



PMR3412 - Redes Industriais - 2023

Aula 14 - Protocolos de Redes Industriais: Barramentos de Campo

Prof. Dr. Newton Maruyama

23 de Novembro de 2023

PMR-EPUSP

Os slides que serão utilizados nesse ano são baseados no curso desenvolvido para os anos 2020, 2021 e 2022. Participaram da concepção do curso e desenvolvimento do material os seguintes professores:

- ▶ Prof. Dr. André Kubagawa Sato
- ▶ Prof. Dr. Marcos de Sales Guerra Tsuzuki
- ▶ Prof. Dr. Edson Kenji Ueda
- ▶ Prof. Dr. Agesinaldo Matos Silva Junior
- ▶ Prof. Dr. André César Martins Cavalheiro

1. Introdução
2. Áreas de aplicação
3. Instrumentação

Introdução

- ▶ *Fieldbus*, barramento de campo, está relacionado ao termo *Process Field* da área de controle de processos, ou seja, o local aonde estão instalados os sensores, atuadores, transdutores, controladores, etc.
- ▶ O termo é utilizado hoje como sinônimo de Redes Industriais.
- ▶ A palavra foi cunhada nos anos 80¹ e o primeiro padrão técnico foi o ISA² S50.02 standard.
- ▶ O primeiro padrão internacional foi lançado somente em 1999, a norma IEC³ 61158.
- ▶ Muito embora a terminologia *Fieldbus* seja utilizada como sinônimo de uma inovação tecnológica, *Fieldbus*, constitui a definição de um padrão que englobou vários tipos de redes industriais já existentes quando da sua concepção.

¹Tradução direta da palavra alemã: *Feldbus*

²Instrument Society of America

³International Electrotechnical Commission

- ▶ De acordo com o IEC⁴ 61158 Fieldbus standard:
“A fieldbus is a digital, serial, multidrop, data bus for communication with industrial control and instrumentation devices such as – but not limited to – transducers, actuators and local controllers.”
- ▶ A definição é intencionalmente bastante abrangente.

⁴International Electrotechnical Commission

- ▶ De acordo com o padrão *Foundation Fieldbus*⁵:

"Fieldbus is a digital, multidrop communication link among intelligent measurement and control devices. It serves as a Local Area Network (LAN) for advanced process control, remote input and high speed factory automation applications."

- ▶ Essa definição também é abrangente mas limita as áreas de aplicação.
- ▶ *Foundation Fieldbus* é na verdade um dos tipos de barramentos de campo.

⁵Fieldcomm Group

- ▶ Os barramentos de campo são o resultado da evolução tecnológica em três áreas principais:
 - ▶ Engenharia de telecomunicações com o desenvolvimento dos grandes sistemas de telefonia,
 - ▶ Instrumentação com o desenvolvimento dos sensores com barramento paralelo e requisitos de tempo real,
 - ▶ Ciências da computação com a introdução dos projetos de protocolos de alto nível.

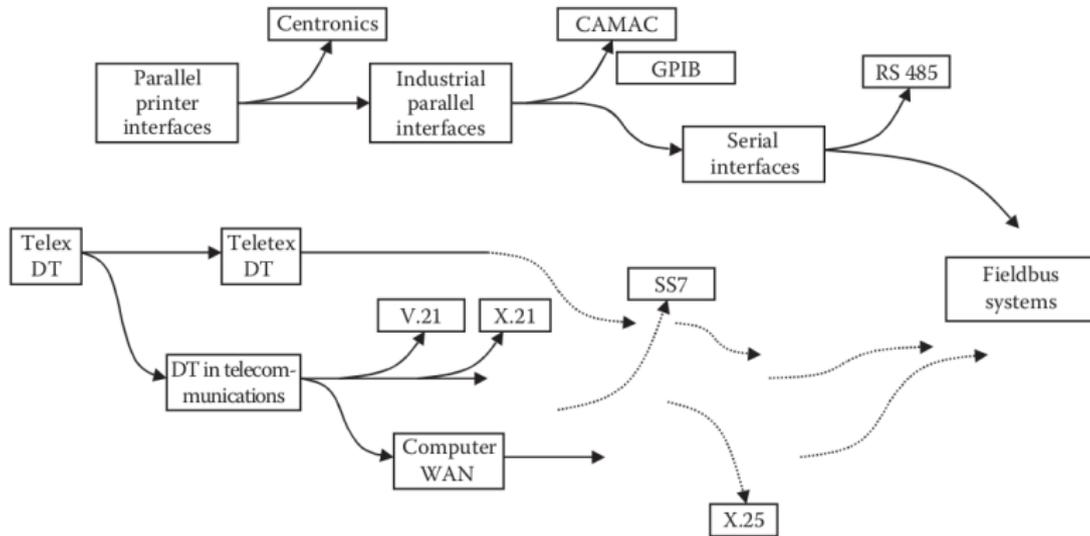
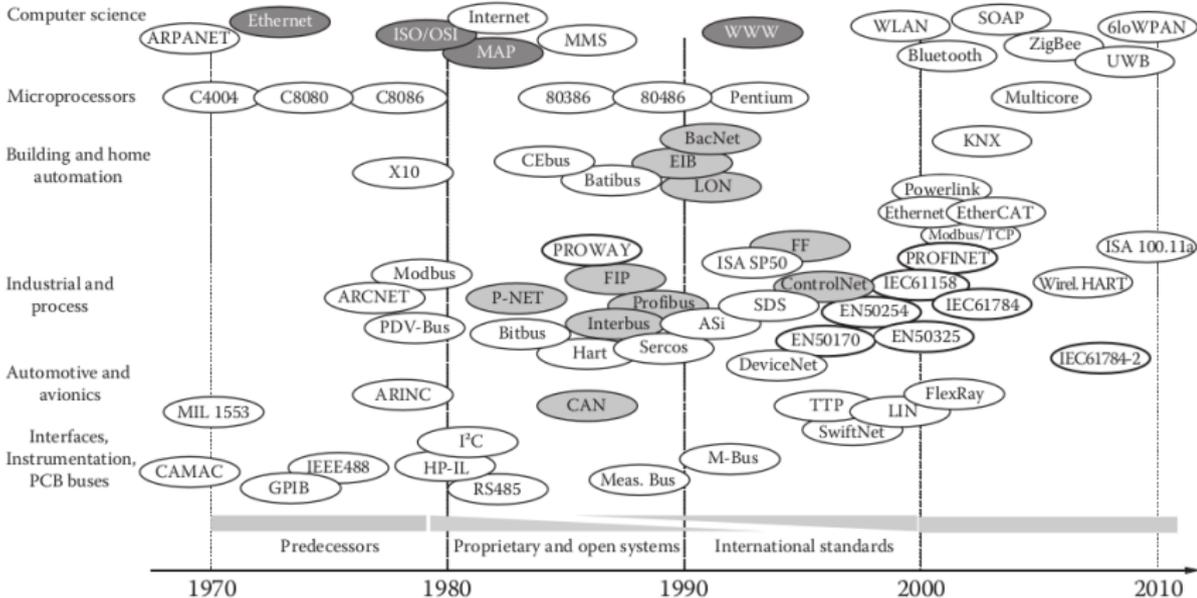


