

V Seminário sobre a Eletro- Eletrônica Aplicada à Mobilidade

DIAGNOSE VEICULAR

São Paulo, 27 de junho de 2003

PATROCÍNIO

DAIMLERCHRYSLER **DELPHI**

APOIO



COORDENAÇÃO GERAL

Helcio Onusic – DaimlerChrysler / IFUSP
Silvio Palácios – DaimlerChrysler

COLABORAÇÃO

DaimlerChrysler
General Motors
Philips
PST / Stoneridge
SiemensVDO
UNIP
Volkswagen

ÍNDICE

TRABALHOS

- *DEFINIÇÃO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DE DIAGNOSE, CAN E TIPOS DE DIAGNOSE*
- *PRINCIPAIS PADRÕES E NORMAS DISPONÍVEIS*
- *APLICAÇÕES DA DIAGNOSE NO FINAL DE LINHA DE PRODUÇÃO - EOL*
- *A DIAGNOSE AUXILIANDO O MOTORISTA – ON-BOARD / OBD*
- *DIAGNOSE PARA VEÍCULOS EM CAMPO*
- *PERSPECTIVAS FUTURAS*

AUTORES

- Alexandre Guimarães (General Motors)
- Ângelo Indelicato F^o (PST / Stoneridge)
- Carlos Augusto da Silva (General Motors)
- Cássio Enrico Campos (Volkswagen)
- Cirilo de Paula Silva (DaimlerChrysler)
- Fábio Brazile (Philips)
- Sergio Andreatini (SiemensVDO / UNIP)
- Silvio Palácios (DaimlerChrysler)

DEFINIÇÃO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DE DIAGNOSE, CAN E TIPOS DE DIAGNOSE CONCEITUAÇÃO BÁSICA

Alexandre de A. Guimarães, MSc
General Motors do Brasil Ltda

RESUMO

A utilização da Eletrônica Embarcada em veículos automotivos tem crescido exponencialmente. Diante deste cenário, procuramos separar algumas informações fundamentais sobre os conceitos envolvidos. Este artigo define a chamada Eletrônica Embarcada e explica os principais tipos de Arquiteturas Eletro-Eletrônicas existentes. São abordadas as vantagens e desvantagens de cada tipo de arquitetura e são fornecidos exemplos que auxiliam o entendimento de cada conceito envolvido. Além disso, o protocolo CAN Bus é explicado, assim como alguns aspectos relacionados a sua implementação. O termo Diagnose também é explorado.

1. ELETRÔNICA EMBARCADA EM AUTOMÓVEIS

Antes de explorarmos as mais variadas alternativas tecnológicas para arquiteturas elétricas, devemos ter em mente o que significa a expressão “Eletrônica Embarcada”. **Eletrônica Embarcada** representa todo e qualquer sistema eletro-eletrônico montado em uma aplicação móvel, seja ela um automóvel, um navio ou um avião.

Há muitos anos, a indústria automotiva tem feito uso de sistemas eletro-eletrônicos no controle das várias funções existentes em automóveis de passeio e comerciais.

Observamos nos veículos atualmente comercializados, que boa parte destes sistemas de controle foi desenvolvida de forma independente, no sentido que cada um é responsável por um determinado tipo de função no veículo.

Em contra-partida, o real domínio sobre os diversos dados eletrônicos disponíveis em um automóvel é mais facilmente conseguido através da utilização de sistemas eletro-eletrônicos interligados, cada qual responsável por uma parte do veículo, mas compartilhando informações entre si.

Sistemas desenvolvidos dentro deste contexto têm sido disponibilizados pelos mais variados fornecedores de componentes automotivos e empresas montadoras de veículos, dando a impressão ao motorista e passageiros de que o controle do automóvel é totalmente integrado, muitas vezes deixando a sensação de existência de uma única unidade de controle inteligente – uma espécie de cérebro.

A figura 1 mostra a relação entre algumas informações disponíveis em um automóvel e algumas funções afetadas por elas.

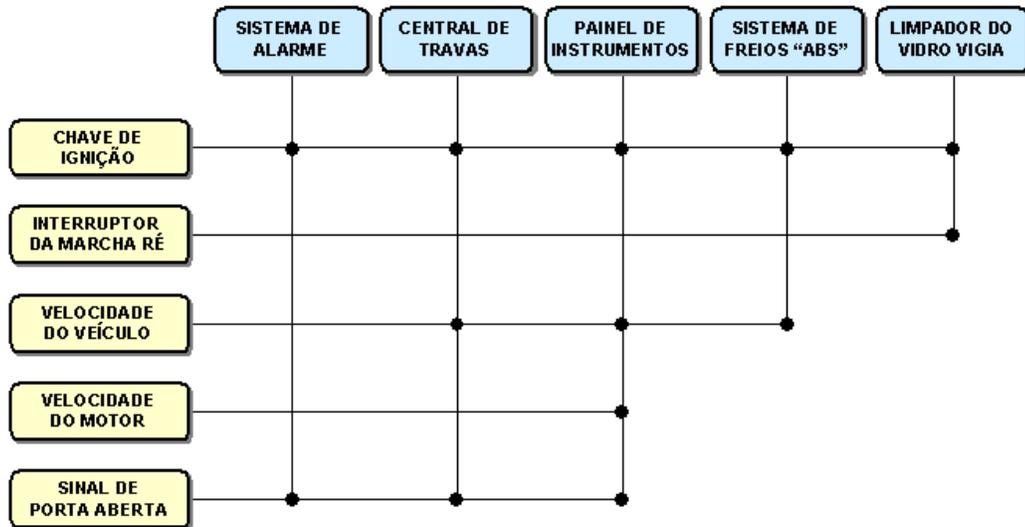


Figura 1

Perceba que, enquanto o sinal da Chave de Ignição é importante no funcionamento dos cinco sistemas apresentados, o sinal de Velocidade do Motor importa apenas ao Painel de instrumentos.

2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS À ARQUITETURA ELÉTRICA

As formas como os diversos sistemas de controle são implementados e interconectados em uma aplicação embarcada são chamadas de **Arquiteturas Eletro-Eletrônicas** (ou simplesmente **Arquiteturas Elétricas**).

No setor automotivo, dentre os diversos conceitos de arquitetura elétrica atualmente utilizados, podemos destacar dois: **Arquitetura Centralizada** e **Arquitetura Distribuída**.

2.1. Arquitetura Centralizada

Quando analisamos determinadas aplicações, encontramos uma única ECU responsável por receber todos os sinais de entrada (como os sensores e chaves de comando), processá-los e comandar as respectivas saídas de controle do sistema (como as válvulas e relés). **O que é uma ECU ?**

ECU é a abreviação de Unidade Eletrônica de Controle (*Electronic Control Unit*) e, fisicamente, nada mais é que um módulo eletrônico responsável por realizar um determinado controle. No caso da Arquitetura Centralizada, uma única ECU é responsável por todo o tipo de controle existente no sistema.

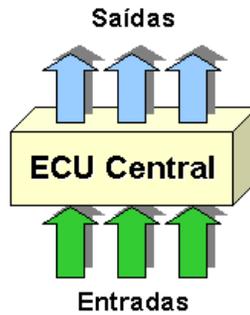


Figura 2

O diagrama esquemático que representa este conceito de arquitetura é apresentado na Figura 2.

Dentro da chamada “ECU Central” são encontrados Hardware e Software que permitem a leitura das entradas, seu processamento e a atuação das saídas.

Como vantagens desta arquitetura podemos destacar:

- Simplicidade do Hardware utilizado na implementação do sistema, sendo constituído basicamente pelos sensores e atuadores, uma ECU para o devido controle do sistema e, obviamente, o cabeamento que os conecta.
- Todos os dados de entrada estarão disponíveis à ECU durante toda a operação do sistema, não sendo crítica a lógica de varredura e coleta de informações de cada um dos sensores existentes.

Como desvantagens podemos destacar:

- Grande quantidade de cabeamento requerido para conectar os sensores e atuadores à ECU, especialmente em grandes aplicações, o que dificulta a manufatura do veículo e a sua eventual manutenção.
- Limitação das possibilidades de expansão do sistema, uma vez que qualquer alteração na ECU significará a modificação de seu Hardware e/ou Software e, eventualmente, na condição de trabalho das funções originais do sistema.

2.2. Arquitetura Distribuída

Existe a possibilidade de se utilizar, em um mesmo sistema de controle, várias ECU's interligadas, dividindo entre elas a execução das diversas funções existentes no veículo.

O diagrama esquemático que representa este conceito de arquitetura é apresentado na Figura 3.

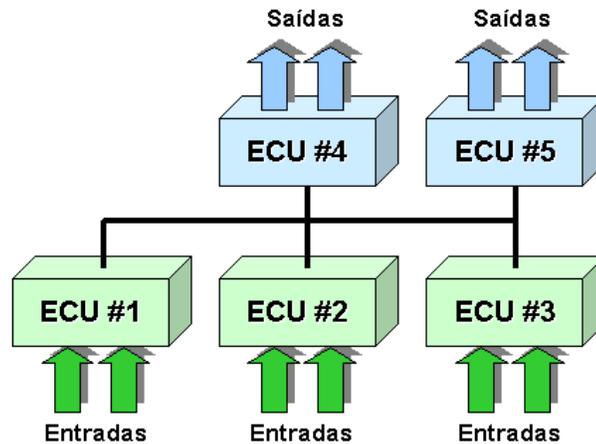


Figura 3

As ECU's 1, 2 e 3 são responsáveis pela leitura direta das entradas do sistema, enquanto que as ECU's 4 e 5 são responsáveis pelo comando das saídas. Além disso, no diagrama apresentado, qualquer uma das ECU's, dependendo das funções existentes neste sistema de controle, poderá participar do processamento dos dados e da atuação das saídas.

