

Universidade Federal de São João del Rei
Campus Alto Paraopeba

Redes Industriais: DeviceNet

João Pedro D'angelis da Costa
Julia Cristiane Silva Silveira
Lucas Henrique Araújo Corrêa
Luiz Fernando Ferreira
William Moura Oliveira

Professor: Rone Ilídio da Silva

Trabalho apresentado à disciplina Redes Industriais de Computadores, ministrada pelo professor Rone Ilídio da Silva, ao curso de Engenharia Mecatrônica.

Ouro Branco, MG

21 de Novembro de 2018

1 Introdução

O crescimento das indústrias levou a um aumento considerável da quantidade de equipamentos presentes em campo e a necessidade de monitorar e controlar esses equipamentos através de centrais trouxe alguns desafios para os projetistas das plantas industriais. Dentre esses desafios, a conexão entre equipamentos e centrais através de fios se tornou um problema acentuado devido a fatores como a quantidade de ligações, limitações de slots de conexões dos controladores e até mesmo interferências causadas pelo meio ruidoso da indústria.

Antes das grandes indústrias, a empresa Robert Bosch Corp sofria com um problema parecido. Com a grande quantidade de sensores e atuadores eletrônicos em um veículo, ligações ponto a ponto entre os sensores se tornaram insustentáveis e então o protocolo CAN - *Controller Area Network* - foi desenvolvido. Sua ideia principal é substituir as ligações ponto a ponto por um único barramento com derivações, facilitando a construção da rede de sensores.

Observando a semelhança entre os problemas enfrentados com o crescimento do número de equipamentos em campo e pela Bosch, Allen Bradley desenvolveu o DeviceNet, utilizando como base o protocolo CAN a fim de simplificar a comunicação dos dispositivos das plantas industriais. Hoje, a rede DeviceNet é um protocolo aberto, sendo utilizada em equipamentos de diversos fabricantes, todos estes regulamentados pela ODVA (Open DeviceNet Vendor Association), cujo o objetivo é divulgar, padronizar e difundir tanto o protocolo DeviceNet como outros.

Ao longo deste trabalho serão apresentados aspectos do protocolo DeviceNet, como sua construção e formas de prover e gerenciar a comunicação entre dispositivos.

2 Camada Física

Por ter sido construído com base no protocolo CAN, o DeviceNet conserva algumas características dele enquanto adiciona pontos próprios. Assim como o CAN, DeviceNet é uma rede do tipo tronco/derivação levando dados e alimentação no mesmo cabo. Essa alimentação é fornecida por uma fonte diretamente conectada nos cabos, alimentando os transceptores de cada nó. A fonte possui saída e entrada isoladas, além de fornecer a corrente necessária para alimentação dos componentes conectados e uma tensão de 24 Vdc.

O cabo de uma rede DeviceNet é composto por até 5 fios, sendo dois deles para comunicação (CANH e CANL), dois deles para alimentação e um dos fios para aterramento da malha de proteção do cabo. Além da malha, os fios de comunicação são trançados, a

fim de minimizar a interferência eletromagnética, e a informação é lida através de medições diferenciais, buscando amenizar interferências em modo comum.

Existem hoje 3 cabos disponíveis (como mostra a figura 1), o cabo tronco também conhecido por cabo grosso, que tem diâmetro externo de 12,5 mm, outro chamado de cabo fino com diâmetro externo de 7 mm e um terceiro chamado flat que possui um perfil chato para ser utilizado por conectores especiais com a tecnologia de perfuração visando reduzir o tempo de montagem.

Figura 1: Cabos utilizados na rede DeviceNet.



Fonte: Curso de Redes Industriais: DeviceNet - Sense Eletrônica Ltda.

