

CAN (Controller Area Network): Um Padrão Internacional de Comunicação de Transdutores Inteligentes para Máquinas Agrícolas

Resumo

Padrões internacionais baseados no protocolo de comunicação digital serial Controller Area Network CAN têm sido elaborados e adotados para aplicações que utilizam eletrônica embarcada em máquinas e implementos agrícolas. Verifica-se a necessidade de fornecer subsídios e auxílio às pequenas e médias indústrias nacionais de equipamentos agrícolas para implementação desses padrões em seus produtos. Neste trabalho realiza-se uma sistematização do CAN e de suas aplicações em automação e controle na área agrícola, para orientar o desenvolvimento de dispositivos e de redes de dispositivos baseados no CAN.

Introdução

Tem-se verificado nas últimas décadas, um grande avanço da informática e automação na área agrícola, contribuindo para uma melhoria das condições de trabalho, do meio ambiente e promovendo a qualidade, a produtividade e a competitividade. Junto a estes avanços, um número cada vez maior de dispositivos eletrônicos têm sido utilizados em máquinas agrícolas, e, assim, surge a necessidade de desenvolvimento de meios de comunicação de dados robusta, próprios para ambientes agressivos e compatíveis, para integração destes dispositivos (SOUSA, INAMASU & TORRE, 2000). Uma tendência atual tem sido a adoção do protocolo de comunicação digital serial Controller Area Network CAN, em padrões para máquinas e implementos na área agrícola.

Importância do CAN

O CAN foi desenvolvido na década de oitenta por Robert Bosch para interconexão entre dispositivos de controle em automóveis, mas em poucos anos esta tecnologia migrou para outras áreas. Atualmente encontram-se padrões baseados no CAN em outros tipos de veículos como caminhões, ônibus, barcos, satélites, máquinas agrícolas, máquinas da construção civil e máquinas militares. Outros padrões com o CAN foram desenvolvidos para automação de plantas industriais, aplicações na área de robótica e para aplicações em instrumentação, como em instrumentação médica e agrícola.

A crescente popularidade de aplicações com CAN em sistemas de automação e controle é sustentada, entre outros fatores, por este possuir, em relação a outros padrões, características muito próprias para tais sistemas, das quais cita-se:

- Possibilidade de configurações para operar com taxas de comunicação de poucos Kb/s até 1 Mb/s;

São Carlos, SP
Outubro, 2001

Autores

Rafael Vieira de Sousa

Aluno de mestrado da
EESC-USP/Depto. Eng.
Mecânica, Processo
Fapesp00/02877-7,
rafael@cnpdia.embrapa.br

Ricardo Yassushi Inamasu

Eng. Mecânico, Dr.,
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, Cx.P. 741,
CEP 13560-970,
São Carlos-SP.

André Torre Neto

Eng. Elétrico, Dr.,
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, Cx.P. 741,
CEP 13560-970,
São Carlos-SP.



CAN (Controller Area Network): Um padrão internacional de comunicação de transdutores inteligentes para máquinas agrícolas

- Comunicação de dados utilizando dois fios, que reduz o custo e complexidade da implementação física, e promove proteção a interferências eletromagnéticas;
- Tamanho de dados por quadro otimizado, que permite a transmissão de dados comuns a dispositivos de sistemas de controle e com pequeno tempo de ociosidade para cada dispositivo;
- Utilização de um método de arbitragem para acesso ao meio para transmissão de dados que evita colisões e permite uma resposta rápida à necessidade de transmissão;
- Possibilidade de implementação de rede com comunicação ponto a ponto (entre dois dispositivos), por multidifusão (de um dispositivo para um grupo de dispositivos) ou por difusão (de um para todos dispositivos);
- Mecanismos de identificação de erros e de tolerância a faltas que permitem a implementação de redes bastante robustas e
- Flexibilidade para adição, remoção e mudanças de dispositivos, que favorecem operações de manutenção e alterações no sistema.