FIGURE 1.2 Historical roots of fieldbus systems.

Barramentos de Campo - Linha do tempo



Barramentos de Campo - Conceção inicial da pirâmide de automação

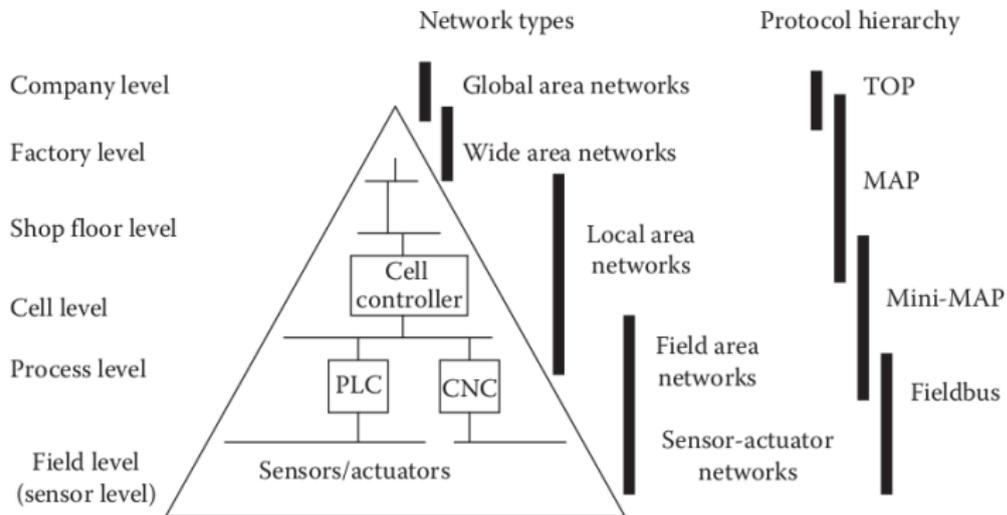
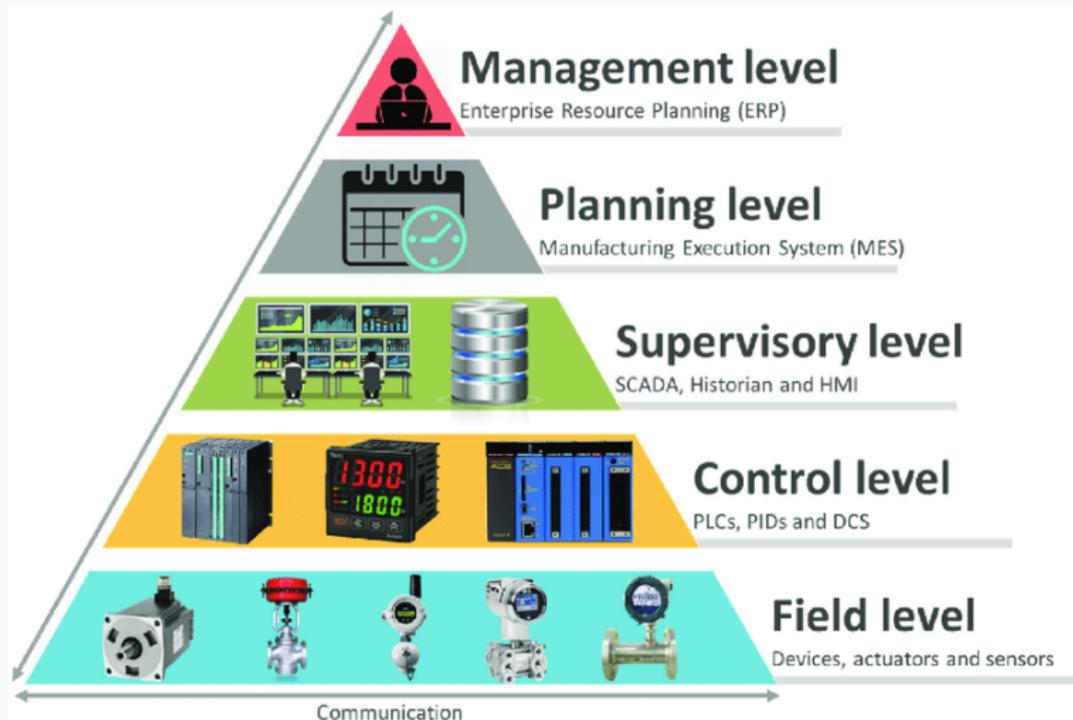
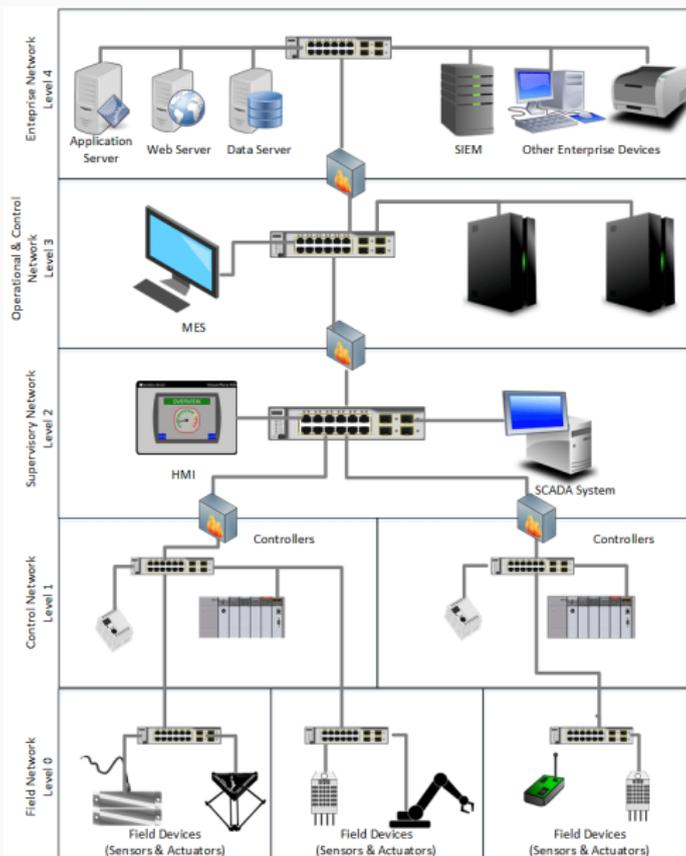


