

EVO
AUTOMOTIVA

Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Curso



BOSCH

Edição
Robert Bosch Ltda.
Automotive Service Solutions
Centro de Treinamento Automotivo
Campinas-SP

Criação
Equipe Técnica
Centro de Treinamento Automotivo
Campinas-SP

Todos os direitos reservados.
Não havendo maiores informações, trata-se de
colaboradores da Robert Bosch Ltda., Campinas-SP

Reprodução, cópia e tradução, mesmo que de partes,
somente mediante autorização prévia por escrito e
indicação de fonte.
Ilustrações, descrições, esquemas e outros dados servem
somente para esclarecimentos e representação dos textos.
Não podem ser usados como base para projetos
(construção), instalação e volume de fornecimento. Não
assumimos qualquer responsabilidade pela conformidade
do conteúdo com as respectivas disposições legais.
Sujeito a modificações.

Robert Bosch Ltda.
Centro de Treinamento Automotivo
Rodovia Anhanguera Km 98 – Campinas-SP
E-mail: treinamento.automotivo@br.bosch.com



BOSCH
Tecnologia para a vida

Este material oferece informações para propósitos educacionais, o mesmo não deve ser utilizado para intervenções preventivas ou corretivas em veículos. Operações de manutenção em sistemas veiculares devem ser realizadas seguindo as instruções técnicas do fabricante do veículo.



Identificação

Nome: _____

Período: de _____ a _____

Local: _____

Cidade/UF: _____

Nome do Instrutor: _____



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Apresentação



O objetivo deste treinamento é através de elementos práticos e teóricos, preparar os participantes para realizar diagnósticos e, procedimentos técnicos nos sistemas de redes de comunicação, utilizando osciloscópio automotivo, scanner e multímetro.



A metodologia e forma de transmissão das informações é de caráter construtivo permitindo ao participante o desenvolvimento de novos conhecimentos com base nas experiências vivenciadas durante o treinamento.



Para um melhor aproveitamento deste treinamento os participantes devem possuir conhecimentos, experiência em sistemas eletrônicos de gestão de motor e elétrica/eletrônica.



A proposta de desenvolvimento está composta por um treinamento de 16 horas, combinando elementos teóricos conceituais com atividades práticas realizadas em veículos com a tecnologia. As atividades praticas são realizadas com a utilização de equipamentos de diagnóstico, softwares de informações técnicas.



As informações contidas nesta apostila são de uso exclusivo no treinamento.

Para manutenção e reparo de veículos, utilize o material técnico de referência do fabricante.





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Principais redes de comunicação

Devido à grande complexidade dos sistemas eletrônicos instalados nos veículos atuais, surgiu a necessidade de criar um sistema de transmissão de dados, que supra as exigências inerentes destes sistemas.

Um sistema multiplexado consiste em circular várias informações numéricas em forma de bits (0 e 1) entre diversos equipamentos eletrônicos, através de um só canal de transmissão ou até mesmo dois canais.

O número de cabos utilizados para a transmissão de dados, pode variar segundo o tipo de rede multiplexada, os protocolos de comunicações mais utilizados na atualidade são:

- **CAN Bus: (Controller Area Network)**

Desenvolvido pela Bosch e utilizada pela grande maioria dos fabricantes.

1983 Princípio de desenvolvimento do protocolo CAN pela Bosch.

1985 Princípio da cooperação com a INTEL para o desenvolvimento dos chips.

1988 Os primeiros chips CAN da Intel foram entregues à Daimler Benz para os automóveis.

1991 O primeiro automóvel foi o Mercedes S class, Motorbus W140.

2001 Um dos primeiros carros popular a usar CAN foi o Opel Corsa e Fiat Palio, com aplicações aos sistemas de transmissão e carroceria.

- **LIN Bus: (Local Interconnect Network)**

Desenvolvido também por um consórcio de fabricantes de veículos, tais como: BMW, Volkswagen, Audi, Volvo e Mercedes.

A LIN é um sistema muito econômico e confiável ao nível da constituição física do meio de comunicação, mas tem algumas limitações, como a reduzida capacidade de transporte de dados, visto ter apenas um canal de comunicação. O fato de não dispor de um sistema redundante de confirmação de comunicação reduz a sua confiabilidade.

- **Flexray Bus**

Protocolo de comunicação de alta velocidade desenvolvido inicialmente pelo consórcio Flexray Consortium, formado pelas empresas BMW, Daimler, Motorola, Philips e logo depois também pelas empresas Bosch, General Motors e Volkswagen.





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Principais redes de comunicação

- **Most Bus (Media Oriented Systems Transport)**

Utilizado por várias montadoras, tais como Audi, BMW, Jaguar, Land Rover, Porsche e outras demais. A Most é uma comunicação por fibra de vidro existente nos automóveis desde a década de 80. No início era usada para iluminar componentes, atualmente é a mais rápida forma de transporte de dados, porém apresenta várias contrariedades:

- Elevado custo, devido ao preço dos componentes, tanto dos meios de comunicação como dos transformadores de sinal.
- Elevada fragilidade dos meios de comunicação de dados, por ser de fibra óptica que se danifica com facilidade.

- **VAN Bus (Vehicle Area Network)**

Desenvolvido por vários fabricantes franceses, utilizado na grande maioria por PSA e Renault.

É um protocolo serial com velocidade inferior a rede CAN, porém similar em relação aos estados dos bits dominantes e recessivos.

- **SAE J2716 (Sent – Single Edge Nibble Transmission)**

Muito utilizado por veículos da empresa General Motors, é um esquema de ponto-a-ponto que transmite um sinal de um sensor para um controlador. Permite a transmissão de dados em alta resolução com um baixo custo do sistema.

- **SAE J-1850**

Utilizado essencialmente por fabricantes americanos e com muitas aplicações em sistemas de controle de atuadores e informações de sensores. Há basicamente duas formas, o pulso de largura modulada (PWM) ou largura de pulso variável (VPW).

- **Ethernet Automotiva**

Uma rede de comunicação física extremamente rápida e confiável, conectando vários componentes por apenas um único barramento ou mais. Há disponibilidades de “Ethernet One pair Ethernet”, “Energy Efficient Ethernet”, “Power Over Ethernet” e “Gigabit Ethernet”.





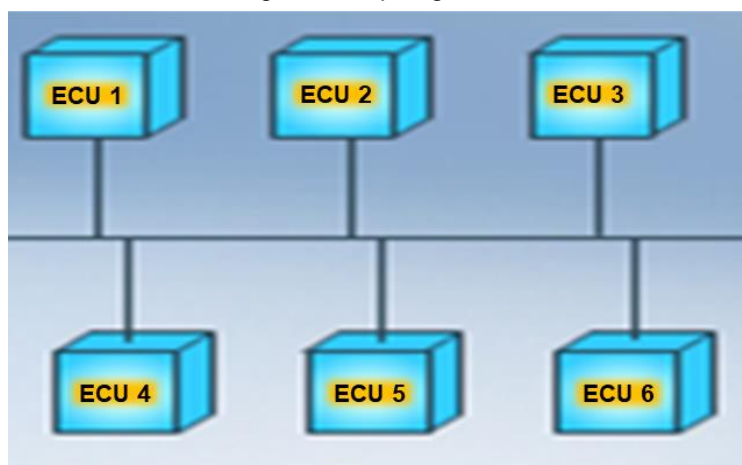
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Topologia linear da rede de comunicação

A topologia de barramento (linear) permite uma interconexão simples e econômica de várias unidades conectadas ao mesmo barramento (bus). Para este tipo de topologia, o meio de transmissão é geralmente realizado por um ou dois fio(s) por barramento.

Em alguns casos possui os fios e elementos de terminação de linha (resistência), no caso rede CAN e Flexray. Outras aplicações como rede LIN possuem apenas um (1) fio de comunicação e resistores de carga para cada unidade.

Figura 1: Topologia linear



Fonte: Robert Bosch

Os componentes que são anexados a cada barramento são denominados de “NÓ” (Nodes) e a quantidade de unidade montada no mesmo barramento é determinado de acordo com a capacidade de comunicação e, limite mínimo requerido de taxa de transmissão de dados para o sistema. Portanto, o veículo possui diversos barramentos e, a complexidade de tecnologia embarcada determinará o número de redes atribuídas.

Anotações: _____

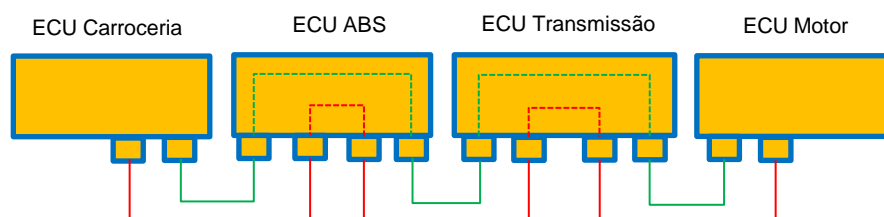


Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Topologia em série e híbrida da rede de comunicação

Barramentos em linha (*line*) também chamado de conexão em cadeia (Daisy Chain), é a maneira mais fácil de conectar unidades em uma rede, configurando-as em uma estrutura física em série. Neste caso, cada unidade tem a função de permitir/retransmitir a mensagem em sequência (ex.: rede Most e alguns casos LIN). O que se nota em alguns sistemas é uma conexão de unidades aparentemente em série, mas trata-se apenas de uma forma de conexão física com desvio interno (bypass), ou seja, o barramento entra através em um ou dois terminais elétricos e é desviado de forma direta para outro terminal elétrico.

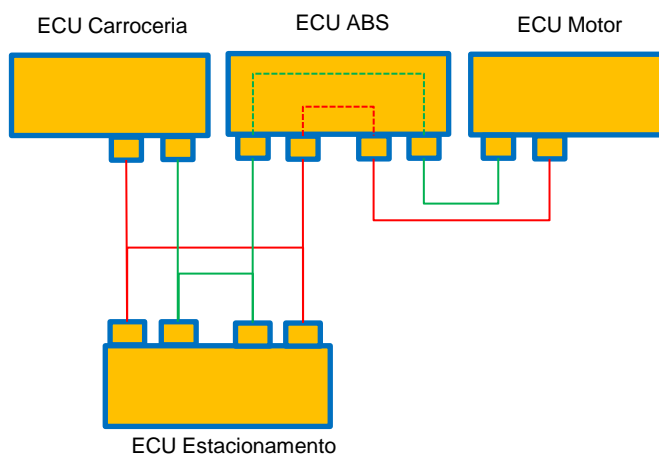
Figura 2: Exemplo 1 de estrutura de rede powertrain Chevrolet Onix Turbo 2020



Fonte: Robert Bosch

A estrutura de rede ainda pode ser configurada de forma mista, também conhecida como híbrida. Utilizando esse tipo de montagem duas ou mais formas de conexão dos nós (nodes) são aplicadas.

Figura 3: Exemplo 2 de estrutura de rede powertrain Chevrolet Onix Turbo 2020



Fonte: Robert Bosch

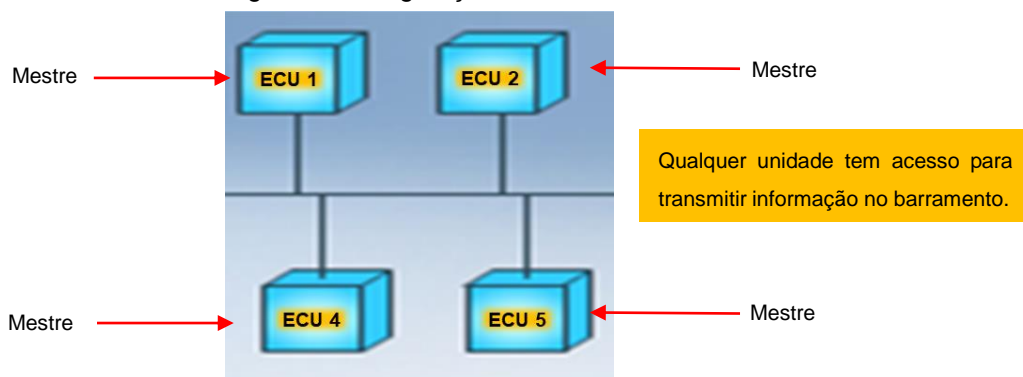
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Configuração multimestre e mestre-escravo

Atualmente, ambos os sistemas Master-Slave e Multimaster são usuais, no entanto, este sistema multimestre apresenta uma variante muito comum utilizada em automóveis quando há a utilização do protocolo CAN.

No sistema Multimaster, todos os participantes são simultaneamente mestre e escravo, então todas as estações podem realizar a função de mestre em um momento específico e se duas estações transmitirem ao mesmo tempo, um conflito de barramento deve ser evitado através de uma instrução processual específica.

Figura 4: Configuração Multimestre

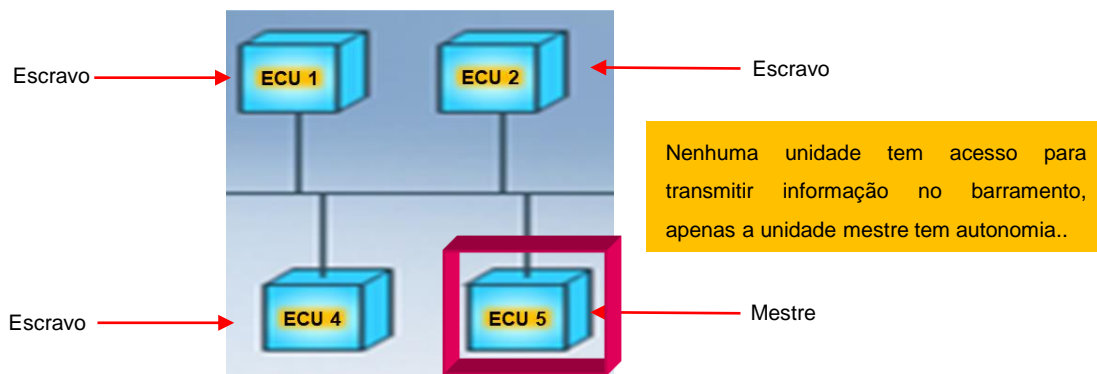


Fonte: Robert Bosch

Na configuração mestre-Escravo uma unidade é definida como mestre, ela lidera todo o processo de comunicação e transferência de dados.

Os protocolos são preparados exclusivamente pelo mestre, e a resposta de um escravo é incorporada em uma saída de protocolo pelo mestre. Isso significa que, um escravo não pode se comunicar de forma independente, a seqüência na qual os participantes são endereçados pelo mestre, é armazenada na própria unidade mestre.

Figura 5: Configuração Mestre - escravo



Fonte: Robert Bosch



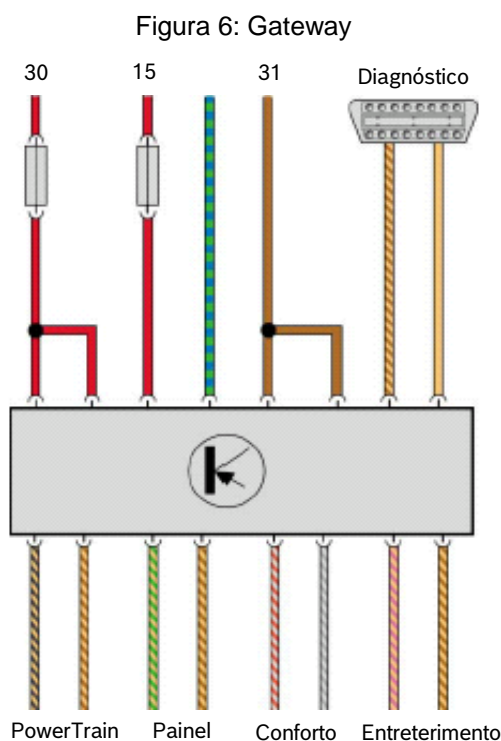
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Gateway

Em um mesmo veículo podemos encontrar diferentes barramento e protocolos de comunicação, os quais tem diferentes taxas de transmissão. Em caso de compartilhamento de dados entre unidades, há a necessidade de um elemento que possa fazer a função de “tradução” entre elas e interconexão e, esta função é realizada por um componente denominado gateway.

O sistema de rede multiplexada trabalha com vários tipos e formas de comunicação, a mais comum é o protocolo CAN. Porém, dentro de uma estrutura existirão vários barramentos CAN que utilizam taxa de transmissão de dados diferentes, para tanto será necessário a utilização de uma ECU para realizar a interligação entre elas (Gateway).

Outras redes com velocidades de transmissão, forma de sinal e quantidade de fios também existem. A função da gateway pode estar integrada a uma unidade (carroceria, painel, coluna e etc.), ou realmente uma unidade física separada.



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

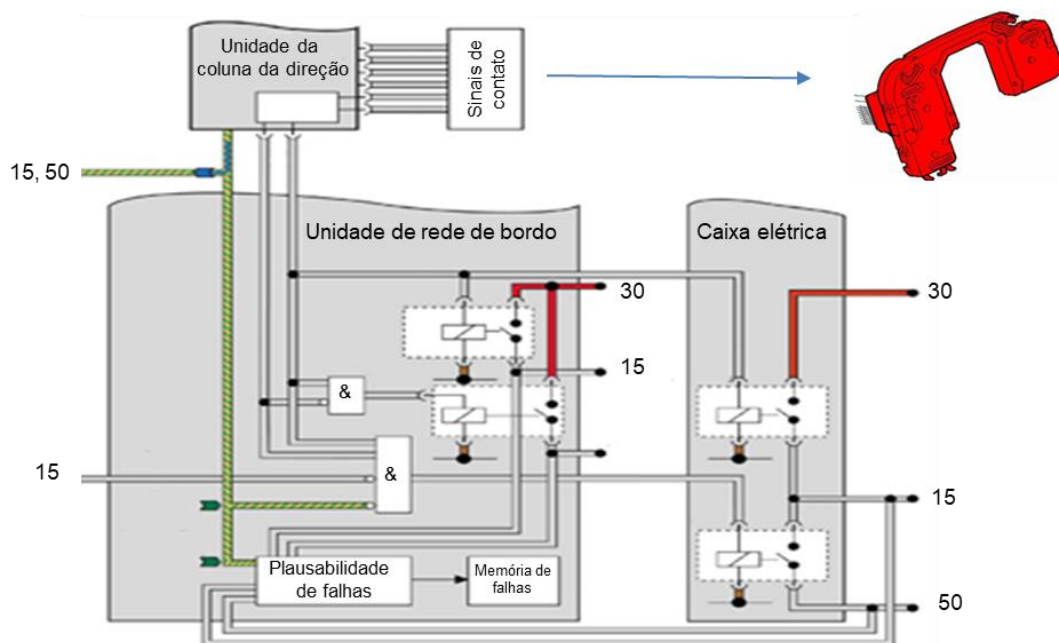
Unidade de carroceria com subfunção da Gateway

O sistema elétrico da rede de bordo assume as funções de comandar ou regular os componentes elétricos do veículo e muitas vezes assume a subfunção da Gateway (controle de entrada de acesso e intercomunicação). Os elementos controlados pela unidade, assim como a configuração destes sistemas (número de unidades, ligação entre os distintos elementos, etc.) dependem do fabricante e projeto.