Os crescimentos de aplicações baseadas no CAN têm levado ao surgimento de novos produtos para CAN e fabricantes de *circuitos integrados semicondutores (CI's)* para CAN, com características diversas para diferentes aplicações. Hoje existem mais que 50 semicondutores controladores do protocolo e mais que 15 fabricantes de semicondutores segundo a sociedade que congrega empresas de negócios no tema CAN in Automation Cia (CIA, 2001). Ainda, segundo Cia, foram vendidos até 1999 no mercado cerca de 150 milhões de sensores, atuadores, terminais computacionais e outros tipos de sistemas computacionais com protocolo CAN, também denominados *Nós CAN*. Estes dados justificam o otimismo encontrado nas literaturas em relação ao CAN, e possibilitam a ampliação do uso e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade de componentes no mercado a um custo baixo, inclusive de ferramentas e serviços de avaliação e de desenvolvimento para aplicação em projetos, apesar da sofisticada tecnologia embutida.

O CAN na Agricultura Brasileira

A importância do CAN na área agrícola é observável pelas padronizações internacionais para aplicações em máquinas e implementos agrícolas e florestais como apresentado por JAHNS & SPECKMANN (1999) e por STONE (1997). No mercado internacional, muitas máquinas já possuem padrões com o CAN. No Brasil a presença desta tecnologia é restrita aos produtos importados. As pequenas e média indústrias nacionais necessitam tornar seus produtos compatíveis com tais padrões para que haja possibilidade de competição com produtos importados (SOUSA, INAMASU & TORRE-NETO, 2001)

Metodologia

Para realização deste trabalho foram efetuados levantamentos bibliográficos em várias fontes como banco de patentes, empresas fabricantes de máquinas agrícolas, empresas fabricantes de componentes eletrônicos e associação de normas, além da tradicional

(banco de dados de trabalhos acadêmicos indexados).

As informações obtidas com este levantamento foram associadas a levantamentos de componentes eletrônicos para CAN apresentadas por SOUSA, INAMASU & TORRE-NETO (2000).

Resultados e Discussões

O protocolo CAN como desenvolvido por Robert Bosch GmbH, foi padronizado internacionalmente e documentado na ISO (*International Standards Organization*) 11898, para aplicações de alta velocidade, e ISO 11519, para aplicações de baixa velocidade. Apresenta camada física e camada de enlace de dados em acordo com o modelo de referência para desenvolvimento de redes computacionais OSI (*Open Systems Interconnection*). A Figura 1 mostra as camadas desenvolvidas para o protocolo CAN relacionando-as com as do modelo OSI.

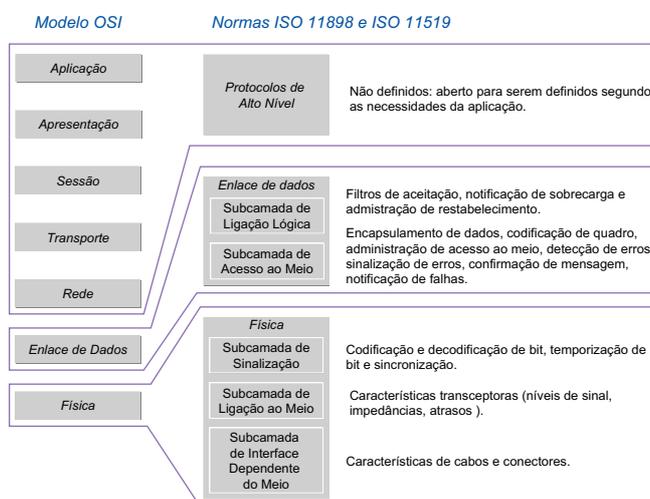


Figura 1: Relação entre as camadas do modelo ISO/OSI e padrões ISO 11898 e ISO 11519

Como pode ser visto na Figura 1, as camadas acima da camada de enlace de dados não são definidas pelas normas ISO 11898 e ISO 11519, ficando aberto para que cada grupo desenvolva o próprio padrão, baseado em protocolos de camadas superiores, denominados *Protocolos de Alto Nível (Higher Layer Protocols)*, cujas especificações atendam as necessidades de cada aplicação.

