PROFIBUS TEMPO DE BARRAMENTO

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.

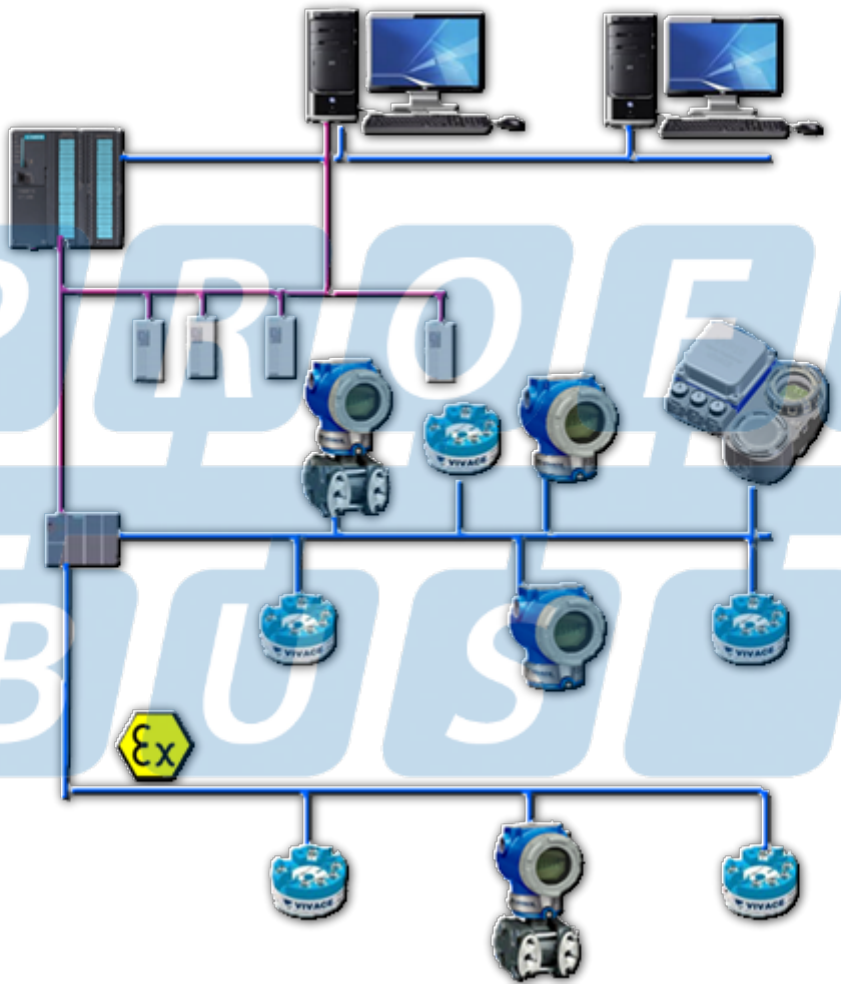


Figura 1 – Sistema Profibus

Neste breve artigo veremos detalhes sobre o tempo de barramento no Profibus.

MECANISMO DE TEMPORIZAÇÃO

O Profibus é um protocolo baseado na passagem de token e garante transmissões em tempo real rápidas, onde seu princípio de funcionamento garante sempre um tempo mínimo de token em cada estação.Uma tendência dos sistemas distribuídos de controle de processos é a interconexão entre seus elementos de rede via rede multipontos (broadcast) ao invés do tradicional ponto-a-ponto, onde o critério dos tempos envolvidos são fundamentais.

Um grande maioria das pessoas envolvidas com automação sempre quer saber o quanto rápido é um protocolo.Assim como em outros fieldbuses, as ferramentas de configuração do Profibus permitem que o usuário tenha acesso aos tempos envolvidos, tais como, tempo de ciclo(Bus Scan Cycle Time), tempo de rotação de token(Token Rotation Time), etc, e também permitem algumas vezes que se configure manualmente os tempos de acordo com o usuário, embora estas ferramentas em sua grande maioria, calculam automaticamente os tempos envolvidos de acordo com os elementos da rede Profibus.

As redes industriais de comunicação fieldbus são especialmente projetadas para interconexões entre os controladores, sensores e atuadores, localizados nas camadas de mais baixo nível (chão de fábrica).Quanto maior o nível em termos de fluxo de mensagens, maior é o tempo de resposta exigido, maior é a quantidade de informação a ser transferida, maior deve ser a confiabilidade e as taxas de transferência(baud rates).Entenda como tempos exigidos, o tempo necessário entre uma requisição de informação e sua transmissão no barramento. Na verdade, muitos fatores estão envolvidos e devem ser considerados nos tempos de mensagens, tais como, o acesso e tempos de filas (mecanismo de MAC – Médium Access Control), tempo de transmissão e o tempo de processamento do protocolo.