Nos veículos atuais a eletrônica central (BSI/BCM) tem um papel fundamental, em transmitir e controlar as informações de diferentes módulos. Além, de ter integrado relés, fusíveis e transistores para o acionamento componentes/atuadores.

A unidade de conforto (BSI/ZE) tem várias funções fundamentais para o controle do sistema de conforto, gerenciamento de energia elétrica, linha de diagnóstico, liberação para partida, transmissão, bloqueio da caixa, controle das luzes, sistema de aquecimento, em alguns casos assume o papel da Gateway como subfunção.

Figura 7: Unidade de carroceria com subfunção da Gateway



Fonte: Robert Bosch

Os interruptores da seta, limpadores, volante multifuncional entre outros, deixaram de ser interruptores de potência para serem emissores de sinais e a unidade da coluna da direção realiza a tarefa de emitir os sinais ou protocolar as informações para as suas unidade de carroceria.

Geralmente há um barramento com protocolo CAN exclusivo para o sensor do ângulo da direção, ou seja, mais uma tarefa à unidade da coluna, caso o sensor do ângulo esteja desacoplado da própria caixa de direção.



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

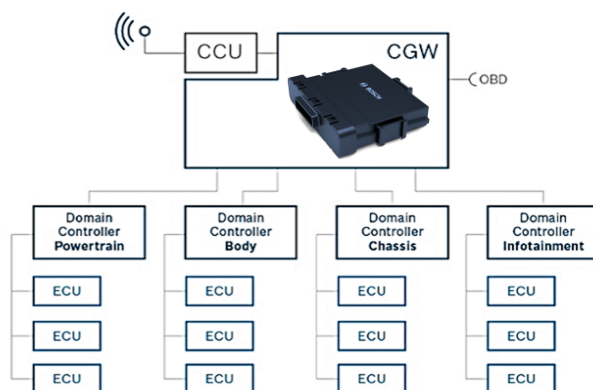
Secure Gateway

O nível crescente de tecnologia de um veículo demandam de sistemas que protegem o veículo de qualquer forma de acesso externo não autorizado. Isso evita a comunicação e, acesso indesejado não reconhecido às unidades de controle, tanto para tentativas de *hacking* ou para equipamentos de teste.

Unidades de Controle de Conectividade (CCU) permitem acesso controlado ao sistema do veículo, estes acessos viabilizam a utilização de aparelhos celulares, sistema com chamadas de emergência integradas (SOS), comunicação do veículo com um servidor para atualização de software básico, conectividade com a internet das coisas, telefonia e GPS.

Todas as solicitações de dados e/ou alterações são autorizadas mediante a autorização da Central Gateway (CGW).

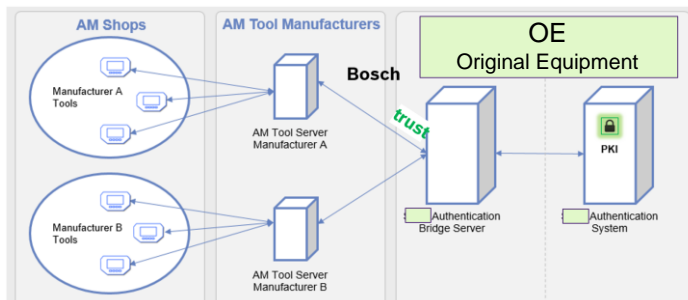
Figura 8: Security Gateway



Fonte: Robert Bosch

A ferramenta de diagnóstico precisa executar uma verificação de validação através de um servidor seguro na nuvem, um certificado digital é gerado para permitir ações de diagnóstico, como apagar DTCs e, realizar ajustes e adaptações.. As solicitações para o conector de diagnóstico fora do EOBD (European On-Board Diagnostics) são negadas.

Figura 9: Acesso controlado através da Gateway



Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Diagnóstico de bordo OBD SAE J1962

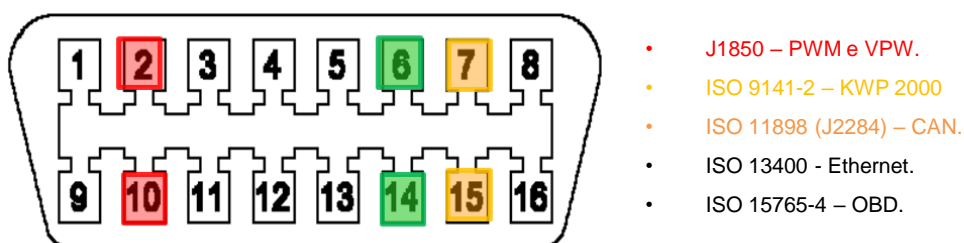
No conector existem pinos de conexão padronizados para os protocolos de comunicação CAN 6 e 14 (ISO 11898, J2284), ISO K7 e L15, além do protocolo SAE J1850 para PWM e VPW. Estes pinos são padronizados e não recebem alteração e, os pinos de alimentação também.

Os pinos restantes são abertos para aplicação de protocolos e sinais de acordo com a necessidade e definição da fabricante. Outro ponto importante é a diferenciação do nível de aquisição de dados e possibilidade de adaptações e ajustes dentro de cada meio de conexão.

A conexão por ISO 15765-4 OBD garante apenas leituras relacionadas ao sistemas de emissões e não será possível dentro desse protocolo obter ajustes, adaptações e outros valores mais detalhados.

Esse protocolo básico de comunicação CAN por ISO 15765-4 é o mais comum e utilizado pelos leitores de valores, código de falhas e para apagar falhas armazenadas no sistema de controle motor.

Figura 10: Conector de diagnóstico SAE J1962



Fonte: Robert Bosch

K-Line é o primeiro protocolo de barramento usado nos veículos europeus para tarefas de diagnóstico. Envolve uma transmissão baseada em um barramento de um fio bidirecional no qual todo o tráfego de dados é processado. Opcionalmente, há outra linha de um fio (L), mas apenas é unidirecional e, é usada apenas para a fase de inicialização da comunicação.





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Padrão de comunicação para a norma de comunicação SAE J2534

A reprogramação da unidade eletrônica é realizada de acordo com o padrão SAE J2534, interface padronizada da SAE (*Society of Automotive Engineers*) projetada pela solicitação da US-EPA (Environmental Protection Agency) para a reprogramação de ECUs de veículos.

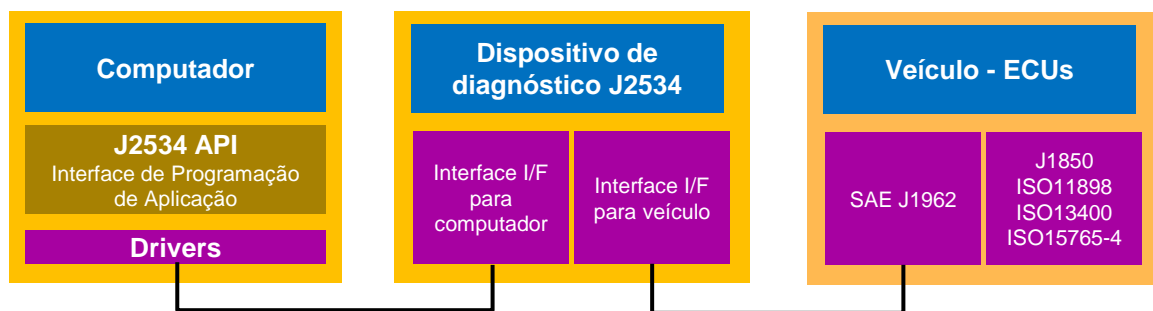
A API (Aplicação de Interface de Programação) permite que a pós-venda independente (IAM) de oficinas reprogramar a ECU sem a necessidade de disponibilizar um equipamento original.

SAE J2534-1 define uma interface de rede de veículo padrão que pode ser usada para reprogramar módulos de controle relacionados a emissões. No entanto, há uma necessidade de apoiar veículos anteriores ao ano modelo 2004, bem como módulos de controle não relacionados a emissões

SAE J2534-2 define recursos opcionais para um dispositivo para a reprogramação de ECUs não relacionadas a emissões e também um OEM (Original Equipment Manufacturer) reprogramar todas as ECUs.

A reprogramação de pass-thru J2534 é compatível com todos os veículos do ano modelo 2004 em diante. O suporte adicional de reprogramação de Chassis e Body ECUs dependerá dos recursos de software de aplicativo de reprogramação de cada fabricante individual.

Figura 11: Pass-Thru



Fonte: Robert Bosch

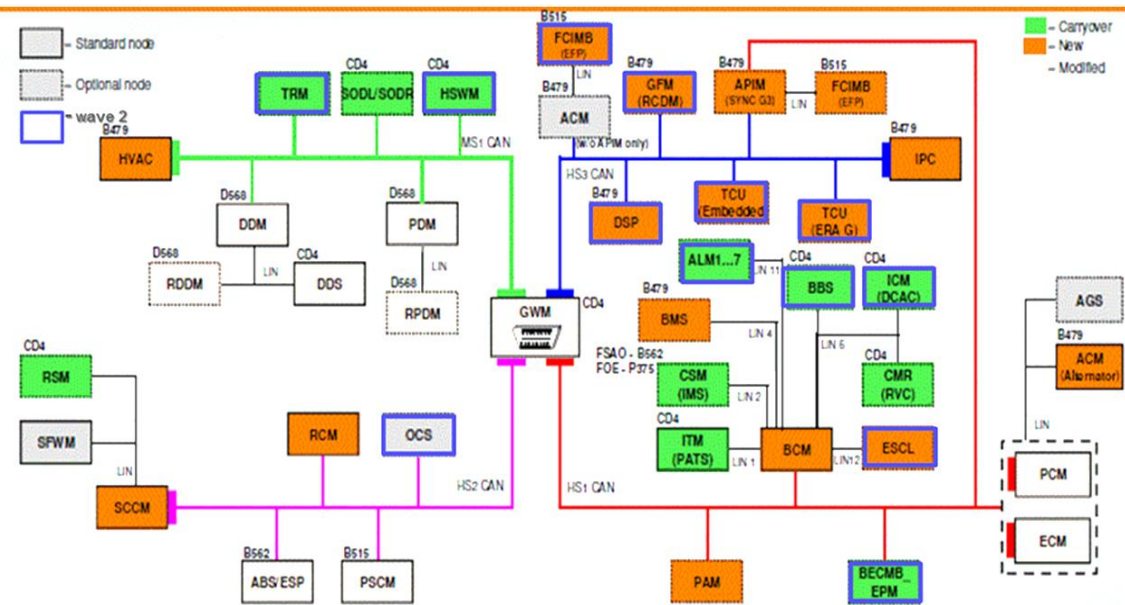
Saiba mais sobre a norma de comunicação SAE J2534 - FAQs - <https://www.boschdiagnostics.com/j2534-faq>





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Exemplo 1 de uma estrutura multiplexada



Módulo	Descrição
ABS-ESC	Controle do freio
ACM	Controle do alternador
AHU	Unidade do audio
ALM	Módulo da luz ambiente
APIN G3	Módulo Gen III
BMS	Sensor da bateria
BCM	Módulo da carroceria
CMR	Câmera
DDM	Módulo da porta mot.
ESCL	Bloqueio da direção
GWM	Gateway
HSWM	Aquec. volante
DDS	Contato da porta mot.
GFM	Módulo remote CD

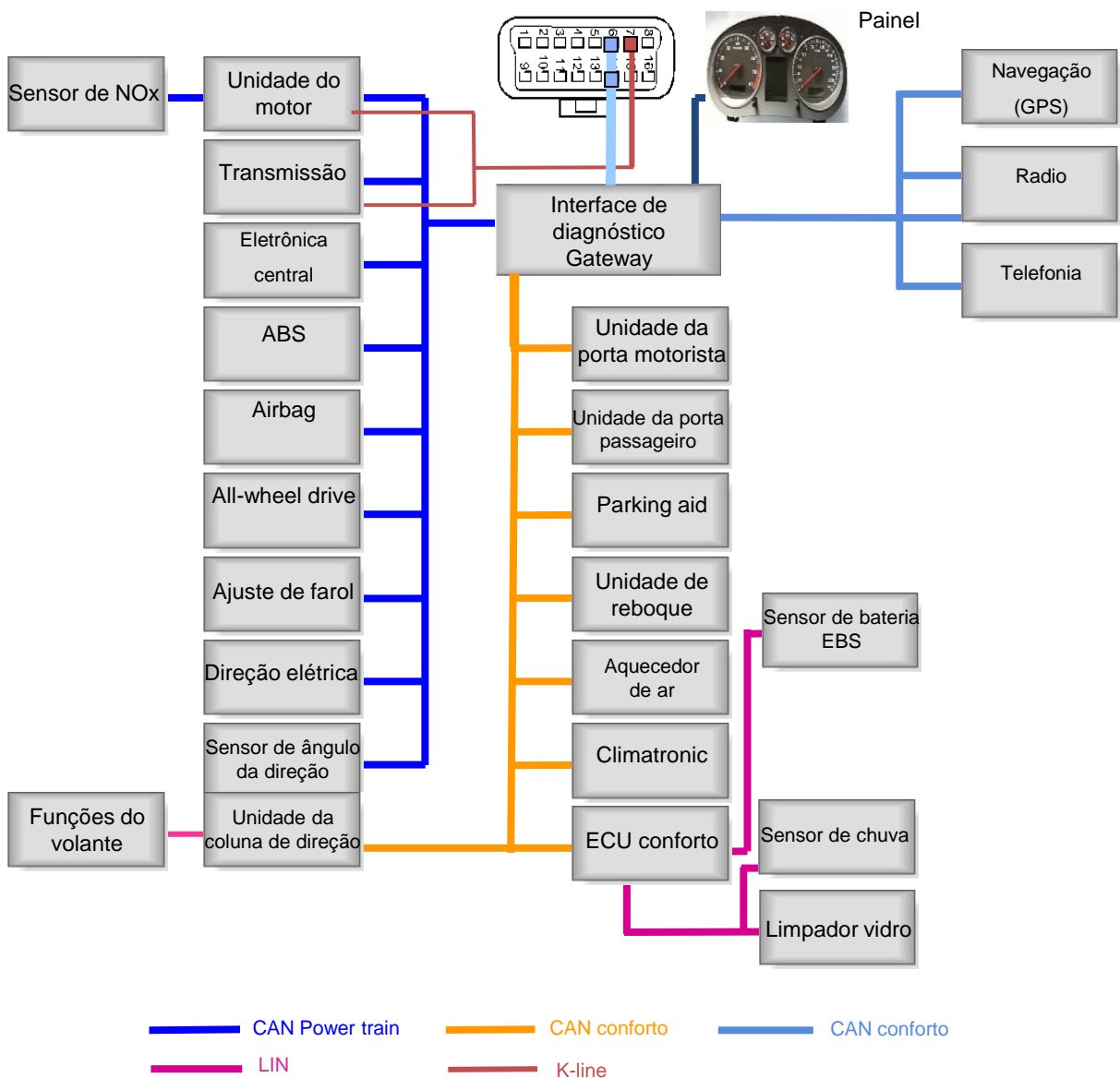
Módulo	Descrição
HVAC	Controle do clima
ICM	Inversor
ITM	Imobilizador
OCS	Sensor de ocupante
PCM	Módulo do motor
PDM	Módulo da porta pass.
PSCM	Módulo da direção
RDDM	Módulo da porta tras.
RPDM	Módulo da porta tras.
RSM	Sensor da chuva
SFWM	Módulo do limpador
TCU	Modem embarcado
TRM	Módulo do trailer
SCCM	Módulo da coluna da direção





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Exemplo 2 de uma estrutura multiplexada



Anotações: _____





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Termologia básica do Byte e Bit

Para transmitir múltiplas informações através de um só canal, a transmissão das informações ocorre em forma de bits, sendo um bit a unidade mínima de uma informação que em sistemas digitais tem um valor compreendido de 0 e 1. Sendo assim, 1 Byte é formado por 8 bits lógicos.

Para poder transmitir bits através dos cabos elétricos teremos que dar-lhes um valor equivalente em tensão, esta é a função do transceptor.

As informações transmitidas no barramento pelos transceptores das unidades são convertidas dos estados binários (digitais) em sinais elétricos (impulsos) e esses pulsos são diagnosticados ente níveis lógicos de 1 e 0 (que assumem valores de tensão diferentes para cada tipo de protocolo).

Tabela 1: conversão (binário-decimal-hexadecimal)

Binário	Dec.	Hex.
0000	0	0
0001	1	1
0010	2	2
0011	3	3
0100	4	4
0101	5	5
0110	6	6
0111	7	7
1000	8	8
1001	9	9
1010	10	A
1011	11	B
1100	12	C
1101	13	D
1110	14	E
1111	15	F

Converta o número 30 para a forma binária.

Converta o número 30 para a forma hexadecimal.

Um controlador de 8 bits pode processar apenas variações de um tamanho máximo de 255.

1	1	1	1	1	1	1	1
128	64	32	16	8	4	2	1

= 11111111 Forma binária

= 255 Foma decimal

Fonte: Robert Bosch

Uma unidade de 32 bits, o número máximo é de: 4.294.967.295.

No caso de uma unidade de 64 bits, esse número é: 18.446.744.073.709.551.616 (≈18,4 trilhões).





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Diagnóstico através do protocolo de internet (DoIP)

A Ethernet já está disponível para aplicações automotivas, sendo uma solução totalmente “duplex-Ethernet” que permite a transmissão e recepção simultânea de dados, com uma taxa de transmissão de 100 Mbits/s, essa é uma característica de transmissão usando mais de um par trançado (envio e recepção).

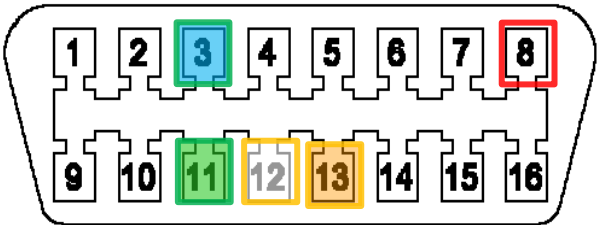
Aplicação:

- Diagnóstico do veículo;
- Sistemas de assistência ao motorista;
- Programação de unidades eletrônicas.

No DoIP (Diagnostics Over Internet Protocol), o TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) e UDP (User Datagram Protocol) são usados como protocolos de transferência.

Por se tratar de um protocolo adaptado para a utilização automotiva, o conector de diagnóstico OBD possui alguns pinos de uso livre, para atribuição dos pares de fios da rede ethernet. Sendo então configurado em 100 Base-Tx a utilização de 2 pares de fios trançados, ou seja, quatro pino de comunicação no conector OBD e um pino de identificação/ativação da linha ethernet.