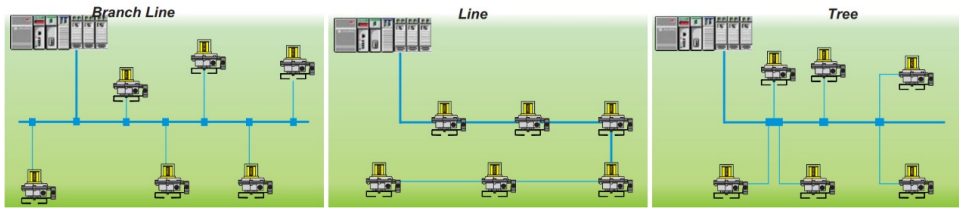
Além da escolha do cabo, é importante que este seja dimensionado corretamente. Devido às suas limitações, os tamanhos de um cabo DeviceNet dependem completamente da taxa de transmissão de quadros que é escolhida para o funcionamento da rede, como mostra a tabela 1. Além disso, o posicionamento da fonte de alimentação ou ainda o uso de mais de uma fonte, deve ser levado em consideração no projeto da rede a fim de garantir que a tensão correta de funcionamento seja fornecida aos transceptores dos nós conectados.

Tabela 1: Taxa de dados x tamanho dos troncos e derivações

Taxa de dados	Comprimento do tronco [m]			Comprimento da derivação [m]	
	Cabo tronco	Cabo fino	Cabo flat	Máximo	Cumulativo
125Kbaud	500	100	420	100	156
250Kbaud	250		220		78
500Kbaud	100		75		39

Para garantir seu funcionamento, uma rede DeviceNet deve ser montada como mostrado na figura 2. Além disso, são especificados resistores (121Ω , 0.25W, 1% tolerância) que devem ser instalados nas terminações do tronco de comunicação, evitando reflexões de sinal na linha e erros durante a comunicação.

Figura 2: Montagens da rede DeviceNet.



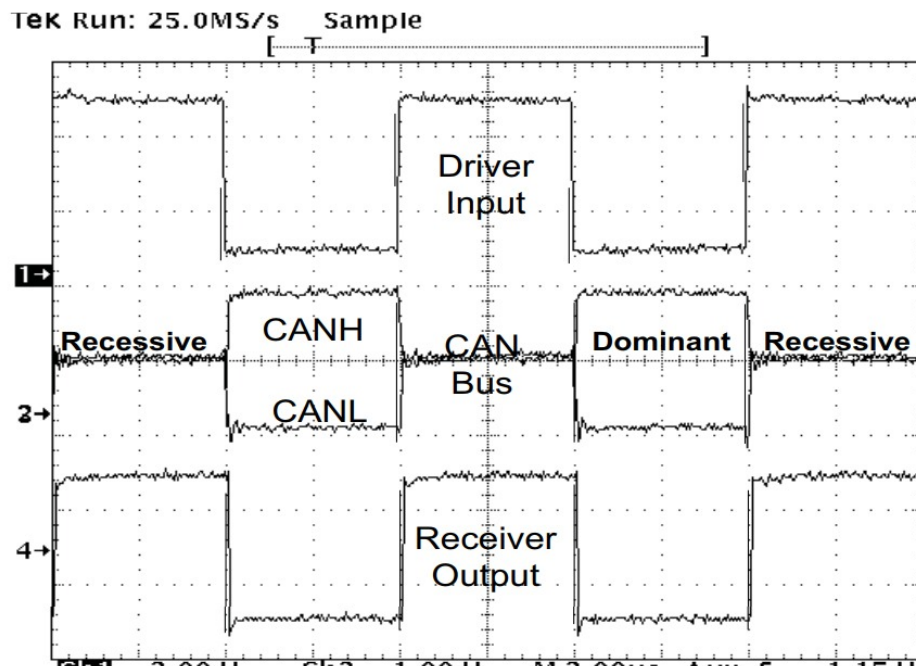
Fonte: Manual de Instruções Rede DeviceNet - Sense.

