

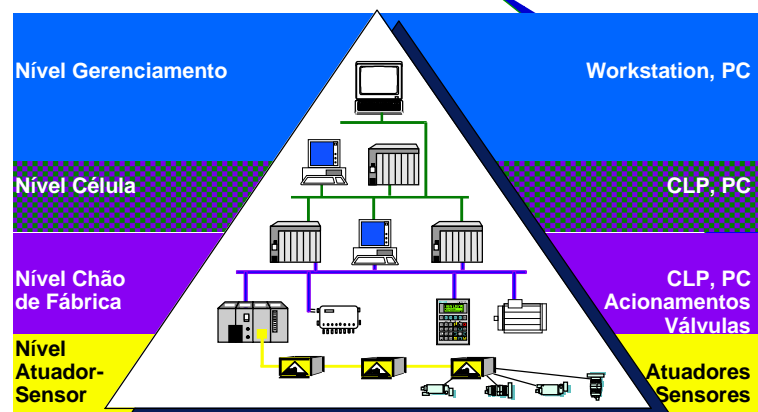


Profibus

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



A Pirâmide da Automação



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



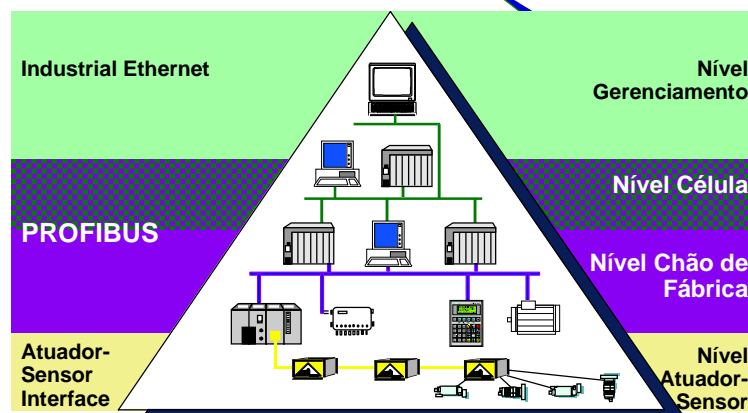
Níveis de Informação em uma Fábrica

	Volume	Tempo de Reação	Freq. de Transmissão
Gerenciamento	MByte	minutos a horas	dia / turno / hora
Célula	KByte	100 ms - 1 s	segundos a minutos
Chão de Fábrica	Byte	10 ms - 100 ms	segundos a milisegundos
Atuador-Sensor	Bit	milisegundos	milisegundos

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



PROFIBUS - da Manufatura à Instrumentação



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus

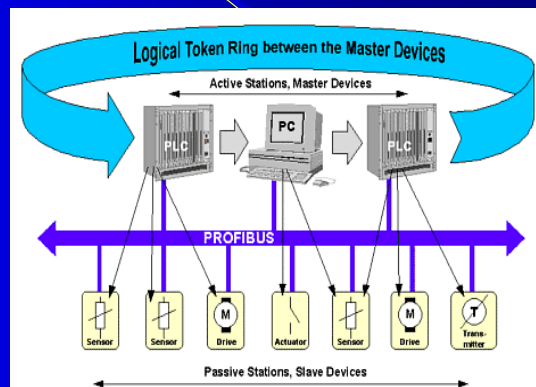
- Padrão para interconexão de controladores digitais com sensores e atuadores (do nível de campo ao nível de célula)
- Diferencia entre dois tipos de estação:
 - mestre: coordena a comunicação, podem iniciar a transmissão de mensagens (Mestre tipo I: controladores, tipo II: configuração)
 - escrava: estação passiva, somente pode enviar dados quando requisitada. Exs: sensores, atuadores

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Resolução de acesso ao meio

- Divisão mestre-escravo
- Escravos respondem solicitações
- Passagem de ficha ('token') entre mestres



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Histórico dos Barramentos Industriais (MAP-TOP)

- Devido à falta de redes adequadas para comunicação de dados em um ambiente industrial, surgiram nos anos 80 dois padrões: o **TOP** (Technical and Office Protocol) para Redes de escritório e o **MAP** (Manufacturing automation protocol), baseado na estrutura de protocolos proposta pela ISO (o MR-OSI), para automação de fábrica.

Arquitetura MAP

- inclui os sete níveis do MR-OSI com suas funcionalidades e especifica alguns padrões para cada um dos níveis.

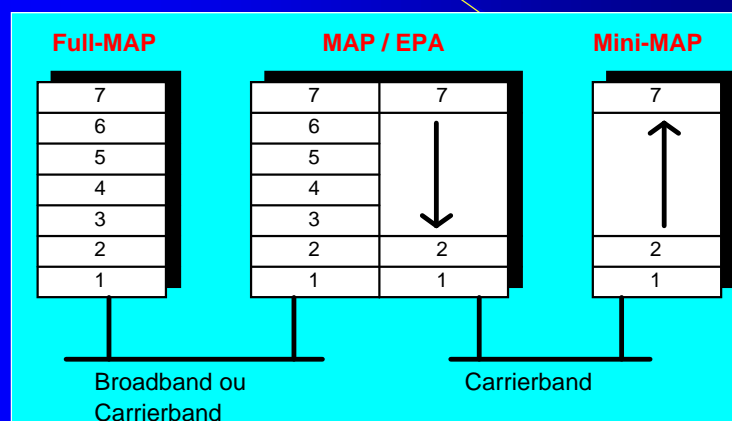
Arquitetura Mini-MAP

- por questões de eficiência inclui apenas os níveis 1,2 e 7

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Arquiteturas baseadas em MAP



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Histórico da Padronização

- Norma alemã: DIN 19245
- Norma europeia: EN 50 170
- IEC 61158 (1999): junto com outros 7 protocolos

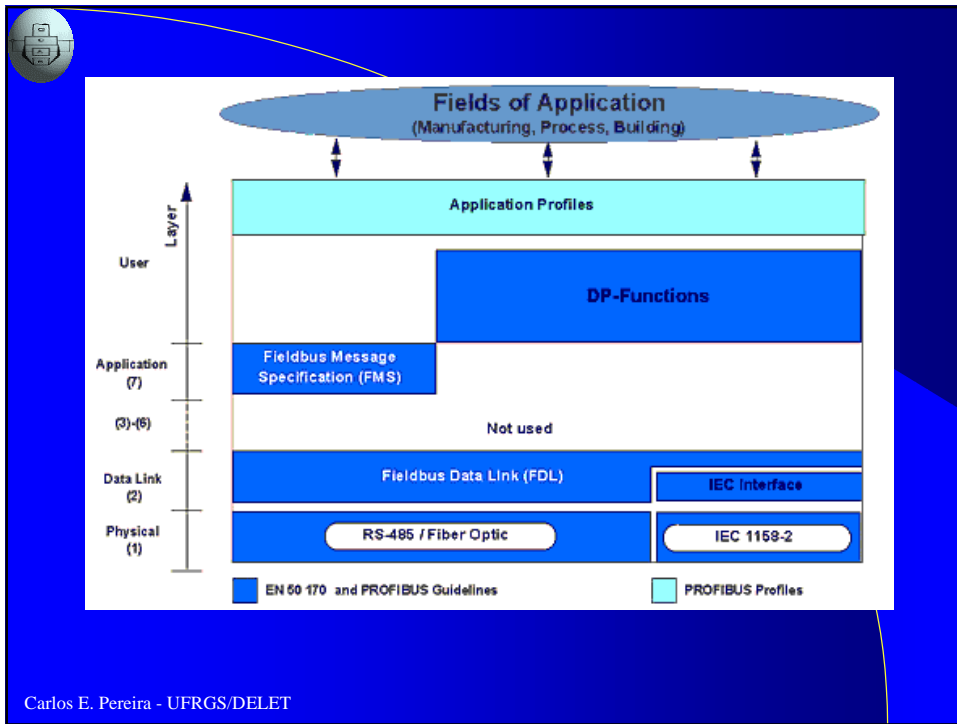
Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus e ISO/OSI

- Já mencionado: por questões de desempenho e limitações memória, camadas 3 a 6 são vazias (similar Mini-MAP)
- **Profibus-DP**: camada 7 também é vazia. Funções-DP (camada DDLM) permitem o mapeamento de funções alto nível para a camada 2
- **Profibus-FMS**: camada 7 existente e formada por “Fieldbus Message Specification” (FMS) e “Lower Layer Interface” (LLI)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET

As diferentes versões Profibus

- **DP:** Rede de dispositivos
- **FMS:** Integração de células
- **PA:** Áreas classificadas processos

The diagram compares the profiles across the layers:

- User Layer:**
 - FMS:** FMS Device Profiles
 - DP:** DP-Profiles and DP-Extensions
 - PA:** PA-Profiles
- Application Layer (7):**
 - FMS:** Fieldbus Message Specification (FMS)
 - DP:** DP Basic Functions
 - PA:** DP Basic Functions
- Layers (3)-(6):** Labeled as **not used**.
- Data Link Layer (2):**
 - FMS/DP/PA:** Fieldbus Data Link (FDL)
 - IEC Interface:** IEC Interface*
- Physical Layer (1):**
 - FMS/DP/PA:** RS-485 / Fiber Optic
 - IEC Interface:** IEC 1158-2

Legend: Blue boxes represent EN 60 170; light blue boxes represent PROFIBUS profiles.

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Características Protocolos

	PROFIBUS DP	PROFIBUS FMS	PROFIBUS PA
● Aplicação	Chão de Fábrica	Células	Processos
● Padrão	EN 50 170, Vol. 2	EN 50 170, Vol. 2	IEC 1158-2
● Dispositivos	Disp. de campo digitais e analóg., acionam., OPs, PCs	CLP, PG/PC, disp. de campo	Disp.de campo digitais e analóg.,
● T. Reação	1 a 5 ms	Menos que 60 ms	Menos que 60 ms
● Distancias	até 23 km	até 23 km	Máx. 1.9 km
● Taxa de Transmissão	9.6 Kbps - 12 Mbps	9.6 Kbps - 1.5 Mbps	31.25 Kbps

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



PROFIBUS - protocolos

- PROFIBUS DP (Periferia Distribuída de I/Os)
 - Alta velocidade de comunicação
 - Transferencia de pequenas quantidades de dados
 - Acoplamento de dispositivos de campo, acionamentos, painéis de operação, CLP's e PCs
- PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification)
 - Comunicação orientada à objeto
 - Redes de controladores programáveis, sistemas de controle de processos, painéis de operação, PCs, etc.
- PROFIBUS PA (Process Automation)
 - Comunicação nas indústrias de processo
 - Acoplamento de instrumentos de medição à controladores programáveis, sistemas de controle de processos, PCs
 - Transmissão de dados e energia sobre o mesmo cabo

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



PROFIBUS - especificações técnicas

● Padrão	PROFIBUS de acordo com EN 50 170, Volume 2
● Meio de Acesso	Token-pass com princípio master-slave (determinística)
● Taxa de Transmissão	9.6 - 1,500 Kbps, max. 12 Mbps
● Meio de Transmissão	Elétrico: par de fios blindado Ótico: cabo fibra ótica (vidro/plástica)
● Max. No. de Estações	127, sendo 32 por segmento
● Distancias	Elétrico: máx. 9.6 km (dep. taxa transm.) Ótico: até 23 km (dep. taxa transm.)
● Topologia	Bus, árvore, anel, estrela
● Aplicações	Chão de fábrica, células e áreas de processo

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



PROFIBUS DP define três tipos de dispositivos

□ **Mestre DP Classe 1 (DPM1)**

- Controlador central que troca dados com dispositivos de E/S distribuídos (escravos DP)
- Vários DPM1 são permitidos, dispositivos típicos são PLC, PC, VME



□ **Mestre DP Classe 2 (DPM2)**

- Configuração, Monitoração or ferramenta de Engenharia que é usada para setar a rede ou parametrizar / monitorar escravos DP



□ **Escravo DP**

- Dispositivo periférico que interfaceia diretamente com os sinais reais de E/S
- Dispositivos típicos são módulos de Entradas, Sairas, Drivers, Válvulas, Painéis de operação...



