

# Artigo - Classical Controller Area Network (CAN)

Material do curso: [Rede CANopen \(de Rodrigo Moreira Borges\)](#)

A camada de enlace de dados Classical CAN é padronizada internacionalmente na ISO 11898-1. É a rede serial dominante para sistemas de controle embutidos em carros de passageiros, mas não está limitada a este campo de aplicação. Possui:

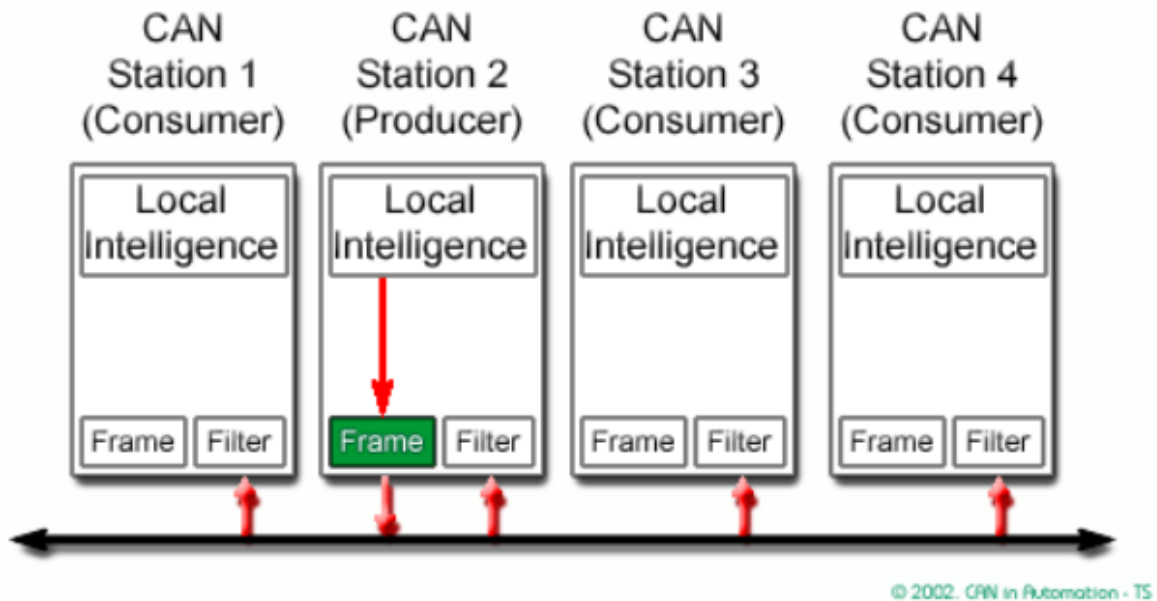
- Capacidade multidrop, que permite projetar sistemas de comunicação distribuídos e redundantes.
- Comunicação Broadcast, que reduz os requisitos de largura de banda e favorece a flexibilidade do projeto.
- Funções sofisticadas de detecção de erros e retransmissão automática de quadros errados, o que leva a uma comunicação altamente confiável.
- Exclusivo confinamento de falhas, que garante consistência de dados em toda a rede.

O plano de teste de conformidade para a camada de enlace de dados CAN clássica é especificado na ISO 16845-1. Ele permite testar a compatibilidade das implementações clássicas da camada de enlace de dados CAN. Para o CAN Clássico, existem diferentes subcamadas de acesso ao meio físico (PMA) padronizadas para atender a diferentes requisitos de aplicação. O mais utilizado e genérico é o chamado PMA de alta velocidade CAN, que é padronizado na ISO 11898-2. Desde 2016, este padrão inclui também as opções de baixo consumo de energia e ativação seletiva.

## Princípios de troca de dados

O CAN clássico é baseado no “mecanismo de comunicação Broadcast”. Cada quadro de dados CAN Clássico fornece um identificador, que deve ser único em toda a rede. Indica o conteúdo e define a prioridade de acesso à rede. Isso é importante no caso de vários participantes da rede competirem pelo acesso à rede (arbitragem de rede). Essa abordagem permite o endereçamento de conteúdo, bem como o endereçamento de nó, dependendo da camada de rede escolhida. Como resultado, um alto grau de flexibilidade de sistema e configuração é alcançado.

É fácil adicionar nodos CAN clássicos a uma rede existente sem fazer nenhuma modificação de hardware ou software nos atuais nós CAN clássicos, desde que os novos nós CAN clássicos sejam apenas receptores. Isso permite um conceito modular, permite a recepção de vários dados e a sincronização de processos distribuídos. Além disso, a transmissão de dados não é baseada na disponibilidade de tipos específicos de participantes da rede. Assim, a manutenção e a atualização da rede são bastante simples.