Em relação aos conectores a serem utilizados, a escolha depende em grande parte da aplicação e do ambiente em que o mesmo vai ser instalado.

3 Camada de Enlace - CAN

A camada de enlace do DeviceNet consiste em grande parte da camada de enlace CAN com modificações pontuais. A principal função dessa camada é converter os sinais do meio físico em bits que serão posteriormente processados. Os sinais chegam aos transdutores pelos cabos CANH e CANL sendo interpretados através de uma medição diferencial, como mostra a figura abaixo.

Figura 3: Sinal diferencial.

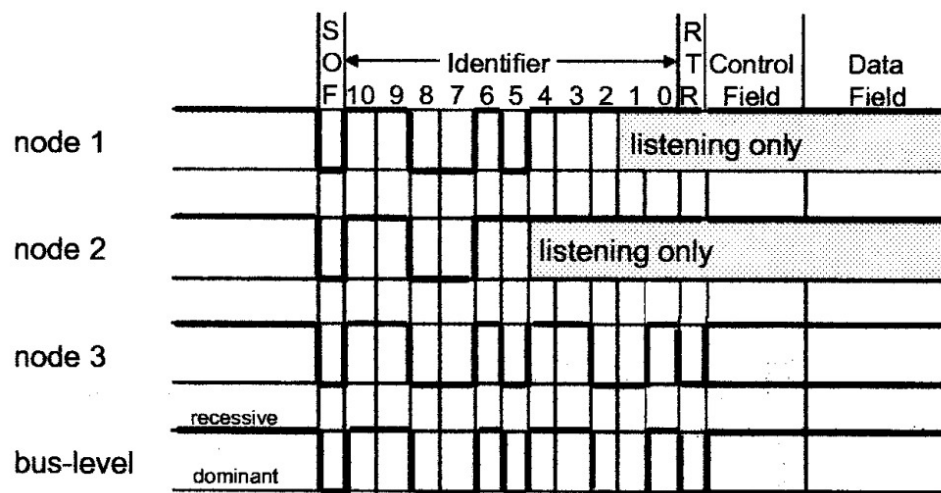


Fonte: Introduction to the Controller Area Network - CAN - Texas Instruments.

Através da medição diferencial, são definidos dois estados do meio de transmissão: dominante, com o nível lógico 0, e recessivo, com o nível lógico 1, de tal forma que numa transmissão simultânea o canal sempre assume o nível lógico dominante quando este se faz presente. Como todos os dispositivos conectados ao canal podem realizar transmissões simultaneamente, o acesso ao canal é regulado por uma variação do *Carrier Sense Multiple Access* - CSMA - baseada na prioridade da mensagem a ser transmitida. O início de qualquer transmissão em um canal CAN é marcado pelo Identificador CAN, composto por 11 bits que identificam a mensagem que está para ser transmitida. Dentre os bits do Identificador CAN, apenas 6 são direcionados ao MAC ID, que identificam cada dispositivo na rede, limitando a rede a apenas 64 dispositivos.

Tendo a capacidade de escutar o canal, mesmo enquanto transmitem, os transceptores sempre aguardam sua liberação antes de iniciar uma transmissão. Caso dois dispositivos tentem acessar o canal simultaneamente, aquele que possuir o identificador de menor número (ou seja, maior prioridade) vence a disputa pelo canal enquanto o outro dispositivo aguarda até que o canal esteja novamente livre para iniciar uma transmissão. A figura abaixo mostra o processo de disputa pelo canal entre dois dispositivos.

Figura 4: Disputa pelo canal.



Fonte: DeviceNet - Constantino Seixas Filho.

Dentre os tipos de quadros do CAN, o DeviceNet utiliza apenas o quadro de dados e o quadro de erros em suas comunicações. Estes quadros podem carregar até 8 bytes de dados, não sendo utilizada a versão estendida definida pelo CAN. Caso seja necessário que a transmissão de dados que exceda os 8 bytes disponíveis em um quadro, os dados são fragmentados em dois ou mais quadros e parte do campo de dados é usado para controle dessa fragmentação. A divisão do quadro pode ser observada na figura abaixo.