Como vantagens desta arquitetura podemos destacar:

- Quantidade reduzida de cabeamento do sistema, uma vez que, tendo várias ECU's disponíveis, poderemos instalá-las bem próximas aos sensores e atuadores, reduzindo o cabeamento mais pesado da implementação, formado basicamente por pares e pares de fios utilizados na conexão das entradas e saídas nas ECU's.
- Menor tempo de manufatura do veículo (exatamente pela menor quantidade de cabeamento necessário).
- Maior robustez do sistema de controle, por termos reduzido as possibilidades de quebra de um dos circuitos ou o aparecimento de mal contato em determinado conector (novamente pela menor quantidade de cabeamento necessário).
- Permite a ampliação do sistema com significativa facilidade, garantindo que alterações em uma determinada função do veículo, impactem somente em uma ou em parte das ECU's.
- Facilita a criação do software de aplicação de cada ECU, uma vez que possibilita a sua modularização e distribuição de responsabilidades entre elas.
- Possibilita a modularização do projeto do sistema e da execução dos testes de validação, aumentando a confiabilidade da implementação e reduzindo os prazos envolvidos no desenvolvimento.

Como desvantagens podemos destacar:

- Obriga a utilização de um meio de comunicação entre as ECU's, meio este comumente chamado de **Protocolo de Comunicação**.
- Implica na existência de um software de controle para a rede de comunicação que interliga as ECU's, cuja dificuldade de desenvolvimento depende diretamente da escolha do protocolo de comunicação.
- Dificil determinação da taxa de transmissão ideal para uma dada aplicação, o que impacta diretamente nos tempos internos do software de controle e na escolha dos componentes eletrônicos a serem utilizados no projeto das ECU's.

Explicadas as vantagens e desvantagens fundamentais dos dois conceitos de arquitetura normalmente utilizados, devemos acrescentar que a decisão de escolha de uma delas para uma dada aplicação móvel, depende da ponderação de diversos fatores. Dentre eles podemos destacar:

- A complexidade do sistema a ser controlado (quantidade de variáveis de entrada e saída e o tamanho físico do sistema).
- A disponibilidade dos componentes eletrônicos requeridos à montagem das ECU's e à medição e atuação no sistema.
- A robustez, mecânica (como às vibrações) e elétrica (como às interferências eletromagnéticas), requerida pelo sistema a ser controlado.
- O tempo necessário à implantação da arquitetura (projeto, construção de protótipos e validação).
- O custo desejado do sistema final (limitações inerentes ao orçamento).

O relacionamento entre os fatores anteriormente colocados, considerando-se uma determinada aplicação móvel, é que determinará o conceito de arquitetura mais apropriado ao sistema a ser controlado. Tal desafio é enfrentado quase que diariamente pelas empresas montadoras de veículos.

Uma das maiores dificuldades da engenharia de produtos de uma montadora é determinar a arquitetura elétrica de um novo modelo; garantindo o mínimo de funções desejadas pelos futuros clientes, dentro dos limites de custo de projeto e produto final determinados pela empresa.

Normalmente, os produtos têm seu desenvolvimento iniciado com três ou quatro anos de antecedência ao seu lançamento, o que dificulta ainda mais a tomada de decisão sobre qual seria a melhor solução de engenharia para determinado projeto. Tal trabalho precisa relacionar as visões de Engenharia Avançada (tecnologia), Marketing Estratégico (mercado) e Político-Econômica (orçamento) da região à que se destina o novo produto.

De todo modo, a Figura 4 ilustra a tendência da relação entre a responsabilidade de cada ECU de um determinado sistema de controle e a complexidade deste sistema como um todo, nessas duas alternativas – Centralizada e Distribuída.

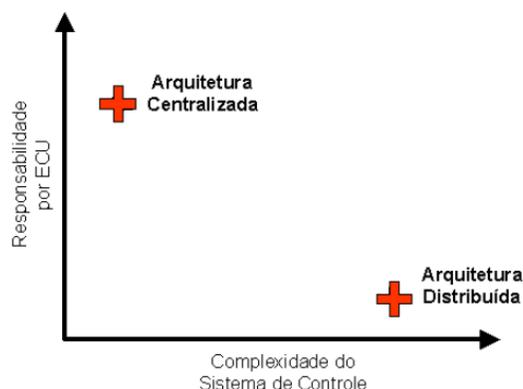


Figura 4

Analisando friamente cada um dos conceitos de arquitetura apresentados, não só do ponto de vista da evolução tecnológica, mas também das possibilidades futuras de expansão de funções com o mínimo de alteração no sistema de controle do veículo como um todo, podemos considerar a Arquitetura Distribuída a mais interessante.

Diante deste posicionamento, faz-se necessária a utilização de um protocolo de comunicação que permita a interconexão das ECU's e a troca dos dados pertinentes a cada uma das funções controladas pelo sistema. Nesta linha de raciocínio, dentre os diversos protocolos de comunicação existentes, os de **comunicação serial** mostram-se tecnicamente mais adequados e, mais adiante, dentro desta classe de protocolos, o **CAN (Controller Area Network)** tem grande destaque.

3. EXEMPLOS DE SISTEMAS EXISTENTES

Após definirmos as arquiteturas normalmente utilizadas em veículos automotores, nada como colocar um exemplo prático de cada uma delas para fiquem claras suas diferenças principais.

A figura 5 mostra um veículo cuja Arquitetura Elétrica é fundamentada no conceito Centralizado. Perceba que são ilustrados, além de dois sistemas de controle (o de Iluminação Externa e o Levantador Elétrico dos Vidros), quatro módulos principais: O ECM (Módulo de Controle do Motor); o Rádio; o IPC (Instrumentos do Painel) e o BCM (Módulo de Controle da Carroçaria).

Neste exemplo, o BCM recebe, de forma discreta, os sinais de entrada (interruptores de comando) dos respectivos sistemas e, após trabalhar internamente com estas informações, atua, também de forma discreta, nas saídas (lâmpadas e motores elétricos). O BCM centraliza o controle destes sistemas, sendo totalmente independente dos demais módulos existentes no veículo.

Da mesma forma, o ECM, o Rádio e o IPC, recebem seus sinais de entrada, processam cada um deles e atuam sobre as respectivas saídas. Como exemplo, o ECM recebe, dentre vários sinais, a Posição do Pedal do Acelerador, atuando em seguida na Borboleta, alterando sua posição. O Rádio, recebe o sinal da Chave de Ignição, atuando no controle Liga / Desliga do sistema. Já o IPC, recebe o sinal de Velocidade do veículo e atua no Ponteiro de Indicação da Velocidade.

Para realizar os controles dentro deste conceito de arquitetura, note que nenhum protocolo de comunicação é necessário. Basta que as ECU's possuam portas de Entrada e Saída discretas e um algoritmo interno de controle, muitas vezes de concepção simples.

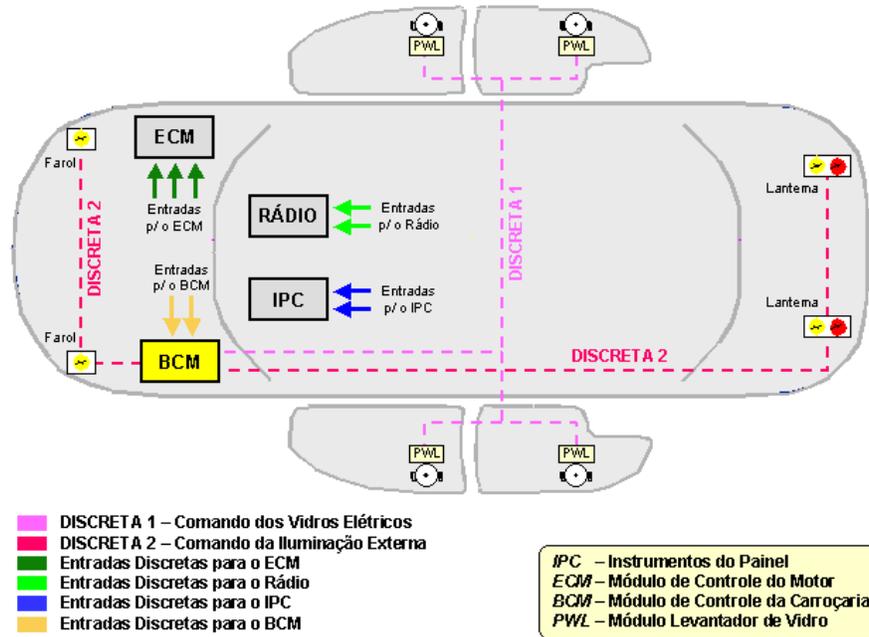


Figura 5

A figura 6 mostra um veículo cuja Arquitetura Elétrica é fundamentada no conceito Distribuído. Perceba que são ilustrados neste exemplo, os mesmos módulos considerados na ilustração anterior. Entretanto, neste caso, as ECU's estão interconectadas por três **Redes de Comunicação de Dados** diferentes:

REDE 1: Responsável pela troca de dados entre o ECM e o BCM 1, esta rede trabalha com taxa de transmissão de dados de alta velocidade.

REDE 2: Responsável pela comunicação entre o Rádio e o IPC, esta rede trabalha com taxa de transmissão de dados de média velocidade.

REDE 3: Responsável pela interconexão dos BCM's 1 e 2 e o IPC, esta rede de comunicação de dados trabalha com taxa de transmissão de baixa velocidade.

Neste conceito de arquitetura, um sinal recebido por uma das ECU's poderá ser enviado, através das redes de comunicação, para qualquer uma das demais ECU's.

Como exemplo, o Sinal de Velocidade do Motor poderia ser medido pelo BCM 1 (por este estar mais próximo do Sensor da Roda Dianteira), colocado por este módulo nas redes 1 e 3, de onde seria coletado respectivamente pelo ECM e pelo IPC que, respectivamente, o utilizariam nos Cálculos do Sistema de Injeção e na Indicação da Rotação do Motor ao motorista.