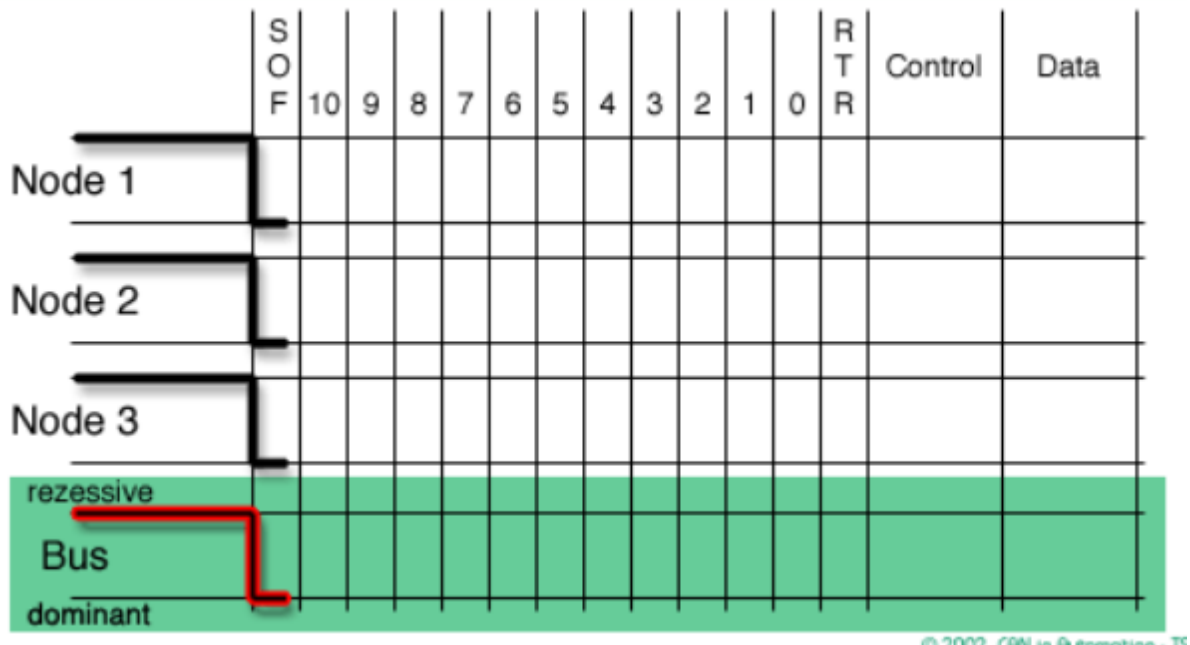
## Transmissão de dados em tempo real

No processamento em tempo real, a urgência dos dados a serem trocados pela rede pode diferir significativamente: uma dimensão que muda rapidamente, por exemplo, carga do motor, é transmitida com mais frequência e, portanto, com menos atrasos do que outras dimensões, por exemplo, temperatura do motor.

A prioridade, na qual os quadros de dados são transmitidos em comparação com outros quadros de dados menos urgentes, é determinada pelo identificador CAN atribuído. As prioridades são alocadas durante o projeto do sistema. O identificador CAN consiste em um valor binário de 11 ou 29 bits. O valor mais baixo tem a prioridade mais alta; quanto maior o valor do identificador, menor é a prioridade.

No caso de vários Dados ou Quadros Remotos competirem pelo acesso à rede ao mesmo tempo, o acesso à rede é negociado pela comparação bit a bit dos identificadores CAN dos Dados ou Quadros Remotos concorrentes. Esse mecanismo é chamado de arbitragem bit a bit. Os participantes da rede envolvidos (nós) observam o nível do sinal bit a bit no ponto de amostragem configurado. Isso acontece de acordo com o mecanismo conectado, pelo qual o estado dominante sobrescreve o estado recessivo. Todos os nós com transmissão recessiva e observação dominante perdem a competição pelo acesso à rede. Todos esses "perdedores" tornam-se automaticamente receptores do quadro de dados CAN atualmente transmitido, com a mais alta prioridade. Eles tentam transmitir seu quadro de dados CAN depois que a transmissão atual é finalizada e a rede está disponível novamente.

Assim, as requisições de transmissão são tratadas na ordem de sua importância para o sistema como um todo. Isso se mostra especialmente vantajoso em situações de sobrecarga. Como o acesso à rede é priorizado com base no identificador do quadro de dados CAN, é possível garantir tempos de latência individuais baixos em sistemas de tempo real.



## Formatos de quadro de dados CAN

O protocolo CAN Clássico suporta dois formatos de quadros de dados CAN. Basicamente, eles diferem apenas no comprimento do identificador CAN. O "Classical Base Frame Format (CBFF)" suporta um comprimento de 11 bits para o identificador CAN, e o "Classical Extended Frame Format (CEFF)" suporta um comprimento de 29 bits para o identificador CAN.