ENTENDENDO O MECANISMO MAC

O mecanismo de MAC no Profibus é baseado no procedimento de passagem de token usado pelas estações mestras para garantir o acesso de cada estação ao barramento e também no procedimento mestre-escravo.

Os mecanismos de MAC (Controle de acesso do barramento) são implementados na camada 2 do modelo OSI e que no Profibus é chamado de Fieldbus Data Link (FDL). O FDL além de ser responsável pelo controle de acesso ao barramento e pelo tempo de ciclo do token é responsável também pelos serviços de transmissões de dados à camada de aplicação.

SERVIÇO	*FUNÇÃO*	DP	FMS	PA
SDA	*Send Data with Acknowledge* (Envia dados com confirmação)	não	sim	não
SRD	*Send and Request Data with reply* (Envia e recebe dados com resposta)	sim	sim	sim
SDN	*Send Data with No acknowledge* (Envia dados sem confirmação)	sim	sim	sim
CSRD	*Cyclic Send and Request Data with reply* (Envia e recebe dados ciclicamente com resposta)	não	sim	não

Tabela 1 - Serviços do PROFIBUS (nível 2)

O Profibus utiliza diferentes subconjuntos dos serviços do nível 2 em cada um de seus perfis (DP, FMS, PA). Veja a tabela 1.
Todas as relações de comunicação são baseadas entre a estação que detém o token e a estação escrava.Uma importante característica destes serviços é que sempre a um pedido, existe uma reposta imediata ou um reconhecimento (acknowledgement). Em sistemas real-time esta característica é fundamental.

Além destes serviços, aplicações industriais sempre requerem serviços cíclicos, onde um procedimento central de polling é utilizado para fazer o scan dos equipamentos de campo. No Profibus, existe uma lista de polling na camada FDL baseada em serviços to tipo SRD e CSRD.

Um conceito importante no Profibus é o ciclo de mensagem que corresponde ao tempo de frame de pedido ou envio de pedido pelo mestre e a resposta ou reconhecimento pelo escravo e também o número de retries (antes de um report de erro de comunicação). Os dados de usuário podem ser transmitidos no frame de pedido ou de resposta. Todas as estações, com exceção da que detém o token, deverá monitorar todos os pedidos e o reconhecimento ou a resposta deverá chegar com um tempo pré-definido, o chamado slot time, caso contrário, a estação que requisitou o pedido deverá repetir o pedido. Note que durante o setup da rede, o número máximo de retries deverá ser definido em todas as estações mestres.

Como vimos, uma das principais funções do MAC é o controle do tempo de ciclo do token, TTR.Após receber o token, a medição do tempo de rotação do token começa e só vai terminar assim que um novo token chegar, resultando no chamado tempo de rotação de token real (TRR). Um tempo comum de TRR deve ser definido na rede Profibus para todos os mestres.Quando uma estação recebe o token, é analisado se o tempo de manutenção do token (TTH), que é dado pela diferença ente o TTR e TRR, é positivo. Se o TRR for maior que TTR, a diferença será negativa e o mestre deverá executar um ciclo de alta prioridade. Se a diferença for positiva, então o mestre poderá executar a função de alta prioridade durante o tempo em que TTH > 0. Tarefas de baixas prioridades são executadas se não houver tarefas de alta prioridade pendentes. As seguintes

tarefas são consideradas de baixa prioridade: lista de polling, serviços de aplicação, serviços de gerenciamento remotos e ciclos de mensagens que suportam mudanças dinâmicas no anel lógico (de passagem de token) quando se tem dois mestres com endereços consecutivos.

Existirá sempre duas filas de mensagens, uma de alta prioridade e outra de baixa prioridade.

ALGUMAS DICAS DE CONFIGURAÇÃO DOS TEMPOS ENVOLVIDOS NO PROFIBUS

Os parâmetros de barramento do Profibus são comumente dados em “bit times (TBIT) ”. Esta é a unidade que é mostrada tipicamente nos arquivos GSD e nas ferramentas de configuração, etc.