Perceba que, com apenas uma medição, um determinado sinal pôde ser utilizado por duas ECU's distintas. Esta é uma das grandes vantagens de uma Arquitetura Distribuída – a **maximização da utilização dos dados disponíveis no veículo.**

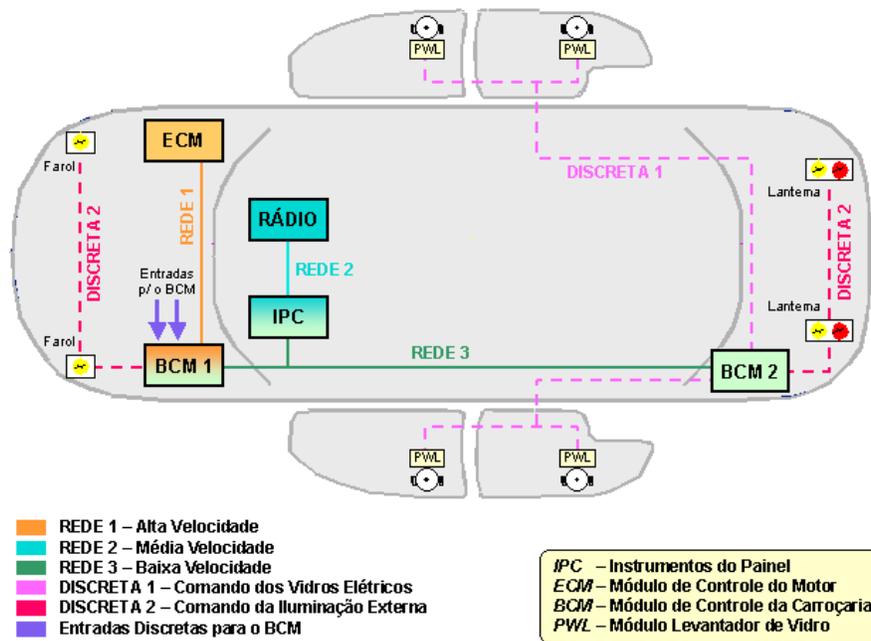


Figura 6

A pergunta que deve ser respondida agora é: **Como realizar a comunicação entre as ECU's ?**

Ou melhor: **Qual protocolo utilizar em aplicações automotivas, garantindo que todos os critérios de desempenho e segurança estejam presentes ?**

A resposta para esta pergunta é: **CAN Bus** (ou barramento CAN).

4. HISTÓRICO

O CAN Bus (ou Barramento *Controller Area Network*) foi desenvolvido pela empresa alemã Robert BOSCH e disponibilizado em meados dos anos 80. Sua aplicação inicial foi realizada em ônibus e caminhões. Atualmente, é utilizado na indústria, em veículos automotivos, navios e tratores, entre outros.

5. CONCEITUAÇÃO BÁSICA

O CAN é um **protocolo de comunicação serial síncrono**. O sincronismo entre os módulos conectados a rede é feito em relação ao início de cada mensagem lançada ao barramento (evento que ocorre em intervalos de tempo conhecidos e regulares).

Trabalha baseado no conceito **multi-mestre**, onde todos os módulos podem se tornar mestre em determinado momento e escravo em outro, além de suas mensagens serem enviadas em regime **multicast**, caracterizado pelo envio de toda e qualquer mensagem para todos os módulos existentes na rede.

Outro ponto forte deste protocolo é o fato de ser fundamentado no conceito **CSMA/CD with NDA** (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection with Non-Destructive Arbitration*). Isto significa que todos os módulos verificam o estado do barramento, analisando se outro módulo está ou não enviando mensagens com maior prioridade. Caso isto seja percebido, o módulo cuja mensagem tiver menor prioridade cessará sua transmissão e o de maior prioridade continuará enviando sua mensagem deste ponto, sem ter que reiniciá-la.

Outro conceito bastante interessante é o **NRZ** (*Non Return to Zero*), onde cada bit (0 ou 1) é transmitido por um valor de tensão específico e constante.

A **velocidade de transmissão dos dados** é inversamente proporcional ao comprimento do barramento. A maior taxa de transmissão especificada é de 1Mbps considerando-se um barramento de 40 metros. A Figura 7 representa a relação entre o comprimento da rede (barramento) e a taxa de transmissão dos dados.

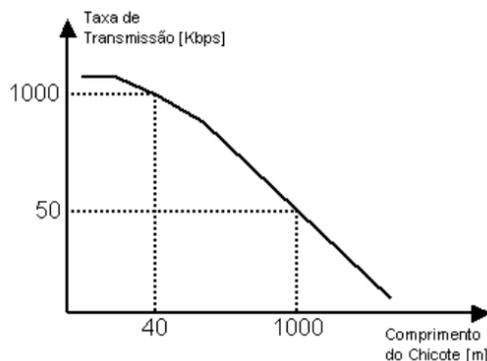


Figura 7

Considerando-se fios elétricos como o meio de transmissão dos dados, existem três formas de se constituir um barramento CAN, dependentes diretamente da quantidade de fios utilizada. Existem redes baseadas em 1, 2 e 4 fios. As redes com 2 e 4 fios trabalham com os sinais de dados **CAN_H** (**CAN High**) e **CAN_L** (**CAN Low**). No caso dos barramentos com 4 fios, além dos sinais de dados, um fio com o VCC (alimentação) e outro com o GND (referência) fazem parte do barramento, levando a alimentação às duas terminações ativas da rede. As redes com apenas 1 fio têm este, o fio de dados, chamado exclusivamente de linha CAN.

Considerando o CAN fundamentado em 2 e 4 fios, seus condutores elétricos devem ser trançados e não blindados. Os dados enviados através da rede devem ser interpretados pela análise da diferença de potencial entre os fios **CAN_H** e **CAN_L**. Por isso, o barramento CAN

é classificado como **Par Trançado Diferencial**. Este conceito atenua fortemente os efeitos causados por interferências eletro-magnéticas, uma vez que qualquer ação sobre um dos fios será sentida também pelo outro, causando flutuação em ambos os sinais para o mesmo sentido e com a mesma intensidade. Como o que vale para os módulos que recebem as mensagens é a diferença de potencial entre os condutores CAN_H e CAN_L (e esta permanecerá inalterada), a comunicação não é prejudicada.

No CAN, os dados não são representados por bits em nível “0” ou nível “1”. São representados por **bits Dominantes** e **bits Recessivos**, criados em função da condição presente nos fios CAN_H e CAN_L. A Figura 8 ilustra os níveis de tensão em uma rede CAN, assim como os bits Dominantes e Recessivos.

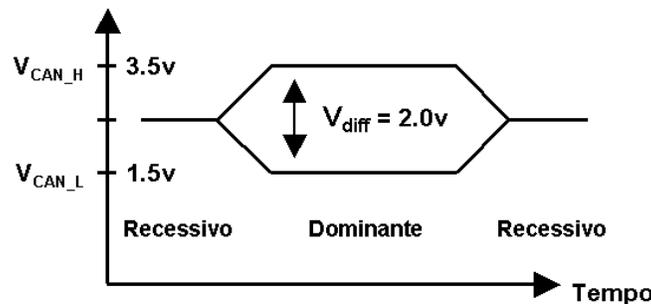


Figura 8

Como mencionado no início, todos os módulos podem ser mestre e enviar suas mensagens. Para tanto, o protocolo é suficientemente robusto para evitar a colisão entre mensagens, utilizando-se de uma **arbitragem bit a bit não destrutiva**. Podemos exemplificar esta situação, analisando o comportamento de dois módulos enviando, ao mesmo tempo, mensagens diferentes. Após enviar um bit, cada módulo analisa o barramento e verifica se outro módulo na rede o sobrescreveu (vale acrescentar que um bit Dominante sobrescreve eletricamente um Recessivo). Um módulo interromperá imediatamente sua transmissão, caso perceba que existe outro módulo transmitindo uma mensagem com prioridade maior (quando seu bit recessivo é sobrescrito por um dominante). Este módulo, com maior prioridade, continuará normalmente sua transmissão.

6. FORMATOS DAS MENSAGENS

Existem dois formatos de mensagens no protocolo CAN:

CAN 2.0A – *Mensagens com identificador de 11 bits*. É possível ter até 2048 mensagens em uma rede constituída sob este formato, o que pode caracterizar uma limitação em determinadas aplicações. A Figura 9 apresenta o quadro de mensagem do CAN 2.0A.

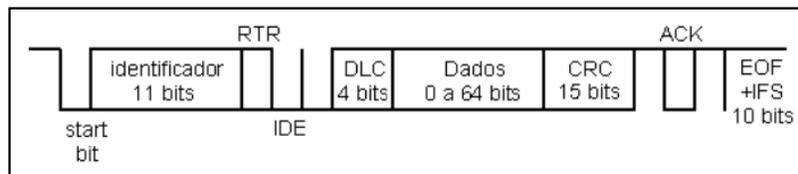


Figura 9

CAN 2.0B – *Mensagens com identificador de 29 bits*. É possível ter, aproximadamente, 537 milhões de mensagens em uma rede constituída sob este formato. Percebe-se que a limitação em virtude da quantidade de mensagens não mais existe. Por outro lado, o que pode ser observado em alguns casos é que, os 18 bits adicionais no identificador aumentam o tempo de transmissão de cada mensagem, o que pode caracterizar um problema em determinadas aplicações que trabalhem em tempo-real (problema conhecido como *overhead*). A Figura 10 apresenta o quadro de mensagem do formato CAN 2.0B.