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Camada Física

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Camada Física

- Meios de transmissão mais usados: RS485 e fibras óticas
- RS485:
 - par trançado blindado
 - simples instalação (inserção e remoção de estações sem interferir na rede)
 - taxas de transmissão: de 9.6 k a 12M bps

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Camada Física - RS485

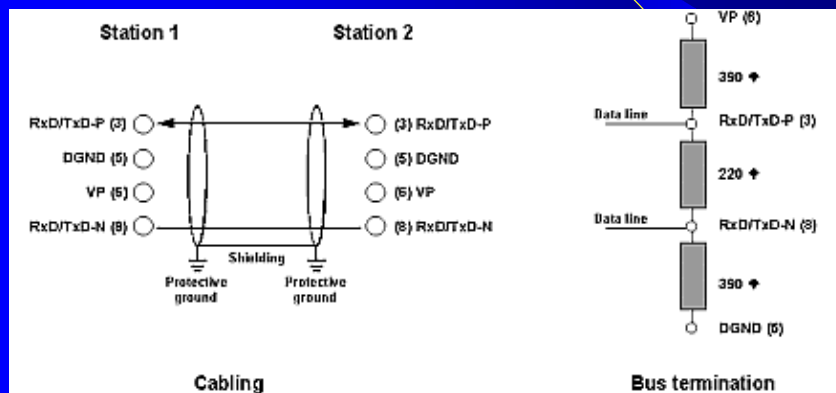
- máximo de 32 estações por segmento (sem repetidor)
- Com repetidor até 126 (repetidor conta como estação)
- 32 é limitação física (novos drivers permitem número maior)
- 127 é limitação lógica (endereços de 8 bits, 1 bit para indicar endereço de grupo ou broadcast) - 1 endereço usado para designar “sem endereço”

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Camada Física - RS485

- Pinagem (DB9) e Terminador de barramento

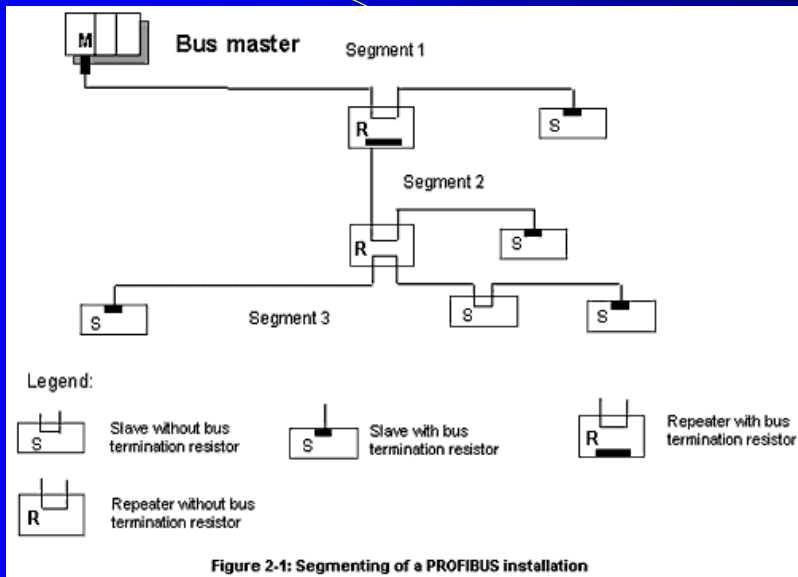


Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET

[Outros conectores](#)



Terminadores



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Camada Física - RS485

- Máximo comprimento cabo (baseado em cabo tipo A)

Taxa transmissão (kbps)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Comp. máximo/segmento (metros)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Cabo tipo A: impedância 135 a 160, capacitância < 35pF/m, área condutor > 0.34 mm²

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Camada Física - RS485

- Uso de Repetidores permite extensão do barramento (limitação no número de repetidores devido à características elétricas ou de temporização)



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Limitações no número de repetidores

- De acordo com EN50170: máximo 4 repetidores.
Entretanto: há repetidores que permitem um maior número, logo comprimento máximo $(NO_REP + 1) * \text{Comprimento segmento}$
- ex:repetidor que permite a conexão de 9 em série, operando a 1.5 M
 $10 * 200 = 2 \text{ Km}$

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Camada Física IEC1158-2

- Usado no Profibus-PA
- transmissão síncrona, codificação Manchester, taxa de transmissão de 31.25kbps, alimentação no barramento, segurança intrínseca
- Número máximo de estações: 32 (podendo ser reduzido em função do consumo de corrente)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Comprimento Máximo

Supply unit		Type I	Type II	T III	Type IV	Type IV	Type IV
Supply voltage	V	13.5	13.5	13.5	24	24	24
• Power requirements	mA	<=110	<=110	<=250	<=110	<=250	<=500
• Line length for							
q=0.8 mm ² (reference)	m	<=900	<=900	<=400	<=1900	<=1300	<=650
• Line length for							
q=1.5 mm ²	m	<=1000	<=1500	<=500	<=1900	<=1900	<=1900

Table 6: Line lengths for PROFIBUS with IEC 1158-2 transmission

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Camada Física IEC1158-2

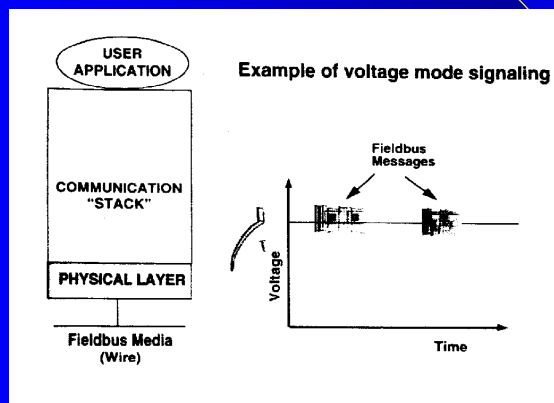
- Cada segmento possui uma única fonte de alimentação
- todo dispositivo consome uma corrente constante em regime permanente (“steady state”), consumindo pelo menos 10mA (sinal é modulado como variação de -9 a 9mA em cima do sinal base). Funcionam como fonte de corrente passiva
- terminadores de linha em ambas extremidades (100 ohms + 100 microF)
- topologias possíveis: linear, árvore e estrela

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



IEC1158 - 2

- Mensagem circula junto com alimentação

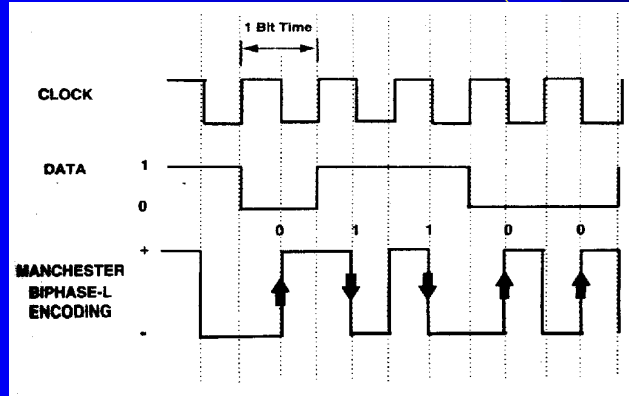


Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



IEC 1158 - 2

- Sinal codificado na técnica Manchester Biphase L

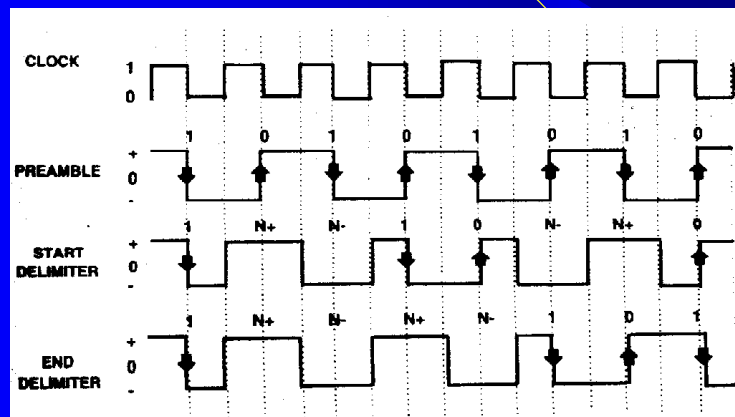


Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



IEC 1158 - 2

- Formato da mensagem.
Preamb + Start Delim + dados + End Delim

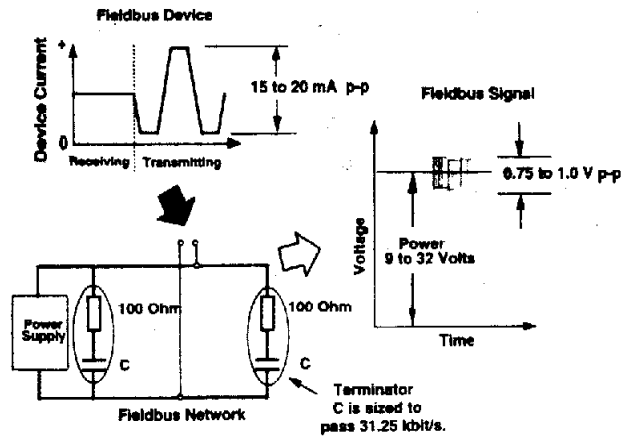


Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



IEC 1158-2

Signaling waveforms for the 31.25 kbit/s Fieldbus

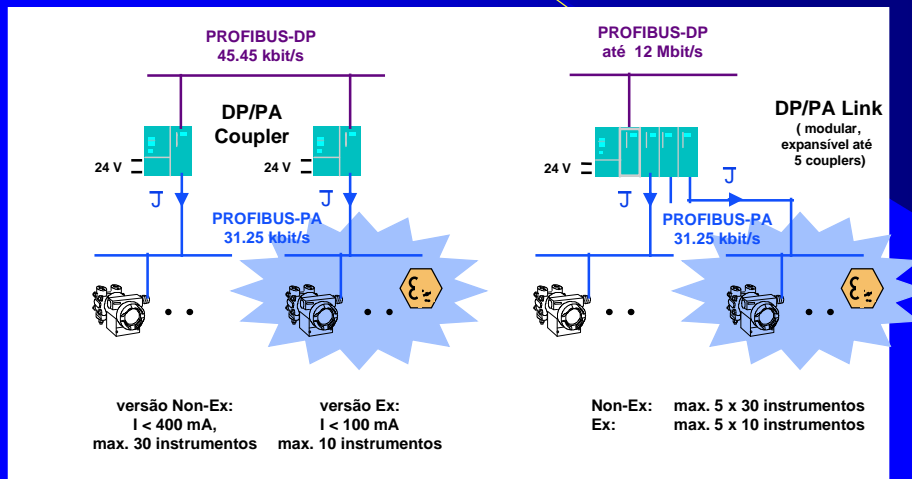


Note: As an option, one of the terminators may be center-tapped and grounded to prevent voltage buildup on the fieldbus.