O Target Token Rotation Time (TTR) é dado em bit times e normalmente é calculado pelas ferramentas de configuração.É o tempo para se passar o token por toda a rede e retorna ao seu mestre inicial. Quando se tem múltiplos mestres, isto inclui o tempo total para cada mestre completar seu ciclo de I/O, passar o token ao próximo mestre e o token retornar ao mestre inicial. Alguns fatores influenciam diretamente o TTR: o baud rate, o número de escravos com troca de dados cíclicos, o número total de I/Os durante a troca de dados, o número de mestres.

Um parâmetro diretamente influenciado pelo TTR é o watchdog time. Este é o tempo descarregado na configuração de cada escravo e que será usado pelo escravo para detectar falhas de comunicação. A cada falha detectada com a expiração do time, o escravo vai ao estado de reset e com isto nenhuma troca de dados cíclica é permitida e deverá ser inicializado pelo mestre. Este procedimento levará pelo menos 4 ciclos de barramento. É comum, porém não recomendado, se ver na prática usuários reduzindo o tempo de TTR e com isto se tem watchdog time muito pequeno, o que faz com que no final do tempo de barramento sempre se tem a expiração do time do escravo e sempre o escravo levará 4 ciclos para trocar dados novamente e a performance da rede fica comprometida.

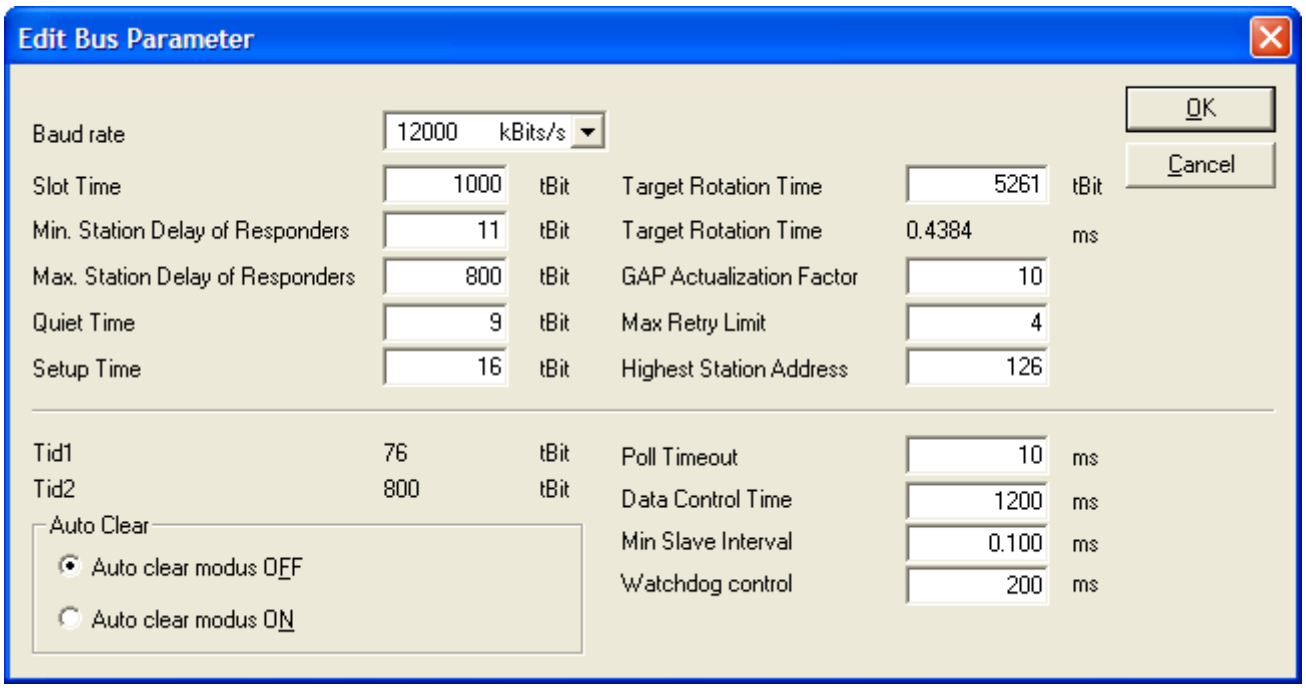


Figura 2 - Parametrização do barramento

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, sendo:

- 9.6kbits/s a 1.5Mbits/s --> 1
- 3.0 Mbits/s --> 2
- 6.0 Mbits/s --> 3
- 12.0 Mbits/s --> 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 consegue sucesso, ele realiza a sequência do startup novamente (4 ciclos para trocar dados novamente).