Descrição do CAN

A comunicação em uma rede com protocolo CAN é baseada em mensagens, que são transportadas em quadros de bits, que por sua vez são formadas por campos, que são conjuntos de bits com determinada função no quadro. A Figura 2 ilustra uma mensagem CAN e dos tipos de quadro de dados do CAN, formado por campos de bits.

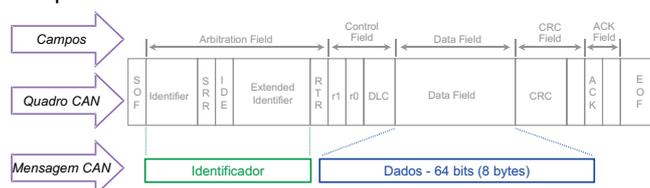


Figura 2: Quadro e Mensagem CAN

A mensagem é formada pelo *Campo de Dados*, ao qual está associado um campo que caracteriza a mensagem. No caso do CAN, este campo que caracteriza a mensagem é denominado *Identificador*, e define a prioridade de cada mensagem. O valor do identificador para as mensagens de cada nó é exclusivo, e quanto mais baixo o valor de um Identificador maior é a prioridade das mensagens desse nó. Utilizando um identificador os vários nós fazem o escalonamento do acesso ao meio. Quando os nós recebem a mensagem transmitida por um determinado nó, realizam o teste de aceitação e verificam se a mensagem tem interesse para esse nó ou não, através do identificador.

Existem duas versões do protocolo CAN, com formatos do quadro de bits diferentes: o *Standard CAN* (CAN 2.0A), com o campo identificador composto por 11 bits, e o *Extended CAN* (CAN 2.0B), com identificador composto por dois campos, um com 11 bits e outro com 18 bits (total de 29 bits). Ambas versões definem o campo de dados do quadro de dados composto por 64 bits (8 bytes) e também outros campos de controle e verificação. Esta característica do CAN permite que as mensagens trocadas sejam vistas como informações com prioridades diferentes e independentes dos nós que as produzem. Estas informações, uma vez produzidas, podem ser consumidas por qualquer nó ligado ao barramento. Os nós consumidores podem utilizar filtros de aceitação de mensagens. Estes filtros podem ser configurados de modo a interromper o processador do nó, ou CPU (*Central Processing Unit* Unidade Central de Processamento) do nó, apenas quando chegam mensagens de interesse para esse nó. O número de filtros de aceitação é limitado e varia com a implementação de cada circuito controlador de protocolo.

Implementação do CAN

Existem diversos padrões que têm como base o protocolo CAN. As diversas formas de implementar uma rede CAN variam em acordo com a estratégia de cada grupo. Para a tomada de decisão sobre qual padrão utilizar ou sobre o desenvolvimento de um padrão próprio, é importante considerar além de especificações técnicas, as necessidades associadas a fatores como: mercado alvo, custo de implementação e manutenção, nível de complexidade de implementação e operação, necessidade de integração com outros padrões e expansões futuras.

À partir da definição das necessidades que um sistema baseado no CAN deve atender, pode-se buscar as melhores especificações técnicas para desenvolvimento e implementação de um padrão. Com a definição das especificações, pode-se optar por um padrão existente no mercado, que melhor atenda a estas especificações, e contar com dispositivos existentes no mercado. Também se pode optar pelo desenvolvimento de um padrão próprio segundo as especificações definidas, ou ainda, adotar especificações de um padrão existente e adicionar outras especificações, criando um padrão misto.

Para uma determinada aplicação a definição das especificações técnicas pode ser baseada em três itens, que são:

- Definição dos parâmetros de livre escolha, previstos pelo protocolo, como por exemplo, versão do protocolo, taxa de comunicação, número de nós e tamanho do barramento;
- Definição de parâmetros de camada física e de

componentes eletrônicos, não definidos pelo protocolo, como por exemplo, conectores, cabos e circuitos transceptores e controladores;

- Definição dos parâmetros de protocolo de alto nível, e que estão relacionados diretamente com a aplicação da rede CAN. Como exemplo desses parâmetros cita-se: necessidade de sub-redes (topologia da rede), tipos de mensagens, tamanho de mensagens, interfaces com ser humano para operação e manutenção, possibilidades de expansão e formas conexão e inicialização de nós à rede.