Figura 12 - Conector de diagnóstico OBD – conexão DoIP (BMW x6 F16)



Fonte: Robert Bosch

Tabela 2: Designação de pinos de conexão do conector OBD

Pin	Descrição	Pin	Descrição
1	Específico do Fabricante	9	Específico do Fabricante
2	J1850	10	J1850
3	Específico do Fabricante [Ethernet Rx (+)]	11	Específico do Fabricante [Ethernet Rx (-)]
4	Massa do veículo	12	Específico do Fabricante [Ethernet Tx (+)]
5	Sinal de massa (-)	13	Específico do Fabricante [Ethernet Tx (-)]
6	J-2284	14	J-2284
7	ISO 9141-2	15	ISO 9141-2
8	Específico do Fabricante [Identificação Ethernet e linha de ativação (Pull-up)]	16	Bateria (+)

Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

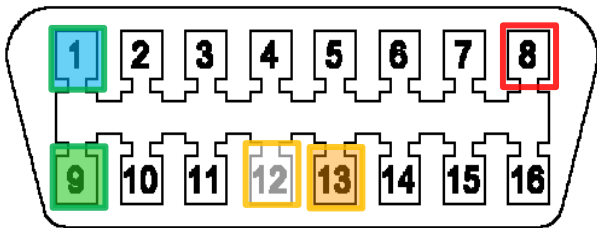
Diagnóstico através do protocolo de internet (DoIP)

Outros veículos como Volvo 2016 em diante (XC90, V90, V60 e etc.), Audi (A4 desde 2016), Land Rover 2018 em diante (Range Rover, Discovery) e BMW (5 séries G30 / G31) já usam a interface Ethernet para funções de diagnóstico. Estes podem utilizar uma atribuição de pinos de conexão do conector OBD diferente. Porém, não é possível alterar os pinos de conexão normatizados na ISO e SAE. Na imagem abaixo é mostrada uma segunda possibilidade de atribuição dos pinos da rede ethernet. Note que, o terminal de número 8 se mantém como linha de sinalização e ativação da rede ethernet.

Os canais de recepeção da informação Rx positivo e negativo são distribuídos nos pinos 1 e 9, e os canais de transmissão Tx positivo e negativo estão localizados nos pinos 12 e 13.

Para que o equipamento de diagnóstico consiga realizar a conexão e comunicação com o veículo é necessário que o equipamento tenha o suporte de conexão sobre o protocolo de internet (DoIP), ISO 13400.

Figura 13 - Conector de diagnóstico OBD – conexão DoIP (Volvo)



Fonte: Robert Bosch

Tabela 3: Designação de pinos de conexão do conector OBD

Pin	Descrição	Pin	Descrição
1	Específico do Fabricante [Ethernet Rx (+)]	9	Específico do Fabricante [Ethernet Rx (-)]
2	J1850	10	J1850
3	Específico do Fabricante	11	Específico do Fabricante
4	Massa do veículo	12	Específico do Fabricante [Ethernet Tx (+)]
5	Sinal de massa (-)	13	Específico do Fabricante [Ethernet Tx (-)]
6	J-2284	14	J-2284
7	ISO 9141-2	15	ISO 9141-2
8	Específico do Fabricante [Identificação Ethernet e linha de ativação (Pull-up)]	16	Bateria (+)

Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Diagnóstico através do protocolo de internet (DoIP)

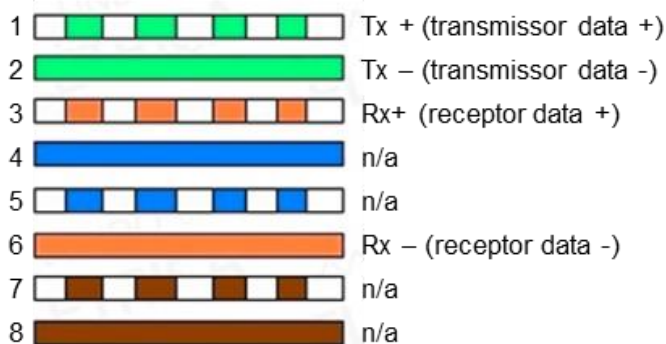
DoIP é a abreviação de **D**iagnostics over **I**nternet **P**rotocol, é um diagnóstico remoto de veículos que permite a comunicação entre ferramentas de teste e ECUs em carros.

Esse tipo de utilização de protocolo de comunicação favorece ao aumento da velocidade da taxa de transmissão de dados, que na linha automotiva geralmente é fixado em 12,5 MBytes/s, através de dois pares de comunicação, sendo TX (verde) para transmissão e RX (laranja) recepção de dados.

Naturalmente os cabos de rede RJ-45 possuem quatro pares (8 fios) do cabo são diferenciados por cores, um par é laranja, outro azul, verde e o último marrom. Um dos cabos de cada par tem uma cor sólida e o outro é mais claro ou listrado.

Existem dois padrões para a ordem dos fios do conector RJ45, o EIA 568B (comum) e o EIA 568A. A diferença dos dois é que a posição dos pares de cabos laranja e verde são invertidos, na prática não existe diferença de conectividade. Portanto, verificar a aplicação correta do cabeamento OBD vs RJ-45 e evitar adaptações (utilize o cabo original).

Figura 14: Conector RJ-45 ligação EIA 568A 100Base-Tx



RJ-45

Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Diagnóstico através do protocolo de internet (DoIP)

Alguns veículos baseados nos protocolo de conexão DoIP podem ser conectados diretamente a uma estação de trabalho (computador com software) com internet padrão, usando cabos rede para uma conexão ponto a ponto (P2P) para diagnóstico e download de software.

Neste caso, o veículo é conectado a uma LAN (rede local), por meio de um adaptador de rede fornecido para essa finalidade. Neste contexto, qualquer estação de trabalho (software e liberação específica) ligada a LAN pode acessar o veículo.

A Volvo Cars recomenda a instalação de adaptadores de Ethernet dedicados em locais adequados da oficina onde o veículo precisa obter acesso com fio à rede LAN.

Componentes obrigatórios:

- VOE (Volvo OBD para adaptador Ethernet RJ45);
- Entrada de rede para a estação de trabalho;
- Cabo Ethernet tipo CAT5, CAT5e ou CAT6;
- Estação de trabalho VIDA (Vehicle Information and Diagnostics for Aftersales).

Figura 15: Ferramenta especial Volvo 33300050



Fonte: NHTSA



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Sinal elétrico do protocolo de comunicação Ethernet

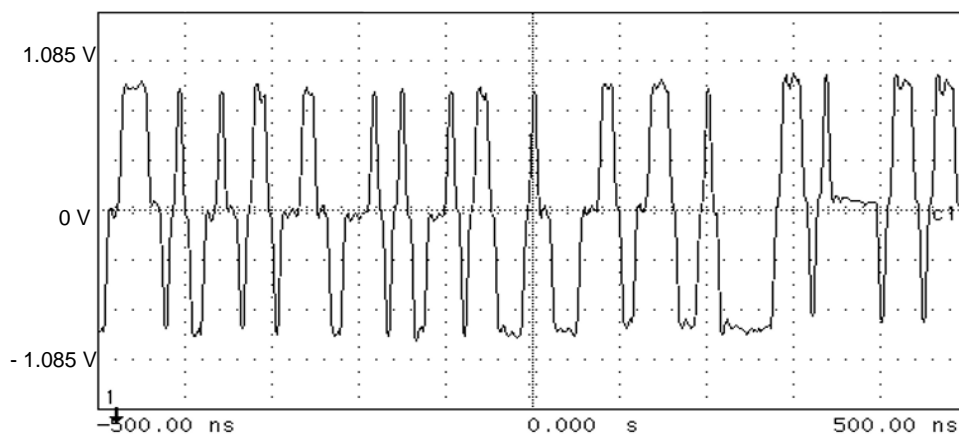
A Ethernet já está disponível para aplicações automotivas, sendo uma solução totalmente “duplex-Ethernet” que permite a transmissão e recepção simultânea de dados, com uma taxa de transmissão de 100 Mbits/s, essa é uma característica de transmissão usando mais de um par trançado (envio e recepção).

Os protocolos TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) e UDP (User Datagram Protocol) são usados como protocolos de transferência.

Os nível dos bits são definidos com base na tendência de descida e subida nas bordas dos sinais, sendo assim o sinal de positivo para negativo é bit lógico 0 (zero) e o sinal de negativo para positivo com bit lógico 1 (um).

A imagem a seguir é referente a rede Ethernet padrão com Layer físico 100 Base – Tx standard Ethernet (100 Mbps), em apenas um dos pares (Tx + em relação ao Tx -).

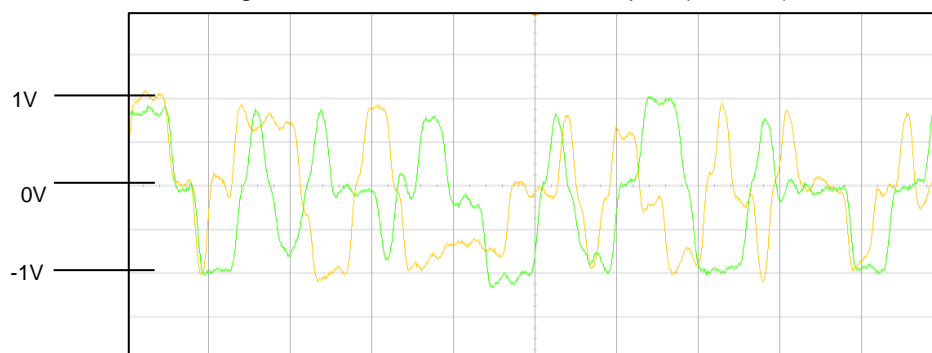
Figura 16: Sinal transmissor (Rx)



Fonte: Robert Bosch

A segunda imagem os dois sinais de dois pares foram coletados [Tx + em relação ao Tx -] e [Rx + em relação ao Rx -].

Figura 17: Sinal transmissor e receptor (Tx e Rx)



Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Classificação SAE dos barramentos (Bus)

Na tecnologia automobilística, os sistemas de *Bus* (barramento) são classificados de acordo com as chamadas Classes SAE:

Classe A: Sistemas de barramento para aplicações simples com taxas de dados mais baixas de até 10 kbit/s (por exemplo: sensores, comandos de comutação simples). A principal área de aplicação envolve funções simples na eletrônica da carroceria sem relevância para a segurança. As mensagens a serem transmitidas são em sua maioria curtas e controladas por eventos, a taxa de dados é baixa, ou seja, < 10 kbit/s. A área de aplicação é relativamente sensível ao custo e requer, portanto, uma tecnologia de rede muito econômica.

Classe B: Sistemas de barramento para aplicações com taxas de dados de 10 kbit/s a 125 kbit/s (por exemplo, funções de carroceria mais complexas).

Classe C: Sistemas de barramento para aplicações em caso de funções críticas em tempo real com taxas de dados de 125 kbit/s a 1 Mbit/s (drive, controle de suspensão). Aqui estão envolvidas altas taxas de dados em períodos de latência definidos e baixos para transmissão de mensagens.

Classe D: Sistemas de barramento para a transmissão de dados de longos blocos de dados com maior largura de banda de transmissão. Este tipo de requisitos existe principalmente para aplicações na área de informação e entretenimento, por ex. durante a transmissão de fluxos de áudio/vídeo.

Bus para sensores e atuadores: Em áreas onde o LIN não é rápido o suficiente e a rede CAN é considerado inviável, estão envolvidas definições de novos sistemas de barramento (Bus) para interconectar sensores e atuadores com unidades de controle dentro da padronização da SAE ou ISO.

Por exemplo:

SENT: Single Edge Nibble Transmission acc. to SAE J2716, muito utilizado em atuadores e sensores de carga/torque.

PSI 5: Peripheral Sensor Interface 5 – utilizado em sensores do sistema de segurança, sensores de aceleração/impacto do Airbag.



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Controlador da rede CAN

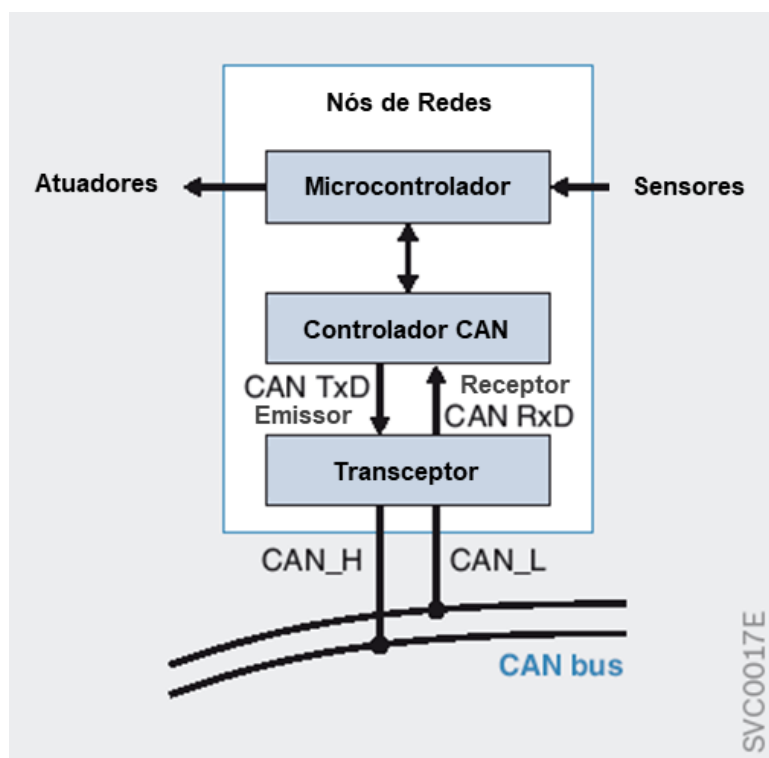
O **controlador** é o microprocessador do sistema que decide os dados a enviar e a receber. Define a prioridade e realiza a conversão dos dados enviados pelo controlador em sinais elétricos a serem transmitidos pelos cabos da bus, assim como o efeito inverso é realizado pelo transceptor.

O **microcontrolador** da ECU recebe informações dos sensores que precisam ser transmitidos, processa os dados e, os envia para o transceptor. O microcontrolador também recebe informações através do controlador e realiza correções se necessário nos atuadores.

O **transceptor** é tanto um transmissor quanto um receptor de dados, converte os dados do controlador CAN em sinais elétricos e os transmite nas linhas de barramento de dados. Da mesma forma, recebe dados e os converte para o controlador CAN.

Cabos de dados (Bus) são os canais de transmissão de informação do sistema, ou seja, os fios do barramento de comunicação bidirecional e de par trançado.

Figura 18: Controlador rede CAN



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

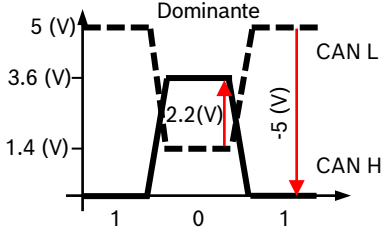
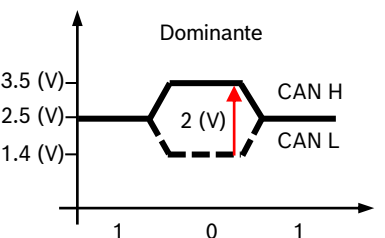
Protocolo de comunicação de rede CAN de baixa e alta velocidade

O protocolo de comunicação CAN é dividido em dois sistemas, o protocolo CAN de alta velocidade (HS-High Speed) e o protocolo CAN de baixa velocidade (LS-Low Speed).

- ISO 11898-1 Representação de sinal físico para todas as aplicações CAN.
- ISO 11898-2 "High-Speed-CAN", Acoplamento de barramento de até 1 MBit/s para aplicação em veículos.
- ISO 11898-3 "Low-Speed-CAN", Acoplamento de barramento de até 125 kBit/s para aplicação veicular, com foco em Eletrônica de Conforto.
- ISO 11898-4 "CAN disparado por tempo", atualizando o protocolo CAN para um protocolo controlado por tempo (TTP/C).

A linhas de rede CAN de baixa velocidade até 125Kbps estão geralmente relacionadas a utilização nas linhas de conforto ou de baixa prioridade. Isso não significa que sempre estarão nessas aplicações, ou seja, barramentos de baixa velocidade podem existir em qualquer sistema (ex: Unidade do Airbag peugeot 208). Veja a tabela comparativa à seguir com as principais diferenças entre as redes de baixa e alta velocidade CAN.

Tabela 4: Diferenças básicas entre CAN de alta e baixa velocidade

		Low Speed CAN (LS) – Baixa Velocidade	High Speed CAN (HS) – Alta Velocidade
Taxa de Bits		≤ 125 kbit/s ex. Classe B	Até 1 MBit/s ex. Classe C
CAN-H	Recessivo (1)	~0 (V)	~2.5 (V)
	Dominante (0)	~3.6 (V)	~3.5 (V)
CAN-L	Recessivo (1)	~5 (V)	~2.5 (V)
	Dominante (0)	~1.4 (V)	~1.5 (V)
Diferença de tensão no centro (cubo) do sinal		~2.2 (V)	~2 (V)
Padrão do sinal			

Fonte: Robert Bosch

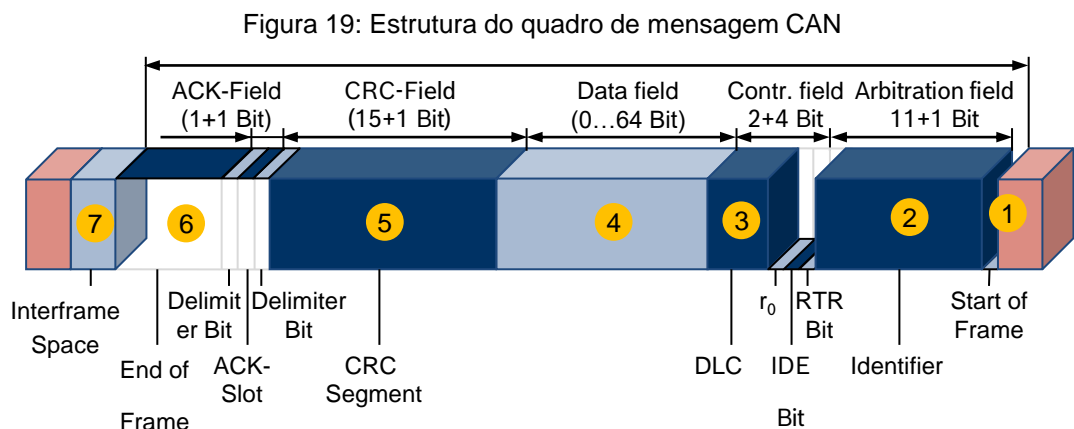




Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Formato da mensagem da rede CAN ISO 11898

O protocolo de comunicação CAN é dividido dentro de um quadro de transmissão em simples blocos ou campos, na estrutura básica padrão (standard ISO) há 7 campos, veja abaixo:



Fonte: Robert Bosch

Tabela 5: Significa do quadro de mensagens

No. Campo	Nome do Campo	Significado
1	Início do quadro	Indica o Início da mensagem e através de um bit dominante
2	Campo de Arbitragem	Contém o significado (prioridade) da mensagem. O campo de arbitragem compreende o identificador de 11 bits e o bit RTR. RTR Bit = Bit de Solicitação de Transmissão Remota. Identifica se na mensagem está envolvida uma mensagem de dados (bit dominante) ou uma mensagem de solicitação de dados (bit recessivo).
3	Campo de controle	DLC = Código do comprimento dos dados. Número de bytes de dados contidos. IDE Bit = Identificação de extensão, 13º Bit do Campo de Arbitragem recessivo para ISO 11898-4. No caso do formato de Mensagem Padrão (CAN 2.0 A) será sempre um bit dominante. r0 = Bit reservado.
4	Campo de dados	Dispõe de um conteúdo de informação (≈18,4 trilhões de variações).
5	Campo CRC	Checação de redundância cíclico (função polinomial).
6	Campo ACK	Notificação do receptor para o emissor, protocolo recebido (bit dominante).
7	Final do quadro	Indica o fim da mensagem.

Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Campo de arbitragem da rede CAN

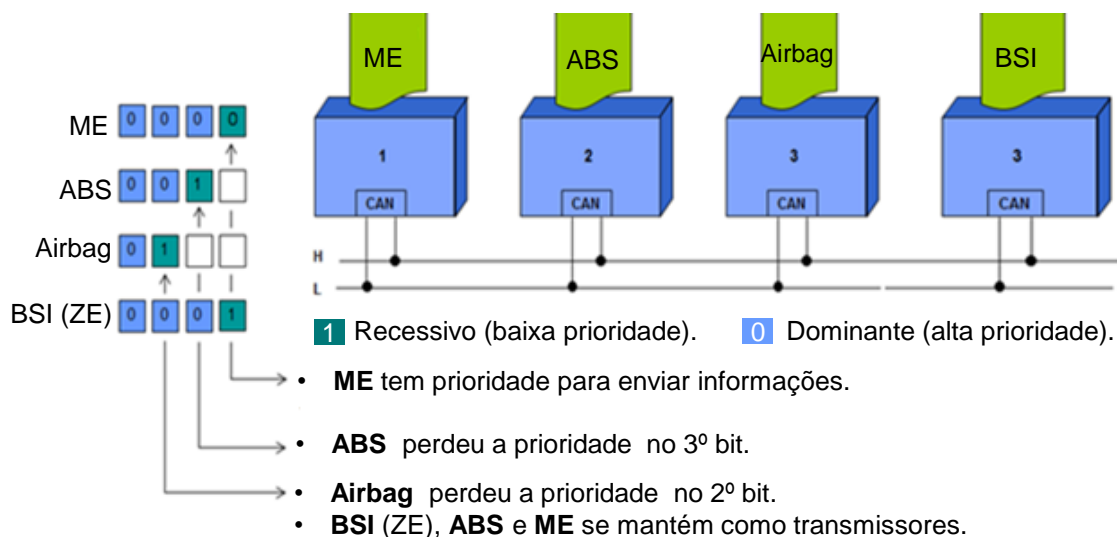
Se várias estações efetuarem uma transmissão no barramento ao mesmo tempo, o participante com a prioridade mais alta detém a prioridade para a transmissão dos dados (logicamente ZERO). O participante definido com uma prioridade mais baixa (logicamente UM) perde a possibilidade de transmissão de dados e se torna apenas um participante e receptor das mensagens presentes no barramento.

O protocolo CAN é baseado em dois estados de barramento lógico:

- Recessivo logicamente 1.
- Dominante logicamente 0.

Se um bit dominante (logicamente zero) é enviado por pelo menos uma estação, ele sobrescreve um bit recessivo enviado por outra estação (logicamente um). A estação recessiva detecta o nível dominante e torna-se o receptor.

Figura 20: Arbitragem



Fonte: Robert Bosch

A prioridade não está relacionada a função exercida por uma unidade eletrônica no sistema do veículo, a prioridade é definida no conteúdo da mensagem.

Anotações: _____



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

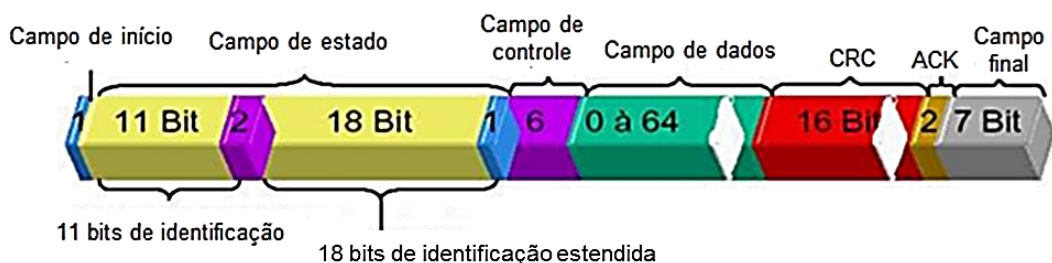
Formato da mensagem da rede CAN estendida

Na atualidade há dois tipos de formatos para rede CAN HS (alta velocidade), a CAN standard mencionada anteriormente e a rede CAN com formato estendido.

- **Formato standard:** 11 bits de identificação, especificado como CAN 2.0 A (2048 mensagens).

- **Formato estendido:** 29 bits identificação, especificado como CAN 2.0 B ou 1.0 B (5,5 milhões de mensagens).

Figura 21: Estrutura do quadro de mensagem CAN estendida



Fonte: Robert Bosch

1. Campo de início ("Start of frame": 1 bit): Marca o início de uma mensagem e sincroniza todas as etapas.
2. Campo de estado ("Arbitration Field": 12 bit): Os 11 primeiros bits utilizam-se para identificar a mensagem e a prioridade da mesma. O bit adicional informa se a mensagem é um "Data Frame" (Transmissão) ou um "Remote Frame" (Petição).
3. Campo de controle ("Control Field": 6 bits): Informa a quantidade de bytes que tem a mensagem.
4. Campo de dados ("Data Field": 0 a 64 bits): É o campo de informação da mensagem.
5. Campo de confirmação ("CRC Field": 16 bits): Confirma os dados existentes para reconhecer possíveis falhas na transmissão de dados.
6. Campo de confirmação ("ACK Field": 2 bits): Contém a confirmação de todos os receptores que receberam a mensagem.
7. Campo final ("End of frame": 7 bits): Marca o fim da mensagem.

Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Endereçamento e identificador da rede CAN

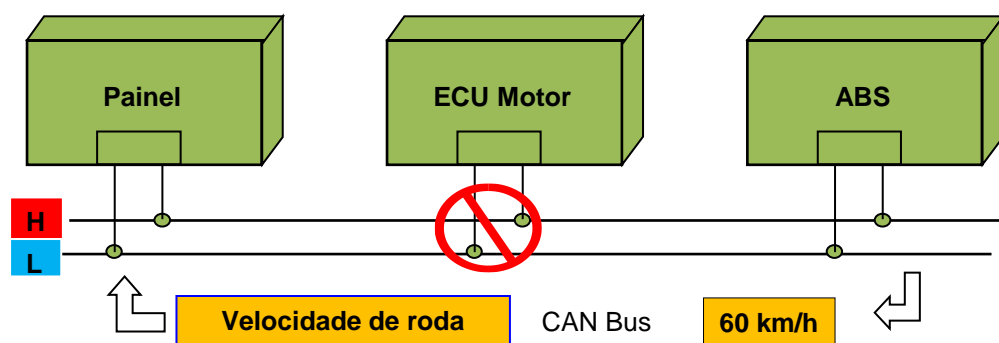
As mensagens enviadas por uma unidade podem ser recebidas por todas as outras unidades que estão no mesmo barramento, apenas como uma transmissão de dados.

Os dados da mensagem não indicam um endereço de um destinatário, mas indicam o endereço do conteúdo da mensagem. Desta forma, cada receptor (transceptor) faz uma distinção em sua “caixa de entrada”, o quanto os conteúdos relevantes (filtro de aceitação).

Os dados importantes são automaticamente armazenados na caixa do receptor e o resto do fluxo de dados são ignorados.

- A mensagem a ser transferida recebe uma identificação.
- A identificação ocorre no endereço de origem (identificador).
- O identificador apresenta os nomes das informações na forma binária, ex.: velocidade do motor, posição da fase, etc.

Figura 22: Endereçamento e identificador da rede CAN



Fonte: Robert Bosch

Na figura acima, a informação foi identificada como velocidade de roda, totalmente condizente com a necessidade do painel de instrumentos em mostrar a velocidade real do veículo.



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Time - triggered CAN protocol (TTP/C)

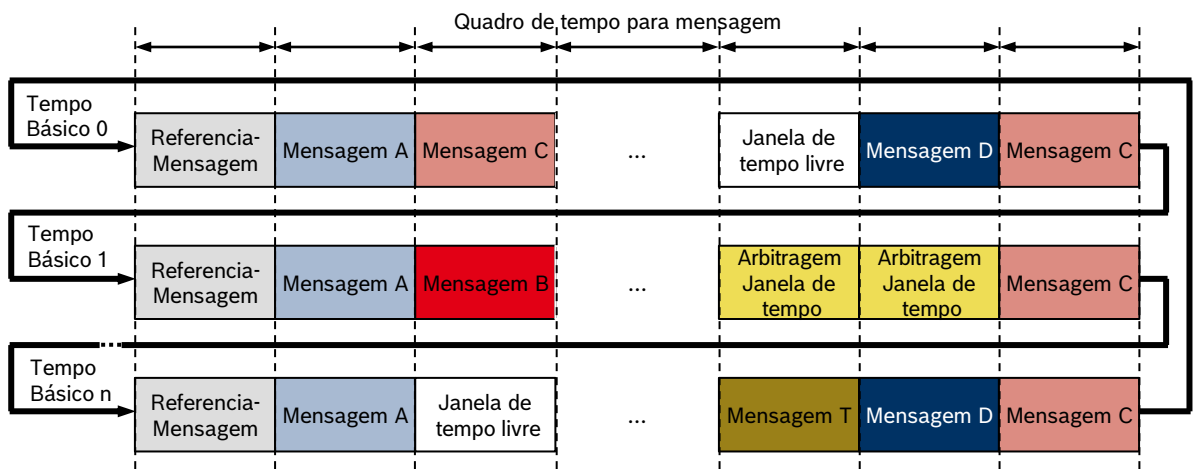
O protocolo disparado por tempo (time-triggered protocol) para o CAN-Data bus C é um protocolo controlado por tempo no qual os participantes da rede transmitem dados em intervalos de tempo pré-determinados. Isso significa que todos os participantes da rede possuem uma definição de tempo global que determina um protocolo de sincronização de tempo.

Como resultado do uso do TTP/C, uma falha de um nó da rede pode ser detectada imediatamente e os períodos de latência são garantidos.

Na janela de tempo exclusivamente reservada, exatamente uma ECU específica pode enviar suas mensagens, ou seja, esta janela de tempo está prevista para a comunicação disparada por tempo (TTP).

Nas janelas de tempo de arbitragem, várias ECUs podem enviar suas mensagens disputando o nível de prioridade conforme ISO 11898 padrão e estão previstas janelas de tempo livre para extensões posteriores.

Figura 23: Protocolo CAN disparado por tempo (TTP/C)



Fonte: Robert Bosch

Anotações: _____



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Nível de tensão elétrica da rede CAN de alta velocidade (HS)

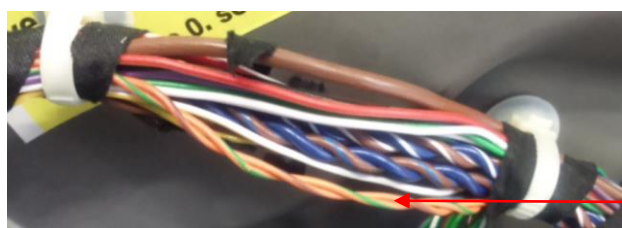
A rede CAN HS possui fisicamente 1 par de fios trançados, estes são chamados de CAN high e low (alto e baixo). Isso não está relacionado a velocidade do sinal, é apenas uma forma de diferenciar os dois sinais.

Dentro da categoria de rede CAN padrão HS são definidos alguns valores básicos de tensão elétrica como, 2,5 V tensão inicial demarcado como bit recessive (sem trabalho, oscioso) e 2 V de diferença de potencial entre os dois sinais dos fios da CAN (H e L).

A Bus de alta velocidade “HS” é reconhecida devido ao seguintes fatores:

- Taxa de transferência de dados: 125 kbit/s - 1 Mbit/s.
- Máximo de comprimento da linha: 40 Metros para 1 Mbit/s.
- Tensão: Para dominante 1,5 e 3,5 V e recessivo 2,5V.
- Cabo de par duplo entrelaçado.

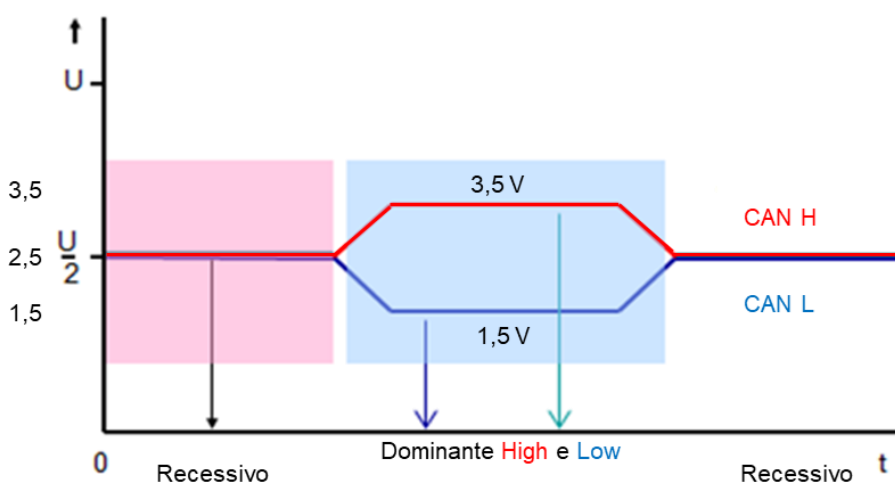
Figura 24: Barramento físico com par trançado



Par trançado
(CAN H e CAN L)

Fonte: Robert Bosch

Figura 25: Níveis de tensão da rede CAN



Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

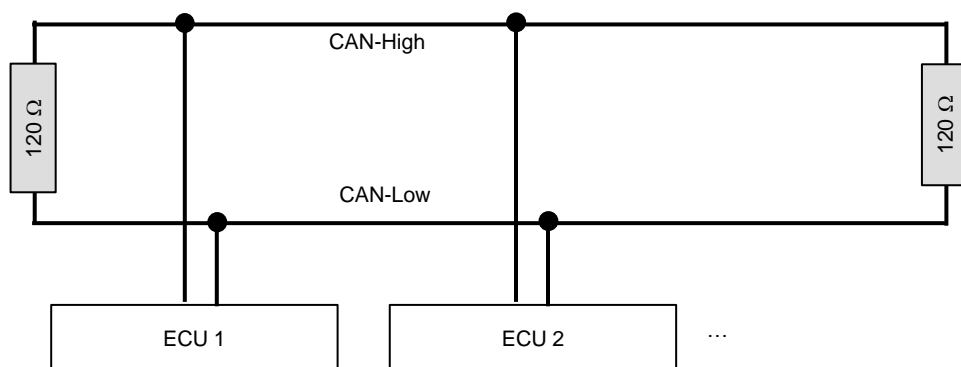
Terminadores passivos

De acordo com os padrões ISO a CAN bus requer dois resistores de terminação conectados em paralelo (terminação standard), cada um com um valor de 120Ω para uma resistência de barramento nominal de 60Ω . Sabemos que a CAN é um barramento diferencial e que cada par de fios trançados (diferenciais) opera como uma linha de transmissão de rede.

Os resistores de terminação usados nas extremidades da rede devem corresponder à impedância característica dos pares de fios para ajudar a evitar reflexões de sinal. O CAN bus utiliza uma impedância nominal de 120Ω , e é por isso que se usa teoricamente um resistor de 120Ω em cada extremidade.

Os resistores da rede atuam como um pull-up/pull-down passivo no barramento (terminação split). Durante os momentos em que uma mensagem não está sendo enviada (recessivo), as duas linhas revertem para sua tensão de repouso de 2,5V devido aos 60Ω entre elas. Quando uma mensagem precisa ser transmitida, o barramento é levado a um estado dominante, um módulo (nó) separa as linhas, resultando em um sinal diferencial.

Figura 26: Terminador passivo da rede CAN



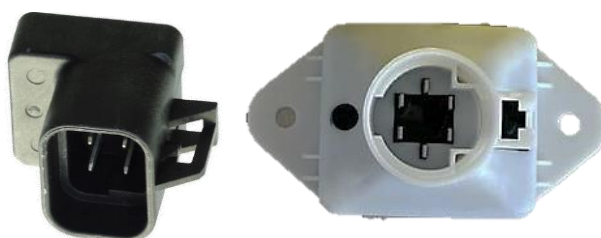
Fonte: Robert Bosch

Geralmente o terminador passivo (resistência) na linha leve é alocado dentro das unidades eletrônicas. Porém, em outras aplicações da linha pesada e off-road pode fazer parte do barramento e estar alocado em caixa de fusíveis, no chicote e entre outros locais (externos).

A terminação é necessária em qualquer extremidade da rede mas devido ao número crescente de módulos e as diversas topologias de rede, ocorre o problema de não haver um final definitivo de uma rede e, portanto, às vezes torna-se difícil colocar um resistor de terminação no local adequado.

A terminação ativa é uma solução para este problema; através de uma combinação de hardware, os terminadores são capazes de regular o barramento através do chip de regulação de tensão, altamente preciso em conjunto com os resistores passivos no sistema para manter a impedância de rede perfeita.

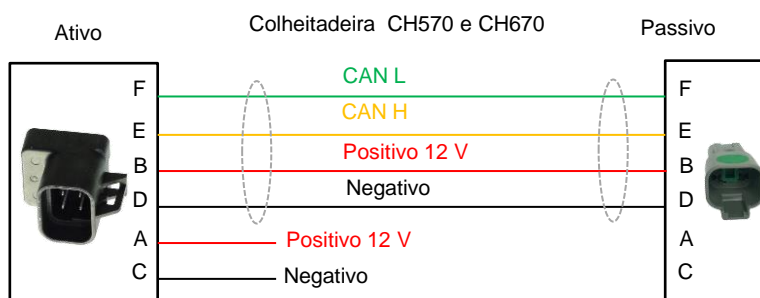
Figura 27: Terminador ativo de 6 terminais



Fonte: John Deere

- 2 cabos de alimentação do controlador da tensão dos terminadores
- 2 cabos são trançados (positivo e negativo) junto com os outros 2 cabos da rede (CAN H e L). Os dois cabos positivo e negativo que são trançados junto ao barramento CAN não entram nos módulos do sistema, isso gera um campo magnético controlado/esperado e, elimina interferências externas adicionais que interfiram no padrão do sinal.