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Ligação DP-PA (RS485 - IEC 1158-2) Coupler e Link



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



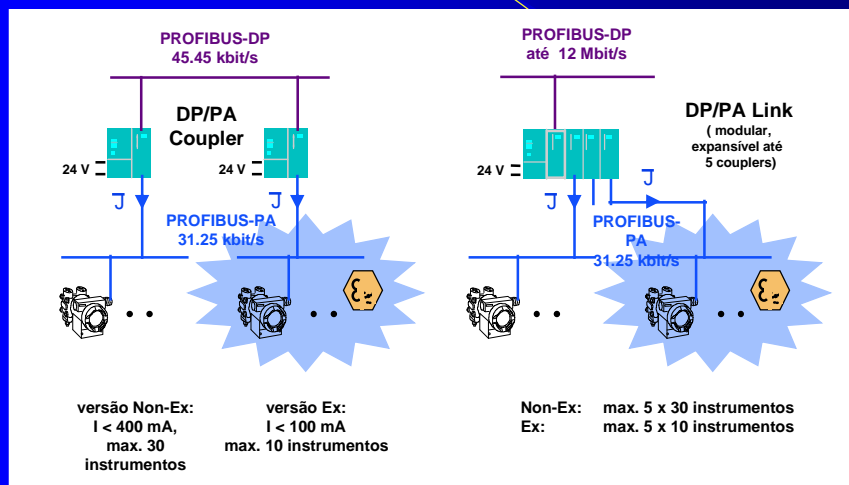
Ligação DP-PA (RS485 - IEC 1158-2) Coupler e Link

- **Coupler:** conversores de sinal (adaptação do nível RS-485 para IEC1158-2, responsável também pela alimentação)
- **Link:** possui “inteligência” intrínseca. Apresenta todos os dispositivos PA como um único escravo DP. Possibilita conexão entre redes com velocidades bastante distintas (ex: DP com 12M para PA com 31.25k bps)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



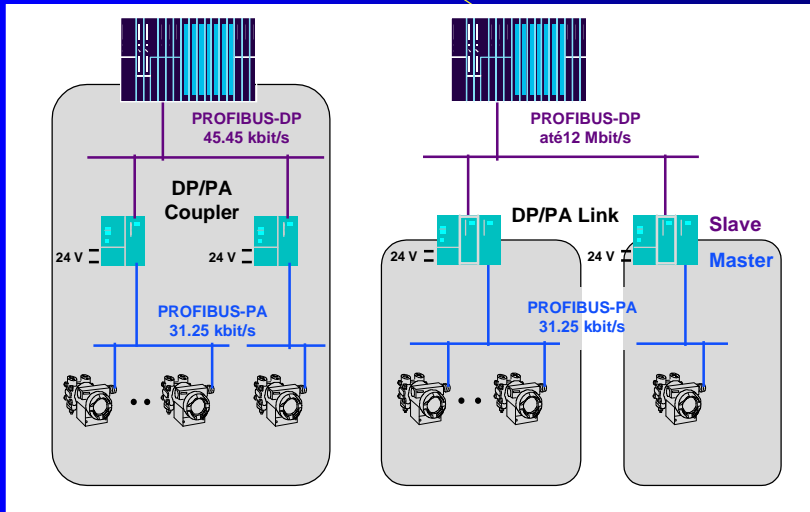
PROFIBUS PA - Coupler e Link



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



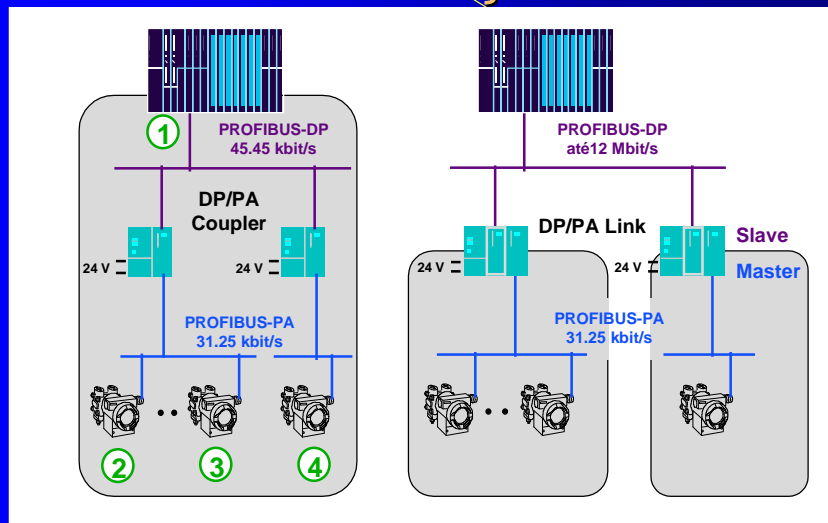
PROFIBUS PA - Coupler/Link endereçamento



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



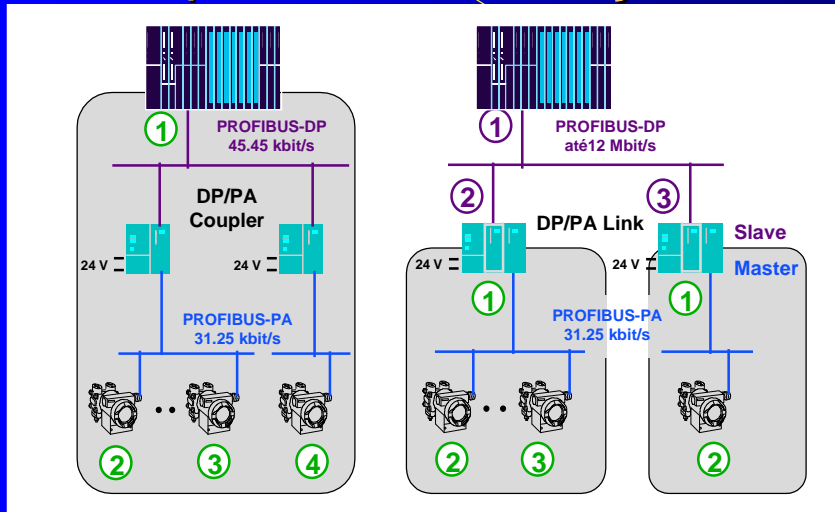
PROFIBUS PA - Coupler/Link endereçamento



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



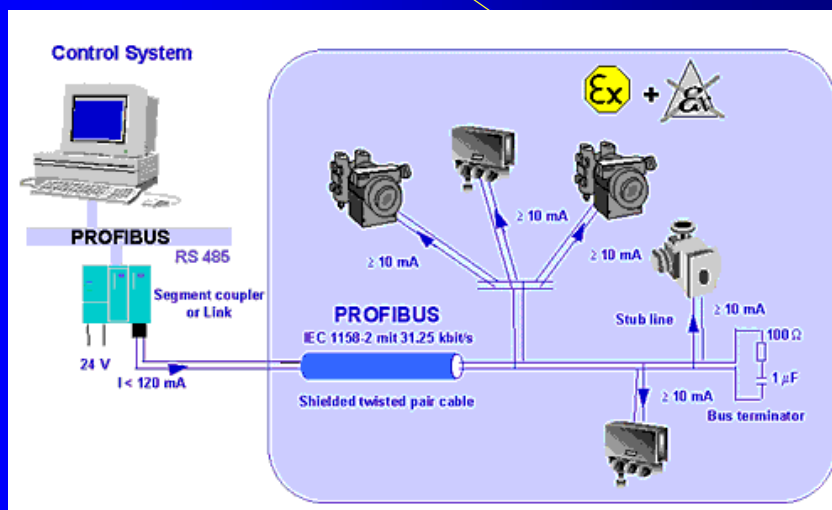
PROFIBUS PA - Coupler/Link endereçamento



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Ligação DP-PA



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Especificação do cabo para IEC 1158-2

Tipo de Cabo	Par trançado com blindagem
Área condutor (nominal)	0.8 mm² (AWG 18)
Resistência (loop):	44 Ohm/km
Impedância a 31.25 kHz	100 Ohm ± 20 %
Atenuação a 39 kHz	3 dB/km
Carga capacitiva	2 nF/km

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Uso de Fibra Ótica

- Para ambientes com elevada interferência eletromagnética; para isolamento elétrico; para aumento da distância máxima a taxas elevadas

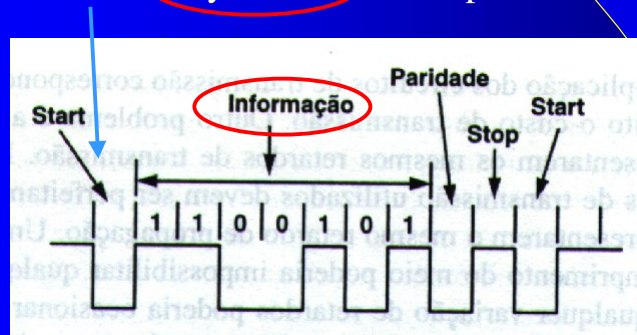
Tipo de Fibra	Propriedades
Fibra de vidro multimodo	Distâncias médias (2 a 3 km)
Fibra de vidro monomodo	Longas distâncias (> 15 km)
Fibras sintéticas	Distâncias longas (> 80 km)
PCS/HCS	Distâncias curtas (> 500 m)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Caracter Profibus

- Caracter possui 11 bits
(1 start bit + 1 byte dados + 1 bit paridade + 1 stop bit)



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus Temporização

- Tbit = tempo de duração de um bit
(ex: 12M, Tbit = 83 ns)
- Tsyn = tempo em que a linha deve ficar muda antes do início de uma requisição (especificado com 33Tbit)
- Min_Slave_Interval: Tempo entre dois acessos de um mestre ao mesmo escravo
- Tid1: após concluir a transmissão de um telegrama, deve-se esperar pelo menos este tempo para iniciar nova transmissão ($> (T_{syn} + \text{folga})$, 12M = 75 Tbit, 1.5M = 36 Tbit)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus Temporização

- $\min T_{sdr}$ = tempo que escravo deve esperar antes de responder requisição (11 Tbits)
- $\max T_{sdr}$ = tempo após o qual o escravo deve ter respondido uma requisição (entre 60 e 800 Tbit)
- T_{TR} = Token rotation time (tempo especificado para um ciclo no barramento)
- T_{RR} = Real rotation time (tempo efetivo de rotação do token)
- T_h = Token hold time: tempo que um mestre fica com o token e durante o qual ele pode interagir com escravos

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus Temporização

- Nível “ocioso” da linha é 1 lógico
- Linha muda = 33 Tbit

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET

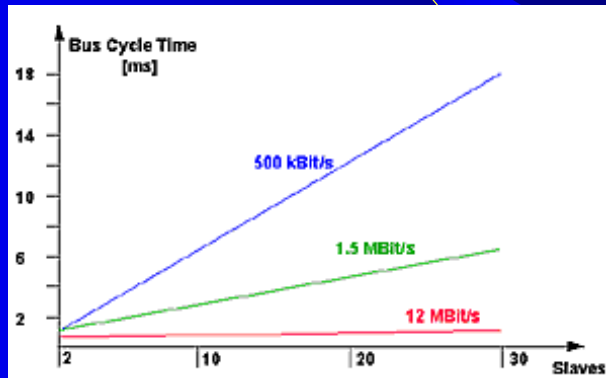


Profibus

Velocidade de Transmissão

- Ex: Profibus-DP a 12 Mbits/s requer 1ms para ler 512 bits de entrada e enviar 512 de saída distribuídos em 32 estações

Conditions:
Each DP-Slave has 2 byte
input and 2 byte output data
The minimum Slave Interval
time is 200 micro seconds
 $T_{sdi} = 37$ Bit times,
 $T_{sdr} = 11$ Bit times



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus

Camada de Enlace de Dados FDL = Fieldbus Data Link

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus

Camada de Enlace de Dados

- Chamada de “Fieldbus Data Link” ou FDL
- Adota uma estratégia uniforme de acesso ao meio:
 - anel lógico entre mestres (deve garantir-se que mestre fica com o token um tempo suficiente para enviar suas mensagens)
 - comunicação mestre-escravo