Figura 5: Frame de dados da rede DeviceNet.

1 bit	11 bits	1 bit	6 bits	0-8 bytes	15 bits	1 bit	1 bit	1 bit	7 bits	3 bits
Início da Frame	Identificador	RTR bit	Campo de Controle	Campo de DADOS (Variável de 0 a 8 bytes)	Sequenciador CRC	Delimitador de CRC	Bit de Ack	Delimitador de Ack	Final da Frame	Espaço entre Frames
Campo de Arbitração										

Fonte: Curso de Redes Industriais: DeviceNet - Sense Eletrônica Ltda.

Outra funcionalidade da camada de enlace CAN é a checagem de erros por Verificação Cíclica de Redundância - CRC. Quando uma transmissão é realizada o quadro é verificado através dos bits CRC e caso algum erro seja encontrado é enviada uma mensagem de erro no canal de comunicação para que todos os dispositivos da rede descartem o quadro e ele seja reenviado pela fonte.

4 DeviceNet Transport

DeviceNet requer que uma conexão seja estabelecida antes de haver troca de dados com o dispositivo. Para estabelecer esta conexão, cada nodo DeviceNet deve implementar o Unconnected Message Manager (UCMM) ou o Group 2 Unconnected Port. Estes dois mecanismos de alocação utilizam mensagens do tipo explicit para estabelecer a conexão, que a seguir será utilizada para a troca de dados de processo entre um nodo e outro. Esta troca de dados utiliza mensagens do tipo I/O.

Os quadros DeviceNet são divididos em grupos, que utilizam uma combinação de bits para identificar a mensagem e a fonte ou destino da mesma. As mensagens de um grupo possuem uma função que, conseqüentemente, lhes garante prioridade - como é o caso do grupo 1 cujas mensagens são respostas e tem prioridades mais altas do que as requisições.

Figura 6: Bit division.

Connection ID = CAN Identifier (bits 10:0)											Used for
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
0	Message ID				Source MAC ID						Message Group 1
1	0	MAC ID					Message ID				Message Group 2
1	1	Message ID			Source MAC ID						Message Group 3
1	1	1	1	1	Message ID						Message Group 4
1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x	Invalid CAN Identifiers

Fonte: The Common Industrial Protocol (CIP™) and the Family of CIP Networks - ODVA.

Nas redes DeviceNet, os nós podem ainda ser classificados como clientes/mestre, servidores/escravos ou ambos enquanto necessário. A possibilidade de fazer dispositivos operar somente como escravos é uma vantagem considerável, uma vez que isso possibilita que dispositivos de baixa capacidade de processamento e pouca memória operem na rede. Nesse caso, o mestre (normalmente um Controlador Lógico Programável - CLP) pode utilizar mensagens do tipo *explicit* para configurar o dispositivo escravo.

Além de todas essas funcionalidades, o DeviceNet dispõe de mecanismos voltados para detecção e correção de MAC IDs duplicados, de forma que o funcionamento da rede não seja colocado em risco quando problemas desse tipo são detectados.

5 Camada de Aplicação - CIP

Assim como outros protocolos desenvolvidos e mantidos pela ODVA, o DeviceNet aplica o protocolo Common Industrial Protocol - Protocolo Industrial Comum ou CIP - em suas camadas superiores (camada de aplicação IP). O protocolo CIP é completamente independente das camadas inferiores DeviceNet, de forma que sua interoperabilidade entre outros protocolos, como o Ethernet/IP e ControlNet, é facilitada. Para o DeviceNet, o CIP é responsável por gerenciar as mensagens que circulam na rede, dividindo-as em dois tipos: I/O e *Explicit*.