Figura 28: Exemplo teórico do esquema elétrico com terminador ativo



Fonte: Robert Bosch



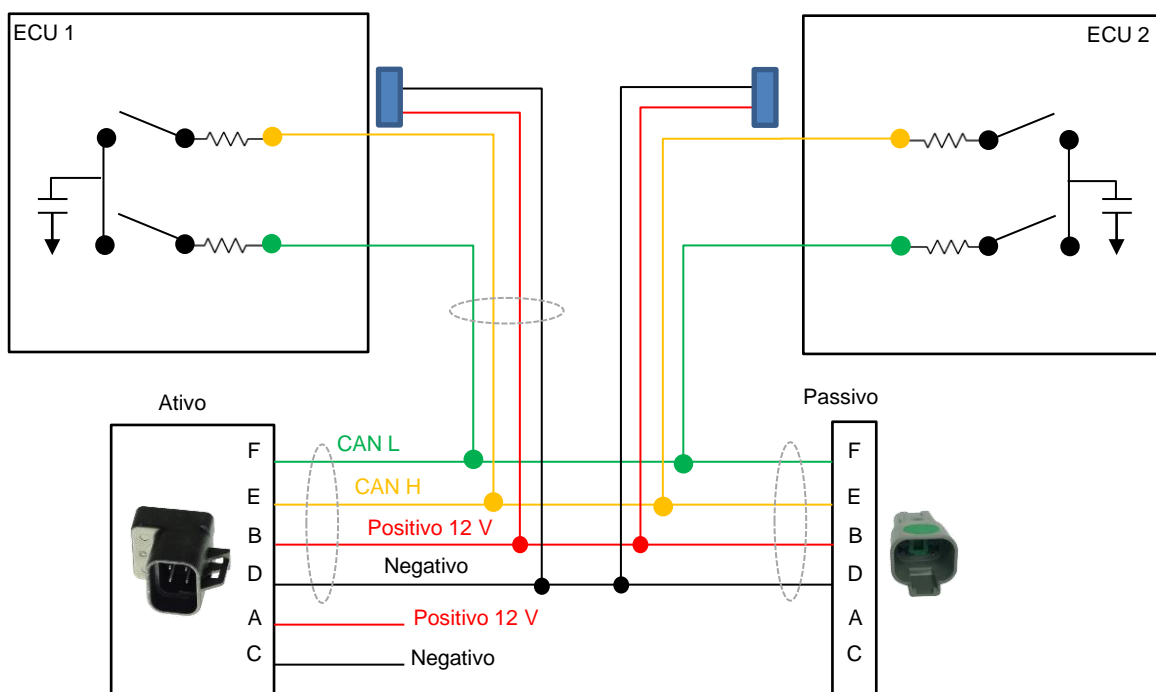
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Terminadores ativos/programáveis

O terminador programavel utiliza um resistor de 120Ω contido em cada um dos vários módulos e, que pode ser ligado/desligado por meio de comandos de software/parâmetros operacionais, conforme a necessidade de minimizar a reflexão do sinal e aumentar a eficiência do barramento.

No barramento da rede CAN pode haver informações sendo transmitidas em momentos de alto ou baixo tráfego, neste instante os módulos podem ligar/desligar seus terminadores por meio de transistores internos, com o objetivo de manter a operação ideal da rede.

Figura 29: Exemplo do esquema elétrico teórico com terminadores programáveis



Fonte: Robert Bosch

Anotações: _____





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Ajuste do sinal da rede CAN HS

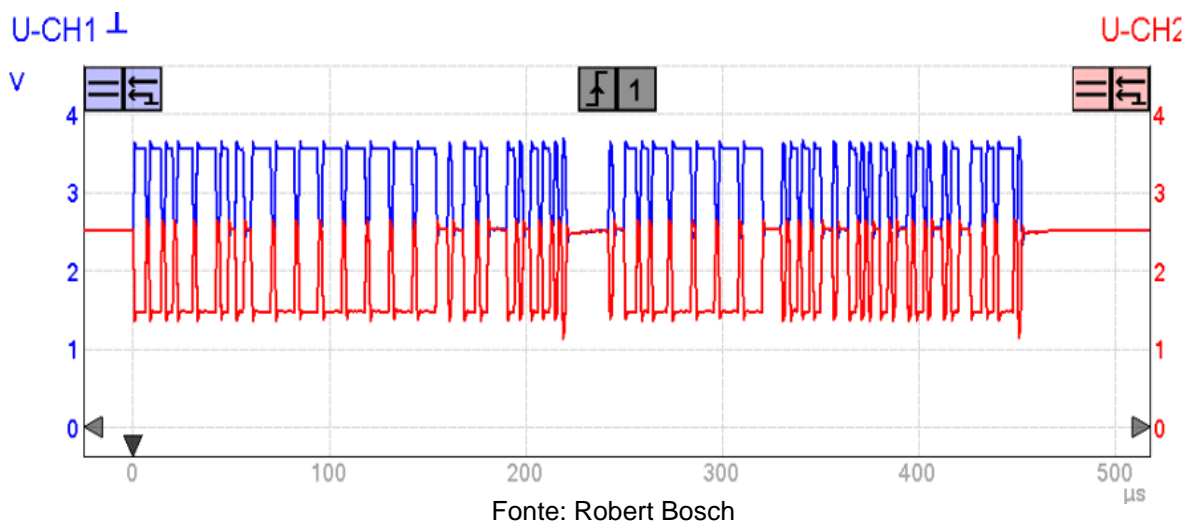
Para o ajuste ideal da rede CAN no osciloscópio automotivo é necessário que o eixo de tempo esteja ajustado para um tempo de no mínimo 500us (valores menores que 500 us são melhores para análise).

Caso o disparo do osciloscópio (modo trigger) esteja no modo auto (automático) o sinal ficará instável (“passando muito rápido na tela”), neste caso será necessário ajustar o trigger no modo manual (geralmente borda positiva do canal com CAN H).

Os valores de tensão para o sinal high e low geralmente estão entre 3,5 V e 1,5 V respectivamente. Porém, em algumas aplicações esses valores poderão ser maior, por exemplo 3,6 .. 3,7 V e 1,3 .. 1,4 V.

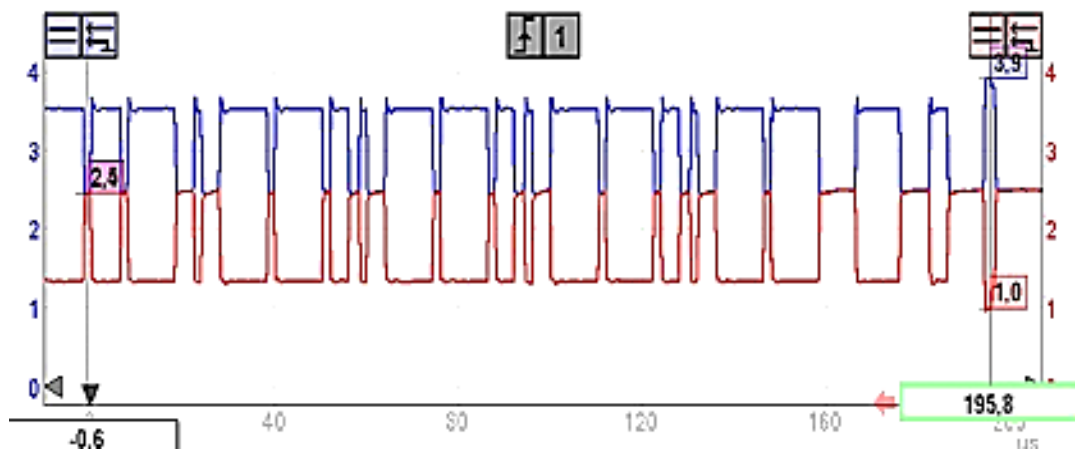
Observar possíveis falhas por interferencias externas, unidades avariadas, barramentos em curto e/ou interrompido.

Figura 30: Rede CAN HS ajuste em 500us



Fonte: Robert Bosch

Figura 31: Rede CAN HS ajuste em 200us



Fonte: Robert Bosch



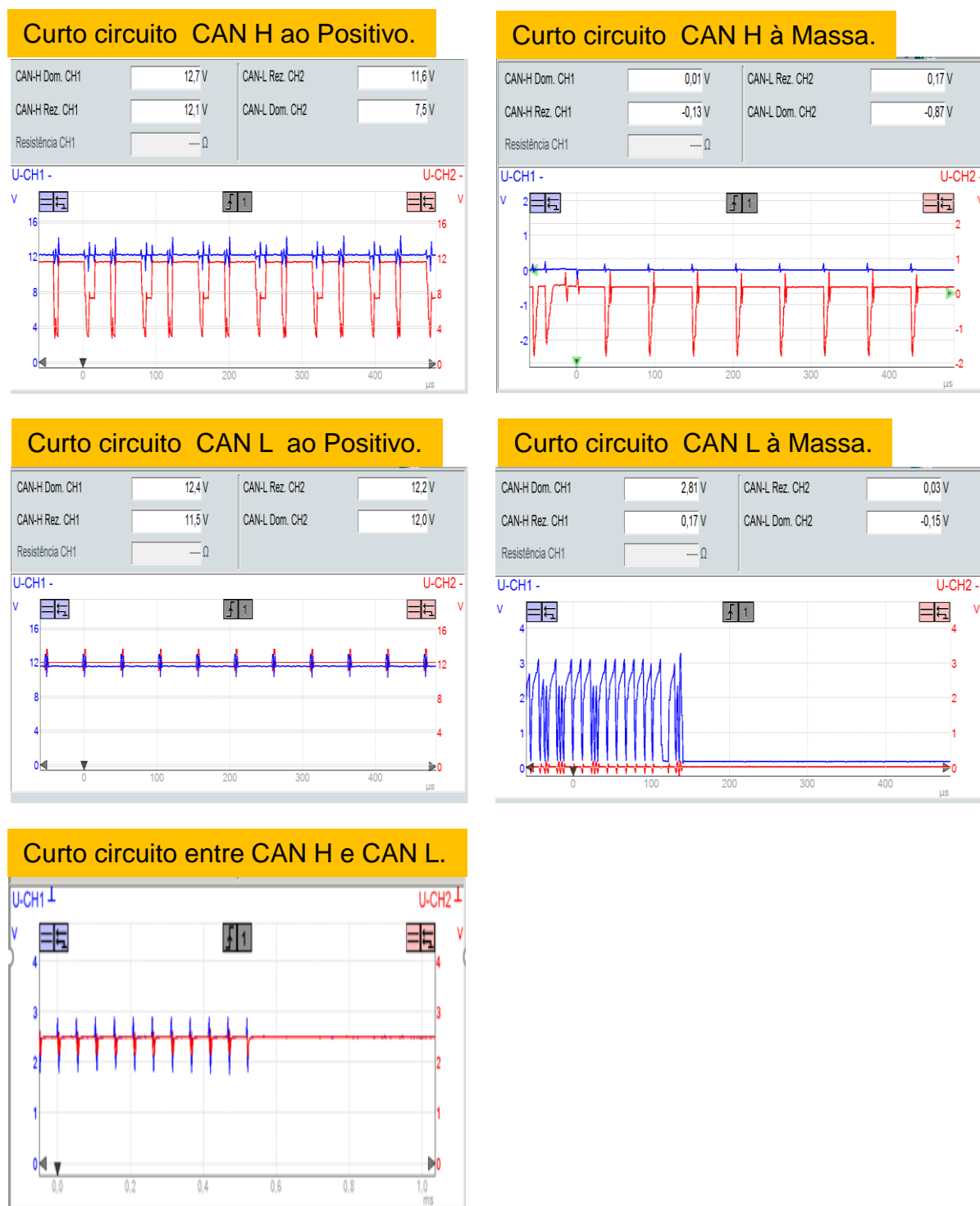


Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Sinais da rede CAN HS 1

Abaixo seguem algumas imagens irregulares (com falhas), note a diferença entre os sinais. Podem haver algumas divergências (mais situações que as descritas abaixo) em relação a tensão assumida, caso ocorra alguma falha.

Figura 32: Sinais irregulares da rede CAN 1



Fonte: Robert Bosch





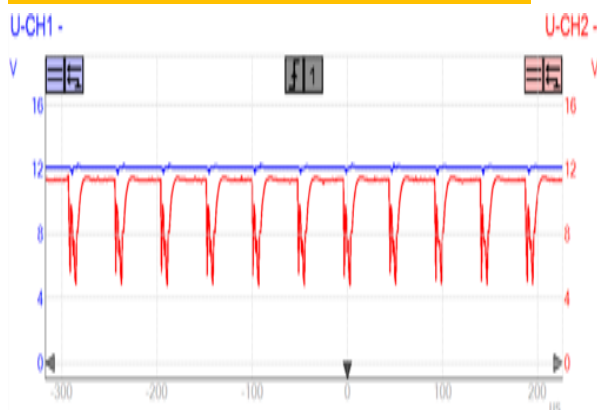
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Sinais da rede CAN HS 2

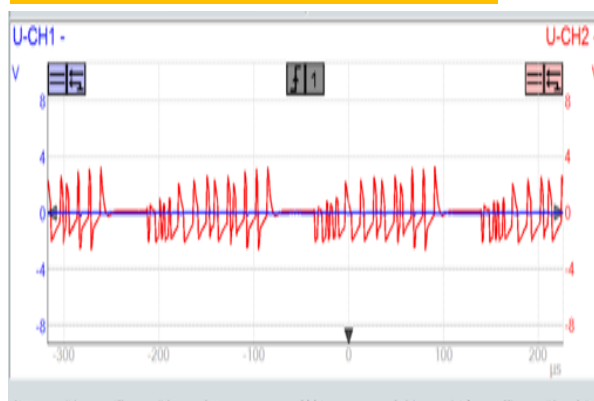
Dependendo da estrutura da rede e forma que foram atribuídas os elementos finais, os sinais em caso de falhas podem ser diferentes. Compare as imagens a seguir com as anteriores.

Figura 32: Sinais irregulares da rede CAN 2

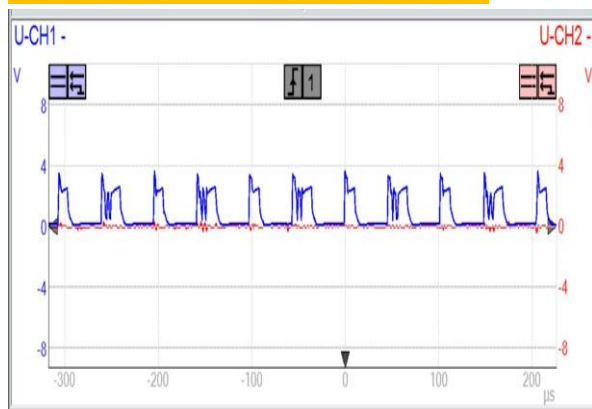
Curto circuito CAN H ao Positivo.



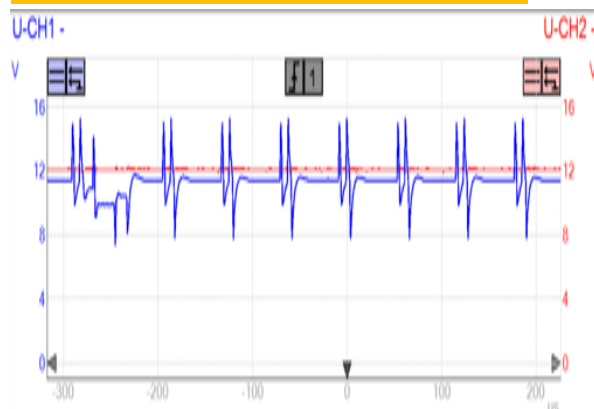
Curto circuito CAN H à Massa.



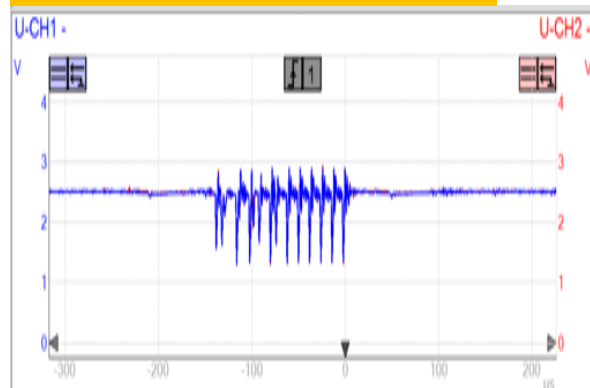
Curto circuito CAN L à Massa.



Curto circuito CAN L ao Positivo.



Curto circuito CAN L e CAN H.



Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Rede CAN FD (Flexible Data)

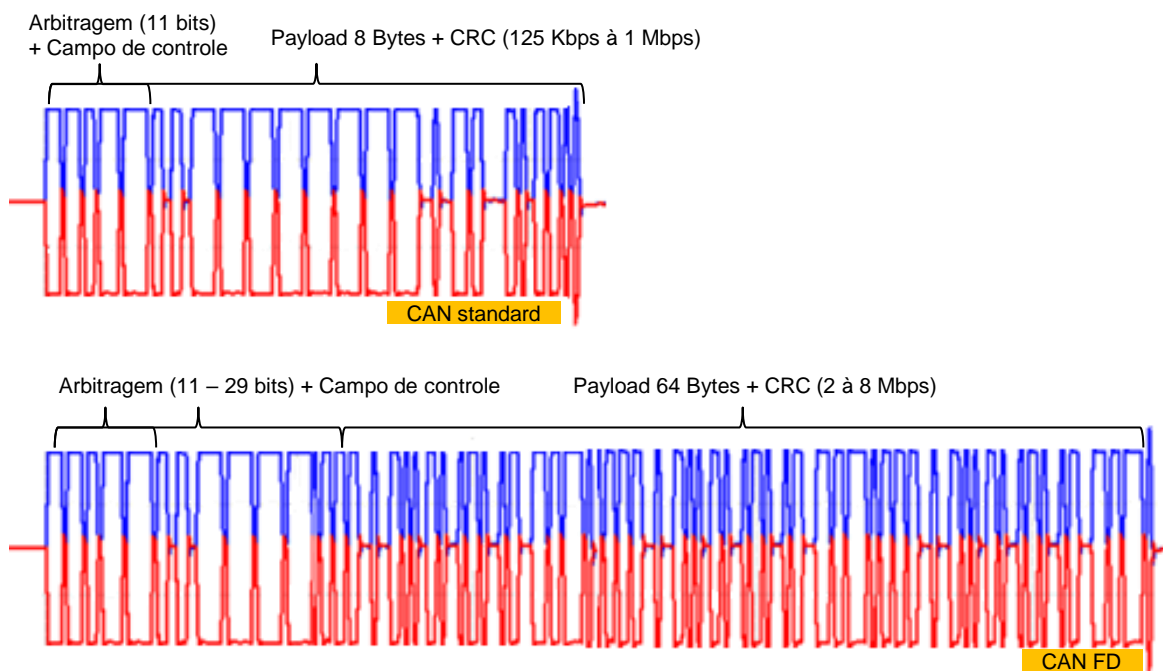
Diferente da CAN padrão (Controller Area Network), a CAN FD tem os Dados Flexíveis (FD), ou seja, as unidades de controle podem alternar dinamicamente as taxas de dados e os tamanhos de mensagem.