Muitos dos padrões presentes no mercado adotaram as normas ISO 11898 e ISO 11519, que são constituídas por especificações de camada física e de enlace de dados. Também existem no mercado, muitos CIs que obedecem as especificações destas normas. Desta forma, encontram-se no mercado muitos padrões com o CAN, que diferem pelos protocolos de alto nível desenvolvidos para cada aplicação.

Os protocolos de alto nível são desenvolvidos utilizando o conjunto, denominado mensagem CAN, formado pelo campo identificador e pelo campo de dados dos quadros definidos pelo CAN (quadro padrão ou quadro estendido). No campo de dados, são dispostos conjuntos de bits representando as informações que se deseja transmitir, que podem ser, por exemplo, dados de controle para outros nós, dados coletados por sensores, dados informados estado do nó ou de dispositivos conectados ao nó, solicitação de dados à determinados nós, parâmetros de configuração para outros nós, dados com comandos para atuadores. Estes dados podem conter também bits que representam características da informação, como: unidade de medida, precisão, se o dado está fragmentado e faz parte de um conjunto maior, ordenação, entre outros. O campo identificador é utilizado para endereçamento e qualificação da mensagem. O bits deste campo podem conter informações como: endereço de destino da mensagem, endereço de origem, se esta pertence a um determinado grupo de mensagens, entre outros.

Em uma implementação de um padrão baseado no CAN, os nós são tipicamente constituídos por três módulos elementares, que são (SOUSA, INAMASU & TORRE-NETO, 2000):

- *Transceptor CAN*: módulo responsável pela adaptação dos níveis de tensão entre circuito do nó e do barramento CAN. Também promove a adaptação de impedâncias e a proteção do nó à faltas.
- *Controlador CAN*: módulo central da implementação e do controle do protocolo.
- *Sistema Computacional Central*: módulo constituído por CPU, memória, programas computacionais e interface com o controlador CAN e interfaces para outros dispositivos como sensores, atuadores e terminais de controle. Através desse módulo são implementados os protocolos de alto nível.

A Figura 3 ilustra um nó CAN e seus módulos constituintes. Também ilustra a forma de utilização de um quadro de dados CAN 2.0B para implementação de protocolos de alto nível.

No mercado estão disponíveis CI's com os três módulos - transceptor, controlador e sistema computacional - implementado internamente, assim também como existem CI's que implementam cada módulo separadamente.

CAN (Controller Area Network): Um padrão internacional de comunicação de transdutores inteligentes para máquinas agrícolas

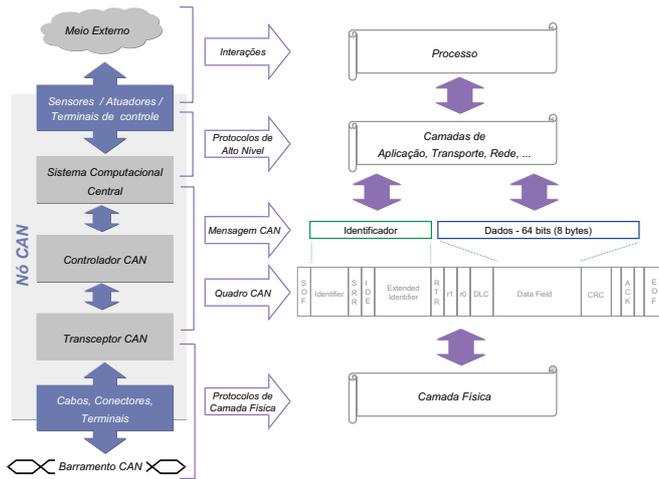


Figura 3: Protocolo de Alto Nível

Atualmente existe uma classe de CI's, denominados *Micro-Controladores (C)*, que têm sido utilizados amplamente em circuitos eletrônicos. Estes C são sistemas computacionais implementados em um único CI, com CPU, memórias voláteis e não voláteis, e estão disponíveis com uma infinidade de periféricos como controladores, comparadores, conversores analógicos e digitais, controladores de protocolo, transceptores, entre outros.

