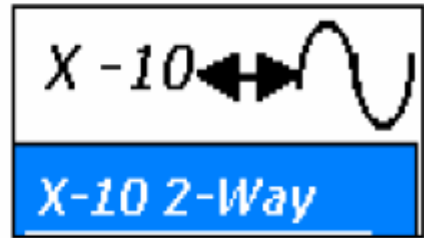
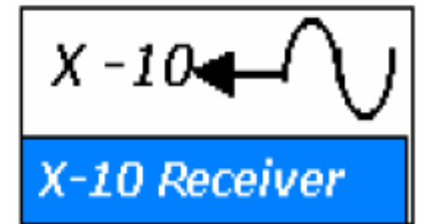
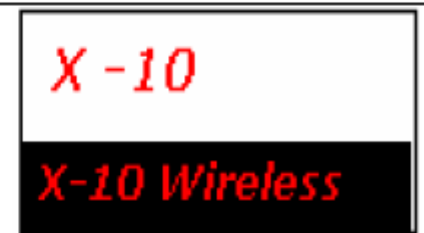
○ **Desvantagens para padrão de campo:**

- Ausência de interoperabilidade pela falta da camada de aplicação (por si só, apresenta definições apenas para as camadas 1 e 2 do modelo ISO);
- falta de determinismo;
- tempo de resposta insuficiente para algumas aplicações;
- dificuldades de sincronismo em nível de ms;
- falta de solução para segurança⁶¹

X10



X10

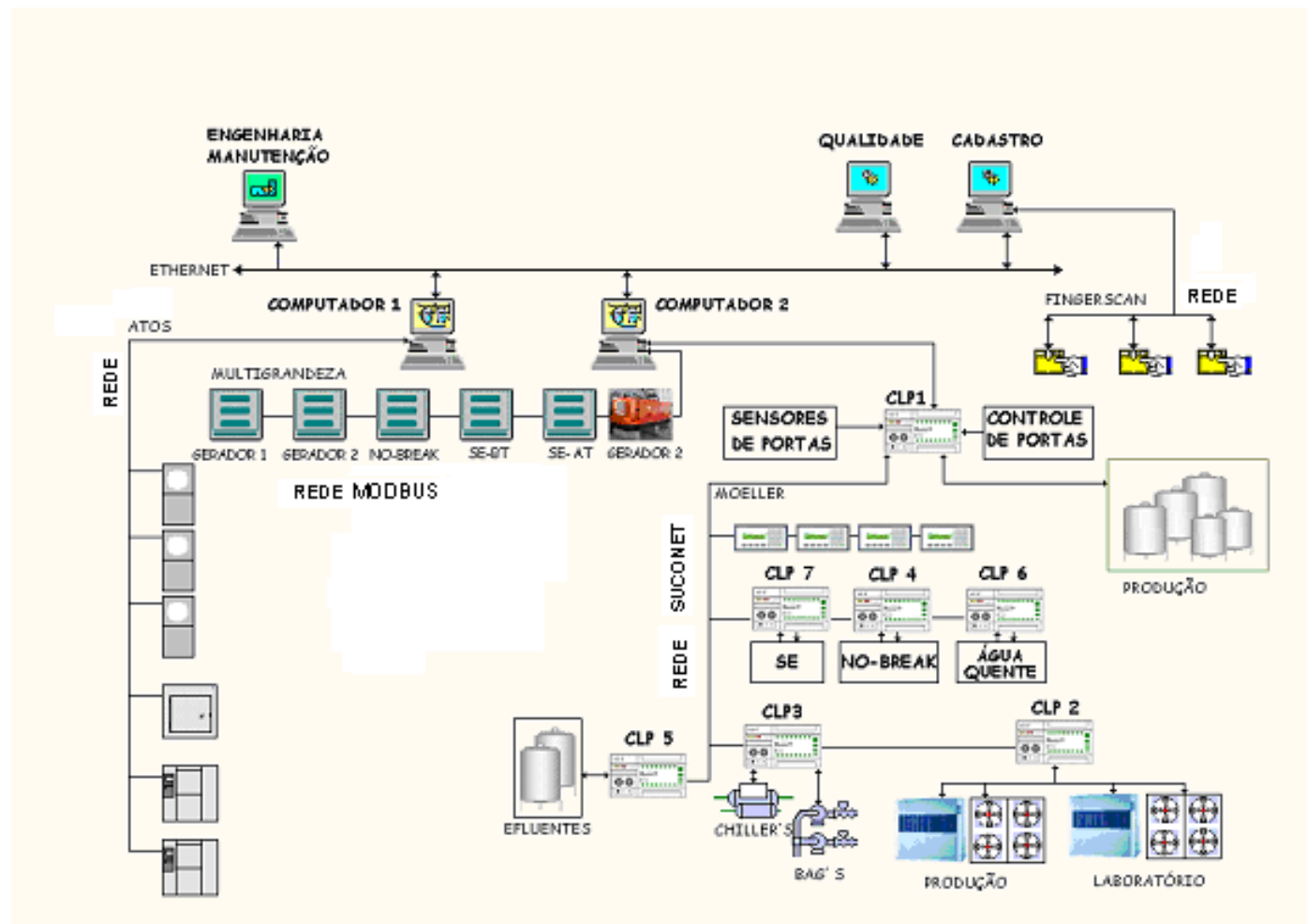
X-10 Transmitter Estes módulos transmitem um sinal de baixa tensão codificado que é sobreposto aos 220 volts da rede. Um transmissor é capaz de enviar até 256 endereços pela instalação.	
X-10 2-Way Estes módulos, podem enviar e receber comandos para os 256 endereços, podendo ainda ser interligado a um controlador.	
X-10 Receiver Com estes aparelhos pode-se receber sinal, enviados pelo transmissor. São codificados e respondem de acordo com o sinal recebido.	
X-10 Wireless Capta um sinal de rádio de uma unidade RF e insere o sinal X-10 na rede onde está instalado.	