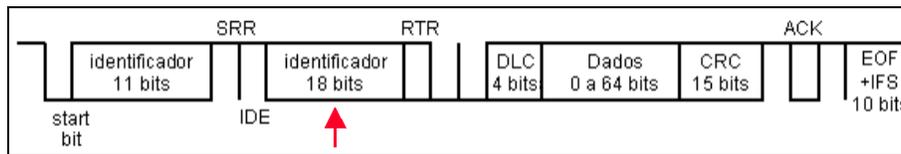


Figura 10

7. PADRÕES EXISTENTES

Os fundamentos do CAN são especificados por duas normas: a **ISO11898** e a **ISO11519-2**. A primeira, ISO11898, determina as características de uma rede trabalhando com alta velocidade de transmissão de dados (de 125Kbps a 1Mbps). A segunda, ISO11519-2, determina as características de uma rede trabalhando com baixa velocidade (de 10Kbps a 125Kbps).

Ambos os padrões especificam as camadas Física e de Dados, respectivamente 1 e 2 se considerado o padrão de comunicação OSI de 7 camadas (ISO7498). As demais camadas, da 3 à 7, são especificadas por outros padrões, cada qual relacionado a uma aplicação específica.

Existem diversos padrões fundamentados no CAN, dentre os quais podemos destacar:

- **NMEA 2000**: Baseado no CAN 2.0B e utilizado em aplicações navais e aéreas.
- **SAE J1939**: Baseado no CAN 2.0B e utilizado em aplicações automotivas, especialmente ônibus e caminhões.
- **DIN 9684 – LBS**: Baseado no CAN 2.0A e utilizado em aplicações agrícolas.
- **ISO 11783**: Baseado no CAN 2.0B e também utilizado em aplicações agrícolas.

Estes padrões especificam o equivalente às camadas de Rede (3), Transporte (4), Sessão (5), Apresentação (6) e Aplicação (7), do padrão OSI, incluindo-se as mensagens pertinentes ao dicionário de dados de cada aplicação em especial.

8. DETECÇÃO DE FALHAS

Algumas das maiores vantagens do CAN é a sua robustez e a capacidade de se adaptar às condições de falha, temporárias e/ou permanentes. Podemos classificar as falhas de uma rede CAN em três categorias ou níveis: Nível de Bit, Nível de Mensagem e Nível Físico.

Nível de Bit – Possui dois tipos de erro possíveis:

Bit Monitoring: Após a escrita de um bit dominante, o módulo transmissor verifica o estado do barramento. Se o bit lido for recessivo, significará que existe um erro no barramento.

Bit Stuffing: Apenas cinco bits consecutivos podem ter o mesmo valor (dominante ou recessivo). Caso seja necessário transmitir seqüencialmente seis ou mais bits de mesmo valor, o módulo transmissor inserirá, imediatamente após cada grupo de cinco bits consecutivos iguais, um bit de valor contrário. O módulo receptor ficará encarregado de, durante a leitura, retirar este bit, chamado de *Stuff Bit*. Caso uma mensagem seja recebida com pelo menos seis bits consecutivos iguais, algo de errado terá ocorrido no barramento.

Nível de Mensagem – São três os tipos de erro possíveis:

CRC ou Cyclic Redundancy Check: Funciona como um *checksum*. O módulo transmissor calcula um valor em função dos bits da mensagem e o transmite juntamente com ela. Os módulos receptores recalculam este CRC e verificam se este é igual ao transmitido com a mensagem.

Frame Check: Os módulos receptores analisam o conteúdo de alguns bits da mensagem recebida. Estes bits (seus valores) não mudam de mensagem para mensagem e são determinados pelo padrão CAN.

Acknowledgment Error Check: Os módulos receptores respondem a cada mensagem íntegra recebida, escrevendo um bit dominante no campo ACK de uma mensagem resposta que é enviada ao módulo transmissor. Caso esta mensagem resposta não seja recebida (pelo transmissor original da mensagem), significará que, ou a mensagem de dados transmitida estava corrompida, ou nenhum módulo a recebeu.

Toda e qualquer falha acima mencionada, quando detectada por um ou mais módulos receptores, fará com que estes coloquem uma mensagem de erro no barramento, avisando toda a rede de que aquela mensagem continha um erro e que o transmissor deverá reenviá-la.

Além disso, a cada mensagem erroneamente transmitida ou recebida, um contador de erros é incrementado em uma unidade nos módulos receptores, e em oito unidades no transmissor. Módulos com estes contadores iguais a zero são considerados Normais. Para os casos em que os contadores contêm valores entre 1 e 127, os módulos são considerados *Error Active*. Contadores contendo valores entre 128 e 255 colocam os módulos em condição de *Error Passive*. Finalmente, para contadores contendo valores superiores a 255, os módulos serão considerados em *Bus Off* e passarão a não mais atuar no barramento. Estes contadores

também são decrementados a medida que mensagens corretas são recebidas, o que reduz o grau de incerteza em relação a atividade dos módulos ora com contadores contendo valores diferentes de zero e possibilita novamente a plena participação deles no barramento.

Nível Físico – Para os barramentos com 2 e 4 fios, caso algo de errado venha a ocorrer com os fios de dados CAN_H e CAN_L, a rede continuará operando sob uma espécie de modo de segurança. Seguem abaixo algumas das condições de falha nas linhas de comunicação que permitem a continuidade das atividades da rede:

- Curto do CAN_H (ou CAN_L) para GND (ou VCC);
- Curto entre os fios de dados CAN_H e CAN_L;
- Ruptura do CAN_H (ou CAN_L);

9. ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO

9.1. DICIONÁRIO DE DADOS

É a parte mais dedicada à aplicação quando se trabalha com um protocolo como o CAN. O **Dicionário de Dados** (ou *Data Dictionary*) é o conjunto de mensagens que podem ser transmitidas naquela determinada rede.

A forma mais interessante de se organizar um dicionário de dados é criando uma matriz com todos os módulos da rede. Esta matriz mostrará cada mensagem sob a responsabilidade de cada módulo, relacionando quem a transmite e quem a recebe. Outros dados importantes nesta matriz são: o tempo de atualização dos valores da mensagem, o intervalo de transmissão da mesma e o valor relativo ao seu identificador. Além desta matriz, a documentação referente ao Dicionário de Dados deverá conter uma descrição detalhada de cada mensagem, bit a bit.

O Dicionário de Dados é implementado numa rede CAN via software e deverá ser o mesmo (ter a mesma versão de atualização, inclusive) em todos os módulos conectados à rede. Isto garantirá total compatibilidade entre os participantes do barramento.

9.2. EXEMPLO DE REDE

Uma rede CAN, dependendo da sua aplicação, poderá ter até centenas de módulos conectados. O valor máximo para a conexão de módulos em um barramento depende da norma que se utiliza na dada aplicação.

Toda rede CAN possui 2 **Terminadores**. Estes terminadores nada mais são que resistores com valores entre 120 e 124 ohms, conectados à rede para garantir a perfeita propagação dos sinais elétricos pelos fios da mesma. Estes resistores, um em cada ponta da rede, garantem a reflexão dos sinais no barramento e o correto funcionamento da rede CAN.

Outra característica de determinadas aplicações fundamentadas no CAN é que estas poderão ter duas ou mais sub-redes trabalhando, cada qual, em uma velocidade diferente. Os dados são transferidos de uma sub-rede para a outra através de módulos que atuam nas duas sub-redes. Estes módulos são chamados de *Gateways*.

A Figura 11 ilustra a rede CAN de um sistema automotivo, com duas sub-redes e dois terminadores. O *Gateway* desta aplicação é o Painel de Instrumentos.

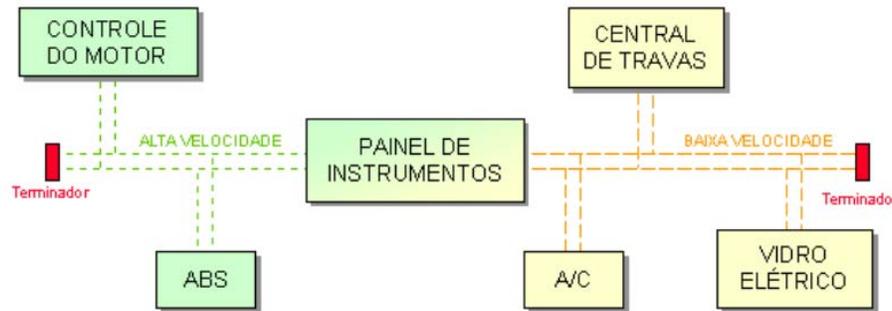


Figura 11

9.3. MONTAGEM DA REDE

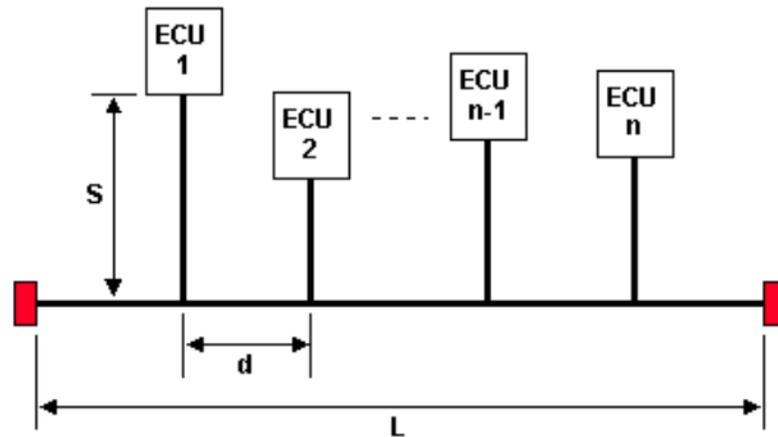
Barramento é o termo técnico que representa os condutores elétricos das linhas de comunicação e a forma como eles são montados. Apesar de parecer simples, o ato de interligar os módulos requer bastante atenção.

Sobre o cabeamento necessário, considerando-se uma aplicação CAN de dois fios, deve-se utilizar par trançado onde a secção transversal de cada um dos fios deve ser de no mínimo $0,35\text{mm}^2$.