Padrões e protocolos de alto nível

Os padrões mais importantes com o CAN, na área agrícola são: DIN (*Deutsches Institut für Normung*) 9684, SAE (*Society of Automotive Engineers*) J1939 e ISO 11783. Tais padrões adotaram o protocolo CAN segundo padronizado internacionalmente e documentado na ISO 11898 (para aplicações de alta velocidade) e na ISO 11519 (para aplicações de baixa velocidade). Estes dois padrões da ISO, apresentam camada física e camada de enlace de dados em acordo com o modelo de referência ISO/OSI. Assim para os padrões na área agrícola, essas associações de normas, baseando-se também no modelo de referência da ISO, desenvolveram protocolos de alto nível segundo as necessidades da área, identificadas por cada grupo.

O padrão DIN 9684, também referido como padrão LBS, foi desenvolvido na Alemanha com a participação de empresas e instituições da Alemanha e de outros grupos da Europa. A Tabela I apresenta as partes componentes da documentação DIN 9684 versão 2 e um síntese de cada parte.

Tabela I: Partes componentes da documentação do padrão DIN 9684 versão 2

Parte	Título	Escopo
Capítulo 1	General Description and Physical Layer	Visão geral sobre o padrão e da aplicação de cada parte. Especificação de cabos, conectores, sinais elétricos e características mecânicas e elétricas gerais do barramento
Capítulo 2	Identifier and System Function	Implementação do CAN, especificação da estrutura das mensagens, definição de mensagens e especificação do processo de inicialização e endereçamento de ECUs
Capítulo 3	User Terminal	Especificações do terminal de controle e operação
Capítulo 4	Task Controller and Data Interchange with the Management Information System	Especificação de interfaces para dispositivos e programas computacionais de controle e administração com o barramento.
Capítulo 5	Explanation	Explicações e definições gerais relativas ao padrão

A versão 2 do padrão DIN está em fase de elaboração e apresentará diversas mudanças em relação à versão 1. A versão 1 do padrão DIN 9684 foi finalizada

em 1997, e as Partes 4 (User Station) e 5 (Task Controller) foram utilizadas como referência para elaboração de muitos documentos do padrão ISO 11783 (JAHNS & SPECKMANN, 1999). Mas para a elaboração do padrão da ISO baseou-se em grande parte no padrão SAE, o que tornou estes padrões semelhantes e compatíveis.

O comitê da ISO responsável pela ISO 11783 é o TC23/SC19/WG1, e está com os trabalhos em fase de conclusão, com término previsto para o 2o semestre do ano de 2001. A Tabela II apresenta as partes da documentação da ISO 11783 e uma síntese sobre cada parte.

Tabela II: Partes componentes da documentação do padrão ISO 11783

Parte	Título	Escopo
Parte 1	General Standard	Visão geral sobre o padrão e da aplicação de cada parte
Parte 2	Physical Layer	Cabos, conectores, sinais elétricos e características mecânicas e elétricas gerais do barramento
Parte 3	Data Link Layer	Implementação do CAN e especificação da estrutura das mensagens
Parte 4	Network Layer	Interconexão de sub-redes
Parte 5	Network Management Layer	Processo de inicialização e endereçamento de ECUs
Parte 6	Virtual terminal	Especificações do terminal de controle e operação
Parte 7	Implement Messages Application Layer	Definição de mensagens básicas dos implementos e da máquina
Parte 8	Power Train Message	Definição de mensagens automotivas
Parte 9	Tractor ECU	Especificações da Tractor ECU
Parte 10	Task Controller and Management Computer Interface	Especificação de interfaces para dispositivos e programas computacionais de controle e administração com o barramento
Parte 11	Mobile Agricultural Data Dictionary	Definições relativas ao padrão

A Figura 4 ilustra um exemplo de rede segundo o padrão da ISO, disposto em um trator e com um implemento conectado.