FIGURE 1.1 Hierarchical network levels in automation and protocols originally devised for them.

Barramentos de campo - Pirâmide de automação

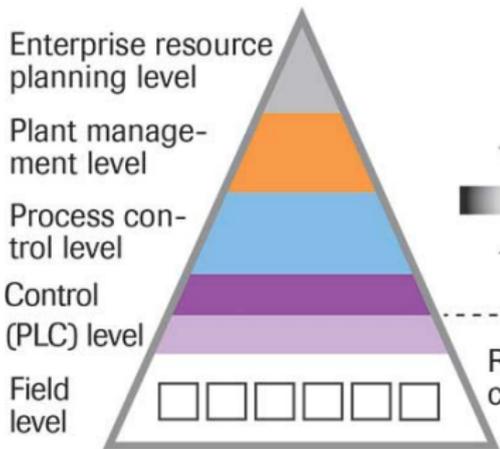


Barramentos de campo - Pirâmide de automação



Automation hierarchy

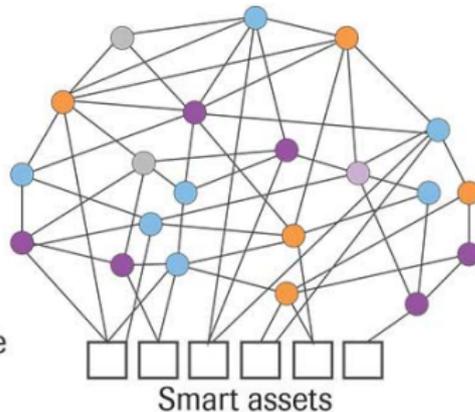
Cyber physical systems (CPS) based automation



Current 5-layer architecture



Industry 4.0



Smart manufacturing architecture

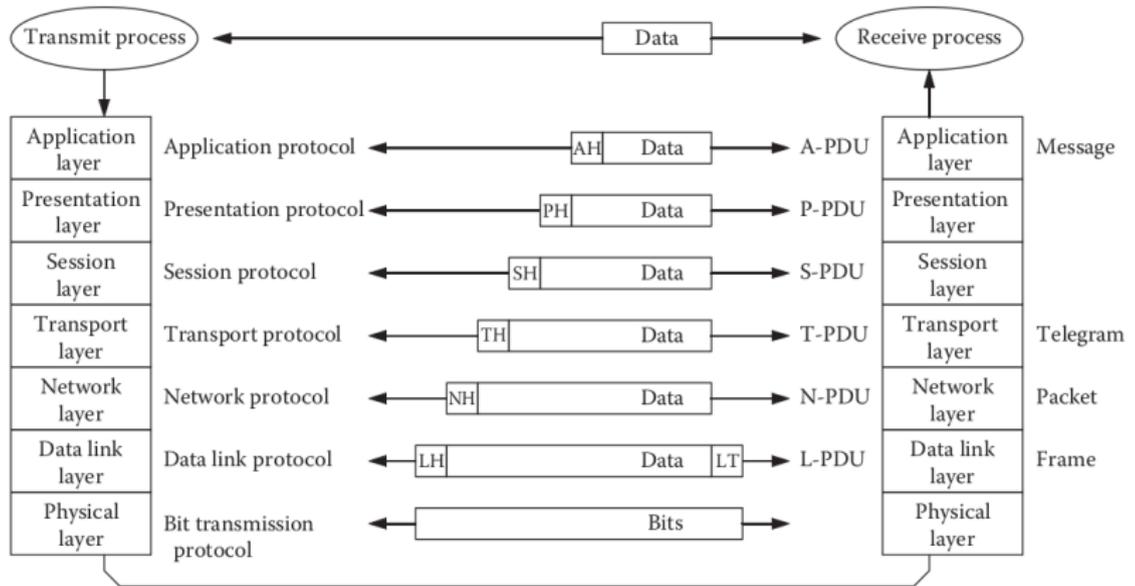


FIGURE 1.4 Layer structure of the OSI model and data frame formation.