Um unidade pode então selecionar e alternar dinamicamente para uma taxa de dados mais rápida ou mais lenta, conforme necessário, e de enviar mais dados no mesmo quadro/mensagem em tempo menor.

Na CAN FD, é possível usar o identificador de 11 bits (formato standard) ou o identificador de 29 bits (formato estendido da CAN) e o tamanho da carga útil da mensagem foi aumentado para 64 bytes de dados para cada quadro de mensagem, em comparação com apenas 8 bytes no quadro de mensagem (payload) da rede CAN clássica.

A CAN FD suporta uma carga de mensagem flexível, variando de 0, 8, 12, 16, 20, 24, 32, 48, 64 bytes por quadro em 2, 5 e 8 Mbps de taxas de dados.

Figura 33: Sinal da rede CAN com dados flexíveis (FD)



Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Rede CAN de baixa Velocidade (LS)

A diferença entre as redes CAN, como indica o seu próprio nome é a velocidade de transmissão de dados. Quando a velocidade da transmissão de dados é superior a 125 Kbits/s é uma CAN HS, quando é inferior é uma CAN LS.

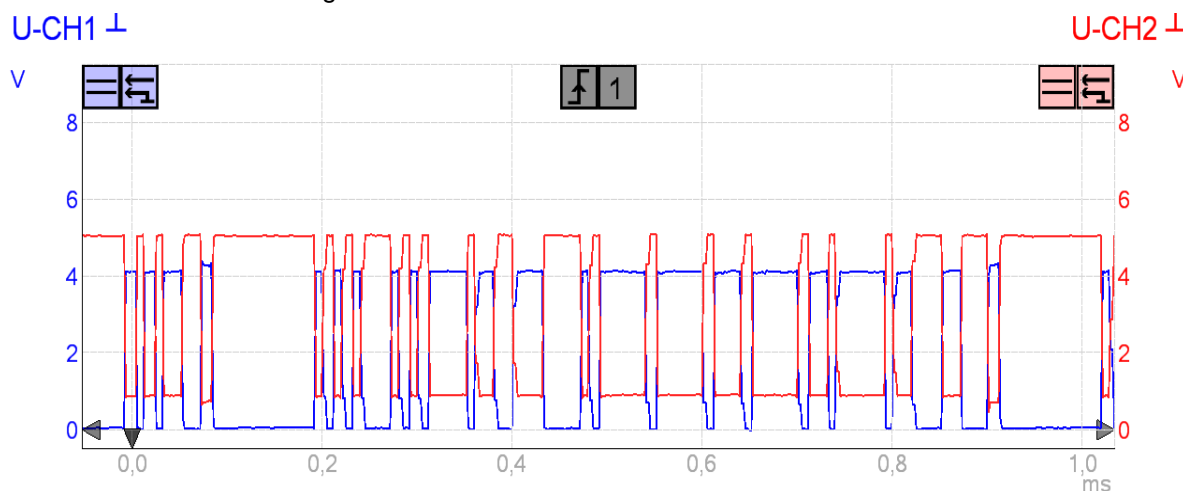
Os sinais entre eles também se diferenciam, os níveis de tensão são diferentes e são conhecidos com CAN “High” e “Low” em relação ao estado do barramento e não a velocidade.

Uma vantagem que se tem no uso de uma rede CAN LS é a possibilidade de trabalho no modo de emergência, caso ocorra algum problema em algum dos fios, o modo emergência se caracteriza pela funcionalidade do barramento com apenas um único fio (modo mono).

A rede CAN LS não possui os elementos finais em suas terminações, devido a sua baixa velocidade de taxa de transmissão de até 125 Kbps.

O nível de tensão se difere de uma rede HS, podendo então a CAN LS “Low” ter valores próximo a 5V no início do sinal (recessivo) e o impulso do bit dominante chega a aproximadamente 1,4V (ou 0V), na linha CAN LS “High” inicia-se com aproximadamente 0V (recessivo) e o impulso se aproxima à 4,2V (ou 5V).

Figura 34: Sinal da rede CAN de baixa velocidade



Fonte: Robert Bosch

Anotações: _____





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

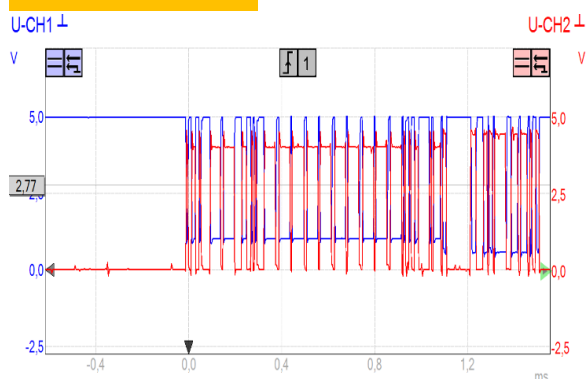
Sinais da rede CAN LS

Abaixo segue algumas imagens comparativas irregulares, note a diferença entre um sinal em perfeitas condições (1 - Sinal Perfeito) e o resto das imagens.

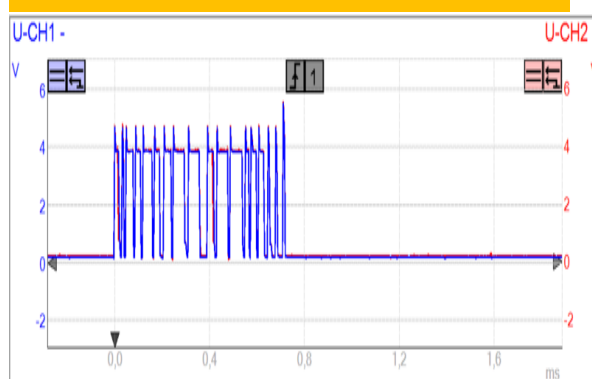
Obs.: Podem haver algumas divergências (mais situações que as descritas abaixo) em relação a tensão assumida caso ocorra alguma falha.

Figura 35: Sinais irregulares da rede CAN de baixa velocidade

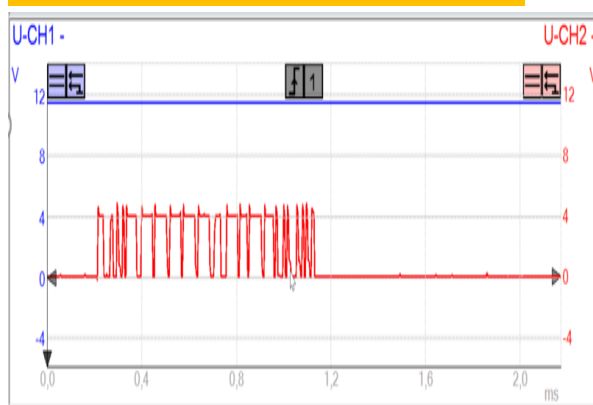
Sinal Perfeito.



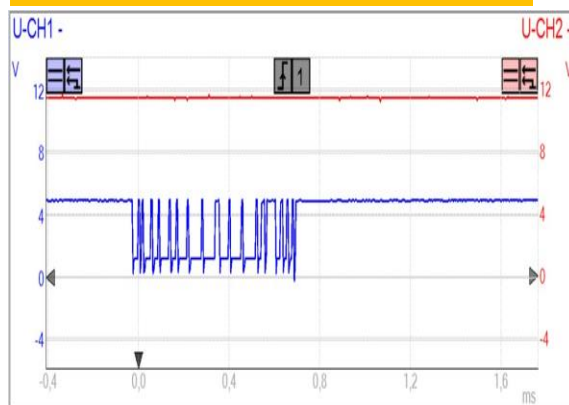
Curto circuito entre CAN H e CAN L.



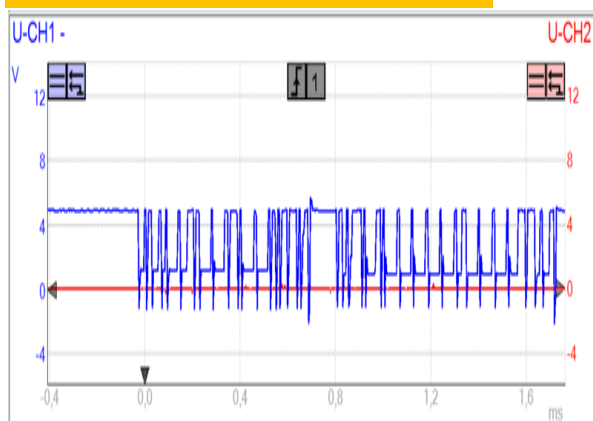
Curto circuito CAN L ao Positivo.



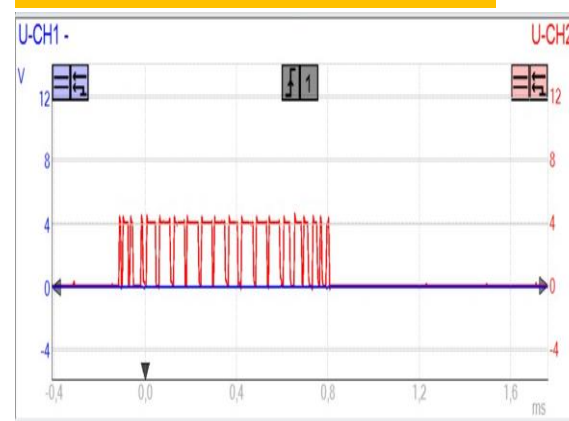
Curto circuito CAN H ao Positivo.



Curto circuito CAN H à Massa.



Curto circuito CAN L à Massa.



Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

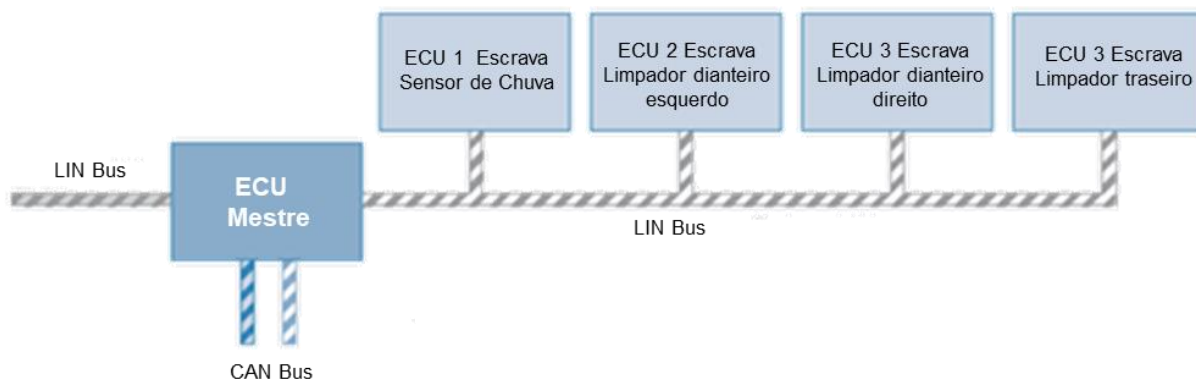
Rede de comunicação LIN

A LIN é outro sistema de ligação entre várias unidades, sensores e atuadores. A sigla é a abreviatura de “**L**ocal **I**nterconnect **N**etwork” (Interligação de Rede Local), o que significa que as unidades presentes nesta rede encontram-se numa zona limitada com a velocidade de transmissão entre 1kbit/s e 20kbit/s (2.4 Kbps, 9.6 Kbps ou 19.2 Kbps).

A configuração é mestre – escravo (Master-Slave), com uma unidade mestre e até 16 escravos, o diagnóstico das unidades escravos realiza-se através da unidade de controle mestre, a qual neste caso passa a realizar a função de tradutor.

Quando nos referimos a unidades de controle escravos, referimo-nos a unidades em que na maioria dos casos são atuadores ou sensores.

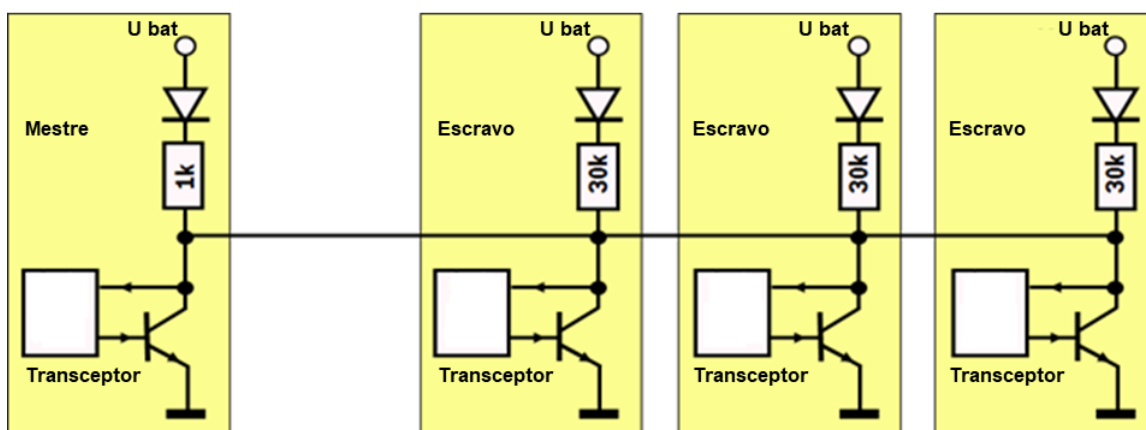
Figura 36: Topologia mestre/escravo da rede LIN



Fonte: Robert Bosch

A LIN Bus opera com dados em mono canal (bidirecional). A tensão da LIN deve ser próxima a tensão da bateria no bit recessivo, isso devido aos resistores “Pull-Up” (ex.; Mestre 1K Ω) e próximo a 0V no bit dominante (Ex.; ECU escravas 30K Ω).

Figura 37: Controle bidirecional da rede LIN



Fonte: Robert Bosch





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Formato da mensagem da rede LIN

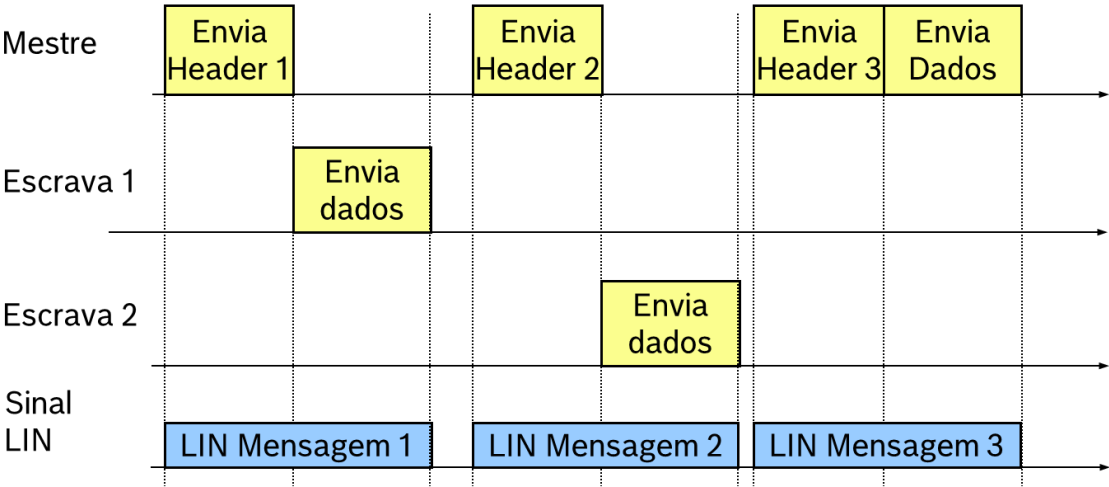
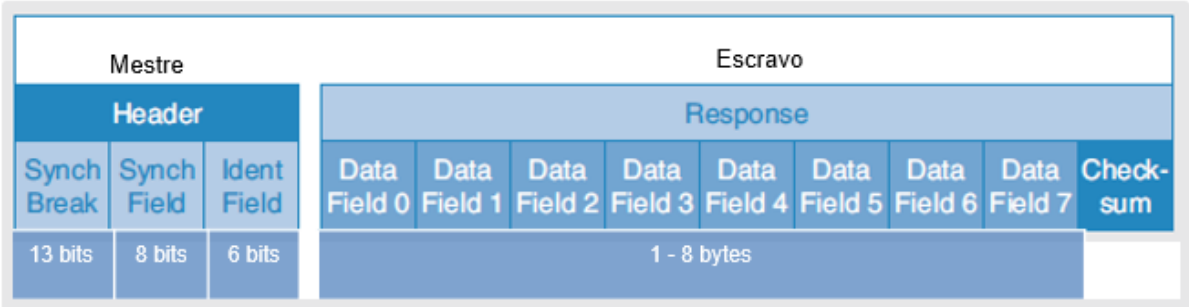
O início de um quadro é indicado pela pausa de sincronização (“Synch-Break”), que consiste em 13 bits consecutivamente seguido de níveis dominantes e um nível recessivo.

O campo de sincronização (“SynchField”) consiste na sequência de bits 01010101, os escravos tem a opção de se adaptar à base de tempo do mestre e assim se sincronizarem.

O Identificador fornece as informações sobre o conteúdo de uma mensagem (por exemplo, RPM do Motor). Com base nessas informações, todos os nós conectados a esse barramento decidem se a mensagem deve ser recebida, processada ou ignorada.

Após a transmissão do cabeçalho enviado pelos nós-mestres, a transmissão de dados real começa. A partir do cabeçalho transmitido, os escravos reconhecem se foram endereçados e consequentemente enviam a resposta no campo de dados.

Figura 38: Estrutura do quadro de mensagem da rede LIN



Fonte: Robert Bosch





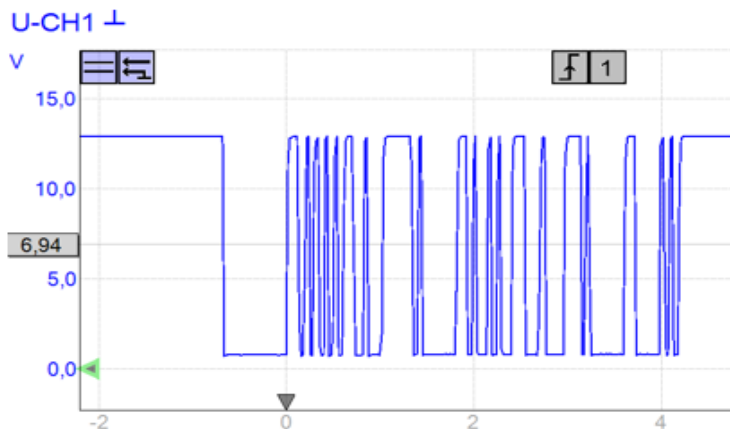
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Análise do sinal de comunicação LIN

O sinal da rede LIN deve ser checado utilizando um osciloscópio automotivo, o ajuste do tempo deve ser feito de acordo com a taxa de transmissão, geralmente se utiliza a faixa entre 10 ... 20 ms.

Caso uma unidade escrava esteja avariada o sinal de linha continuará “vivo”, porém mais curta (apenas o cabeçalho do mestre). As outras unidades da linha irão manter a operacionalidade e, em falhas devido a curto de linha ou falha da unidade mestre todo o barramento ficará inoperante.