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus

Características da Comunicação

- Opera sem estabelecimento de conexão
- Distância de Hamming: $HD = 4$
 - permite detectar erro de carácter (ex: paridade), erro nos delimitadores, erro comprimento telegrama, erro no “check byte”
- Permite comunicação broadcast e multicast

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Verificação de Erros

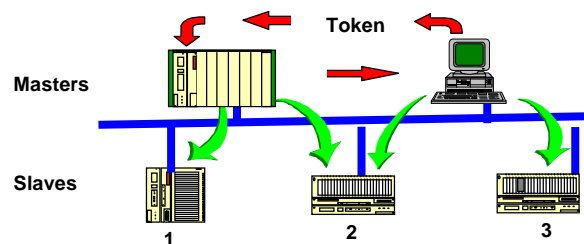
- Seleção de barramento por
 - ausência de atividade do barramento
 - excesso de erros na recepção de caracteres
- Na palavra serial
 - verificação de paridade
- Na recepção de quadros
 - soma de verificação de quadro (FCS)
 - bit contador de quadros, para prevenir duplicação ou perda de quadros

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



PROFIBUS - método de acesso

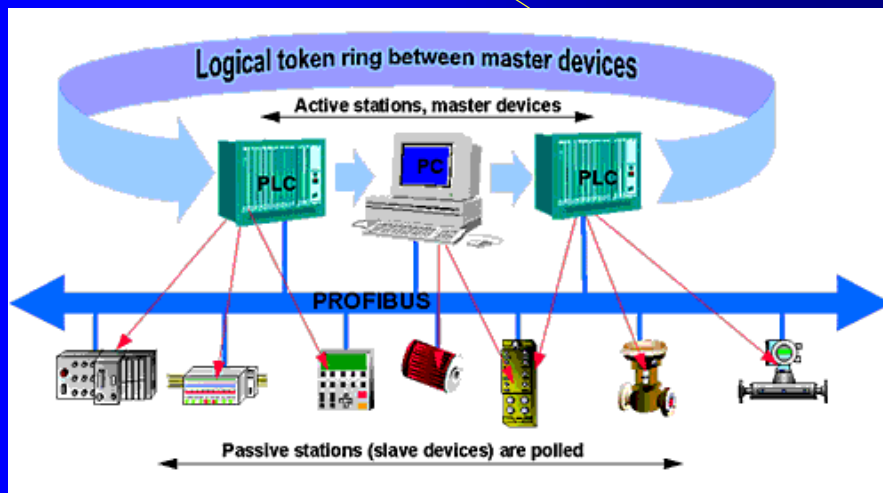
- **Token Pass** (comunicação entre estações)
- **Master/Slave Comunicação** (comunicação entre dispositivos periféricos)



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Token Híbrido

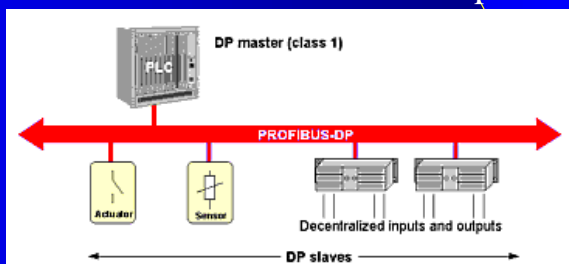


Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET

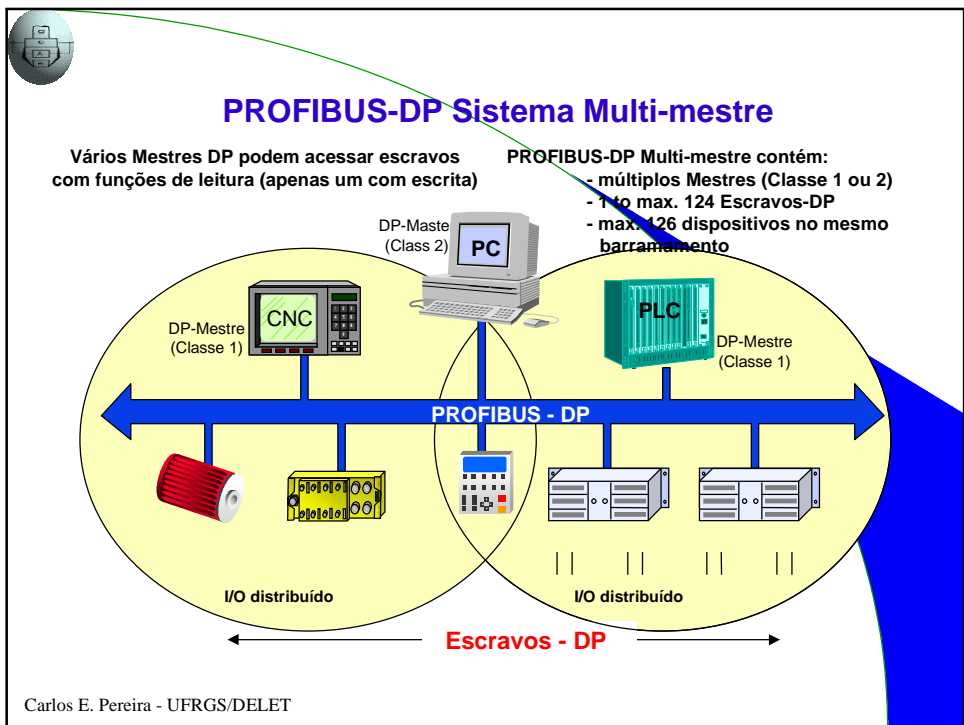
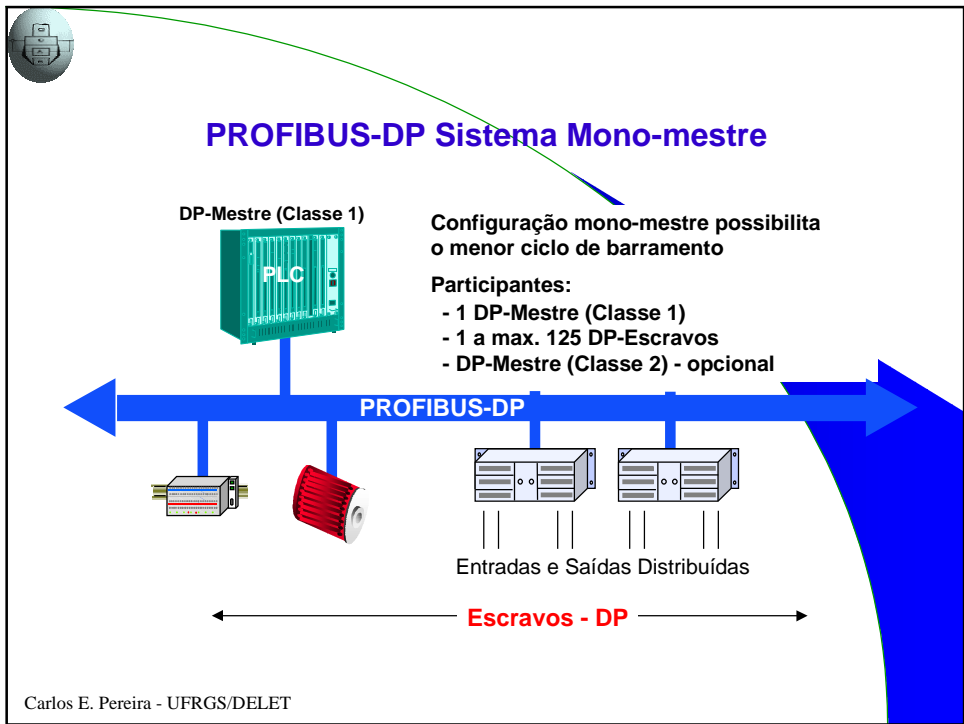


Profibus - DP Comunicação

- Concebida para permitir rápida troca entre mestres (ex: CLPs) e escravos (I/O, sensores, atuadores)
- Controlador (mestre) ciclicamente lê os valores dos sensores (escravos), calcula os algoritmos de controle e ciclicamente escreve nos atuadores (escravos)
- configuração mono-mestre e multi-mestre são possíveis



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET





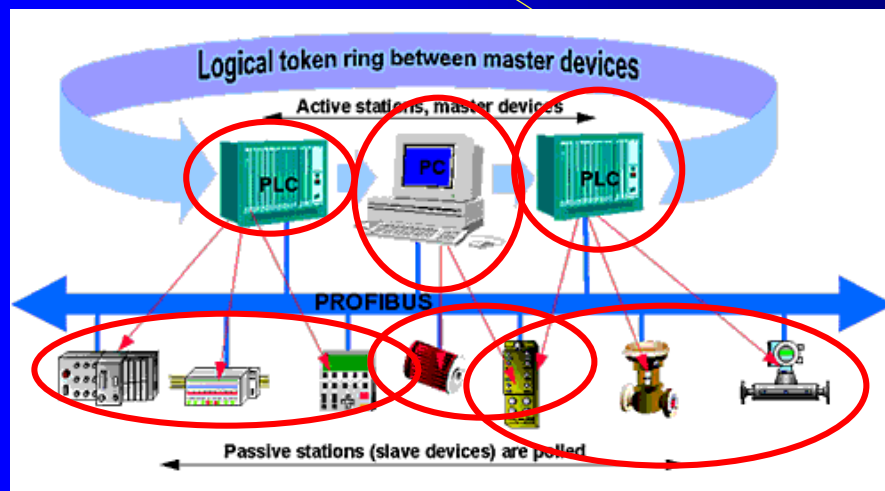
Profibus DP - Comunicação

- Configuração multi-mestre: por questões de segurança, um escravo somente por ser acessado para escrita pelo mestre que o parametrizou e configurou

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Anel Lógico



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Passagem de token Comunicação Mestre-Mestre

- **Token:** mensagem especial trocada entre mestres (segundo seqüência crescente de numeração). Receptor pode iniciar comunicação
- Gerência de entrada e saída de mestres (similar ao protocolo token ring)
- Tempos associados:
 - **token rotation time:** tempo de rotação do token (usado pelo mestre para detectar falha em antecessor)
 - **token hold time:** tempo que mestre detém token

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Gerência de Token

- Situações que devem ser tratadas:
 - múltiplos tokens
 - perda de token
 - erro na passagem do token
 - atribuição múltiplas do mesmo endereço
 - estações com transmissores/receptores defeituosos
 - adição e remoção de estações

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Inserção e Remoção de Estações

- Estações (mestres ou escravas) podem ser retiradas ou adicionadas a qualquer instante
- toda estação ativa é responsável por detectar uma nova estação entre o seu próprio endereço (TS=this station) e o endereço da próxima estação (NS=next station): pesquisa
- GAP: número de ciclos entre pesquisas

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Live List

- Cada mestre possui uma lista de todas as estações presentes no barramento
- Listas são atualizadas durante a pesquisa (isto significa que todos os mestres presentes “prestam atenção” nas pesquisas feitas pelos outros mestres)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus Temporização

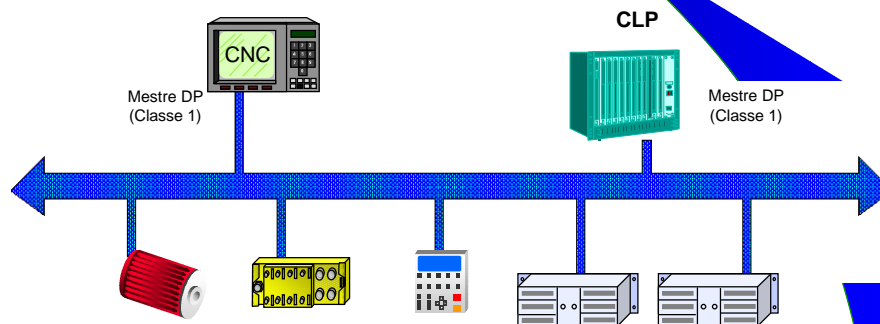
- T_{TR} = Token rotation time (tempo especificado para um ciclo no barramento)
- T_{RR} = Real rotation time (tempo efetivo de rotação do token)
- T_h = Token hold time: tempo que um mestre fica com o token e durante o qual ele pode interagir com escravos
- Como reconhecer que estação que está com o token “morre”?