É comum por exemplo em redes onde não se tem uma comunicação integra devido ao nível de ruído ou devido a uma má condição de shield e de aterramento que se aumente o número de retries até que se corrija o problema. Outra situação em que se procura aumentar este número é quando se tem mais de 9 repetidores. A utilização de repetidores provoca congestionamento de tráfego (atrasos crescentes nas filas) e com o objetivo de resolver esse problema, é proposto um mecanismo inovador de inserção de tempos mortos (idle time) entre transações, recorrendo para o efeito à utilização dos dois temporizadores Idle Time do Profibus (explicados a seguir).

Existem situações quando se tem múltiplos mestres de um mesmo fabricante e ainda utilizando ferramentas deste mesmo fabricante. Neste caso, na maioria das vezes o tempo de rotação do token (TTR) é otimizado pela própria ferramenta, de tal forma a garantir o perfeito funcionamento da rede. Existe outra situação onde os mestres são de diferentes fabricantes e a ferramenta não calcula automaticamente o TTR e, neste caso o que se deve fazer é para cada mestre levantar o perfeito TTR isoladamente e depois se somar os tempos determinados para se ter o TTR ambos os mestres ao mesmo tempo.

Na figura 3 ainda temos os seguintes parâmetros importantes:

- Tid1: quanto em tempo (µs) que o mestre espera se receber uma resposta ou um reconhecimento;
- Tid2: quanto em tempo (µs) que o mestre espera após enviar uma mensagem e antes de enviar a próxima mensagem.
- Quiet time: é o número de bit time que o mestre espera em cada transmissão, antes de começar a enviar dados.
- Gap Actualization Factor: é o número de rotações do token entre solicitações para um novo mestre.

TEMPO DE RESPOSTA NO PROFIBUS-DP

O tempo de reposta em um sistema Profibus DP é essencialmente dependente dos seguintes fatores:

- MaxTSDR (tempo de resposta após o qual uma estação pode responder);
- A taxa de comunicação selecionada;
- Min_Slave_Intervall (tempo entre dois ciclos de polling no qual um escravo pode trocar dados com um escravo. Depende do ASIC utilizado, porém no mercado encontramos tempos de 100µs).

Para efeitos práticos, à 12Mbits/s podemos assumir que o tempo de ciclo de mensagem (Tmc), que envolve o prompting telegram + TSDR + a resposta do escravo, onde N é o número de entradas e saídas do escravo, é:

$$Tmc = 27\mu s + N \times 1.5\mu s$$

Por exemplo, um mestre com 5 escravos e cada escravo com 10 bytes de entrada e 20 de saída, à 12Mbits/s teria um Tmc aproximado de 72µs/slave. O tempo de ciclo de barramento é obtido somando-se todos os ciclos de mensagem:

$$Tbc = 5 \times 72\mu s = 360\mu s$$

Uma explicação mais detalhada sobre tempos do sistema pode ser consultada no padrão IEC 61158.

TEMPO DE RESPOSTA NO PROFIBUS PA

A utilização do PROFIBUS em dispositivos típicos e aplicações em controle de processos estão definidas segundo o perfil PROFIBUS
PA. Este perfil define os parâmetros dos equipamentos de campo e seu comportamento típico independente do fabricante e se aplica a transmissores de pressão, temperatura, posicionadores, etc. É baseado no conceito de blocos funcionais que são padronizados de tal forma a garantir a interoperabilidade entre os equipamentos de campo.

Os valores e status da medição, assim como os valores de setpoint recebido pelos equipamentos de campo no PROFIBUS-PA são transmitidos ciclicamente com mais alta prioridade via mestre Classe 1 (DPM1). Já os parâmetros para visualização, operação, manutenção e diagnose são transmitidos por ferramentas de engenharia (mestre Classe 2, DPM2) com baixa prioridade através dos serviços acíclicos pelo DP via conexão C2. Ciclicamente também se transmite uma sequência de bytes de diagnósticos. A descrição dos bits destes bytes está no arquivo GSD do equipamento e dependem do fabricante.

O tempo de ciclo (Tc) aproximado pode ser calculado como:
Tc 10ms x número de equipamento + 10ms (serviços acíclicos mestre Classe 2) + 1.3ms(para cada conjunto de 5 bytes de valores cíclicos).

Imagine a situação onde se tem uma malha de controle com 2 transmissores de pressão e 1 posicionadores de válvula. Teríamos um tempo de ciclo de aproximadamente 40 ms. Veja figura a seguir.

