

PROFIBUS: SERVIÇOS DE TRANSMISSÃO E FRAMES

INTRODUÇÃO

O Profibus é um protocolo digital utilizado em sistemas de controle, que permite a conexão com interoperabilidade de diversos equipamentos e fabricantes. Possui uma série de vantagens em relação à tecnologia 4-20 mA, onde resumidamente pode-se citar, dentre outras:

- Fácil cabeamento com redução de custos;
- Simples operação, através da sala de controle;
- Aplicações em área classificadas;
- Altas taxas de comunicação no Profibus-DP;
- Poderosas ferramentas de configuração/parametrização e gerenciamento de ativos;
- Tecnologia aberta e em contínua evolução.

ARQUITETURA DO SISTEMA DE CONTROLE DE PROCESSO

Na prática existem diversos fabricantes de sistemas de controle, assim como várias possibilidades de arquiteturas, mas basicamente deve-se atentar para:

- O número de estações *host* e estações de engenharia;
- O número de controladores;
- A hierarquia da comunicação;
- As atribuições dos dispositivos e equipamentos de campo aos seus respectivos controladores;
- O método de conexão dos equipamentos de campo;
- As condições envolvendo áreas à prova de explosão, segurança intrínseca, emissões eletromagnéticas, condições ambientais, distribuição de cabeamento, aterramento etc.

A figura 1 mostra uma arquitetura típica, onde se tem o controlador Profibus, estações de engenharia, ferramentas de parametrização, acopladores e outros elementos da rede.

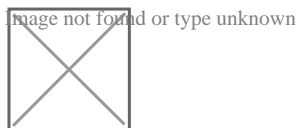


Figura 1 – Arquitetura típica Profibus.

Neste artigo detalharemos alguns dos tipos de serviços de transmissão e formato de *frames* dos protocolos Profibus-DP e Profibus-PA.

PROCEDIMENTOS DE TRANSMISSÃO NO PROFIBUS

O Profibus-DP utiliza dois tipos de serviços de transmissão no envio de telegramas de mensagens que são definidos na camada 2 (a camada de enlace de dados) do modelo ISO / OSI e resumidas abaixo:

SRD (*Send and Request Data with acknowledge*)

Com o SRD, os dados são enviados e recebidos em um ciclo de telegrama. Ou seja, o mestre envia dados de saída para o escravo e recebe dados de entrada do escravo em sua resposta (se aplicável) dentro de um período de tempo especificado. É importante lembrar neste serviço que um mestre pode enviar dados de saída para um escravo e requisitar dados do escravo, tudo em um único ciclo de telegrama. Este é o serviço de transmissão mais frequentemente usado em Profibus-DP e que faz com que a troca de dados seja muito eficiente para dispositivos de E/S mistas.

SDN (*Send Data with No acknowledge*)

Este serviço é utilizado quando uma mensagem deve ser enviada simultaneamente a um grupo de escravos (*multi-cast*), ou a todos os escravos (*broadcast*). Os escravos não respondem ou reconhecem mensagens de difusão ou *multi-cast*.

SDA (*Send Data with Acknowledge*)

Um terceiro tipo de serviço de transmissão utilizado em Profibus é o SDA (*Send Data with Acknowledge*), com dados enviados para um mestre ou escravo e de reconhecimento breve enviado como resposta.

TROCA DE MENSAGENS NO PROFIBUS

A troca de mensagens no Profibus acontece em ciclos e cada pacote de dados é conhecido como mensagem ou *frame*. Cada *frame* de requisição de dados ou de envio de dados a uma estação mestre Profibus está associado a um *frame* de confirmação ou resposta de uma estação mestre ou escrava.

Os dados podem ser transmitidos em *frames* de envio ou resposta, sendo que o *frame* de confirmação não contém dados, isto é, somente apresentará em seus campos códigos de reconhecimento do *frame* pela estação. Isto avisa a estação mestre que o escravo irá processar e responder ao mestre em breve.

O ciclo de mensagens é somente interrompido quando se tem a transmissão do *frame* de *token* (o *token* é passado entre as estações mestres em uma ordem numérica ascendente de endereços por meio do *frame* de *token* e com isto o mestre que o recebe dominará a comunicação por um determinado tempo) e pela transmissão de dados sem confirmação, necessária para mensagens *broadcast*. Em ambos os casos não há confirmação.

Todas as estações, exceto a que detém o *token*, monitoram todas as requisições e confirmam ou respondem somente quando são endereçadas. A confirmação ou resposta retornará em um tempo predefinido, o *slot time* (máximo tempo que o mestre irá esperar por uma resposta do escravo). Caso contrário, a requisição será repetida. A estação que não confirmar ou responder depois de um certo número de tentativas (*retries*) será listada como “não operacional” pela estação mestre.