As duas terminações (resistores de aproximadamente 120 ohms), do ponto de vista teórico, podem ser instaladas nas extremidades do chicote, diretamente nos fios de dados CAN_H e CAN_L. Do ponto de vista prático isto é extremamente complexo. O que deve ser feito é adicionar as terminações nas duas ECUs (Unidades Eletrônicas de Controle) conectadas aos extremos da rede. Se as ECUs forem montadas dependendo dos opcionais do veículo, deve-se procurar instalar as terminações nas ECUs que sempre estarão presentes nele (veículo). As terminações são mandatórias numa rede CAN.

No momento de se projetar o roteamento do barramento, algumas regras em relação ao comprimento dos chicotes devem ser observadas. O sincronismo das operações das ECUs no CAN é fundamentado no tempo de propagação física das mensagens no barramento. Assim, a relação do comprimento de determinados intervalos do chicote no barramento são fundamentais ao bom funcionamento da rede.

A Figura 12 mostra um diagrama que ilustra as medidas que devem ser observadas no desenvolvimento do chicote.



Onde: S (máximo comprimento da ramificação) = 0,3m
d (mínima distância entre ramificações) = 0,1m
L (máximo comprimento da rede a 1Mbps) = 40m

Obs: O valor da distância "d" deve ser aleatório.

Figura 12

Destacamos que, após o barramento ser montado, caso seja necessário qualquer retrabalho no mesmo, é aconselhável a troca do chicote elétrico danificado. Emendas poderão alterar a impedância característica da rede e com isso afetar o seu funcionamento.

Estas foram algumas informações técnicas de um dos protocolos de comunicação mais utilizados atualmente em aplicações embarcadas.

10. DIAGNOSE

O termo Diagnose (ou Diagnóstico) representa as funções ou ferramentas que permitem a verificação do funcionamento de cada módulo eletrônico existente em um veículo. Com o aumento da Eletrônica Embarcada, passa a ser mandatório o desenvolvimento de dispositivos que permitam o diagnóstico de falhas eventuais dos sistemas.

Considerando esta necessidade, podemos classificar as falhas em duas categorias: as possíveis de serem identificadas pelo motorista e as identificadas somente com o auxílio de ferramentas especiais. A primeira é chamada de *On-Board Diagnosis* (OBD) e é realizada através de avisos sonoros e lâmpadas específicas existentes no Painel de Instrumentos. A segunda pode ser chamada de *Off-Board Diagnosis* e é realizada pelos chamados *Testers*; dispositivos eletrônicos capazes de se comunicar com os módulos do veículo.

Um *Tester* pode ser um Notebook, um PC ou um dispositivo de formato similar ao de um coletor de dados. Conectando o Tester ao veículo, torna-se possível verificar o funcionamento de cada módulo e analisar sua lista de códigos de falhas, identificando problemas eventuais.

Ferramentas de diagnose são fundamentais durante o desenvolvimento de novos veículos e/ou sistemas eletrônicos, assim como durante a realização dos procedimentos de revisão e manutenção dos mesmos.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

GUIMARÃES, A.A.; SARAIVA, A.M. O Protocolo CAN: Entendendo e Implementando uma Rede de Comunicação Serial de Dados baseada no Barramento “Controller Area Network”. Artigo SAE 2002-01-3569, 2002. In: CONGRESSO SAE BRASIL 2002, 11., São Paulo, 2002.

GUIMARÃES, A.A.; SARAIVA, A.M. Uma Análise Comparativa entre os Protocolos de Comunicação para Máquinas Agrícolas com Impacto na Agricultura de Precisão. In: BALASTREIRE, L.A. (Org.) Avanços na Agricultura de Precisão no Brasil no período 1999-2001. ISBN 85-900627-1-6, 2001. p.317-23.

ALVARENGA, C. Multiplexing in Automobiles – An Application Example of the CAN Protocol. In: JURGEN, R. K. Multiplexing and Networking: Automotive Electronics Series. Nr. SAE PT-78, ISBN 0-7680-0472-1, 1999. p.503-514.

BRAGAZZA, B.D. (Org.) Treinamento BOSCH Modulo 6 – Controller Area Network (CAN). EAS31, Versão 3, 2000.

ALLISON, N. Rethinking Multiplex. Artigo SAE 941650, 1994. In: JURGEN, R. K. Multiplexing and Networking: Automotive Electronics Series. Nr. SAE PT-78, ISBN 0-7680-0472-1, 1999. p.3-11.

MIESTERFELD, F. The Next Generation Vehicle Architecture.. In: JURGEN, R. K. Multiplexing and Networking: Automotive Electronics Series. Nr. SAE PT-78, ISBN 0-7680-0472-1, 1999. p.645-652.

LINDGREN, M.; PERSSON, P. H. The Multiplexed Vehicle – A Maintenance Time Bomb !?. In: JURGEN, R. K. Multiplexing and Networking: Automotive Electronics Series. Nr. SAE PT-78, ISBN 0-7680-0472-1, 1999. p.99-107.

DIAGNOSE VEICULAR - PRINCIPAIS PADRÕES E NORMAS DISPONÍVEIS

Alexandre Guimarães¹, Angelo Indelicato Filho², Carlos Augusto da Silva¹, Cassio Enrico Campos³, Cirilo de Paula Silva⁴ e Silvio Palácios⁴

¹General Motors

²PST/Stoneridge

³Volkswagen

⁴DaimlerChrysler

RESUMO

Inicialmente as linhas de comunicação veicular usavam UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) genérico, o que era aceitável nos Estados Unidos porque as grandes Montadoras eram integradas verticalmente e não eram altamente dependentes de fornecedores externos. Porém, na Europa e agora crescendo no Estados Unidos, os fabricantes de veículos utilizam muitos fornecedores externos, e os protocolos proprietários apresentam muitas dificuldades aos fornecedores, que precisam de diversos sistemas especiais para se adequar aos diferentes protocolos. Protocolos padrões permitem que os módulos de diferentes fornecedores se conectem facilmente formando um tipo de arquitetura aberta. Uma arquitetura aberta permite testadores padronizados e permite que os fornecedores se beneficiem da economia de escala na produção em massa de dispositivos de protocolo padrão.

Neste artigo procuramos apresentar o conceito de protocolo, o modelo OSI, as principais arquiteturas de diagnóstico, e após listar os principais padrões e normas disponíveis, apresentar os protocolos mais usados para diagnose veicular: KWP 2000 e CAN.

INTRODUÇÃO

Um protocolo é definido como um grupo de regras ou convenções formuladas para controlar a troca de dados entre duas entidades desejando uma conexão. Protocolos são requeridos para definir a troca de informações entre um dispositivo usuário e uma rede. Os elementos básicos de um protocolo incluem formato de dados e níveis de sinal, coordenação e gerenciamento de erros das informações, e tempo.

Protocolos de comunicação são comumente definidos dentro do contexto de arquiteturas de rede de camadas, comumente baseada no modelo referência OSI (Open Systems Interconnection), que foi criado pela ISO (item 3) para facilitar o desenvolvimento de padrões abertos para a indústria de computadores, mas que também se aplica a indústria automobilística.

1. Modelo OSI

O modelo OSI é definido pela norma ISO 7498 e contém sete camadas:

Camada 1 – **Física**: Define as interfaces mecânicas e elétricas, e o meio de transmissão;

Camada 2 – **Enlace**: Define os métodos para certificação da integridade dos dados (correção de erros por exemplo);

Camada 3 – **Rede**: Define como os pacotes de dados são roteados da origem para o destino;

Camada 4 – **Transporte**: Define a organização dos dados passando de e para as camadas mais baixas. Envolve a quebra de mensagens longas em pacotes para transmissão;

Camada 5 – **Sessão**: Define o procedimento para equipamentos de comunicação diferentes a estabelecer diálogos;

Camada 6 – **Apresentação**: Define a sintaxe e a semântica das informações transmitidas;

Camada 7 – **Aplicação**: Define os procedimentos para troca de arquivos, métodos de acesso e gerenciamento de mensagens.

As sete camadas formam geralmente dois grupos distintos que suportam funcionalmente as comunicações abertas: camadas 1-4 definem o transporte de dados, e as camadas 5-7 definem o processamento de dados.

O modelo OSI não requer um protocolo específico para cada camada, se a funcionalidade de determinada camada não for necessária. Os conceitos importantes para o entendimento das camadas OSI são:

- Cada camada tem uma tarefa única e específica;
- Uma camada somente tem conhecimento das camadas imediatamente adjacentes;
- Uma camada usa os serviços da camada abaixo;
- Uma camada tem funções e provê serviços para a camada acima;
- O serviço de uma camada é independente da implementação.

A principal vantagem do modelo em camadas é, portanto, que os engenheiros das indústrias automobilística podem se concentrar na aplicação, evitando os detalhes dos protocolos de baixo nível.

2. Arquiteturas de Veículos – Comunicação Básica e de Diagnóstico

Existem várias arquiteturas elétricas possíveis, porém se faz necessário distinguir o barramento básico, que é definido pela comunicação entre os módulos eletrônicos, e o barramento de diagnóstico, que por sua vez é definido pela comunicação entre os módulos eletrônicos e o equipamento testador de diagnóstico.

A seguir são apresentadas as cinco configurações possíveis, com um simples exemplo de cada:

2.1. Protocolo Único

Conforme mostra a figura 1, existe um único barramento de comunicação, que é usado para a comunicação básica e de diagnóstico. No exemplo foi usado um protocolo CAN, que pode ser alguma implementação da SAE J1850 (item 3.3). Neste caso o barramento deve estar balanceado para ter ligado um testador de diagnóstico. Caso exista algum módulo eletrônico independente dos outros, ele necessitará da comunicação CAN somente para diagnóstico.