Além da gerência de mensagens, o CIP é responsável por manter instâncias dos objetos que representam cada um dos dispositivos conectados à rede. Cada objeto contém informações sobre o dispositivo que podem variar desde o modo de operação e MAC ID do dispositivo até os serviços que ele pode executar ou ainda seu fabricante e número de série.

6 Modos de Comunicação

Como a comunicação DeviceNet é realizada em um único barramento, há uma vantagem em utilizar um esquema do tipo produtor-consumidor, no qual o dispositivo que transmite uma mensagem à rede é chamado produtor, enquanto qualquer dispositivo a que interesse a mensagem na rede é chamado consumidor. Dessa forma, a troca de mensagens é realizada de forma mais efetiva, evitando o uso do canal para estabelecimento de conexão.

As mensagens produzidas e consumidas podem ser do tipo I/O ou *Explicit*, sendo esta última uma mensagem assíncrona e destinada à configuração de dispositivos da rede. As mensagens do tipo I/O são produzidas com frequência e podem seguir os tipos predeterminados a seguir:

Polled - Seguindo sua lista de dispositivos escravo, o mestre realiza a requisição ao escravo que logo em seguida responde à esta com a mensagem requisitada. Após completar a lista, realizando requisições aos dispositivos, o mestre recomeça todo o trabalhando, garantindo um ciclo de atualização.

Bit-Strobe - Nesse tipo de comunicação o mestre realiza uma requisição em multicast para todos os dispositivos da rede. Todos os dispositivos escravo que estiverem configurados para responder à este tipo de requisição enviam quadros de até 8 bytes.

Change of state - Quando configurado desta forma, o dispositivo escravo envia mensagens para o dispositivo mestre apenas quando há alguma mudança em seu estado. Neste tipo de configuração o escravo mantém um sinal periódico chamado de heartbeat, indicando sua presença na rede.

Cyclic - Neste modo de comunicação, o escravo envia informações ao mestre sempre em um período pré-configurado de tempo, independente se houve mudança em seu estado.

7 Conclusão

A comunicação numa planta industrial tem uma finalidade muito bem definida e estruturada, o que faz com que o uso e requisitos principais da rede que propicia essa comunicação sejam completamente distintos de uma rede destinada à transferência de páginas ou arquivos. Portanto, estruturar a comunicação através de protocolos de forma a suprir essas demandas é essencial para que a comunicação se torne efetiva dentro dos parâmetros esperados, coisa que o DeviceNet faz de forma interessante.

Apesar de simples o DeviceNet conta com uma robustez incrível no que diz respeito a tratamento de colisões e ruídos. Utilizar um sistema de comunicação que prioriza mensa-

gens não só possibilitou evitar colisões, como permitiu delegar prioridades à dispositivos chave da planta industrial. Além disso a utilização de várias blindagens junto à medição diferencial, oferece ao sistema uma resistência a ruídos muito bem vinda quando se trata das mais diversas interferências que podem aparecer devido à quantidade e potência de cargas dispostas na planta industrial. A redução considerável na quantidade de conexões entre os dispositivos também é outro fator que confere ao DeviceNet um lugar de destaque entre as redes aplicáveis à plantas industriais, visto a economia de cabos e a redução de possibilidades de erros causados pelo meio.

Portanto, apesar de suas limitações, o protocolo DeviceNet se apresenta como uma ótima opção para aplicações industriais.

8 Referências Bibliográficas

1. Manual da Comunicação DeviceNet, WEG, 2008.
2. Curso de Redes Industriais: DeviceNet, Sense Eletrônica Ltda.
3. <http://www.odva.org>.
4. Constantino Seixas Filho. DeviceNet, UFMG - Departamento de Engenharia Eletrônica.
5. Ana Claudia Medeiros Lins de Albuquerque. A Tecnologia DeviceNet.
6. <http://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf>.
7. <http://www.ni.com/white-paper/2732/en/>.