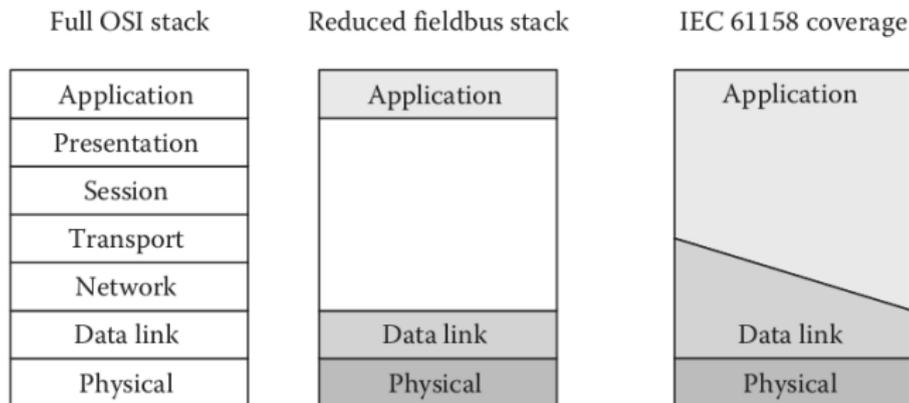


FIGURE 1.10 Layer structure of a typical fieldbus protocol stack as defined by the IEC 61158.

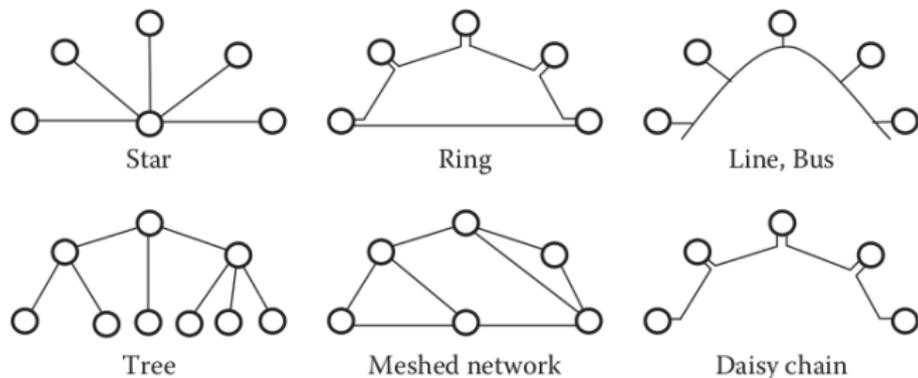


FIGURE 1.11 Topological network structures typically used in fieldbus systems.

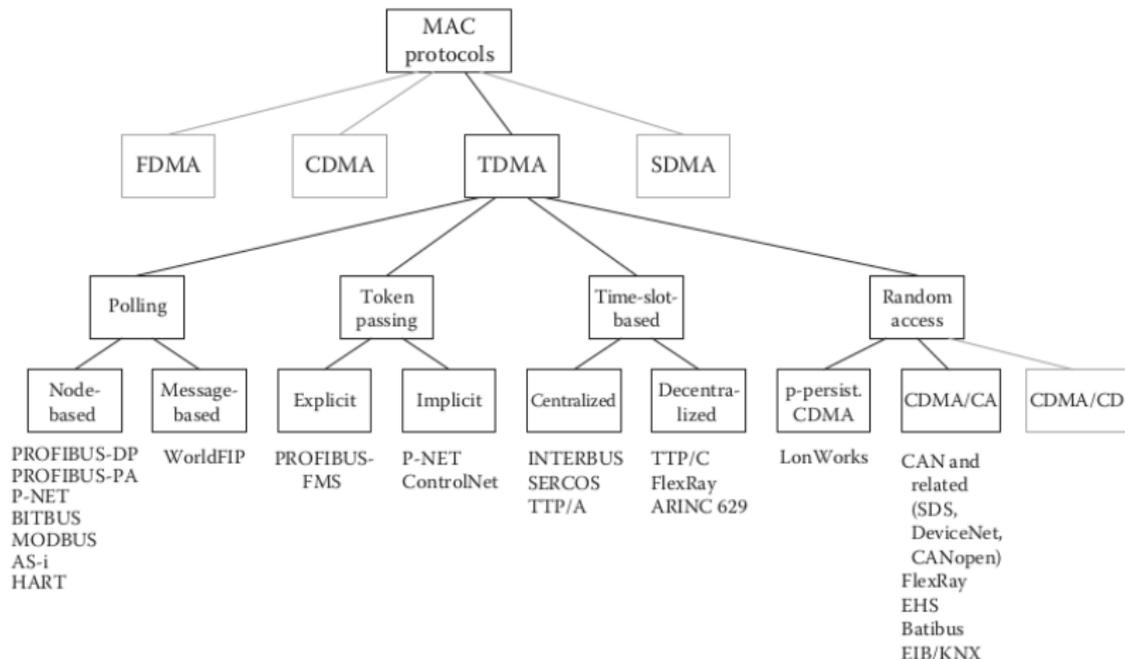


FIGURE 1.12 Medium access control strategies in fieldbus systems and examples.

Áreas de aplicação

- ▶ Na área de arquitetura de computadores a conexão da CPU e os periféricos/expansões foi sistematizada através da criação de barramentos como o padrão ISA, PCI, PCIe, SATA, etc.
- ▶ Nos sistemas embarcados aonde predominam os microcontroladores interfaces seriais como I2C e SPI são largamente utilizados para comunicação com periféricos.
- ▶ Na indústria de processos e de manufatura as redes de comunicação são utilizadas para interconexão dos equipamentos de produção.
- ▶ Diferentemente alguns produtos manufaturados como automóveis, aeronaves, foguetes, etc. utilizam redes de comunicação para interconexão de seus sub-sistemas.
- ▶ Atualmente o desenvolvimento de padrões de conexão de redes wi-fi (Ethernet, Bluetooth, ZigBee, LoraWan, ZWave, etc.) constituem os padrões para o desenvolvimento dos sistemas IoT (Internet of Things).