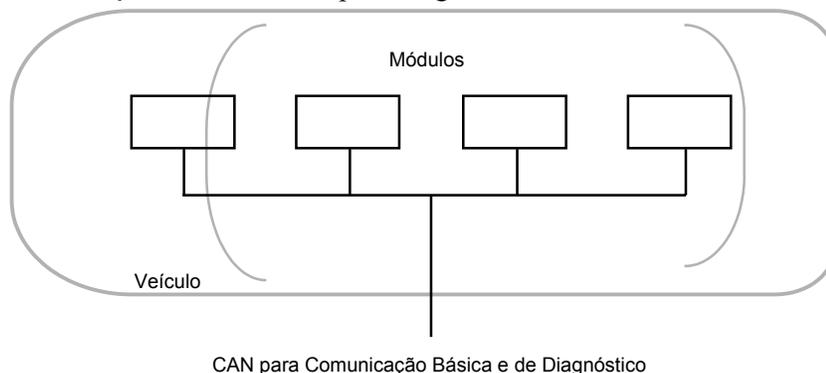


FIGURA 1 – ARQUITETURA COM PROTOCOLO ÚNICO

2.2. Protocolos Separados para Comunicação Básica e de Diagnóstico

No exemplo mostrado na figura 2, o CAN pode ser usado na comunicação básica, e o KWP 2000 para a comunicação de diagnóstico. Conforme mostrado, todos os módulos estão em ambos barramentos, apesar de alguns poderem estar em somente um.

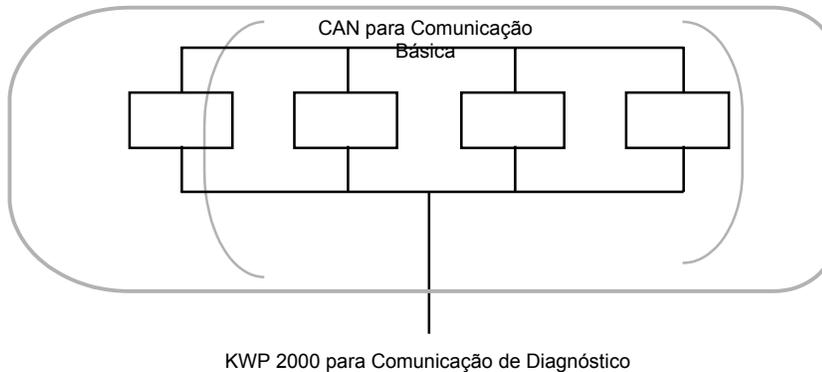


FIGURA 2 – ARQUITETURA COM PROTOCOLOS SEPARADOS PARA COMUNICAÇÃO BÁSICA E DE DIAGNÓSTICO

2.3. Protocolo de Diagnóstico Específico Mais Acesso ao Barramento do Veículo

Conforme mostrado na figura 3, o KWP 2000 é usado para algumas das comunicações de diagnóstico, mas acesso direto também é dado ao barramento de comunicação básica. Como no exemplo anterior, todos os módulos são mostrados conectados a ambos barramentos, mas na prática isso é pouco comum. A interface KWP 2000 pode ser o acesso “público”, enquanto a interface CAN é reservada pelo fabricante do veículo para motivos específicos, ou para ocasiões onde a largura de banda do KWP 2000 é insuficiente. Essa configuração pode ser usada também em casos de transição, onde alguns módulos eram capazes de se comunicar via CAN e outros não, ou então como uma solução para o caso onde alguns módulos não necessitam de acesso ao barramento de comunicação básico.

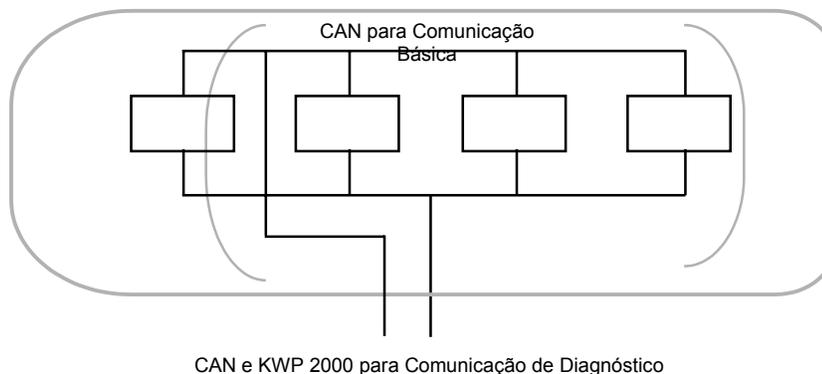


FIGURA 3 – ARQUITETURA COM PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO MAIS ACESSO AO BARRAMENTO DO VEÍCULO

2.4. Acesso ao Barramento do Veículo via Gateway

Conforme mostrado na figura 4, nem todos os módulos são conectados diretamente ao testador de diagnóstico. Nesse exemplo o fabricante do veículo não deseja dar acesso direto ao barramento básico, e não deseja acrescentar a cada módulo o custo de uma camada física de comunicação de diagnóstico. Variações do exemplo pode ser o acesso a vários barramentos do veículo via um único Gateway, acesso via

vários *Gateways* ou então vários *Gateways* em série. O benefício desse tipo de arquitetura é a proteção dada ao barramento básico do veículo, tanto física como pelo tráfego sendo controlado através do *Gateway*. As desvantagens são o gargalo potencial no *Gateway* e sua sobrecarga para atender todas as comunicações durante as operações e também mudanças potenciais requeridas sempre que um módulo ligado a ele é modificado.

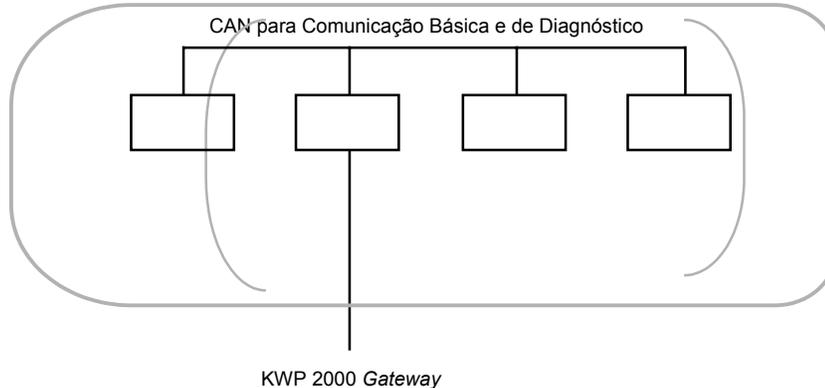


FIGURA 4 – ARQUITETURA COM ACESSO AO BARRAMENTO DO VEÍCULO VIA GATEWAY

3. Principais Órgãos Desenvolvedores de Normas

As indústrias automobilísticas e várias organizações de padronizações industriais vêm trabalhando por muitos anos para desenvolver padrões para protocolos de diagnose veicular.

As duas principais organizações são a ISO (International Organization for Standardization) e SAE (Society of Automotive Engineers), ambas com representantes das grandes montadoras em seus comitês técnicos.

A ISO, apesar de ser uma federação mundial, é adotada principalmente na Europa, enquanto a SAE é adotada principalmente nos Estados Unidos. No Brasil ambas são utilizadas, devido às nossas influências tanto européias como americanas na indústria automobilística.

Pode haver, porém, várias relações entre normas ISO e normas SAE. Abaixo as principais normas usadas na Diagnose Veicular (figura 5), além da ISO 9141 vista em detalhes nos itens 5, 6 e 7:

ISO	SAE
11519	J1708
11898	J1850
14229	J1939
14230	J1979
15765	J2284

FIGURA 5 – PRINCIPAIS NORMAS ISO E SAE

3.1. ISO 11519

Especifica as camadas de enlace e física para aplicações em veículos terrestres equipados com CAN de baixa velocidade (até 125 kbit/s). Descreve a arquitetura geral CAN definidos no modelo ISO-OSI conforme ISO 7498.

3.2. ISO 11898

Define as características técnicas para CAN de alta velocidade, ou seja, acima de 125kbits/s até 1Mbits/s. Descreve a arquitetura geral CAN definidos no modelo ISO-

OSI conforme ISO 7498. As camadas de enlace e física são especificadas conforme ISO 8802-2 e ISO 8802-3.

3.3. ISO 14229

Define os requerimentos comuns aos serviços de diagnósticos os quais contemplam a conexão do equipamento de diagnose as ECU's (exemplo: sistemas de injeção de combustível, câmbio automático, ABS, etc), conectados no "serial data link" acoplado ao veículo.

3.4. ISO 14230

Sistemas de diagnóstico KWP2000. Descreve a camada física baseado na ISO 9141, nos quais estão implementados os serviços de diagnósticos. Suas características são viáveis para veículos alimentados com 12V e 24V.

3.5. ISO 15765

Define requerimentos básicos para sistemas de diagnósticos em veículos implementados com CAN especificados pela ISO 11898.

3.6. SAE J1708

Define a implementação de comunicação bidirecional e serial entre módulos eletrônicos microprocessados. Define também parâmetros do "serial link" relacionados ao software e hardware para aplicações em veículos comerciais, principalmente.

3.7. SAE J1850

Estabelece os requerimentos de interface para CAN Classe B (média velocidade, 10 kbit/s a 125 kbit/s) aplicáveis para veículos terrestres (todas as aplicações, inclusive off-road).

3.8. SAE J1939

O principal propósito é tornar viável uma interconexão aberta entre os sistemas eletrônicos, proporcionando arquiteturas padronizadas. É usado para veículos comerciais leves, médios, pesados, "on" e "off-road", assim como aplicações estacionárias. Aplicações possíveis também para trailers, equipamentos para construção civil e implementos agrícolas.

3.9. SAE J1979

Tecnicamente equivalente a ISO/DIS 15031. O principal objetivo é satisfazer as necessidades técnicas do sistema OBD (On-Board Diagnostics), regulamentados nos EUA e Europa, assim como para qualquer outra região que venha adotar requerimentos similares no futuro.