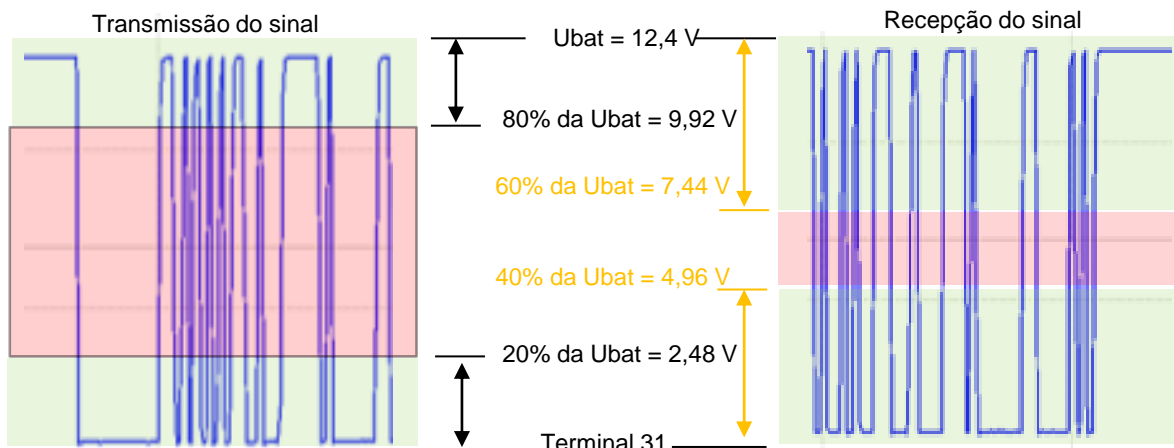
Figura 39: Sinal de comunicação da rede LIN



Fonte: Robert Bosch

A tensão do emissor deve estar no mínimo em 80% da tensão da bateria em bit recessivo e a tensão no bit dominante deve estar no máximo 20% da tensão da bateria. A tensão do receptor deve estar no mínimo em 60% da tensão da bateria em bit recessivo e a tensão no bit dominante deve estar no máximo 40% da tensão da bateria.

Figura 40: Limites da tensão elétrica da rede LIN



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Protocolo de comunicação SAE J1850

Os padrões SAE J1850 são usados dentro e fora das redes de bordo veicular. Isto é, uma arquitetura aberta, nível único, baixo custo e protocolo sem unidade mestre (unidirecional).

O protocolo SAE J1850 pode ser implementado por dois métodos:

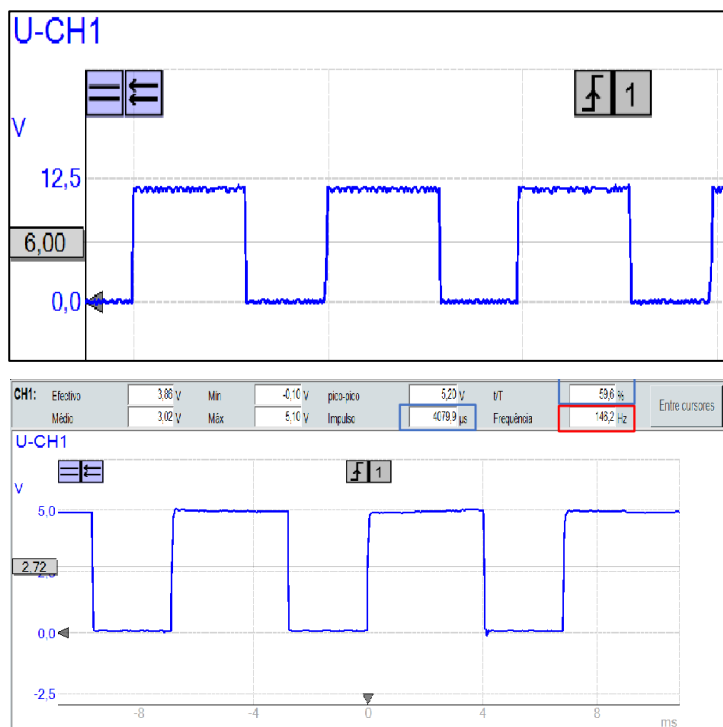
- Primeiro, por modulação da largura de pulso (PWM) com taxa de sinal de 41,6 kbps;
- Segundo, por largura de pulso variável (VPW) com taxa de sinal de 10,4 kbps.

Esse tipo de protocolo SAE J1850 pode ser usado para compartilhamento de dados e diagnóstico em veículos.

A modulação VPW é um esquema de codificação que foi desenvolvido pela General Motors, onde a tensão alta é o bit dominante e baixa recessivo (uma transição por bit transmitido). O diagnóstico por J1850 na tomada de diagnóstico foi rapidamente substituída por um protocolo CAN mono canal (ex.; linha Chevrolet).

Obviamente o PWM e VPW tomaram seu papel com grande importância como meio de comunicação entre unidades básicas (ex.: ECU carroceria, iluminação, bomba de combustível, ECU do motor e sensores). E claramente utilizado o PWM para o conceito de ativação de atuadores sob controle de demanda.

Figura 41: Sinal do protocolo de comunicação SAE J1850



PWM (Pulse Width Modulation)

Modulação por Largura de Pulso

- Tempo do impulso variável (us, ms e s).
- Tempo do ciclo constante (Hz fixa).

VPW (Variable Pulse Width)

Largura de Pulso Variável

- Tempo do impulso variável (us, ms e s).
- Tempo do ciclo variável (Hz dinâmico).

Fonte: Robert Bosch



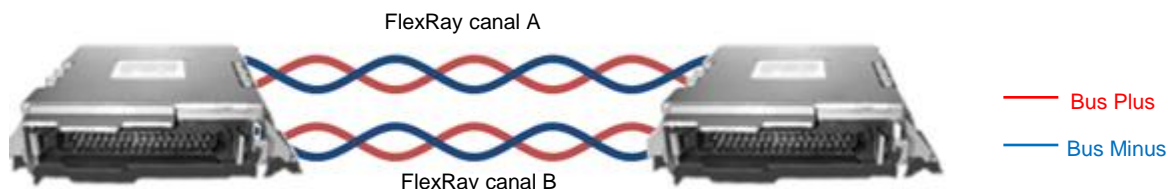
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Comunicação por protocolo FlexRay

A FlexRay opera usando uma taxa de transmissão de no máximo 10 Mbps em um ambiente com boas condições. Durante o uso de dois canais não redundantes, os dados podem ser transmitidos a uma taxa de até 20 Mbps.

A transmissão em modo de canal duplo é realizada através da utilização de um par trançado, com e sem malha de proteção. Sendo assim cada barramento é composto por dois fios, os quais são designados de “Bus-Plus” (BP) e “Bus-Minus (BM).

Figura 42: Barramento de par trançado da FlexRay

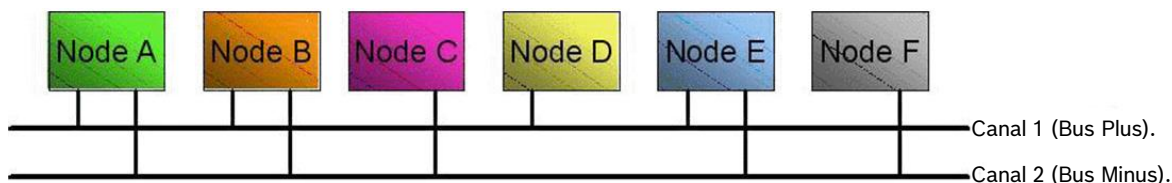


Fonte: Robert Bosch

Em um sistema com barramento de um (1) par de fios, ou seja, de dois canais (Plus e Minus), as ECUs podem estar interconectadas ao canal 1 ou ao canal 2 (single) ou a ambos os canais (double). É possível que diferentes topologias possam ser aplicadas a ambos os canais e no mesmo barramento (Bus).

Note que na figura abaixo que a unidade (Node = Nó) “C” e “F” estão conectados a Bus Minus, enquanto que a “D” está ao barramento Plus. Os outros *Nodes* estão conectados nos dois fios da Bus (Plus e Minus).

Figura 43: Estrutura de conexões das unidades ao barramento da FlexRay



Fonte: Robert Bosch

No barramento da Flexray as linhas da bus são fechadas com resistências de 80 - 110 Ω , afim de prevenir picos de tensão. Os fios são dispostos em par trançado e com um comprimento máximo de até 24 metros entre as unidades, este valor diminui com o aumento de unidades no barramento.



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Sinal do protocolo de comunicação FlexRay

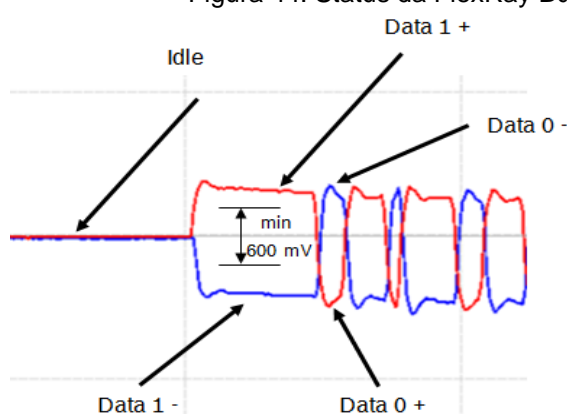
A identificação do “status” da Bus ocorre através da medição da tensão diferencial entre data 1+ e data 1 – (entre Plus e Minus) e normalmente é de 1V.

Na rede FlexRay existem 3 tipos de estado lógico:

1. Ocioso: A tensão na Bus Plus e Minus é de aproximadamente 2,5V.
2. Dominante (Data 1): A tensão na Bus Plus é aprox. 3,1V e Minus de aprox. 1,8 V (marcado pelo primeiro impulso elétrico do sinal).
3. Recessivo (Data 0): A tensão na Bus Plus é aprox. 1,8V e Minus de aprox. 3,1 V.

Note que a inversão da tensão entre Bus Plus e Minus é bit recessivo.

Figura 44: Status da FlexRay Bus Plus e Minus

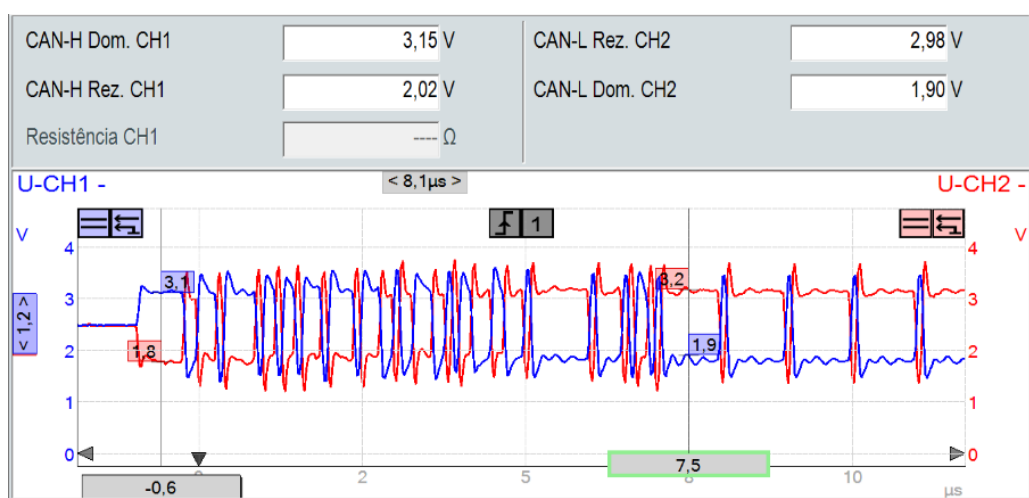


Observação: A diferença de tensão mínima desejável é de 600 mV (entre Plus e Minus).

Fonte: Robert Bosch

Abaixo, uma imagem com o sinal da rede Flexray, note que a comunicação se inicia com a tensão em 2,5 Volts e logo depois há uma diferença de potencial de 1 V a 1,3 V.

Figura 45: Sinal da rede FlexRay



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

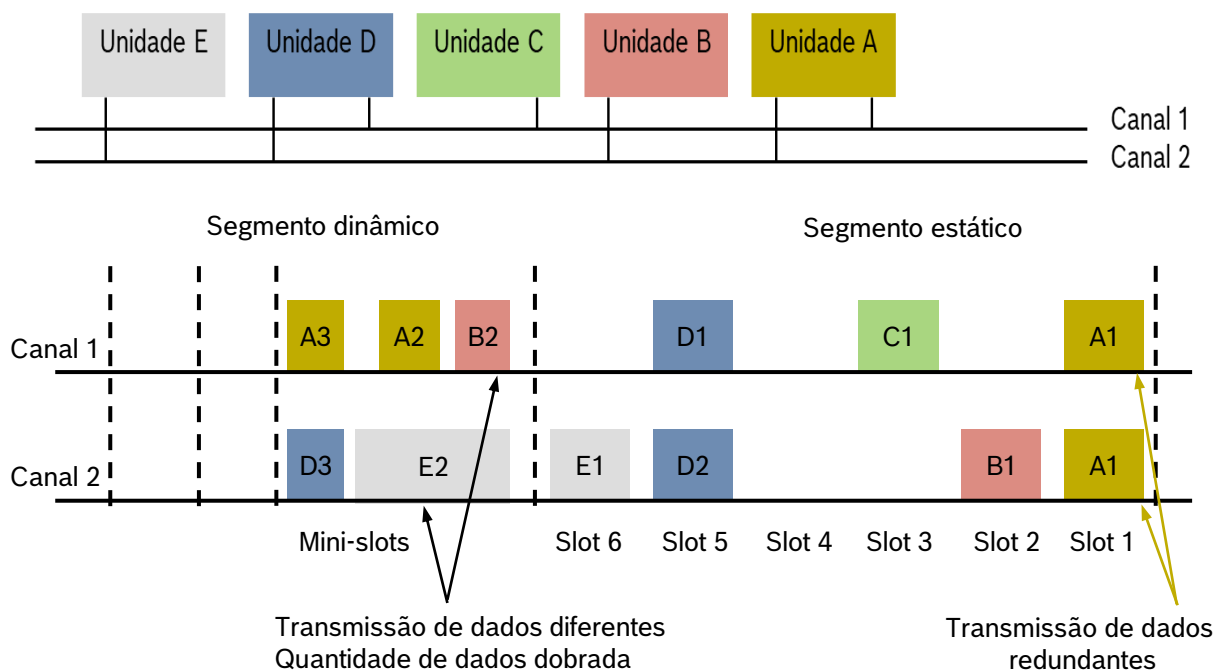
Time Division Multiple Access - FlexRay

O acesso “**M**últiplo por **D**ivisão de **T**empo” (TDMA) é um sistema digital que trabalha dividindo um canal em até oito intervalos e cada unidade ocupa um espaço de tempo específico na transmissão, o que impede problemas de interferência ou colisões.

Cada unidade tem um tempo determinado mediante a um “clock” definido entre as unidades para transmitir sua informação. Esse primeiro modo de comunicação é definido em “slots” estáticos.

Se uma unidade não transmitir a sua informação, o tempo e o “slot” não é ocupado por outra unidade, e caso houver alguma necessidade de transmitir uma informação de extrema prioridade ou de maior comprimento, a informação é direcionada aos mini “slots” dinâmicos (funciona por ordem de prioridade da mensagem semelhante a rede CAN).

Figura 46: Transmissão da mensagem por TDMA



Fonte: Robert Bosch



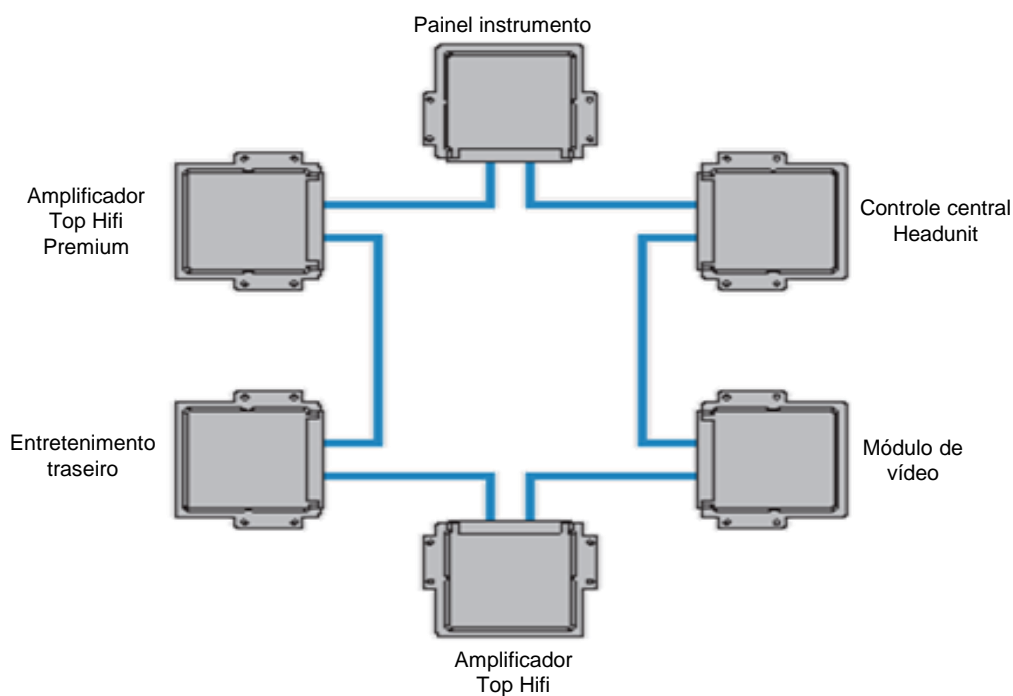
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Comunicação por rede Most

Para redes de comunicações de multimídia é normalmente usada a rede MOST (Media Oriented Systems Transport). A rede MOST foi introduzida em 1997 pela Oasis Silicon Systems AG e suporta tráfego por interrupções programadas e interrupções por eventos. A comunicação ocorre a uma taxa de transmissão de 24.8 Mbps (Most 25), 50 Mbps (Most 50) ou 150 Mbps (Most 150). Aplicações típicas da rede MOST, são as interligações de aplicação de vídeo, sistemas de navegação GPS, subwoofer, multimídia, telefone, rádio, CD player e etc.

A MOST-Bus é organizada em uma estrutura de anel, na qual cada dispositivo é vinculado ao seu predecessor, bem como sucessor no anel. Através da entrada ou saída correspondente, um dispositivo definido atua como "Timing Master" e gera os quadros de dados necessários para a transmissão, para que outros dispositivos se sincronizam.

Figura 47 – Exemplo da topologia de rede Most BMW X6 F16



Fonte – Robert Bosch

Dentro da estrutura da rede Most da figura acima, a unidade de controle central (headunit) assume a função de mestre do barramento.