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



ADICIONANDO E REMOVENDO ESTAÇÕES

As estações mestres são responsáveis por detectar uma nova estação entre seu próprio endereço (TS) e o endereço da próxima estação (NS) através de pesquisa cíclica (Request_FDL_Status).



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP

Entrada e saída de escravos

- Ativação e desativação dinâmica de escravos
- Checagem “on line” da configuração dos escravos
- Atribuição de endereços a escravos durante a operação

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Entrada de estação mestre

A adição de uma estação ativa (mestre), ocorre em três estágios:

- 1) A nova estação informa que está fora do anel lógico (campo FC=10, vide formato de mensagens)
- 2) Após um ciclo de barramento, informa que está pronta para entrar no anel lógico (FC=20)
- 3) Já de posse do token informa que se encontra dentro do anel lógico (FC=30)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Inserção do primeiro mestre Criação do Token

- Como o token é criado ?
 - Mestre detecta inatividade do barramento
 - $T_{TO} = 6 * T_{SL} + 2 * n * T_{SL}$
 - T_{SL} : tempo máximo em que o barramento pode estar ocioso (2 * tempo propagação + tempo máximo atraso escravo/mestre em responder + tempo 1 caracter + margem segurança)
 - T_{SM} : margem de segurança (2 bit + 2 * Tset + Tqui) -> leva em conta chaveamento dos transceivers

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - Tipos de Serviços

- 4 tipos de serviços
- Diferentes funções são chamadas usando pontos de acesso a serviços (SAP)

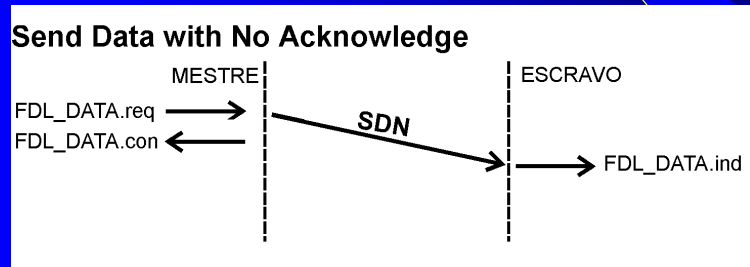
Serviços	Função	DP	FMS
SDA	Send Data With Acknowledge		X
SRD	Send And Request Data With Reply	X	X
SDN	Send Data With No Acknowledge	X	X
CSRD	Cyclic Send And Request Data With Reply		X

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Serviço SDN

- Usado em multicast e broadcast

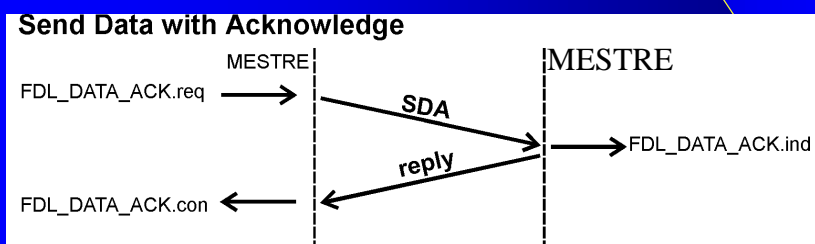


Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Serviço SDA

- Comunicação Mestre-Mestre

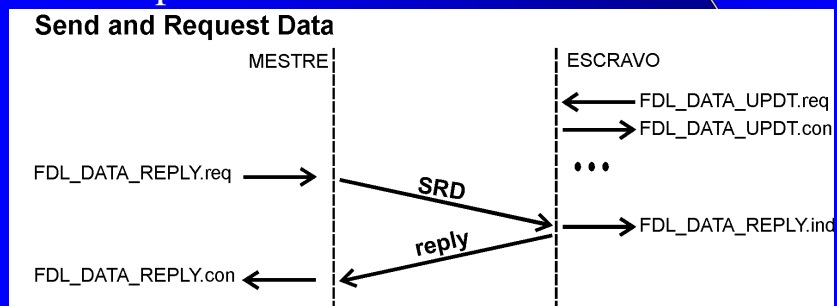


Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Serviço SRD

- Comunicação Mestre-Escravo (mestre envia dados de saída e recebe dados de entrada)
- Escravo pode enviar indicadores de alarmes na resposta



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Serviço SRD

- Comunicação Mestre-Escravo (mestre envia dados de saída e recebe dados de entrada)
- Caso escravo contenha somente dados de saída (atuador), devolve acknowledge “E5H”

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Serviço CSRD

- Uma vez solicitado é repetido ciclicamente (valor atual do objeto fica constantemente disponível na camada 2 para a aplicação)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



O PROFIBUS DP utiliza apenas os serviços SRD e SDN:

- **SRD** o mestre transmite os dados de saída ao escravo e recebe os dados de entrada do mesmo. Se o escravo possui apenas saídas, este responde com uma confirmação curta (E5h).
- **SDN** transmite dados a um grupo definido de escravos. Não há nenhum tipo de confirmação de recepção para este serviço.

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP

Estados de Operação - Mestre

- **Operando (“Operate”)**: transmissão cíclica de dados de entrada e saída
- **“Clear”**: entradas são lidas, saídas permanecem em estado seguro
- **Parado (“Stop”)**: Parametrização e diagnóstico. Nenhuma troca de dados de I/O

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus-DP

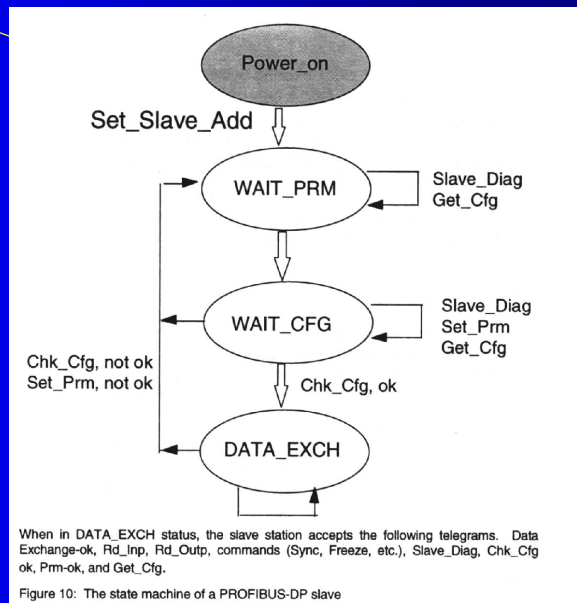
Transmissão de dados entre DPM1 e escravo

- No estado operando, o DPM1 executa automaticamente a leitura e escrita cíclica de escravos associados
- Entretanto, antes de iniciar transmissão o mestre deve ter inicializado o escravo

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus-DP Máquina de Estados do Escravo



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus-DP Máquina de Estados do Escravo

- Power on: somente neste estado o escravo aceita de um DPM2 o telegrama “Set_Slave_Address” para mudar seu endereço
- Wait_Prm (Wait for Parametrization): após inicialização escravo espera telegrama com paramentos ou mensagem “Get_Cfg”

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus-DP

Máquina de Estados do Escravo

- Wait_Cfg (Wait for Configuration): telegrama de configuração informa número de bytes de entrada e saída. Mestre informa escravo quantos bytes devem ser comunicados em cada ciclo (escravos “inteligentes” verificam a consistência)
- Data_Exch (Data Exchange)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus-DP

Parametrização

- Telegrama de parametrização: enviado do mestre para parametrizar o escravo. Contém:
 - escravo opera com ou sem watchdog
 - especificação de tempos (T_{sdr})
 - sync/freeze devem ou não estar disponíveis
 - escravo está habilitado para outros mestres
 - atribuição de endereço de grupo
 - endereço do mestre
 - parâmetros do usuário (ex: estado das saídas no “clear”)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP Configuração

- Especifica:
 - número de estações
 - alocação de endereços para entrada e saída
 - formato das mensagens de diagnóstico
 - parâmetros do barramento

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Transmissão de dados

- Mestre somente pode iniciar o envio e recebimento de dados após ter sido parametrizado com o “master parameter record”: lista dos escravos conectados, parâmetros do barramento
- Na fase de inicialização, mestre inicializa as conexões com os escravos e monitora os tempos
- Escravos também monitoram a comunicação
- Quando erro é detectado, telegrama com diagnóstico é enviado e escravo vai para estado “clear” (devendo ser reconfigurado)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus-DP

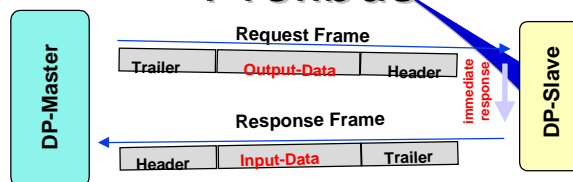
Tipos de Telegramas

- Definido pelo campo SD (start delimiter)
 - SD1= Request_FDL_status (SD=10H): Estação ativa envia este telegrama para identificar novas estações ativas
 - SD2=Telegrama de dados com tamanho variável (SD=68H)
 - SD3 = Telegrama com tamanho fixo (SD=A2H)
 - SD4 = Token (SD=DCH)

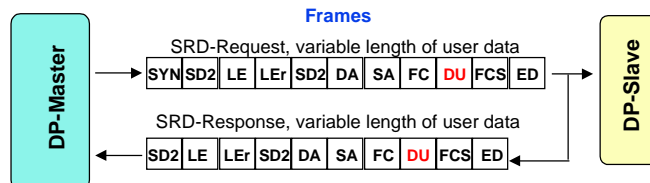
Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Telegramas Profibus



Ex: tamanho variável



Syn = Synchronisation Time
SD2 = Start Delimiter 2
LE = Length

LEr = repeated Length
DA = Destination Address
SA = Source Address
FC = Function Code

DU = Data Unit
FCS= Frame Check Sequence
ED = End Delimiter

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Pontos de Acesso a Serviço Service Access Points (SAPs)

- Definem o tipo de serviço
- MSB=1 indica que DSAP e SSAP estão presentes (reduz número total de bytes a 244 em vez de 246)
 - Local SAP - na própria estação
 - Remote SAP - na estação remota
- Gerência dos SAPs é feita na camada 2
- Profibus-DP: usa SAPs de 54 a 62 e SAP default
 - Quando FMS e DP compartilham o barramento, o FMS não usa estes SAPs

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Pontos de Acesso a Serviço Service Access Points (SAPs)

- SAP default: troca de dados
- SAP54: comunicação mestre-mestre
- SAP55: mudança de endereço de estação
- SAP56: Leitura de entradas (Rd_Inp)
- SAP57: Leitura de saídas (Rd_Out)
- SAP58: Comandos de controle para escravo DP
- SAP59: Leitura de configuração (Get_Cfg)
- SAP60: Leitura de diagnóstico (Slave_Diagnosis)
- SAP61: Transmissão de parâmetros (Set_Prm)
- SAP62: Checar configuração (Chk_Cfg)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



PROFIBUS-DP Descrição das Funcionalidades

	DPM1 Escravos	DPM2 Escravos	DPM1 DPM2
Parametrização / Configuração	●	●	—
Transmissão de Diagnóstico do Escravo	●	●	—
Transmissão de Diagnóstico do Mestre	—	—	●
Troca Cíclica de Dados	●	●	—
Comandos Sync + Freeze	●	●	—
Atribuição de endereço a escravo	—	●	—
Leitura acíclica de dados imagem de E/S	—	●	—
Leitura/Escrita acíclica de qualquer dado	● ^(X)	● ^(X)	—
Funções de Tratamento de Alarmes	● ^(X)	● ^(X)	—
Upload/Download de Tabela de Parâmetros de Mestre	—	—	●

(X) PROFIBUS-DP Funções DP estendidas (mais detalhes posteriormente)
Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Formato dos Telegramas

- Campos dos telegramas
- Descrição de uso dos SAPs
- Exemplos de telegramas

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP Freeze e Sync

- Comandos para sincronização de dados de entrada e saída (usam broad- ou multicast):
 - **Freeze:** entradas são amostradas e permanecem disponíveis para leitura do controlador (valores lidos não são atualizados)
 - **Sync:** saídas são sincronizadas e “congeladas” (novas modificações são armazenadas nos escravos, mas não transferidos). Transferência somente ocorre quando novo sync é enviado

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



SERVIÇOS GLOBAIS (SAP 58)

FREEZE / UNFREEZE

Um telegrama de FREEZE faz com que um escravo, ou um grupo destes, congele as suas entradas no estado corrente. Um telegrama UNFREEZE cancela este estado.