SDCD

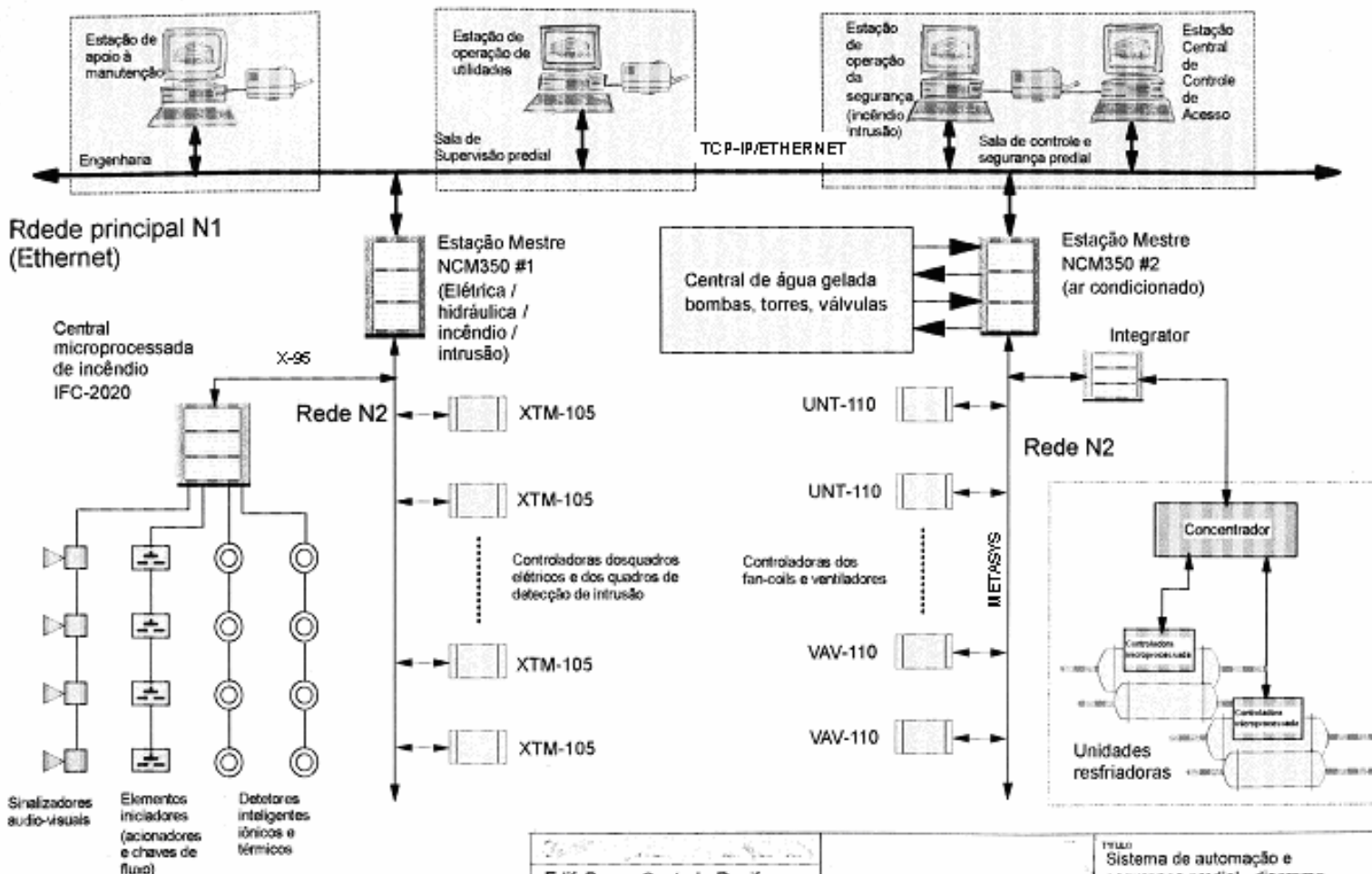
○ **FIELDBUSES - Comparação entre os principais**

	MODBUS	PROFIBUS-DP	PROFIBUS-PA	Foundation H1	Foundation H2
Mestres	1	1-32	1-32	N/A	N/A
Componentes	124/32	-/32			
Topologia	Barramento	Barramento	Barramento	Barra - 2 fios	Barra - 4fios
Distância Máxima	500 m	100 m	1900 m	1900 m	750 m
Máx Baud Rate	1 Mbps	12 Mbps	31,25 Kbps	31,25 Kbps	2,5 Mbps