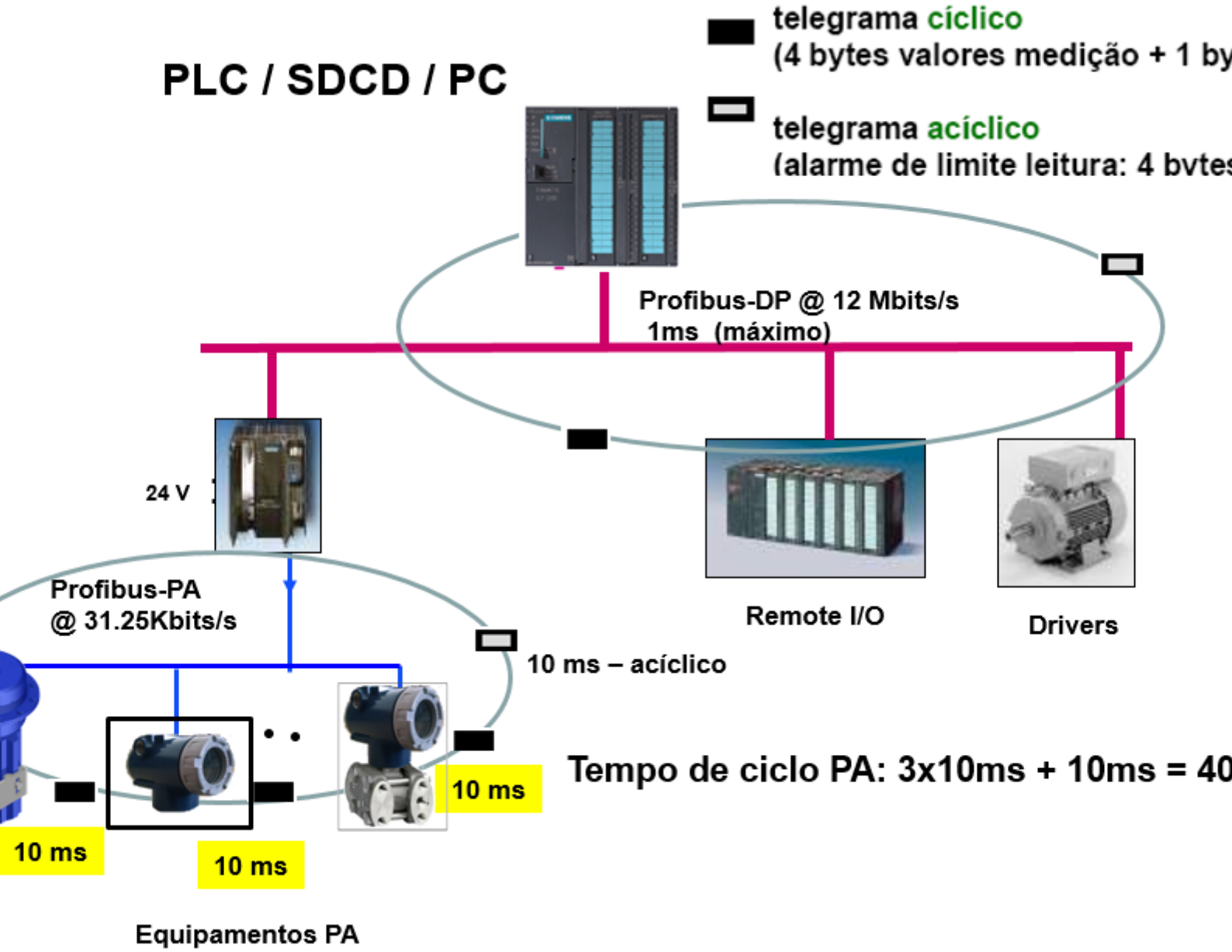


Figura 3 – Tempo de ciclo no Profibus-PA

CONCLUSÃO

Vimos através deste breve artigo as condições de temporização na tecnologia Profibus e suas particularidades.

Em caso de discrepância ou dúvida, as normas, os padrões IEC 61158 e IEC 61784, perfis, guias técnicos e manuais de fabricantes prevalecem. Sempre que possível, consulte a EN50170 para as regulamentações físicas, assim como as práticas de segurança de cada área.

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
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 Process Instruments
- Artigos Técnicos César Cassiolato
- https://www.vivaceinstruments.com.br/
- Material de treinamento e artigos técnicos PROFIBUS - César Cassiolato
- Especificações técnicas PROFIBUS
- www.profibus.com