Exemplo: Controle a laço-fechado em um determinado processo. Pode-se garantir o sincronismo das leituras assim:

- 1) O mestre transmite um comando de FREEZE para um determinado grupo (que então congelam suas entradas)
- 2) Durante um próximo ciclo de dados, os escravos transferem as entradas congeladas para o mestre.
- 3) Depois de concluído este processo, o mestre transmite um comando UNFREEZE e volta-se ao modo de operação normal.

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Serviços Globais

SYNC / UNSYNC

Um telegrama SYNC indica que os dados de saída devem ser trancados no estado atual. Um telegrama UNSYNC cancela este estado.

Exemplo: Operações controladas por tempo para um grupo de dispositivos.

- 1) Depois de congelar os dados com um comando FREEZE e processá-los, o mestre transmite um comando SYNC ao grupo de escravos para obter as saídas.
- 2) Durante o próximo ciclo de dados, o mestre fornece ao grupo de escravos os valores dos dados de saída.
- 3) O comando UNSYNC faz com que os escravos pertencentes ao grupo atualizem as suas saídas ao mesmo tempo.

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP

Aumento da Confiabilidade

- Watchdog em escravos para detectar falha nos mestres
- Restrição de acesso a escravos por mestre
- DPM1 ciclicamente envia seu status para todos os seus escravos via mensagem multicast com ciclo configuráveis
- Telegramas de diagnóstico são enviados como respostas prioritárias pelos escravos aos mestres em caso de problemas

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP Diagnósticos

- **Relacionados à estação:** estado operacional (temperatura excessiva, tensão baixa)
- **Relacionados ao módulo**
- **Relacionados ao canal:** falta em algum ponto de entrada e saída (ex: curto-circuito na saída 1)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP Diagnósticos

- DPM1 monitora transmissão de dados dos escravos com “Data_Control_Timer” (um timer por escravo). Erro é gerado caso transferência não ocorra dentro do intervalo previsto
- escravos possuem watchdog que colocam as saídas em “fail safe” caso mestres não comuniquem dentro do ciclo previsto

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP Diagnósticos

- Detecção de erro durante a fase de transferência de dados em um DPM1: tratamento depende do parâmetro “auto-clear”
 - caso setado: DPM1 leva todas as saídas dos seus escravos para “fail safe” e muda para estado “clear”
 - caso falso: DPM1 permanece no estado “operate” e usuário define o que deve ser feito

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP Diagnósticos - Fail-safe

- Quando no estado “operate”, octeto 1 das mensagens enviadas pelo mestre = 0
- Quando mestre vai para estado “clear”, um telegrama de controle é enviado para todos os escravos (octeto 1 = 1, octeto 2 = 0)
- No próximo ciclo, mestre envia a todos os escravos um telegrama configurando largura dos dados de saída = 0 (escravo então pode assumir configuração segura)
- GSD identifica que escravos suportam “fail-safe”
- Telegrama de parametrização permite mestre especificar como saídas do escravo devem estar quando o mestre entrar em “clear”

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP Status vs. Diagnóstico

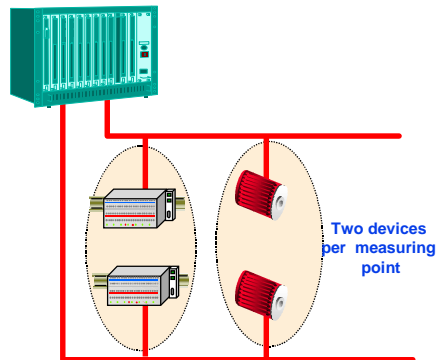
- EXT_DIAG bit (octeto1), define se o telegrama de diagnóstico deve ser considerado como “status” (baixa prioridade) ou “diagnóstico” (alta prioridade)
- Exemplo: monitoração do nível de um tanque
 - até 50%: nada a fazer
 - de 50 a 80%: mensagens de “status”
 - a partir de 80%: mensagens de diagnóstico

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



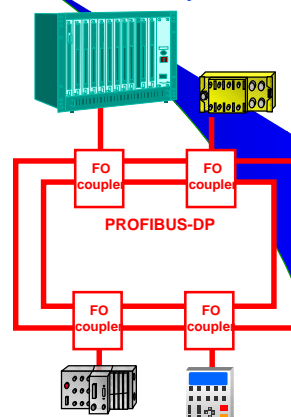
Aumento da confiabilidade usando redundância

System redundancy



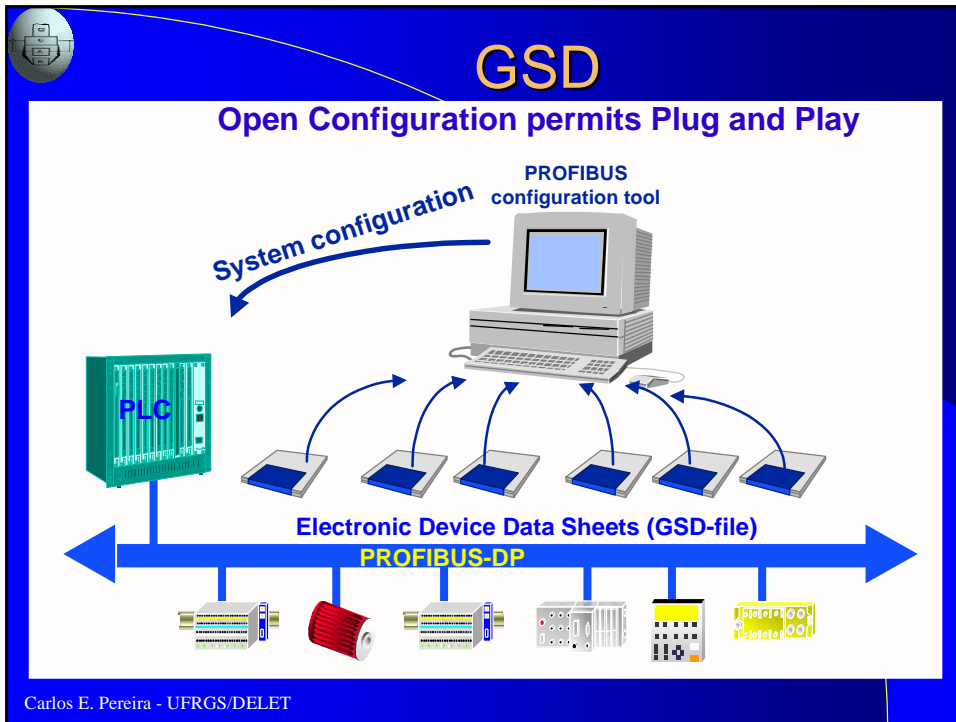
Several interfaces enable redundant systems

Media redundancy



Fiber optic segments enable redundant wiring

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



ARQUIVO GSD

Para identificar um produto PROFIBUS, o fabricante precisa fornecer um arquivo GSD (banco de dados) do dispositivo.

A pré-especificação de formato (definido na norma **EN50170** e “**PROFIBUS guideline**” 2.041) permite a configuração de redes PROFIBUS-DP independente de fabricante.

A Organização PROFIBUS mantém uma biblioteca atualizada de arquivos GSD.

<http://www.profibus.com/gsd/index.html>

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus-DP Parametrização

- Os seguintes parâmetros são configuráveis (via GSD e telegrama de parametrização):
 - escravo opera com ou sem watchdog
 - especificação de tempos (Tsdr)
 - sync/freeze devem ou não estar disponíveis
 - escravo está habilitado para outros mestres
 - atribuição de endereço de grupo
 - identificação (identificador único, fornecido PNO)
 - parâmetros do usuário (ex: estado das saídas no “clear”)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus-DP Arquivo GSD

- Baseados nos arquivos GSD dos escravos, ferramentas de configuração podem criar o “master parameter record” que será transferido para o mestre classe 1 a ser configurado
- Para adicionar um novo escravo
 - upload dos dados atualmente configurados no mestre
 - acrescenta-se o novo escravo
 - atualiza-se a configuração no mestre
 - reinicialização da rede (reset)

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



GSD (Ex: Gateway)

- Dados técnicos do Gateway
 - Suporta todos os Baud-rates
 - Um diagnóstico do usuário é transmitido quando na ocorrência de uma falha no dispositivo
 - Os seguintes serviços são suportados pelo ASIC SPC3: FREEZE, SYNC, Fail Safe, procura automática pelo baud-rate.
 - O parâmetro Min_Slave_Interval = 100µSeg.
 - O sinal Repeater_Ctrl_Signal é implementado como nível TTL via osinal RTS do módulo
 - O número de identificação é especificado como 0x18.
 - Uma linha de 24V de alimentação para manutenção do dispositivo não está disponível
 - O tamanho dos dados são de 16 bytes de saída e de entrada.
 - A redundância não está implementada
 - É um dispositivo compacto, sem módulos

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



ARQUIVO GSD

A cópia do arquivo GSD do gateway:

```
#Profibus_DP

GSD_Revision      = 1
;
Vendor_Name       = "gateway_dp"
Model_Name        = "ss_pb_interface"
Revision          = "V1.0"
Ident_Number      = 0x18          ; Example Identnumber
Protocol_Ident    = 0             ; only DP supported
Station_Type      = 0             ; Compact station
FMS_supp          = 0             ; FMS is not supported
Hardware_Release  = "hw 1.0"
Software_Release  = "sw 1.0"
;
9.6_supp          = 1
19.2_supp         = 1
93.75_supp        = 1
187.5_supp        = 1
500_supp          = 1
1.5M_supp         = 1
3M_supp           = 1
6M_supp           = 1
12M_supp          = 1
;
```

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET

```

MaxTsd_9.6      = 60      ; max.response time using
MaxTsd_19.2    = 60      ; different transmission rates
MaxTsd_93.75   = 60
MaxTsd_187.5   = 60
MaxTsd_500     = 100
MaxTsd_1.5M    = 150
MaxTsd_3M      = 250
MaxTsd_6M      = 450
MaxTsd_12M     = 800
;
;
; Redundancy      = 1      ; Redundancy not supported
;
; Repeater_Ctrl_Sig = 2      ; RTS Signal with TTL level
; 24V_Pins        = 0
; Implementation_Type = "ASIC_solution"
; Bitmap_Device   = "bmpdev1.dib"; Bitmaps
; Bitmap_Diag     = "bmpdia1.dib"
; Bitmap_SF       = "bmpsf1.dib"
;
; Freeze_Mode_supp = 1      ; FREEZE and SYNC
; Sync_Mode_supp   = 1      ; supported
; Auto_Baud_supp   = 1      ; automatically baud control
; Set_Slave_Add_supp = 1
; Min_Slave_Intervall = 1      ; Min_Slave_Intervall 100us
;
; Modular_Station  = 0
; Modul_Offset     = 1
;
; Fail_Safe       = 1      ; Fail Safe Mode supported
; Slave_Family    = 9
; Max_Diag_Data_Len = 8      ; one user diagnosis is sent
; Unit_Diag_Bit(0) = "external device not present"
; Unit_Diag_Bit(1) = "external device detects fault"
;
; Module          = "module 1" 03F
; 1
; End Module