Protocolos



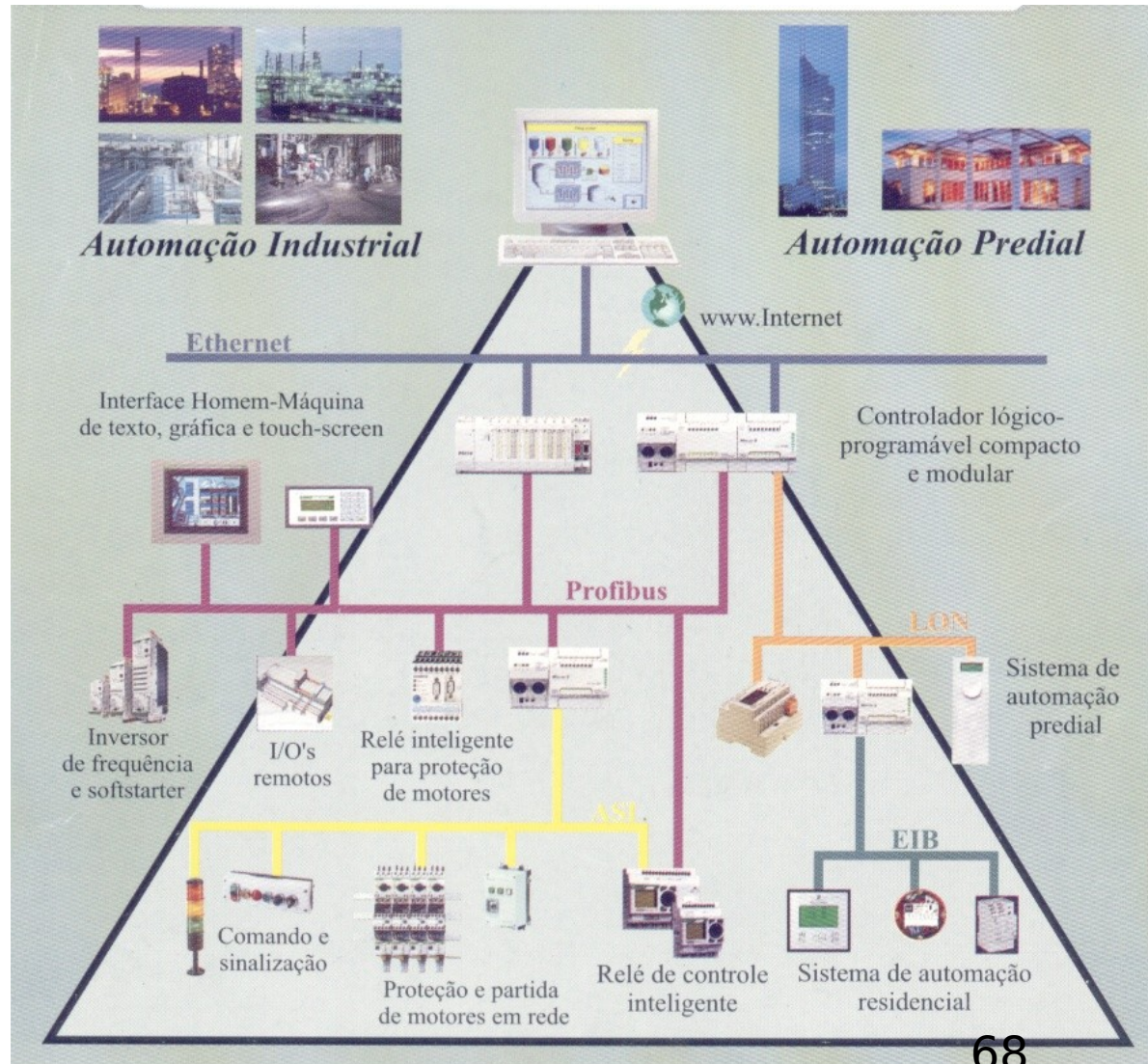
Protocolos



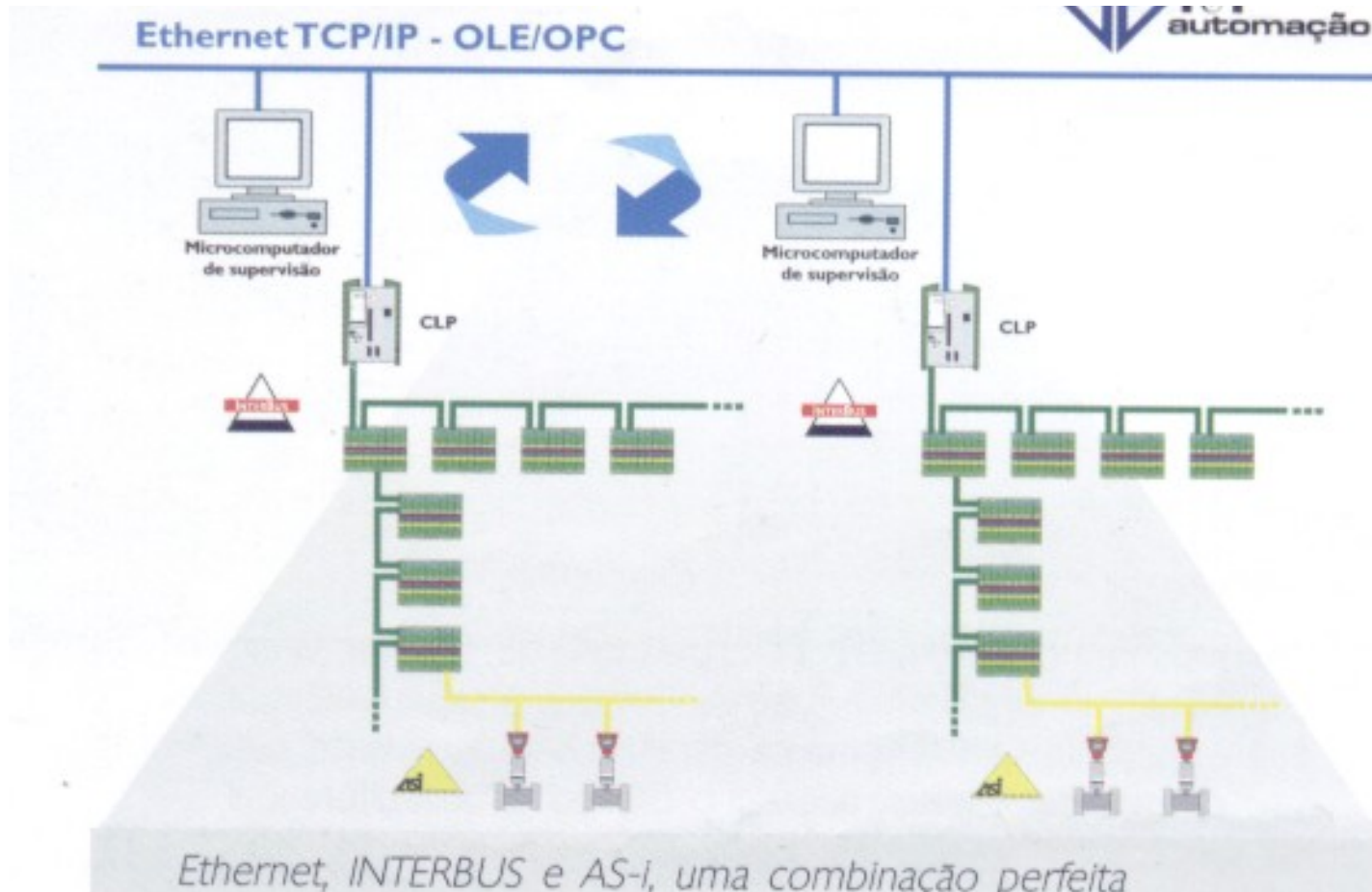
Edif. Banco Central - Recife			
Projeto de Automação Predial			
4			
3			
2			
1			
REV.	DATA	MODIFICAÇÃO	QES

TÍTULO		Sistema de automação e segurança predial - diagrama	
AUTOR		2008/97	
Desenho:			
Confirmação:			
Rev. Técnico			
Rev. de Desenho			
SIST-01		Folha 1/1	Rev. 0