### CAN formato de quadro base

Um quadro de dados CAN começa com o bit "Start Of Frame" (SOF). Por meio deste bit, todos os nós conectados na rede são sincronizados durante a transmissão de um quadro de dados CAN. Ele é seguido pelo "Campo de arbitragem", que fornece o identificador CAN e o bit "Remote Transmission Request (RTR)". O bit RTR é usado para distinguir entre o quadro de dados CAN e o quadro remoto CAN. O "Campo de controle" a seguir contém o bit "Extensão do identificador (IDE)", bem como o "Código de comprimento de dados (DLC)". O bit IDE permite distinguir entre o formato de quadro base CAN e o formato de quadro estendido CAN. Também está sujeito ao processo de arbitragem. Isso significa que um quadro de dados em CBFF vence a arbitragem contra um quadro de dados em CEFF usando os mesmos valores para os primeiros 11 bits CAN-ID.

O DLC indica o tamanho do seguinte "campo de dados" em múltiplos de um byte. Em um quadro remoto, o DLC contém o número de bytes de dados solicitados. O "Campo de dados" fornece os dados do aplicativo, que podem variar entre zero e até oito bytes de dados. A integridade dos Dados e Quadros Remotos é garantida pela soma "Cyclic Redundant Check (CRC)". No caso de um Data Frame ter sido transmitido corretamente, até este ponto, todos os nós receptores confirmam a recepção correta no "campo Acknowledge (ACK)" transmitindo um bit dominante no bit ACK slot. O fim dos Quadros de

Dados e Remotos é indicado pelo campo "End Of Frame (EOF)". O campo de intervalo de 3 bits é o número mínimo de bits que separa dados consecutivos ou quadros remotos. A menos que outro nó conectado comece a transmitir, a rede permanece ociosa depois disso. O campo de intermissão faz parte do espaço interframe (IFS), que pode conter também o tempo ocioso do barramento e os 8 bits de suspensão da transmissão em caso de erro no nó passivo.

## Formato de quadro estendido

A diferença entre o formato de quadro estendido e o formato de quadro básico é o comprimento do identificador CAN usado. O identificador de 29 bits é composto pelo identificador de 11 bits ("identificador de base") e uma extensão de 18 bits ("extensão do identificador"). A distinção entre formato de quadro base e formato de quadro estendido é feita usando o bit IDE. No caso do formato de quadro estendido (ID CAN de 29 bits), o bit IDE é transmitido recessivamente; no caso de um formato de quadro base (ID CAN de 11 bits) é dominantemente. O formato de quadro estendido tem algumas compensações. O tempo de latência da rede é maior (no mínimo 20 tempos de bit), os quadros de dados em formato estendido exigem mais largura de banda (cerca de 20%) e o desempenho de detecção de erros é menor (porque o polinômio escolhido para o CRC de 15 bits é otimizado para comprimento do quadro de até 112 bits).

Desde 2003, todas as implementações de CAN Clássico devem ser capazes de lidar com ambos os formatos de quadro de CAN Clássico. A implementação mais antiga pode aceitar apenas o formato de quadro base ou apenas tolerar o formato de quadro estendido.

## Detecção e sinalização de erros

A camada de enlace de dados CAN implementa cinco mecanismos de detecção de erros para obter a mais alta confiabilidade:

- Verificação de redundância cíclica (CRC): O CRC protege o quadro CAN adicionando uma sequência de verificação de quadro (FCS) no campo CRC. No receptor, este FCS é recalculado e testado contra o FCS recebido. Se não corresponderem, houve um erro de CRC.
- Verificação de quadro: Este mecanismo verifica a estrutura do quadro transmitido verificando os campos de bit em relação ao formato fixo e ao tamanho do quadro. Erros detectados por verificações de quadro são designados como "erros de formato".
- Erros de ACK: Receptores de quadros CAN confirmam os quadros recebidos. Se o transmissor não receber uma confirmação, um erro de ACK é indicado.
- Monitoramento de bits: A capacidade do transmissor de detectar erros é baseada no monitoramento de sinais de rede. Cada nó que transmite também observa o nível do sinal e assim detecta diferenças entre o bit enviado e o bit recebido. Isso permite a detecção confiável de erros globais e erros locais do transmissor.

- Bit stuffing: A codificação dos bits individuais é testada em nível de bit. A representação de bit usada pelo CAN Clássico é a codificação "sem retorno a zero (NRZ)". As arestas de sincronização são geradas por meio de preenchimento de bits. Isso significa que após cinco bits consecutivos do mesmo valor lógico, o transmissor insere um bit de material no fluxo de bits. Este bit de material tem um valor complementar, que é removido pelos nós receptores.

Caso pelo menos um dos erros acima mencionados tenha sido detectado, por pelo menos um nó, a transmissão atualmente em andamento é abortada, enviando um "Error Frame". Isso globaliza o erro detectado localmente, força todos os outros nós a detectar erros e, assim, garante a consistência dos dados em toda a rede. Após a transmissão de um Error Frame, os receptores esperam uma retransmissão do Data Frame abortado. Para evitar que um nodo errôneo perturbe permanentemente a comunicação CAN, um sofisticado confinamento de falhas faz com que esses nodos defeituosos desliguem sua interface CAN (estados de erro CAN; estado de bus-off).

Fonte: <https://www.can-cia.org/can-knowledge/can/classical-can/>