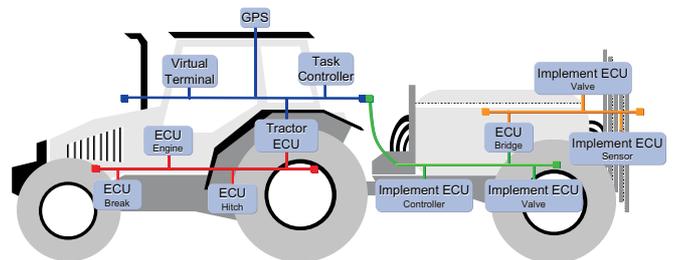


Figura 4: Exemplo de topologia de uma rede CAN em um trator segundo a norma ISO 11783

Como ilustra a Figura 4, o sistema eletrônico que promove a interconexão de um dispositivo ao barramento é denominado *Electronic Control Unit (ECU)* ou Unidade Eletrônica de Controle. Uma única ECU pode ser responsável pela conexão de um ou mais dispositivos a um barramento. Também um dispositivo pode ser conectado a um barramento por uma ou mais ECUs. O conjunto formado por ECU e dispositivo constitui um nó CAN.

Conclusões

O protocolo CAN e os padrões baseados neste protocolo apresentam características expressivas para aplicação na área agrícola, e o emprego desta tecnologia nesta área, assim como em áreas diversas, tem avançado rapidamente. No setor agrícola a utilização deste protocolo tem sido fomentada por associações de normas internacionais de expressão, como ISO, SAE e DIN, além de empresas de equipamentos agrícolas e outros grupos.

Para que o CAN possa se tornar realidade,

inclusive para as empresas nacionais com porte insuficiente para manter uma equipe de desenvolvimento, é importante reduzir restrições à integração de dispositivos à redes CAN, através de trabalhos que tornem esta tecnologia transparente e orientem o desenvolvimento dispositivos eletrônicos e rotinas computacionais. Assim fabricantes nacionais de equipamentos poderão continuar a oferecer máquinas, implementos e acessórios no mercado.

Referências Bibliográficas

CIA CAN IN AUTOMATION. Disponível em:
<<http://www.cia-can.com>>. Acesso em: nov. 2001.
JAHNS, G.; SPECKMANN, H. Development and application of an agricultural BUS for data transfer. Computers and Electronics in Agriculture, v. 23, n. 3, p. 219-237, 1999.

SOUSA, R.V., INAMASU, R.Y., TORRE-NETO, A. Protocolo CAN: um subsídio para implementação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. [Anais...]. CD-ROM.
SOUSA, R.V., INAMASU, R.Y., TORRE-NETO, A. Levantamento e sistematização de padrões desenvolvidos para máquinas e implementos agrícolas baseados no protocolo CAN. In: SIMPÓSIO SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2001, Piracicaba. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. [Anais...].
STONE, M.L. High speed networking in construction and agricultural equipment. In: SAE SYMPOSIUM ON FUTURE TRANSPORTATION ELECTRONICS: MULTIPLEXING AND..., 1994, Dearbon, MI. [S.l.: SAE], 1997. p. 1589-1598. (SAE, 941662).

Circular Técnica, 12

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: 16 274 2477
Fax: 16 272 5958
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br
www.cnpdia.embrapa.br

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



1a. edição
1a. impressão 2001: tiragem 300

Comitê de Publicações

Presidente: Dr. Luiz Alberto Colnago
Secretária Executiva: Janis Aparecida Baldwinotti
Membros: Dr. Clovis Isberto Biscegli,
Dr. Ladislau Martin Neto,
Dr. Carlos Manoel Pedro Vaz,
Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso,
Dr. José Dalton Cruz Pessoa,
Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Jr.
Membro Suplente: Elomir Antonio Perussi de Jesus

Expediente

Supervisor editorial: Dr. Luiz Alberto Colnago
Revisão de texto: Véra Lucia de Campos Octaviano
Tratamento das ilustrações: Valentim Monzane
Editoreção eletrônica: Valentim Monzane