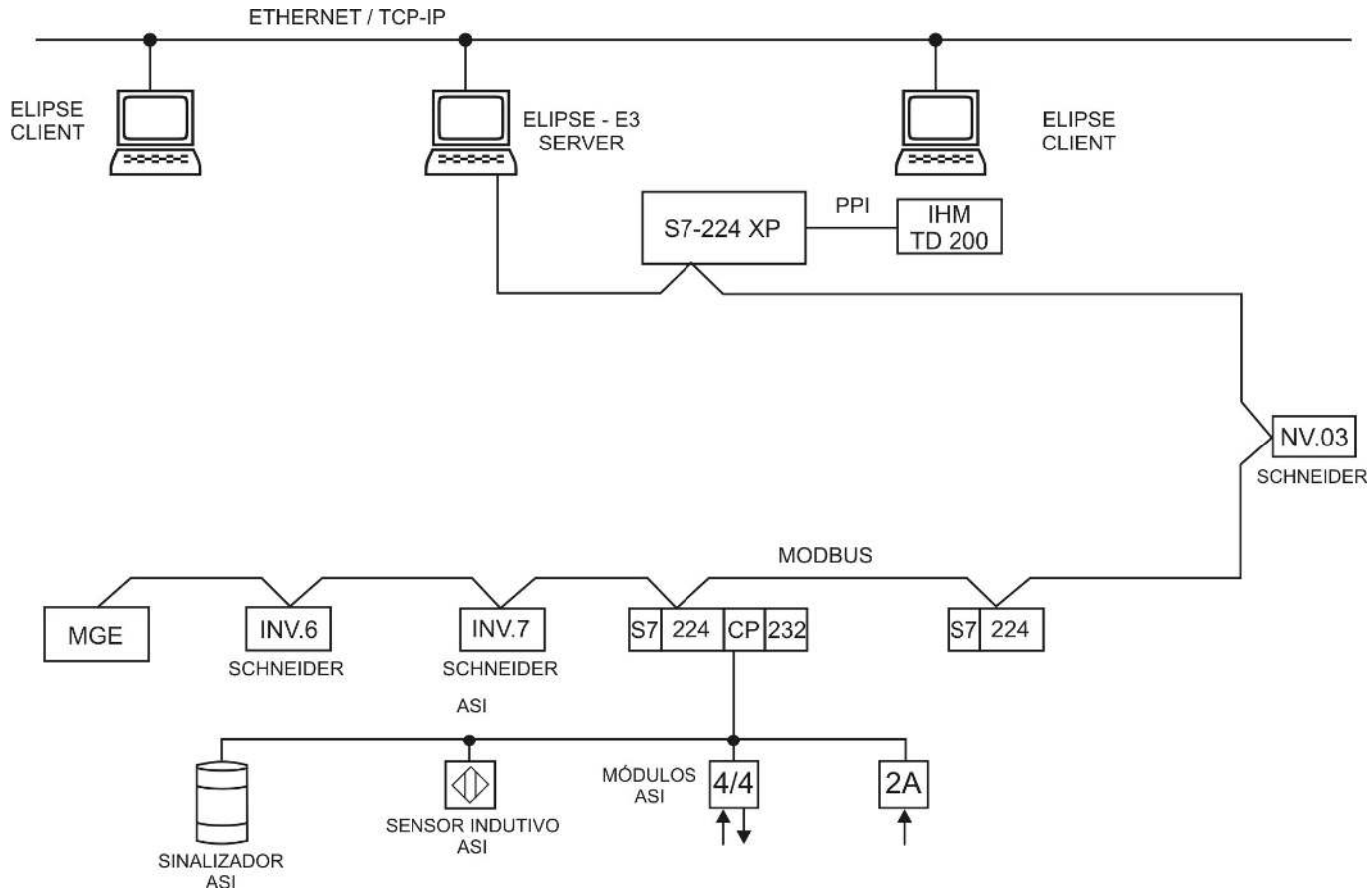
Protocolos



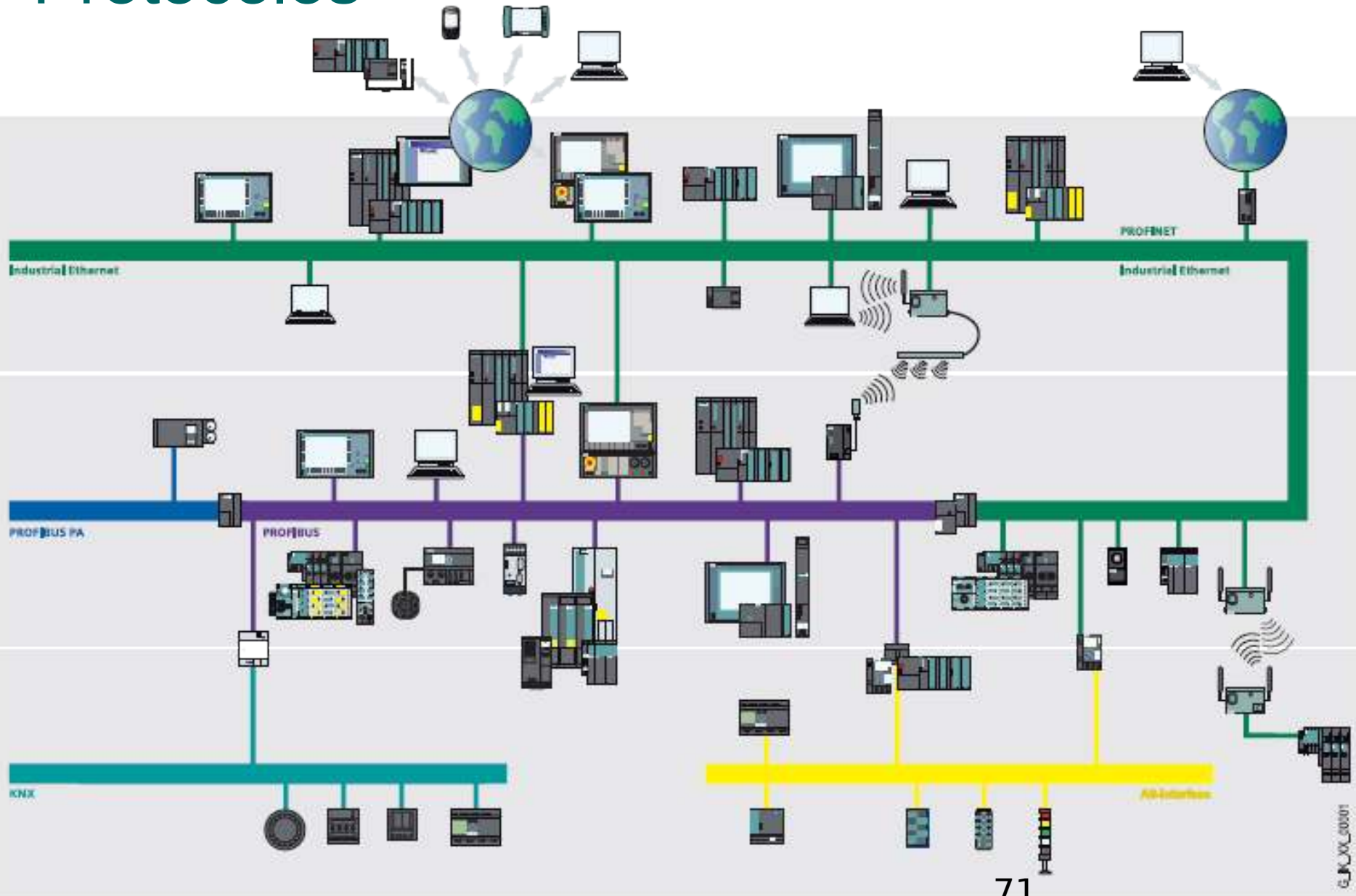
Protocolos



Protocolos



Protocols



Conclusão - outros

BitBUS - antigo protocolo da INTEL utilizando o microcontrolador 8044;

SERCOS - ganhou popularidade basicamente em controle/acionadores de motores elétricos;

P-NET (Pascal NET) - usado somente em alguns países da Europa nas indústrias de alimentos;

ControlNET - criado pela ALLEN-BRADLEY baseado no CAN, além de baseado no DeviceNET, DH+ e DH485;

SDS (Smart Distributed System) - criado pela HONEYWELL baseado no CAN, porém, assim como o DeviceNET, não possui interoperabilidade entre eles.

WorldFIP - protocolo de comunicação de campo de uso geral que foi muito aplicado até o final dos anos 90. Padronizado pela norma europeia EM 50170.

FIM