3.10. SAE J2284

Define a camada física e outras partes de modelos ISO para implementação de protocolos com 125 kbps - High Speed CAN.

4. **OBD II**

OBD II é uma norma para diagnóstico de veículos relacionada a emissões implementada em todos os veículos americanos produzidos após janeiro de 1996, e que contribuiu de certa forma para a padronização das normas utilizadas. O sistema OBD (On-Board Diagnostic) basicamente checa os códigos de falha armazenados nos módulos eletrônicos, e disponíveis através de uma porta de diagnóstico via um protocolo padrão. A Europa acaba de introduzir uma norma chamada EOBD, que é basicamente a mesma. Existe um conector padrão SAE J1962 (figura 6) que suporta basicamente três diferentes protocolos, SAE J1850, J2284 e ISO 9141-2, conforme a pinagem abaixo:

Pin 2 - J1850 Bus+
Pin 4 - Chassis Ground
Pin 5 - Signal Ground
Pin 6 - CAN High (J-2284)
Pin 7 - ISO 9141-2 K Line
Pin 10 - J1850 Bus
Pin 14 - CAN Low (J-2284)
Pin 15 - ISO 9141-2 L Line
Pin 16 - Battery Power

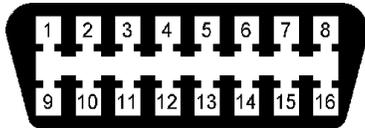


FIGURA 2 – CONECTOR SAE J1962

Nos Estados Unidos, geralmente os veículos GM usam a norma SAE J1850 VPW (Variable Pulse Width modulation), os produtos Chrysler e todos os Europeus e a maioria dos Asiáticos importados usam a norma ISO9141-2. A Ford usa a norma SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation).

5. Norma ISO 9141

Apresentamos aqui a ISO 9141, por ser a norma mais utilizada e referenciada por outras normas.

A norma internacional ISO 9141, especifica os requisitos para implementação da troca de informações entre módulos eletrônicos de veículos e testadores de diagnóstico. Essa comunicação é estabelecida para facilitar inspeção, diagnóstico de teste e ajustes em veículos, sistemas e módulos eletrônicos.

A seguir as principais especificações da ISO 9141 primeira parte.

5.1. Configurações Gerais

Os módulos eletrônicos devem ter uma (K) ou duas (K e L) linhas de comunicação para inspeção, teste e diagnose. A tensão da bateria do veículo assim como o terra para o testador de diagnóstico, devem ser providenciados ou pelo módulo eletrônico ou pelo veículo.

A linha K é definida como a linha que provê informação em uma forma digital serial do módulo eletrônico para o testador de diagnóstico. A linha K pode ser usada também bidirecionalmente, de tal forma que possa transmitir comandos ou dados do testador de diagnóstico para o módulo eletrônico. A linha K pode também ser usada para iniciar uma comunicação serial.

A linha L é definida como linha unidirecional do testador de diagnóstico para o módulo eletrônico. Quando ela existe, ela pode ser usada para inicializar a comunicação serial e/ou transmitir comandos e/ou dados.

Se as linha K ou L de dois ou mais módulos eletrônicos são conectadas juntas, o sistema resultante é chamado de barramento (figura 7). O projetista desse sistema deve se certificar de que a configuração é capaz de operar corretamente. Por exemplo, o dado de um módulo eletrônico não pode inicializar a comunicação serial de um outro módulo no barramento, e um sinal de inicialização não pode causar mais de um módulo respondendo simultaneamente.

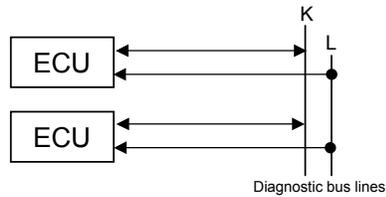
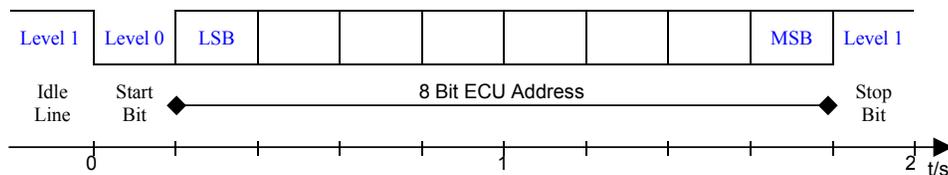


FIGURA 7 – LINHAS DE COMUNICAÇÃO ISO 9141

5.2. Inicialização do Módulo Eletrônico

Para os módulos eletrônicos que requerem inicialização para se comunicar com o testador de diagnóstico, essa inicialização pode ser feita por uma das seguintes formas:

- através de meios externos, não usando a linha K ou L. Por exemplo: interruptores, ou ligando a ignição do veículo;
- através de um sinal de inicialização de saída do testador de diagnóstico, que pode ser:
 - . um sinal lógico "0" de duração $1,8\text{ s} \pm 0,01\text{ s}$ nas linhas K e L simultaneamente, ou na linha K ou L; esse tempo é escolhido para distingui-lo da duração do sinal lógico "0" máximo do endereço de 5 baud e do período mínimo do aterramento do fio;
 - . um código de endereço de 5 baud que deve ser compreendido de uma palavra de um byte construída como a palavra chave (key word) em linhas K e L simultaneamente, ou na linha K ou L (figura 8);
- através de uma conexão aterrada aplicada às linhas K e/ou L por uma duração maior que 2s.



LSB = Least Significant Bit (Bit Menos Significante)
 MSB = Most Significant Bit (Bit Mais Significante)
 ECU = Electronic Control Unit (Módulo Eletrônico)

FIGURA 8 – ENDEREÇAMENTO COM 5 BAUD

5.3. Cabeçalho de Inicialização do Módulo Eletrônico

O testador de diagnóstico requer informação na forma de comunicação de diagnóstico subsequente com o módulo eletrônico inicializado. Essa informação é passada pelo primeiro grupo de dados seriais transmitidos pelo módulo eletrônico, e consiste em:

- um padrão de sincronização de taxa de transmissão (baud rate), o qual define a taxa das palavras chave subsequente; e
- pelo menos duas palavras chave que formam um código de identificador; esse código permite ao testador de diagnóstico recuperar os parâmetros de transmissão da inspeção subsequente, teste e dados de diagnóstico.

5.3.1. Padrão de Sincronização de Taxa de Transmissão

Antes da comunicação serial, a linha K deve estar no nível lógico "1" por:

- pelo menos 2 ms para aqueles módulos eletrônicos inicializados pelo aterramento da conexão de duração ≥ 2 s ou um nível lógico "0" de duração 1,8 s, e não conectado a uma linha bus; ou
- pelo menos 2 ms para aqueles módulos eletrônicos conectados a uma linha bus ou inicializado por uma palavra de endereçamento de 5 baud.

O nível lógico "1" deve então ser seguido por um padrão de sincronização de taxa de transmissão (figura 9). Esse padrão informa ao testador de diagnóstico a taxa de transmissão (baud rate) usada para transmitir as palavras chave (key words) subsequentes. Ele deve consistir em:

- a) um bit de início - nível lógico "0" pela duração de um bit;
- b) oito bits alternados começando pelo bit NRZ (Non-Return-to Zero) nível lógico "1";
- c) um bit de parada - nível lógico "1" pela duração de um bit;
- d) sinal lógico "1" pela duração mínima de 2 ms ou a duração de um bit do padrão de sincronização, qualquer que seja o mais longo, para permitir que o testador de diagnóstico se reconfigure.

O padrão de sincronização de taxa de transmissão pode ser transmitido qualquer número de vezes sucessivas.

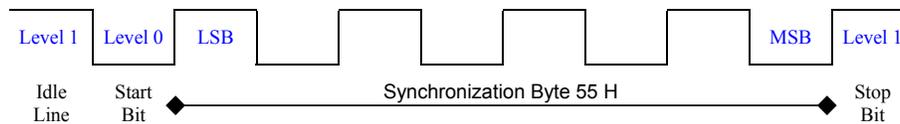


FIGURA 9 – BYTE DE SINCRONIZAÇÃO 55 H

5.3.2. Formato das Palavras Chave

Após o último padrão de sincronização de taxa de transmissão, duas palavras chave (key words) (figura 10) devem ser transmitidas para informar ao testador de diagnóstico a forma da comunicação serial subsequente, e a configuração de hardware das linhas de diagnóstico. Cada palavra chave deve consistir em:

- a) um bit de início - nível lógico "0" pela duração de um bit;
- b) sete bits, sendo o bit menos significativo (LSB) enviado primeiro; e
- c) um bit de paridade, de tal forma que o número de bits com nível lógico "1" no byte contendo os sete bits chave e o chamado bit de paridade seja um número ímpar; a paridade ímpar foi escolhida para distinguir entre palavras chave e padrão de sincronização;
- d) pelo menos um bit de parada.

Após a palavra chave final deve existir um nível lógico "1" pelo tempo mínimo de 2 ms para permitir que o testador de diagnóstico se reconfigure conforme determinado pelas palavras chave.

Exemplo de formato de byte chave: O Key word 2000 usa Byte Chave 1 igual a D0 H e Byte Chave 2 igual a 8F H.

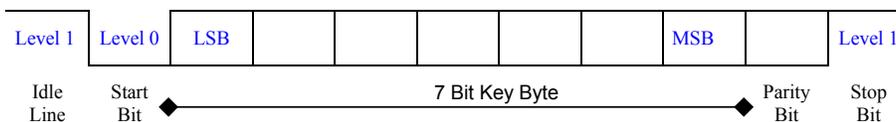


FIGURA 10 – PALAVRA CHAVE (KEY WORD)

5.3.3. Requisito de Tempo

Os tempos mínimos e máximos entre o início da comunicação de diagnóstico e o início dos dados de diagnóstico são mostrados abaixo (figura 11):

2 ms	≤	t ₀	≤	∞
2 ms	≤	t ₁	≤	2 s
2 ms*	≤	t ₂	≤	1,2 s
0,2 ms	≤	t ₃	≤	1,2 s
2 ms	≤	t ₄	≤	1,2 s

* ou a duração de um bit do padrão de sincronização, qualquer que seja o mais longo.