TABLE 1.A.1 Instrumentation and PCB-Level Buses

Fieldbus	Developer (Country)	Introduced in	Standard	Refs.
CAMAC	ESONE (Europe)	1969 (Start of development 1966)	IEEE 583 (1970, 1982, 1994) IEEE 595 (1974, 1982) IEEE 596 (1972, 1982) IEEE 758 (1979)	[104]
GPIB (HP-IB)	Hewlett-Packard (United States)	1974 (Start of development 1965)	ANSI IEEE-488 (1975, 1978) ANSI IEEE-488.2 (1987, 1992) IEC 60625 (1979,1993)	[105,106]
HP-IL	Hewlett-Packard (United States)	1980 (Start of development 1976)	—	[18]
I ² C	Philips (the Netherlands)	1981	—	[19]
M-Bus	University of Paderborn, TI, Techem (Germany)	1992	EN 1434-3 (1997)	[107]
Measurement bus	Industry consortium (Germany)	1988	DIN 66348-2 (1989) DIN 66348-3 (1996)	

TABLE 1.A.3 Fieldbuses for Industrial and Process Automation and Their Foundations

Fieldbus	Developer (Country)	Introduced in	Standard	Refs.
ARCNET	Datapoint (United States)	1977	ANSI ATA 878 (1999)	[112]
ASi	Industry and university consortium (Germany)	1991	EN 50295-2 (1998, 2002) IEC 62026-2 (2000)	
Bitbus	Intel (United States)	1983	ANSI IEEE 1118 (1990)	
CC-Link	Mitsubishi (Japan)	1996	—(open spec)	
CANopen	CAN in Automation (user group, Germany)	1995 (Start of development 1993)	EN 50325-4 (2002)	[110]
ControlNet	Allen-Bradley (United States)	1996	EN 50170-A3 (2000)	[112]
DeviceNet	Allen-Bradley (United States)	1994	EN 50325-2 (2000)	[119]
FF	Fieldbus Foundation (industry consortium, United States)	1995 (Start of development 1994)	BSI DD 238 (1996) EN 50170-A1 (2000)	[112]
Hart	Rosemount (United States)	1986	—(open spec)	
Interbus-S	Phoenix Contact (Germany)	1987 (Start of development 1983)	DIN 19258 (1993) EN 50254-2 (1998)	[113]
MAP	General Motors (United States)	1982 (Start of development 1980)	MAP 1.0 (1982) MAP 2.0 (1985) MAP 3.0 (1988)	[114]
MMS	ISO TC 184	1986	ISO/IEC 9506 (1988, 2000)	

Modbus	Gould, Modicon (United States)	1979	— (open spec)	
PDV-bus	Industry and university consortium (Germany)	1979 (Start of development 1972)	DIN 19241 (1982)	[115]
P-NET	Proces Data (Denmark)	1983	DS 21906 (1990) EN 50170-1 (1996)	
PROWAY C	IEC TC 65	1986 (Start of development 1975)	ISA S72.01 (1985) IEC 60955 (1989)	[14]
PROFIBUS	Industry and university consortium (Germany)	1989 (Start of development 1984)	FMS: DIN 19245-1—2 (1991) DP: DIN 19245-3 (1993) PA: DIN 19245-4 (1995) FMS/DP: EN 50170-2 (1996) DP: EN 50254-3 (1998) PA: EN 50170-A2 (2000)	
SDS	Honeywell (United States)	1994	EN 50325-3 (2000)	[110]
Sercos	Industry consortium (Germany)	1989 (Start of development 1986)	IEC 61491 (1995) EN 61491 (1998)	
Seriplex	APC, Inc. (United States)	1990	IEC 62026-6 (2000)	[112]
SINEC L2	Siemens (Germany)	1992	—	
SP50 Fieldbus	ISA SP 50 (United States)	1993	ISA SP 50 (1993)	
(World)FIP	Industry and university consortium (France)	1987 (Start of development 1982)	AFNOR NF C46601—7 (1989–1992) EN 50170-3 (1996) DWF: AFNOR NF C46638 (1996) DWF: EN 50254-4 (1998)	[16]

TABLE 1.A.2 Automotive and Aircraft Fieldbuses

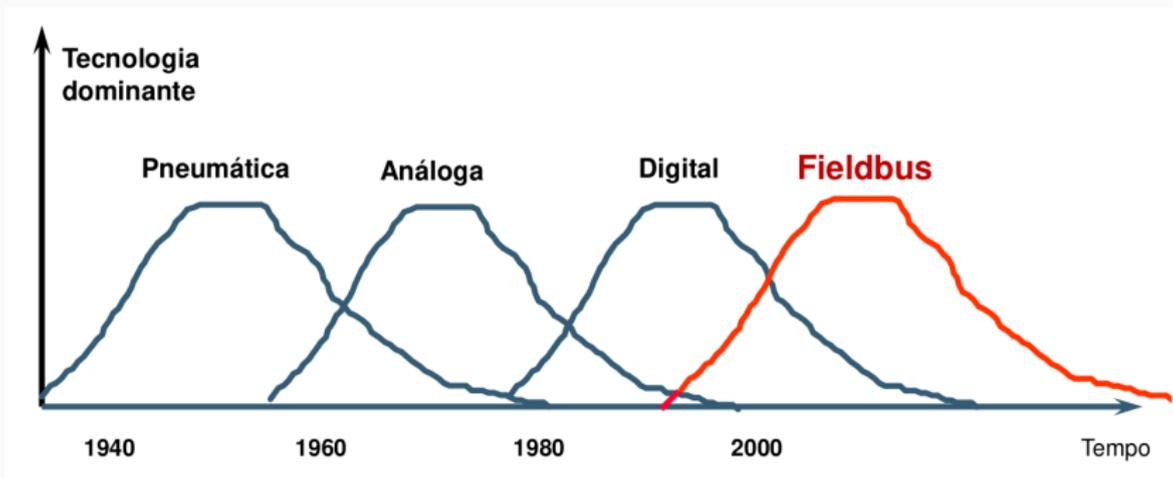
Fieldbus	Developer (Country)	Introduced in	Standard	Refs.
ABUS	Volkswagen (Germany)	1987	—	[108]
ARINC	Aeronautical Radio, Inc. (United States)	1978	AEEC ARINC 429 (1978, 1995) AEEC ARINC 629 (1989)	[109]
CAN	Bosch (Germany)	1986 (Start of development 1983), CAL 1992	ISO 11898 (1993, 1995) ISO 11519 (1994)	[110]
Flexay	DaimlerChrysler, BMW (Germany)	2002	—	
J1850	Ford, GM, Chrysler (United States)	1987	SAE J1850 (1994, 2001) ISO 11519-4	[108]
J1939	SAE (United States)	1994	SAE J1939 (1998)	[108]
LIN	Industry consortium	1999	—(open spec)	
MIL 1533	SAE (military and industry consortium, United States)	1970 (Start of development 1968)	MIL-STD-1553 (1973) MIL-STD-1553A (1975) MIL-STD-1553B (1978)	[111]
VAN	Renault, PSA Peugeot-Citroen (France), ISO TC22	1988	ISO 11519-3 (1994)	[108]
SwiftNet	Ship Star Assoc., Boeing (United States)	1997	IEC 61158 (2000)	
TTP	Vienna University of Technology (Austria)	1996	—	[108]