```

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET

ARQUIVO GSD

A cópia do arquivo GSD do painel VOBHAG:

```

=====
; GSD-File for VOBHAG
; Freeze_Mode_supp, Sync_Mode_supp, Auto_Baud_supp, 1,5MBaud
; Stand : 17.02.97 gk
; File : SIEM8043.GSD
=====
#Profibus_DP
; Unit-Definition-List:
GSD_Revision=1
Vendor_Name="SIEMENS"
Model_Name="VOBHAG Panel DP"
Revision="Rev. 1"
Ident_Number=0x8043
Protocol_Ident=0
Station_Type=0
Hardware_Release="A00"
Software_Release="Z01"
9.6_supp = 1
19.2_supp = 1
93.75_supp = 1
187.5_supp = 1
500_supp = 1
1.5M_supp = 1

```

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



```
MaxTsdr_9.6 = 60
MaxTsdr_19.2 = 60
MaxTsdr_93.75 = 60
MaxTsdr_187.5 = 60
MaxTsdr_500 = 100
MaxTsdr_1.5M = 150
Repeater_Ctrl_Sig = 0
Implementation_Type="SPC3"
;
; Slave-Specification:
OrderNumber="8159067"
Periphery="I/O"
;
Freeze_Mode_supp=1
Sync_Mode_supp = 1
Auto_Baud_supp = 1
Set_Slave_Add_supp = 0
Min_Slave_Intervall=1
Max_Diag_Data_Len=6
Slave_Family=3
User_Prm_Data_Len=0
;
Modular_Station = 0
Max_Module=1
Max_Input_Len=2
Max_Output_Len=4
Max_Data_Len=6
;
; Module-Definitions:
;
Module = "2 Byte In, 4 Byte Out" 0x11,0x23
EndModule
```

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



CONFIGURAÇÃO DO MESTRE

Além das informações dos arquivos GSD deve-se informar ao mestre os seguintes dados:

- O protocolo usado (DP/FMS ou rede mista)
- A taxa de transmissão escolhida (a ferramenta se certifica se todos os dispositivos a suportam)
- O fator GAP (número de passagens pelo barramento depois que uma nova estação ativa ter sido detectada)
- O HSA (endereço da estação mais alta)
- O tempo de watchdog
- Em relação a PLC: o tipo de CPU e o tipo de endereçamento

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



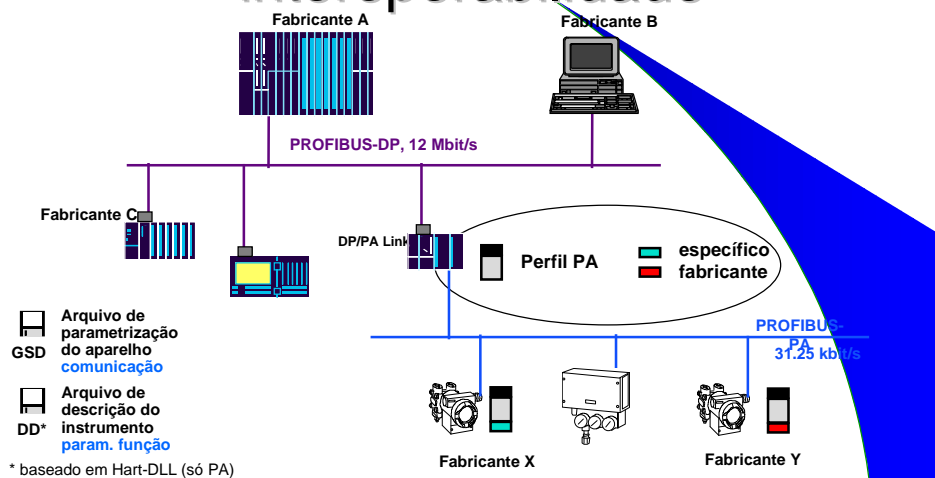
Profibus-DP Instalando a rede

- Recomendado (mas não obrigatório): inserir um escravo por vez para ter certeza de que o mesmo passa a operar corretamente
- uso de ferramentas de visualização de mensagens
- estações sem endereço recebem o endereço 126 (pode ser modificado com “set_slave_address” e mestre classe 2)
- endereços válidos (0 a 126)
- sugere-se desabilitar o watchdog durante a instalação da rede

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



PROFIBUS - interoperabilidade



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



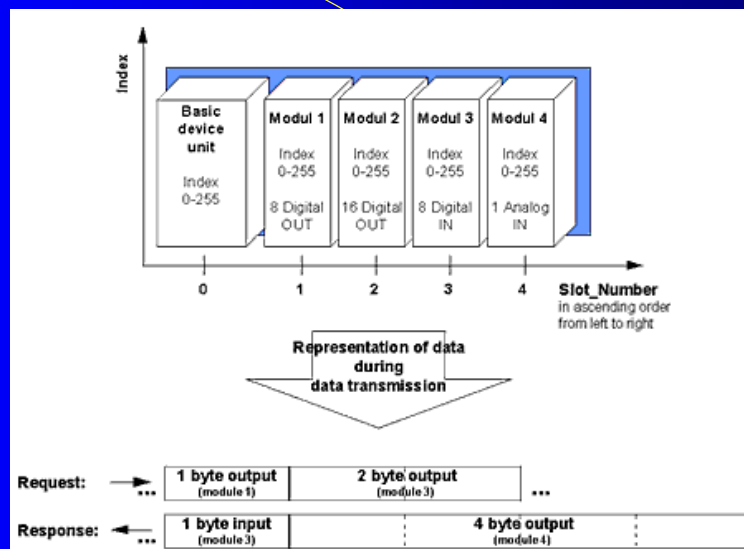
Funções DP extendidas

- Estações Modulares
- Leitura e escrita acíclicas
- Transmissão de alarmes

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Funções DP-extendidas



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Funções DP-extendidas Comunicação acíclica entre DPM1 e escravos

- Serviços (baseados em conexão)
 - MSAC1_read: mestre lê dados do escravo
 - MSAC1_write: mestre escreve dados no escravo
 - MSAC1_alarm: transmissão de alarme do escravo para o mestre. Somente quando mestre confirma o recebimento do alarme é que um novo alarme pode ser enviado
 - MSAC1_alarm_acknowledge: mestre reconhece alarme
 - MSAC1_status: transmissão de status do escravo para mestre

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Funções DP-extendidas Comunicação acíclica entre DPM2 e escravos

- Baseados em conexão
- Serviços MSAC2_
 - initiate, abort, read, write

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Funções DP-extendidas

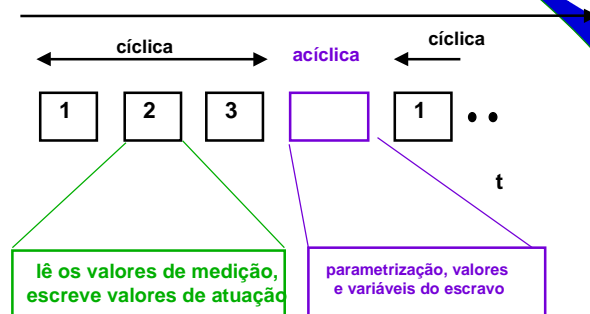
Comunicação acíclica entre DPM2 e escravos

- Sequência:
 - mestre envia MSAC2_Read request (endereçamento usando slot e índice)
 - após receber requisição escravo pode disponibilizar dados
 - mestre envia regularmente “poll telegrams” solicitando dados
 - após ter processado os dados, escravo responde com MSAC2_Read response e envia os dados para o mestre. Transmissão de dados é monitorada
- Intervalo de monitoração é definido pelo serviço DDLM_Initiate service no estabelecimento da conexão. Quando falha é detectada, a conexão é automaticamente encerrada. SAP 40 a 48 no escravo e 50 no DPM2 são reservados para conexão MSAC_C2.

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Comunicação Acíclica



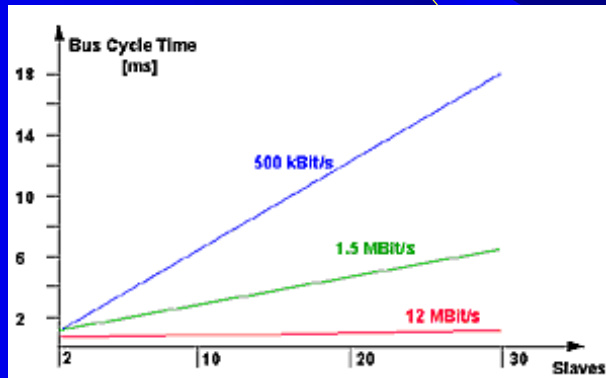
Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus Tempos de Ciclo

- Ex: Profibus-DP a 12 Mbits/s requer 1ms para ler 512 bits de entrada e enviar 512 de saída distribuídos em 32 estações

Conditions:
Each DP-Slave has 2 byte
input and 2 byte output data
The minimum Slave Interval
time is 200 micro seconds
 $T_{sdi} = 37$ Bit times,
 $T_{sdr} = 11$ Bit times



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



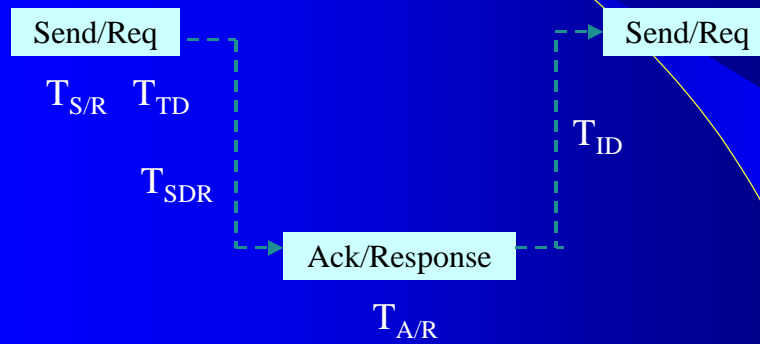
Cálculo do tempo de ciclo SRD com frame de tamanho variável

- $T_{S/R}$: tempo da mensagem de envio/requis
- T_{SDR} : tempo de atraso na resposta
- T_{MC} : tempo da mensagem de ack/resp
- T_{ID} : tempo de idle
- T_{TD} : tempo de propagação no barramento

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Cálculo do tempo de ciclo Melhor caso