Se um escravo detecta um erro de transmissão ao receber um pedido do mestre, ele simplesmente não responde e depois de esperar um *slot time*, o mestre enviará novamente o pedido (*retry*). Da mesma forma se o mestre detectar uma falha na resposta do escravo, também enviará novamente o pedido. O número de vezes que o mestre tentará sucesso na comunicação com o escravo dependerá da taxa de comunicação:

9.6 kbits/s a 1.5 Mbits/s – *retry* = 1

3.0 Mbits/s – *retry* = 2

6.0 Mbits/s – *retry* = 3

12.0 Mbits/s – *retry* = 4

Após esgotar todos os *retries*, o mestre marca o escravo, indicando um problema e faz o *log out* com dele. Nos ciclos subsequentes, se o mestre conseguir sucesso, realizará a sequência do *startup* novamente (4 ciclos para trocar dados novamente).

CARACTERES PROFIBUS-DP

Todos os caracteres Profibus são compostos de 11 bits (1 *start* bit + 8 bits de dados + 1 bit de paridade + 1 *stop* bit).

O Profibus-DP troca dados em codificação NRZ (*Non-Return to Zero*). Isto é, a forma do sinal de "0" ou "1" não se altera durante a duração do bit. Se não há transmissão, a linha permanece em nível "1", que é o estado de *idle* (inativo). Um *start* bit faz com que a linha vá para o estado lógico "0".

Profibus NRZ-Coded Character Frame (Even Parity)

Start	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Parity	Stop
"0"	0	1	2	3	4	5	6	7	par	"1"
	LSB				MSB					

Figura 2 – Caracteres UART Profibus.

Este *frame* de caracteres aplica-se a todos os bytes de dados/caracteres, incluindo os bytes de cabeçalho do telegrama (*header*). Quando as mensagens são transmitidas, cada caractere ou dado é enviado na ordem do bit menos significativo (LSB) para o bit mais significativo (MSB), como mostrado acima. Para a transferência de uma palavra (mais do que 1 byte), o byte MSB é transmitido em primeiro lugar, seguido pelo byte LSB (formato *Big-Endian*/Motorola).

O Profibus utiliza o método de paridade *par* para a verificação de erros de dados. Quando uma mensagem é transmitida, o bit de paridade é calculado e aplicado a cada caractere transmitido.

ESTRUTURA DOS FRAMES PROFIBUS

Inicialmente veremos como é formado um caractere UART no Profibus.

Cada *frame* consiste de um número de caracteres, os chamados caracteres UART. O caractere UART (UC) é um caractere *start-stop* para transmissão assíncrona, consistindo de 11 bits: um *start* bit, que é sempre "0", 8 bits de informação, que podem ser "0" ou "1", um bit de paridade, que pode ser "0" ou "1" e um *stop* bit, que é sempre "1", conforme a Figura 2.

A especificação do Fieldbus Data Link Profibus apresenta 4 tipos diferentes de *frames*, onde:

- SD1, SD2, SD3 e SD4: bytes de início (*Start Delimiter*), podendo possuir os valores 10H, 68H, A2H e DCH. Veja os *frames* a seguir.
- DA: byte de endereço de destino (*Destination Address*);
- SA: byte de endereço fonte (*Source Address*);
- FC: byte de controle (*Frame Control*). O campo FC dos frames SD1, SD2, SD3, além de outras informações de controle, identifica a função do *frame*. De acordo com a configuração de seus bits, pode-se identificar o tipo de estação que o enviou, se o mesmo é de pedido, resposta ou confirmação e a natureza das informações

que contém.

- FCS: byte de checagem (*Frame CheckSequence*);
- LE: byte de comprimento (*OctetLength*), podendo assumir valores entre 4 e 249;
- LEr: byte de comprimento repetido;
- DATA_UNIT (DU): campo de dados que pode ser fixo (8) ou variável, podendo variar de 1 a 246 bytes;
- ED: byte finalizador (*EndDelimiter*), sendo seu valor sempre 16H;
- SC: frame de resposta curta (*Short Acknowledgement*), tendo como valor E5H.

Nos tipos de *frames* a seguir cada coluna representa 1 byte (“1 octet”), exceto o campo DATA_UNIT (DU) que é variável.

SD	1 byte	<i>Start Delimiter</i> (usado para diferenciar os formatos dos telegramas).
LE	1 byte	<i>Net Data Length</i> (DU) + DA + SA + FC + DSAP + SSAP.
LEr	1 byte	Byte de comprimento repetido.
DA	1 byte	<i>DestinationAddress</i> – Para onde a mensagem vai.
SA	1 byte	<i>SourceAddress</i> – Origem da mensagem.
FC	1 byte	<i>FunctionCode</i> (FC=Tipo/Prioridade da mensagem): Usado para informações de controle, identifica a função do <i>frame</i> . FC=13: signals diagnostic data.
DSAP	1 byte	<i>Destination Service Access Point</i> (porta COM do receptor). A estação de destino utiliza este campo para determinar qual serviço a executar.
SSAP	1 byte	<i>Source Service Access Point</i> (porta COM do remetente).
DU	1 a 32 bytes (ou 1-244 bytes)	<i>Data Units</i> / de 1 a 244 bytes.
FCS	1 byte	Byte de checagem (<i>Frame CheckSequence</i>).
ED	1 byte	<i>EndDelimiter</i> (sempre 16H).