TABLE 1.A.4 Fieldbuses for Building and Home Automation

Fieldbus	Developer (Country)	Introduced in	Standard	Refs.
BACnet	ASHRAE SPC135P (industry consortium, United States)	1991	ANSI/ASHRAE 135 (1995) ENV 1805-1 (1998) ENV 13321-1 (1999) ISO 16484-5 (2003)	
Batibus	Industry consortium (France)	1987	AFNOR NF 46621—3, 9 (1991) ENV 13154-2 (1998)	
CEBus	Industry consortium (United States)	1984	ANSI EIA 600 (1992)	
EHS	Industry consortium (Europe)	1987	ENV 13154-2 (1998)	
EIB	Industry consortium (Germany)	1990	AFNOR NFC 46624—8 (1991) DIN V VDE 0829 (1992) ENV 13154-2 (1998)	[116]
HBS	Industry consortium (Japan)	1986 (Start of development 1981)	EIAJ/REEA ET2101	
LonWorks	Echelon (United States)	1991	ANSI EIA 709 (1999) ENV 13154-2 (1998)	[112,117]
Sigma I	ABB (Germany)	1983	—	
X10	Pico Electronics (United Kingdom)	1978 (Start of development 1975)	—	[117]
KNX	Industry consortium (Europe)	2002	EN 50090 (2003) ISO/IEC 14543-3 (2006)	

Instrumentação

Barramentos de campo - Evolução da tecnologia na área de instrumentação



Barramentos de campo - Sinais de controle pneumático

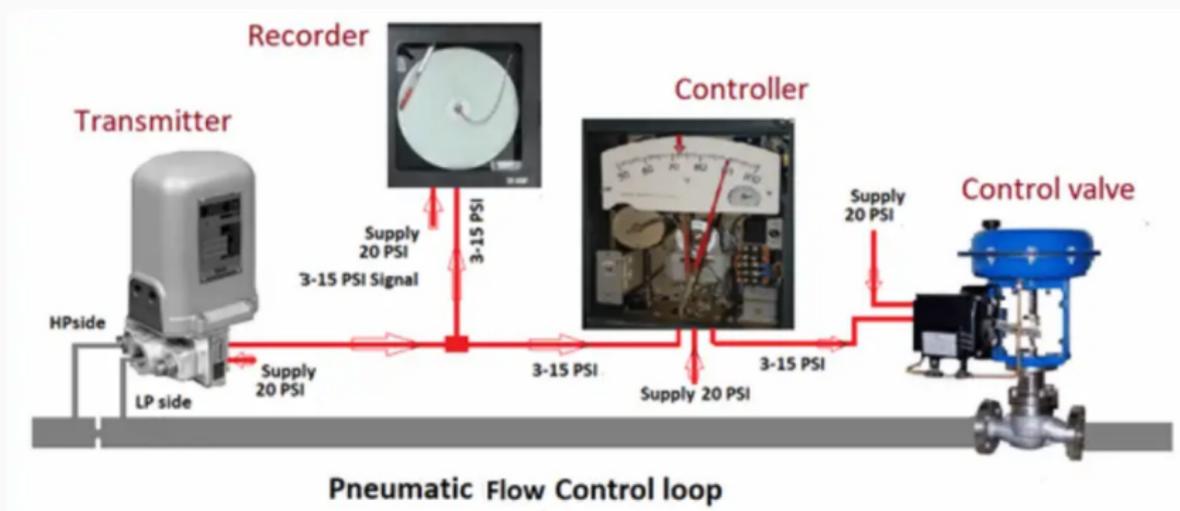
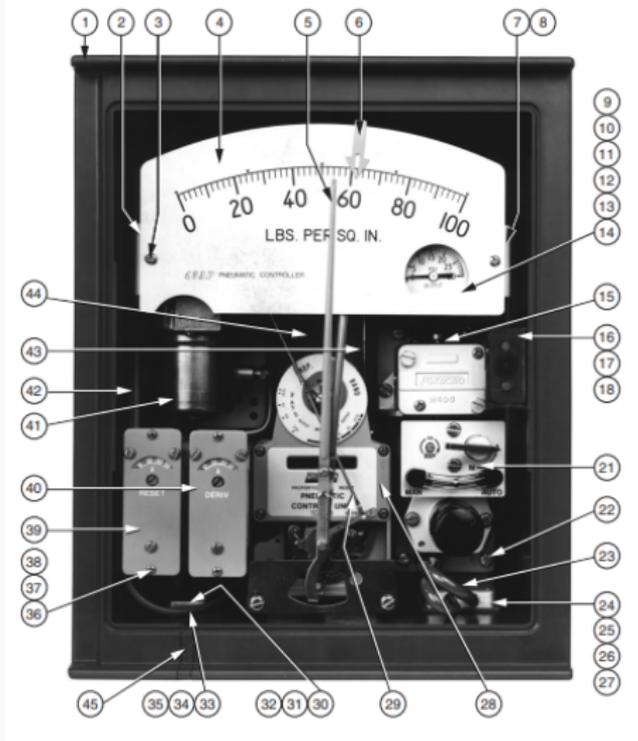