T_{MC} : tempo de ciclo de 1 mensagem

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



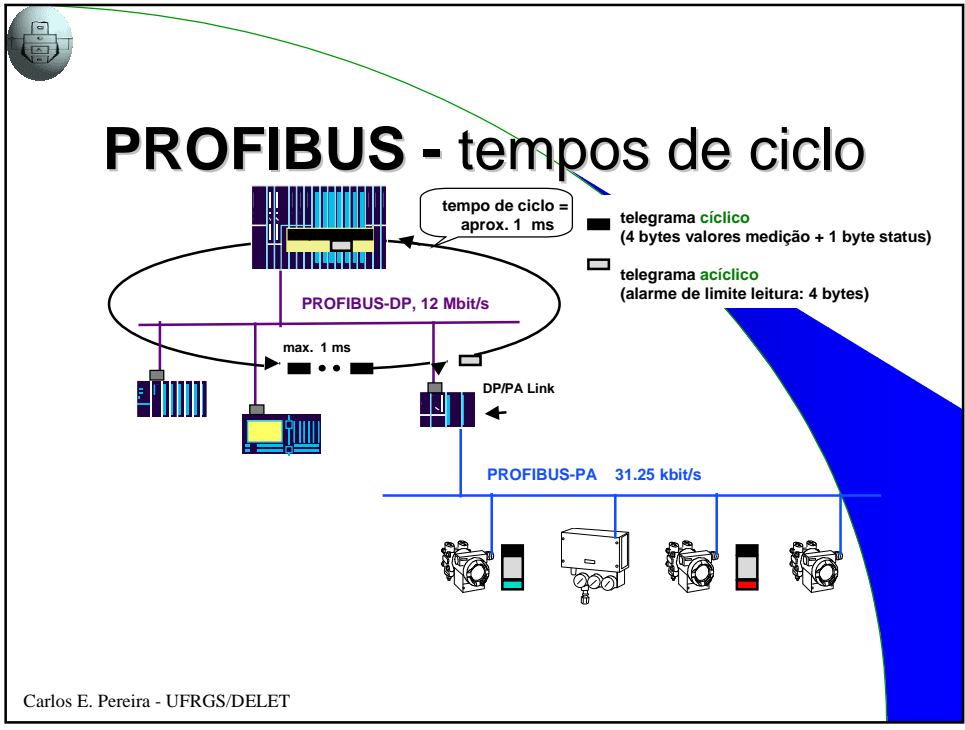
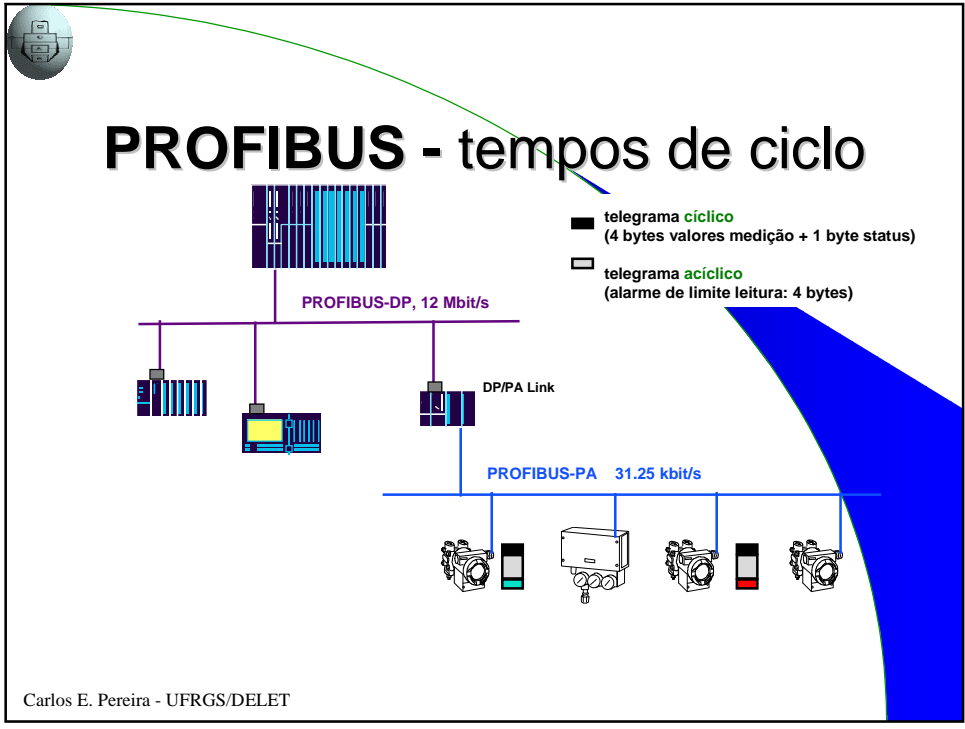
Cálculo do tempo de ciclo SRD com frame de tamanho variável

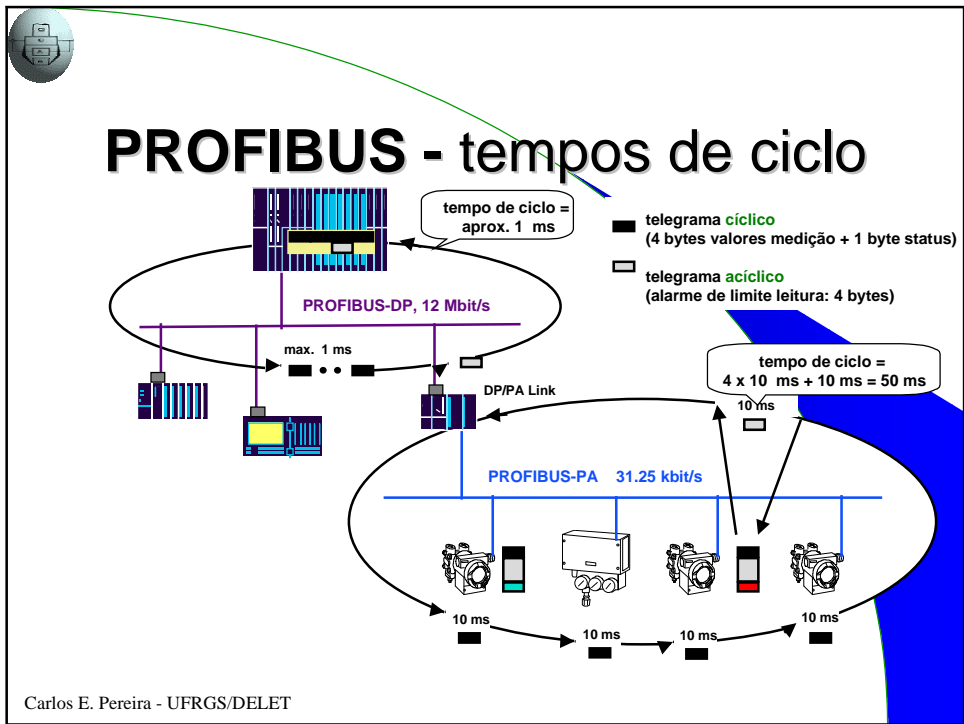
T_{MC} : tempo de ciclo de 1 mensagem

$$T_{MC} = T_{S/R} + T_{SDR} + T_{A/R} + T_{ID} + 2 * T_{TD}$$

TS/R (9+out)*11

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET





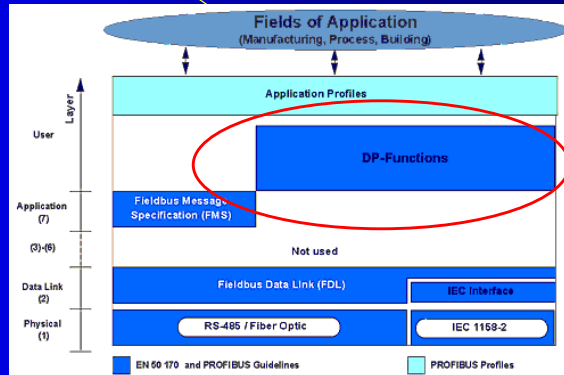
Profibus - DP e FMS Camada de Usuário

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Profibus - DP DP-Functions

- DDLM (Direct Data Link Mapper): disponibiliza funções camada 2 para aplicações



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET

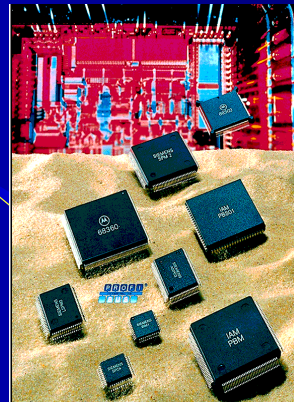


ASICs PROFIBUS

- ▶ Vários ASICs disponíveis
- ▶ Soluções "Single Chip" para PROFIBUS-DP
- ▶ Chips periféricos (independentes de processador para FMS/DP/PA)
- ▶ Microcontrolador com Profibus FMS/DP integrado

Vantagens

- ▶ Reduz custos de desenvolvimento de novos produtos
- ▶ Custos acessíveis (menos do que 25 USD)



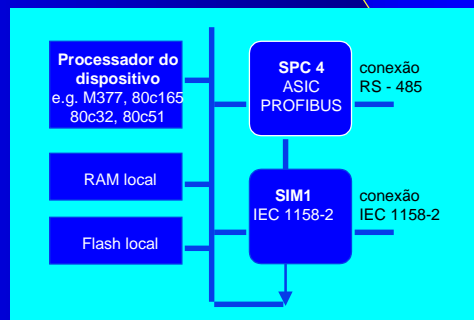
Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Possibilidades de Implementação

Implementação com ASIC e processador para FMS, DP, PA

- Alta flexibilidade, adequado para mestres e escravos
- Funções críticas realizadas em hardware
- Software realiza funções de comunicação e aplicação
- Possibilita implementações mistas FMS, DP, PA



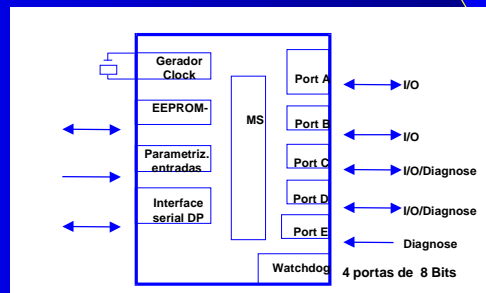
Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



Possibilidade de Implementação

Profibus DP escravo em um único chip

- Forma mais simples de implementação
- Todas as funções em hardware, alta velocidade
- Não exige software adicional
- ótima relação custo-benefício



Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET



ASICs Existentes

Empresa	Chip	Tipo	Característica	FMS	DP	PA
IAM	PBS	Slave	Microprocessor-independent I/O chip, up to 3 Mbit/sec, complete layer 2 implementation	•	•	
IAM	PBM	Master	Microprocessor-independent I/O chip, up to 3 Mbit/sec, complete layer 2 implementation	•	•	
Motorola	68302	Master/slave	16-bit microcontroller with PROFIBUS core functions, up to 500 kbit/sec, partial implementation of layer 2	•	•	
Motorola	68360	Master/slave	32-bit microcontroller with PROFIBUS core functions, up to 1.5 Mbit/sec, partial implementation of layer 2	•	•	
Siemens	SIM 1	Modem	Modem chip for connection to intrinsically safe IEC transmission technology			•
Siemens	SPC4	Slave	Microprocessor-independent I/O chip, up to 12 Mbit/sec, layer 2 and DP implementation	•	•	•
Siemens	SPC3	Slave	Microprocessor-independent I/O chip, up to 12 Mbit/sec, layer 2 and DP implementation		•	
Siemens	SPM2	Slave	Single chip, complete DP implementation, 64 input/output bits directly connectable to the chip		•	
Siemens	ASPC2	Master	Microprocessor-independent I/O chip, up to 12 Mbit/sec, complete layer 2 implementation	•	•	•
Siemens	LSPM2	Slave	Low-cost single chip, complete DP implementation, 32 input/output bits directly connectable to the chip		•	
Delta t	IX1	Master/slave	Single chip or microprocessor-independent I/O chip, up to 1.5 Mbit/sec, loadable protocol	•	•	•
Smar	PA-ASIC	Modem	Modem chip for connection to the intrinsically safe transmission technology for PROFIBUS-PA			•

source: electronic product guide of PROFIBUS International

Carlos E. Pereira - UFRGS/DELET