Tabela 1 – Significado dos campos de um frame Profibus

1) *Frames* de tamanho fixo sem campo de dados

Request Frame

SD1 DA SA FC FCS ED

Acknowledgement Frame

SD1 DA SA FC FCS ED

Short Acknowledgement Frame

SC

2) Frames de tamanho fixo com campo de dados

Send/Request Frame

SD3 DA SA FC FCS ED

Response Frame

SD3 DA SA FC FCS ED

3) Frames de tamanho do campo de dados variável

Send/Request Frame

SD2 LE LEr SD2 DA SA FC FCS ED

Response Frame

SD2 LE LEr SD2 DA SA FC FCS ED

4) Token Frame

Send/Request Frame

SD4 DA SA

FRAMES PROFIBUS-DP

A figura 3 mostra um resumo dos *frames* Profibus-DP.

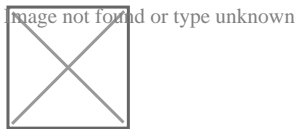


Figura 3 – *Frames* Profibus-DP.

FRAMES PROFIBUS-PA

A figura 4 mostra um resumo dos *frames* Profibus-PA, onde vale a pena lembrar que o Profibus-PA é definido de acordo com a IEC61158-2 e onde se tem a codificação Manchester.

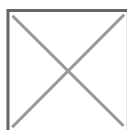


Figura 4 – *Frames* Profibus-PA.

COMPARANDO OS FRAMES PROFIBUS-DP e PROFIBUS-PA

A figura 5 mostra uma breve comparação entre o *frame* Profibus-DP e Profibus-PA.

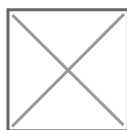


Figura 5 – *Frames* Profibus-DP x Profibus-PA.

SAP – Service Access Point

Toda troca de dados (*data exchange*) entre mestre e escravo Profibus é feita utilizando as SAPs de 54 a 62, mais a SAP padrão (SAP = 0, *Data Exchange*).

A inclusão de um DSAP ou SSAP em um pedido ou resposta é feita configurando o bit mais significativo para "1" no campo DA ou SA e, nesta condição, somente os 7 bits menos significativos conterão realmente o endereço (de 0x00 até 0x7F, onde 0x7F é reservado para *broadcast* e 0x7E é reservado para endereço *default*).

Para serviços acíclicos outras SAPs estão disponíveis de acordo com a tabela 2. São conhecidos como serviços estendidos.

Alguns tipos de SAPs:

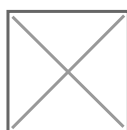


Tabela 2 - Tipos de SAPs.

CONFIABILIDADE DOS DADOS DA TRANSMISSÃO NO PROFIBUS

Para garantir a confiabilidade dos dados da transmissão, o Profibus dispõe de um mecanismo de segurança

conhecido como distância *Hamming* 4 ($H_d = 4$, que significa que até três bits errados simultaneamente podem ser detectados). A introdução de um bit de paridade nos caracteres UART incrementa em um bit a distância *Hamming*. Consegue-se $H_d = 4$ enviando um FCS com cada *frame*, assim como a inclusão de delimitadores de início e fim dos *frames*. O Profibus não utiliza a correção de erros. Quando é detectado um erro em um *frame*, descarta-se e repete-se a transmissão.

CONCLUSÃO

Vimos neste artigo um breve detalhamento dos serviços de transmissão e os tipos de frames dos protocolos Profibus-DP e Profibus-PA.

O protocolo PROFIBUS oferece toda a flexibilidade e autonomia que o usuário necessita para automatizar e otimizar processos, com facilidade de instalação, operação, manutenção e diagnósticos de variáveis que sejam importantes para o correto funcionamento da planta.

Este artigo não substitui os padrões IEC 61158 e IEC 61784, nem os perfis e guias técnicos do PROFIBUS. Em caso de discrepância ou dúvida, os padrões IEC 61158 e IEC 61784, perfis, guias técnicos e manuais de fabricantes prevalecem. O conteúdo deste artigo foi elaborado cuidadosamente. Entretanto, erros não podem ser excluídos e assim nenhuma responsabilidade poderá ser atribuída ao autor. Sugestões de melhorias podem ser enviadas ao e-mail cesar.cassiolato@vivaceinstruments.com.br.

Sobre o autor

César Cassiolato é *Presidente e Diretor de Qualidade da Vivace Process Instruments. É também Conselheiro Administrativo da Associação PROFIBUS Brasil América Latina desde 2011, onde foi Presidente de 2006 a 2010, Diretor Técnico do Centro de Competência e Treinamento em PROFIBUS, Diretor do FDT Group no Brasil e Engenheiro Certificado na Tecnologia PROFIBUS e Instalações PROFIBUS pela Universidade de Manchester*

Referências

- *Manuais Vivace ProcessInstruments*
- *Artigos Técnicos César Cassiolato*
- <https://www.vivaceinstruments.com.br/>
- *Material de treinamento e artigos técnicos PROFIBUS - César Cassiolato*
- *Especificações técnicas PROFIBUS*
- www.profibus.com