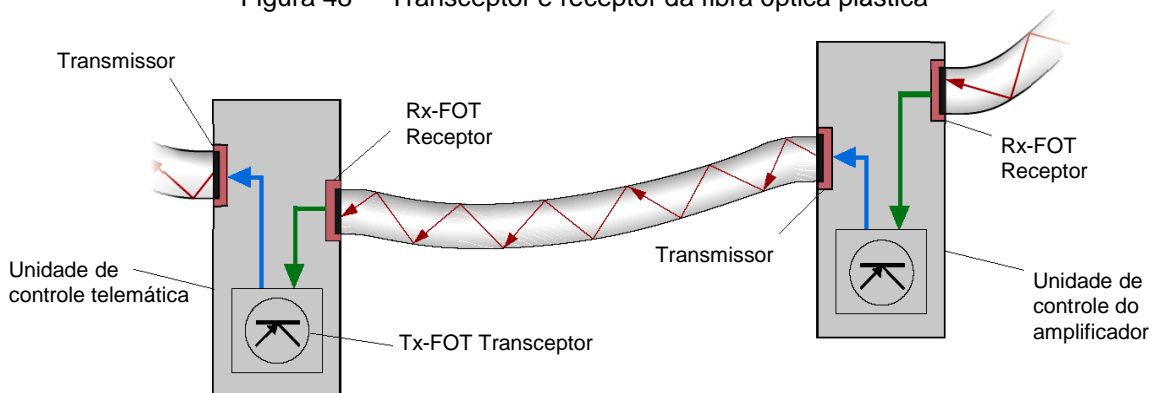
Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Análise da rede de fibra óptica plástica

A MOST-Bus foi originalmente definido para a transmissão óptica usando fibras óticas de polímeros (Plastic Optical Fiber, POF).

O sinal óptico usado tem um comprimento de onda de 650 nm (na faixa de comprimento de onda vermelha), designado no lado do remetente como Tx-FOT (FOT = Transceptor de Fibra Óptica), é gerado por um LED. No lado do receptor, Rx-FOT, o sinal óptico é reconvertido em um sinal elétrico usando um foto diodo PIN.

Figura 48 – Transceptor e receptor da fibra óptica plástica



Fonte – Robert Bosch

Cada unidade possui dois cabos de comunicação de fibra óptica plástica, feitas com núcleos de **polimetilmetacrilato**, ou PMMA, e envolvidas por um polímero baseado em fluoreto de carbono. Essa construção permite maior flexibilidade na montagem em veículos, porém curvaturas com raio menor que 25mm pode prejudicar a propagação do feixe de luz.

Em caso de falha no cabo ou em uma unidade, apenas o sinal do transmissor (1 dos cabos) não existirá, para o teste um cabo de fibra em forma de loop pode ser utilizado.

Figura 49 – Exemplo da topologia de rede Most BMW X6 F16



BMW61136906535

Fiber Optic Loop by-pass BMW e VAG

Jaguar JLR-418-673 MOST REPAIR KIT

Informações - fonte: http://bmwfans.info/parts-catalog/E66/Europe/745Li-N62/browse/vehicle_electrical_system/repair_parts_optical_fibre_cable



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Formato da mensagem da rede SENT

Os dados primários do quadro de mensagem SENT (Single Edge Nibble Transmission) são normalmente transmitidos e chamados de “canais rápidos”, com a opção de enviar simultaneamente dados secundários. Abaixo há um exemplo de dois canais de 12 bits, com pulso de sincronização obrigatório de 56 ticks (ex.; medição do tempo 168 us por 56 ticks = 3 us = correto.)

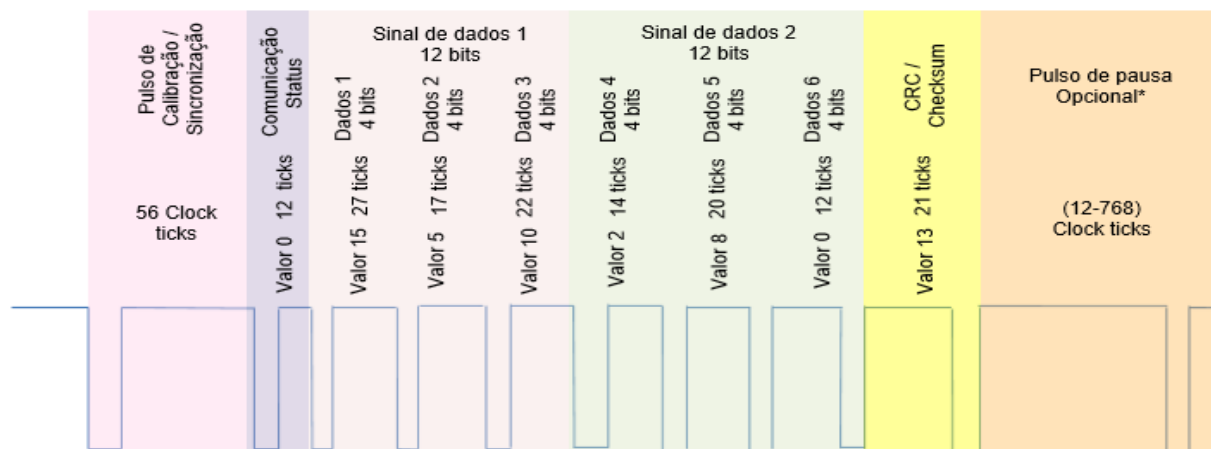
A unidade básica de tempo para SENT é um “tick” ($3\mu\text{S} < \text{clock tick} < 90\mu\text{S}$).

A unidade de dados mínima é um “nibble” (unidade de 4 bits).

Um impulso (nibble) comunica 4 bits de dados codificados no sincronismo de pulso, combinado de um período inicial baixo de largura fixa e, seguido por um período alto de largura variável.

Um pulso de sincronização / calibração sempre inicia um quadro de mensagens e geralmente termina com um bit nulo de CRC / “checksum” e um pulso de pausa opcional.

Figura 50 – Exemplo do quadro de mensagem da rede SENT



Fonte – Robert Bosch

Valor de dados: Relaciona ao número de ticks (ex. valor = 0, 12 ticks).

Pulso de Sincronização / Calibração: Sequência inicial usada pelo receptor para medir a temporização da transmissão do sensor.

Nibble de status / comunicação: Este “nibble” comunica o status e / ou bits de dados de canal lentos, dependendo do formato SENT.

CRC / Checksum: usado para verificação de erros.

Pulso de pausa opcional: pulso de pausa variável, que pode ser usado para manter uma contagem uniforme.





Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

Protocolo de comunicação SENT

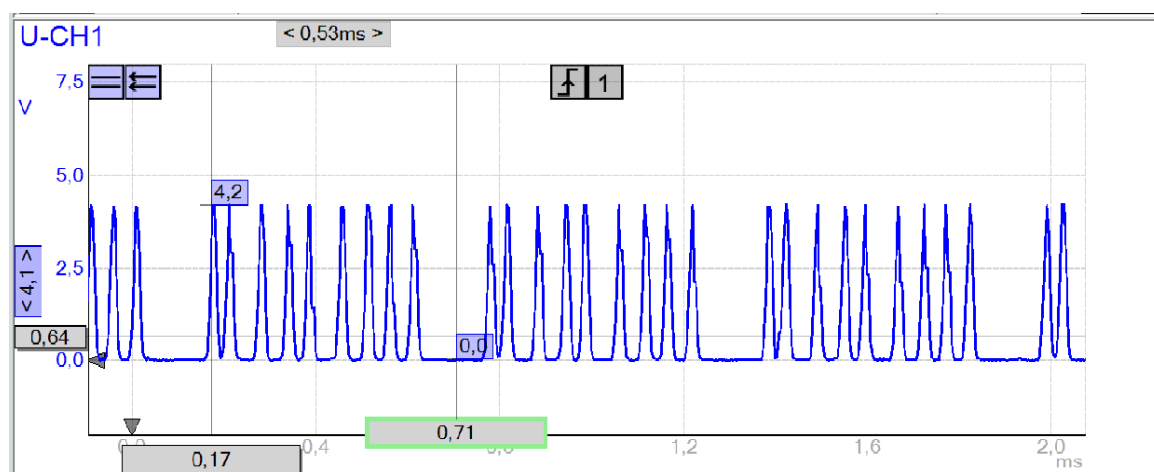
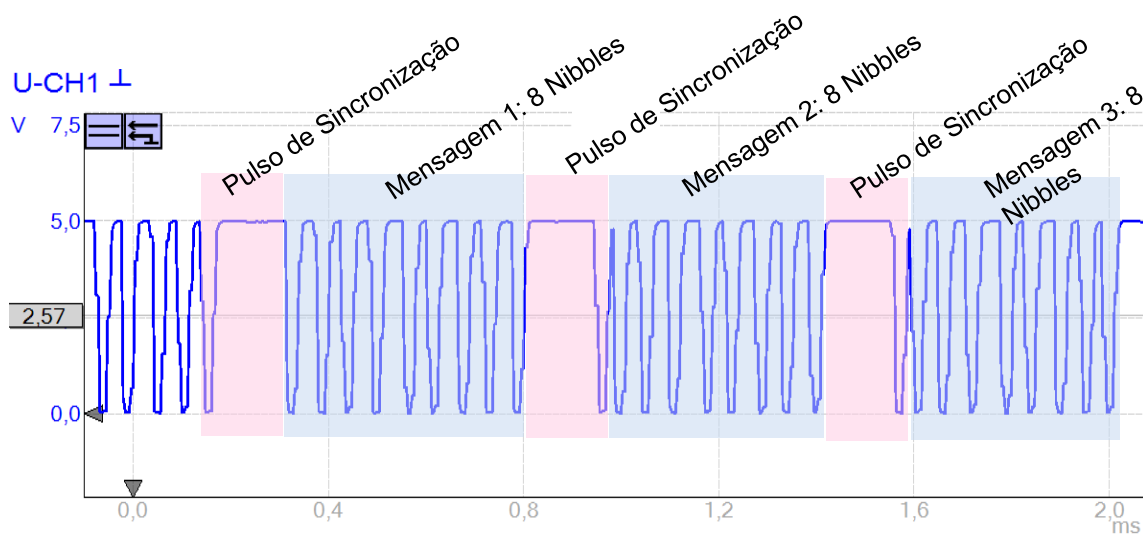
O protocolo SAE J2716 SENT (Single Edge Nibble Transmission) é um esquema ponto-a-ponto, para transmitir valores de sinal de um sensor para um controlador. Destina-se a permitir a transmissão de dados de alta resolução com um baixo custo do sistema.

O protocolo SENT foi especificado para os fabricantes americanos de automóveis, sob a liderança da General Motors.

A transmissão usando o protocolo SENT é digital e relativamente não crítica contra sinais de interferência, a razão para isto é porque o conteúdo da informação está na borda do sinal (borda única) .

Aplicação: Medidor de massa de ar, sensor de pressão do coletor de admissão, sensor de pressão de combustível, corpo de borboleta e transdutor de pressão AC.

Figura 51 – Análise do sinal de comunicação da rede SENT



Fonte – Robert Bosch



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

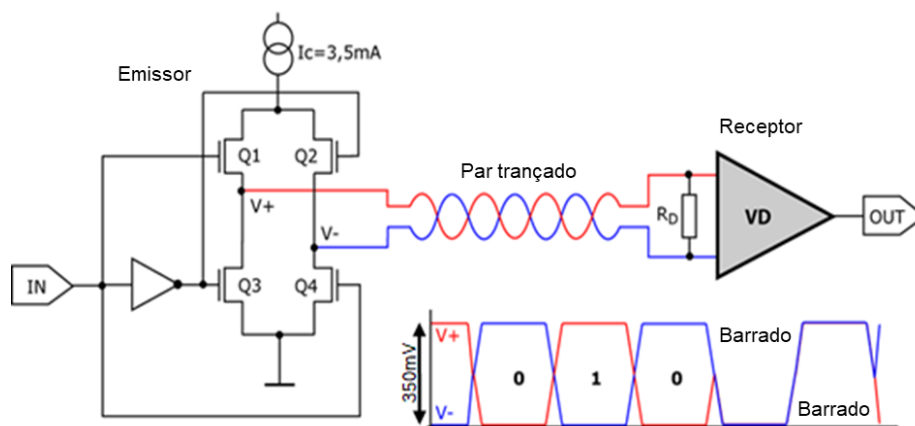
Sinalização diferencial de baixa tensão LVDS

O termo em inglês “Low Voltage Differential Signalling” envolve um padrão de interface para transmissão de dados em alta velocidade. No caso de altas taxas de dados uma redução no nível do sinal é inevitável.

O LVDS opera em uma oscilação de tensão de 350 mV e a transmissão de sinal diferencial significa que, duas linhas são usadas e a diferença nas tensões é decisiva para o “status” lógico.

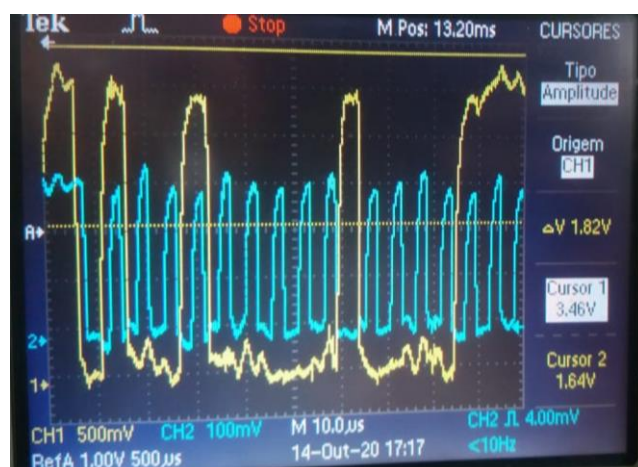
Um típico circuito LVDS (emissor-receptor), como mostrado na figura abaixo, pode transmitir até mais de 3Gbit/s com muito consumo. É usado um circuito de ponte que é acionado usando um fluxo de dados serial, dependendo do nível lógico, Q1 e Q4 ou Q2 e Q3 se alteram em nível lógico de transmissão. Uma fonte de corrente constante tipicamente de $I_c = 3.5\text{mA}$ alimenta a linha de transmissão e a tensão diferencial V^+ / V^- diminui sobre a resistência de terminação R_D (100Ω a 120Ω).

Figura 52 - Circuito teórico do barramento da rede LVDS



Fonte – Robert Bosch

Figura 53 - Sinal do LVDS câmera vídeo BMW i3



Fonte – Robert Bosch



Diagnóstico de Sistemas de Redes de Bordo

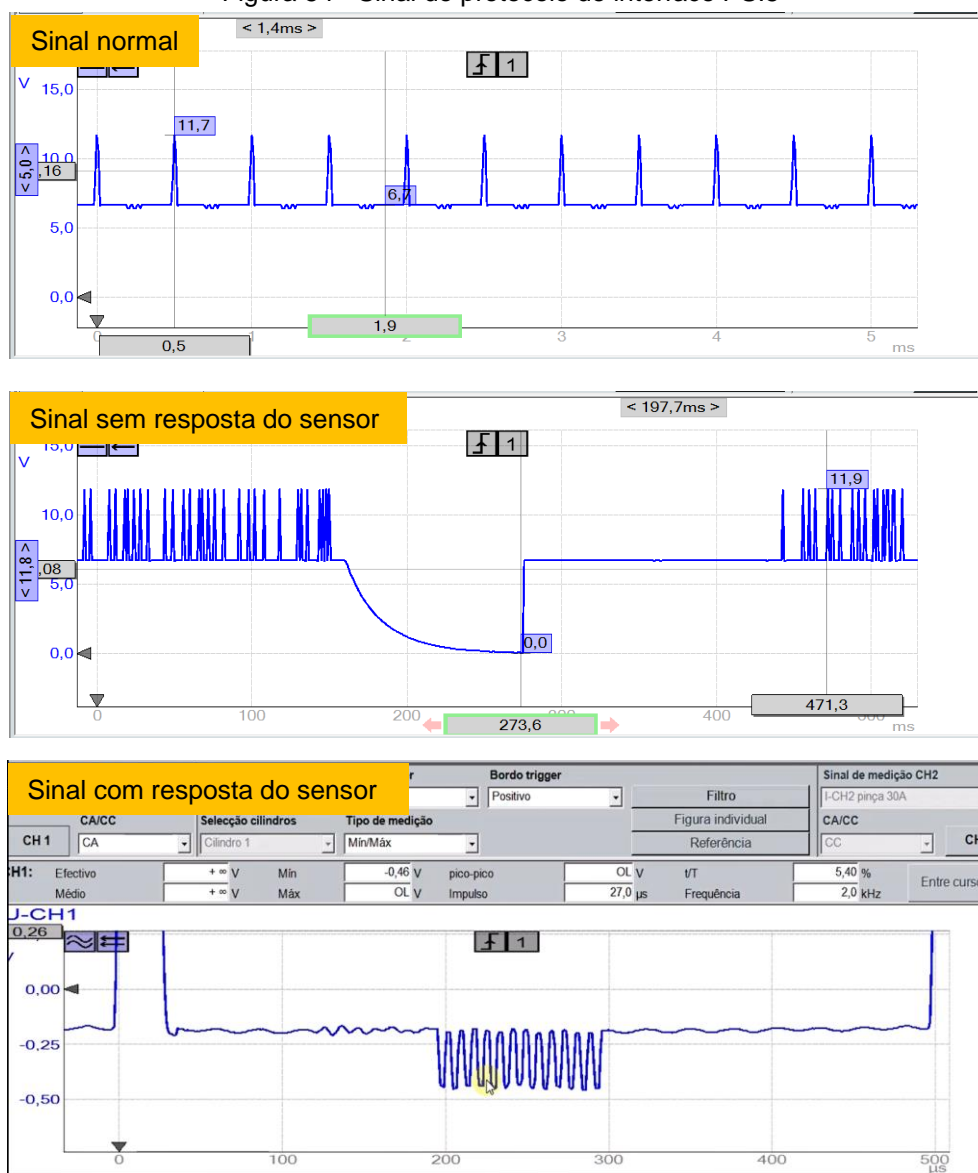
Interface do sensor periférico PSI5

O PSI5 (Peripheral Sensor Interface) foi criado com o âmbito do desenvolvimento de uma interface robusta entre sensores e unidades de controle elétrico (ECU) para aplicações de airbag.

PSI5 conecta sensores ou atuadores a uma unidade de controle com base em 2 fios de par trançado. O cabo serve tanto para alimentação dos sensores ou atuadores e para comunicação de dados.

A ECU transmite os chamados “pulsos sincronizados” por modulação da tensão (125 .. 189 Kbps) e o sensor ou atuador responde dentro de intervalos de tempo predefinidos com dados modulados em baixa corrente.

Figura 54 - Sinal do protocolo de interface PSI5



Fonte – Robert Bosch



*Queremos fazer parte da SUA
carreira profissional!*

Evo Automotiva



Robert Bosch Ltda.

Centro de Treinamento Automotivo

Rodovia Anhanguera Km 98

Campinas-SP

Telefone (19) 2103-1419

E-mail treinamento.automotivo@br.bosch.com

Site www.boschtreinamentoautomotivo.com.br



BOSCH
Tecnologia para a vida