Figure 1. 43AP Pneumatic Controller, Style B





- ▶ Transmissor de temperatura:



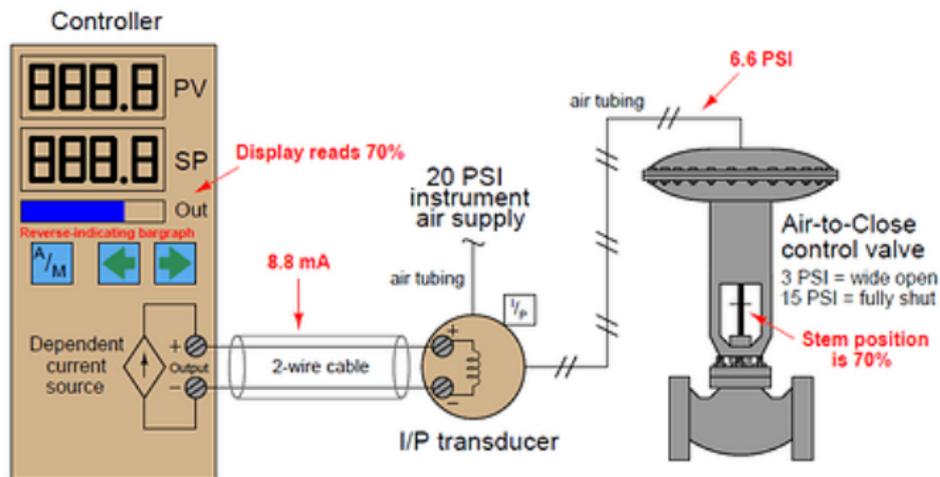
- ▶ Transmissor de aceleração:



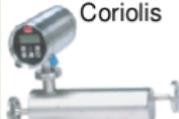
- ▶ Transmissor de fluxo:



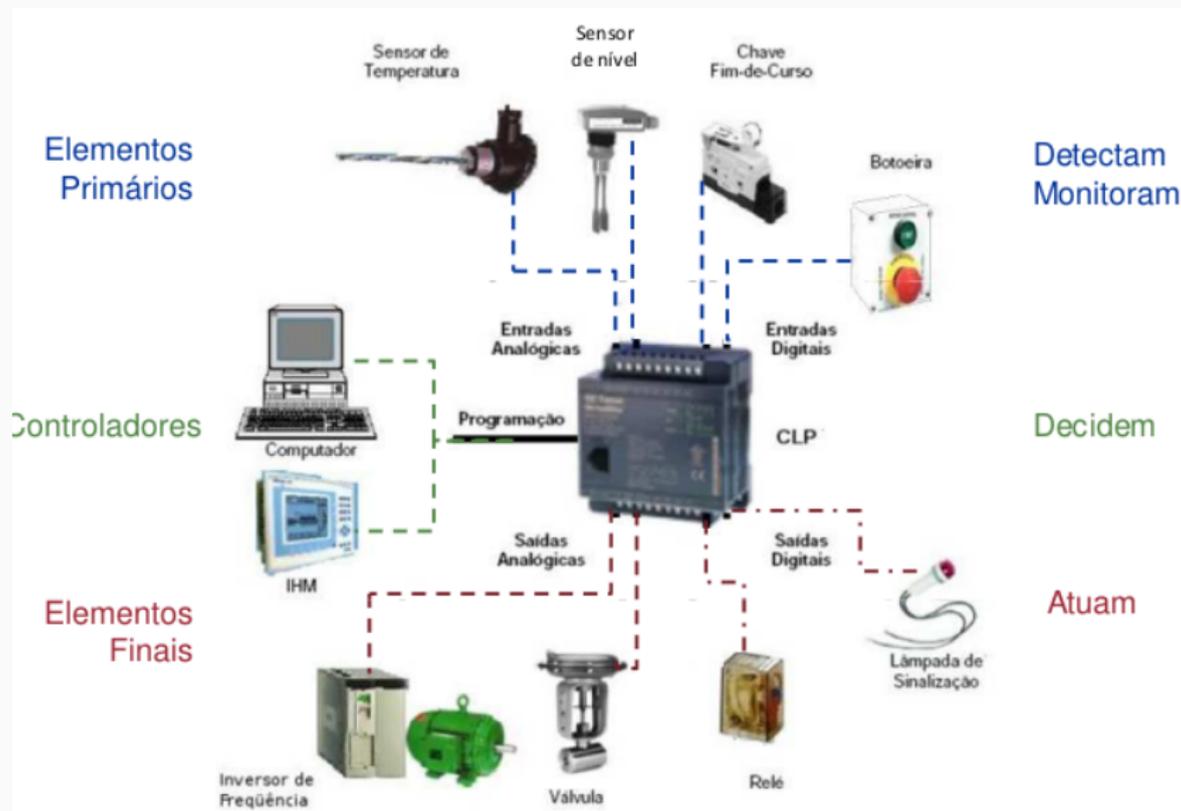
- Transmissor de temperatura:



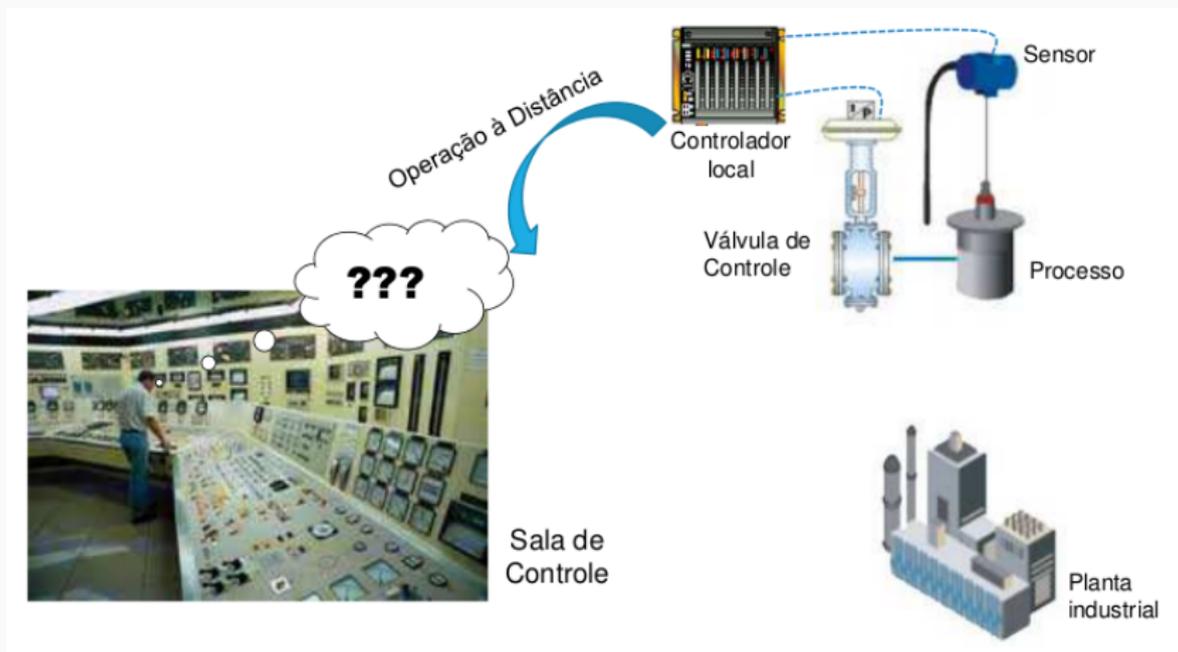
Barramentos de campo - Instrumentação corrente

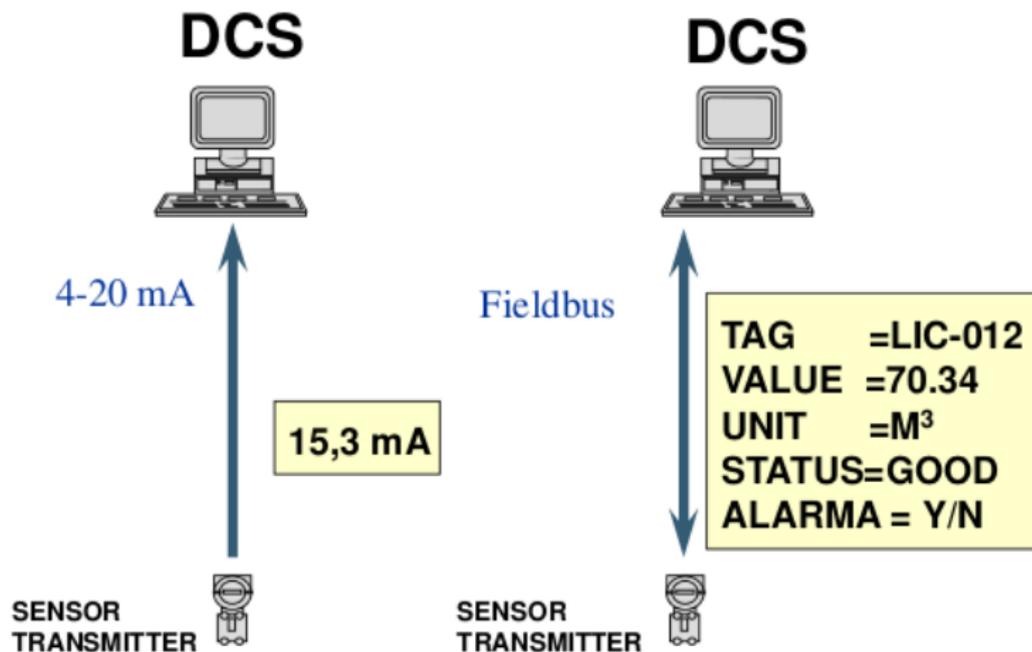
Nível			Vazão				Temperatura	
Capacitância	Ultrasonico	Radar	Ultrasonico não-invasivos	magnetic	RPM	VA	RTD	Termistor 2-wire
								
					Coriolis		campo	PA HART
								
Pressão		Posicionadores		Controladores		Outros		Software
$\Delta P / P$	P	Eleto pneumatico		Controladores		Componentes		Process Device Manager
								
				Registradores		Weigh Feeders		
		Pneumatico				Belt Scales		APC
								

Barramentos de campo - Utilização de CLPs como elemento principal de controle

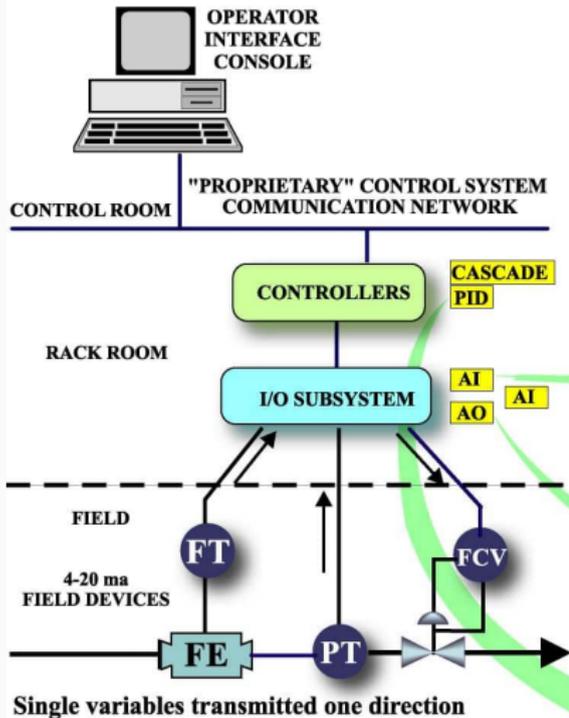


Barramentos de campo - Como conectar grandes distâncias ?





CONVENTIONAL DCS



FIELDBUS SYSTEM