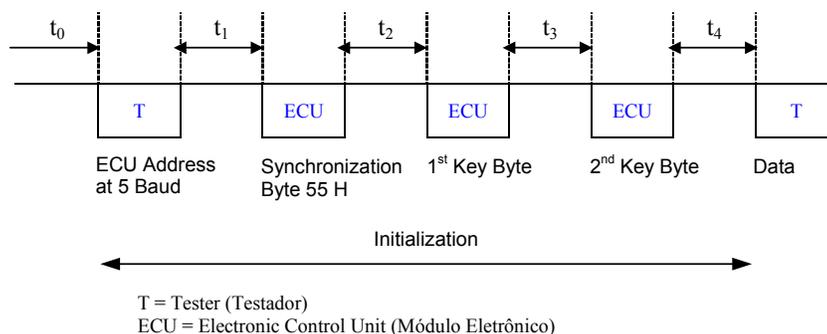


FIGURA 11 – INICIALIZAÇÃO DE COMUNICAÇÃO

Além do mencionado acima, a norma ISO 9141 Parte 1 especifica os sinais, a comunicação física, os requisitos dos testadores de diagnóstico, e os requisitos dos módulos eletrônicos.

6. Norma ISO 9141 - Parte 2

A ISO 9141 Parte 2, especifica os requisitos para implementação da troca de informações entre módulos eletrônicos de veículos e SAE OBD II Scan Tool (testador de diagnóstico) conforme especificado na SAE J1978. Essa comunicação é estabelecida para facilitar a obediência ao EPA (Environmental Protection Agency) e ao CARB (California Air Resources Board) americanos, conforme visto no item 4.

Essa norma é baseada na ISO 9141 Parte 1 além das seguintes:

ISO 7637-1 - Road vehicles - Electrical disturbance by connections and coupling - Part 1:

Passenger cars and light commercial vehicles with nominal 12 V supply voltage -

Electrical transient conduction along supply lines only.

SAE J1962 - Diagnostic Connector.

SAE J1978 - OBD II Scan Tool.

SAE J1979 - E/E Diagnostic Test Modes.

SAE J2012 - Format and Messages for Diagnostic Trouble Codes.

California Code of Regulation, Title 13 - Malfunction and Diagnostic Systems Requirements.

6.1. Configurações Específicas

Os módulos eletrônicos devem ter uma (K) ou duas (K e L) linhas de comunicação para conexão ao testador SAE J1978 OBD II Scan Tool através do conector de diagnóstico SAE J1962 (figura 12). A tensão da bateria do veículo, o neutro e o terra devem ser providenciados ou pelo módulo eletrônico ou pelo veículo para o conector de diagnóstico SAE J1962. A pinagem do conector de diagnóstico deve estar de acordo com a SAE J1962 (item 4, figura 6).

A linha K é uma linha bidirecional, usada durante a inicialização para levar a informação do endereço do testador de diagnóstico para os módulos eletrônicos do veículo, simultaneamente com a linha L. Após transmitir o endereço, a linha K é usada para transmitir mensagens de pedido do testador de diagnóstico para os módulos eletrônicos do veículo e mensagens de resposta dos módulos eletrônicos do veículo para o testador de diagnóstico.

A linha L é uma linha unidirecional, usada apenas durante a inicialização para levar a informação do endereço do testador de diagnóstico para os módulos eletrônicos do veículo, simultaneamente com a linha K. Durante todo o resto do tempo ela deve estar ociosa no nível lógico "1".

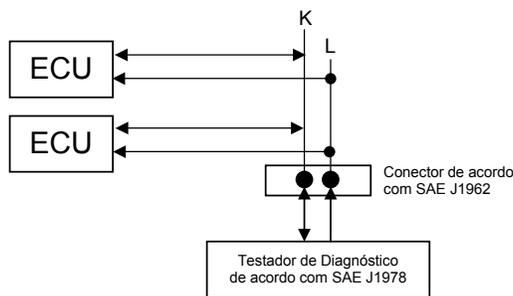


FIGURA 12 – LINHAS DE COMUNICAÇÃO ISO 9141-2

6.2. Inicialização do Veículo

Para se comunicar com o testador de diagnóstico, a inicialização deve ser atingida pela transmissão de um endereço de 5 bits/s pelo testador de diagnóstico para o veículo, que deve ser composto de um único byte conforme figura 3 (ISO 9141), fazendo um endereço de 8 bits nas linhas K e L.

O endereço 33 H está reservado para o protocolo de comunicação subsequente, conforme SAE J1979.

Antes da inicialização, a linha K deve estar no nível lógico "1" por um período W_0 (figura 8).

Cada byte de endereço deve ser constituído de:

- um bit de início - nível lógico "0" pela duração de um bit;
- oito bits, sendo o bit menos significativo (LSB) enviado primeiro;
- um bit de parada - nível lógico "1" pela duração de um bit.

6.3. Cabeçalho Inicialização

O principal motivo da construção deste cabeçalho é manter a compatibilidade com o sistema de diagnóstico existente de acordo com a ISO 9141.

6.3.1. Padrão de Sincronização de Taxa de Transmissão

Antes da transmissão do padrão de sincronização, a linha K deve estar no nível lógico "1" pelo período W_1 (figura 13).

Esse padrão informa ao testador de diagnóstico a taxa para transmissão das palavras chave e todos os dados subsequentes. Ele deve consistir em:

- um bit de início - nível lógico "0" pela duração de um bit;
- oito bits alternados começando pelo bit nível lógico "1";
- um bit de parada - nível lógico "1" pela duração de um bit;
- sinal lógico "1" pelo período W_2 (figura 13) para permitir que o testador de diagnóstico se reconfigure.

6.3.2. *Formato das Palavras Chave*

Após o último padrão de sincronização de taxa de transmissão, duas palavras chave (key words) (figura 10) devem ser transmitidas para informar ao testador de diagnóstico a forma da comunicação serial subsequente, e a configuração de hardware das linhas de diagnóstico. Cada palavra chave deve consistir em:

- um bit de início - nível lógico "0" pela duração de um bit;
- sete bits, sendo o bit menos significativo (LSB) enviado primeiro; e
- um bit de paridade, de tal forma que o número de bits com nível lógico "1" no byte contendo os sete bits chave e o chamado bit de paridade seja um número ímpar.
- um bit de parada - nível lógico "1" pela duração de um bit.

Após a palavra chave final ter sido transmitida pelo módulo eletrônico e dentro de um intervalo de tempo W_4 (figura 13), o testador deve transmitir a inversão lógica da palavra chave final.

Depois disso e dentro de um intervalo de tempo padrão W_4 (figura 13), o módulo eletrônico deve transmitir a inversão lógica do endereço de inicialização.

6.3.3. *Requisito de Tempo*

Os tempos mínimos e máximos entre o início da comunicação de diagnóstico e o início dos dados de diagnóstico são mostrados abaixo (figura 13):

2 ms	\leq	W_0	\leq	∞
60 ms	\leq	W_1	\leq	300 ms
5 ms	\leq	W_2	\leq	20 ms
0 ms	\leq	W_3	\leq	20 ms
25 ms	\leq	W_4	\leq	50 ms

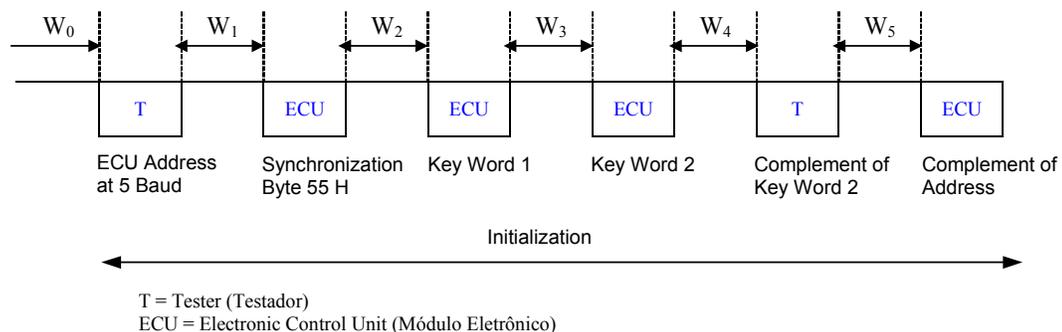


FIGURA 13- TEMPOS E INICIALIZAÇÃO DE COMUNICAÇÃO

Além do mencionado acima, a norma ISO 9141 Parte 2 especifica os sinais, a comunicação física, os requisitos dos testadores de diagnóstico, os requisitos dos

módulos eletrônicos, a comunicação OBD II, o tempo entre as mensagens, e o gerenciamento de erros.

7. Norma ISO 9141 - Parte 3

A ISO 9141 Parte 3, estabelece os métodos de teste recomendados, os procedimentos de teste, e especifica os parâmetros de teste para verificar um veículo ou um OBD II Scan Tool comunicar em um barramento conforme ISO 9141-2. Não é aplicável como um teste em um único módulo ou para alguma subparte de uma rede ISO 9141-2.

O teste descrito não foi feito para se verificar algum requerimento de ferramenta ou veículo não descrito pela ISO 9141-2. Em particular ele não checa nenhum requerimento descrito na SAE J1962, SAE J1978, ISO 15031-5 ou protocolo de diagnóstico expandido para uma "scan tool".

8. KWP 2000

KWP significa Keyword Protocol 2000, que é o nome de trabalho da norma ISO 14230. "Keyword" deriva do fato de que todos protocolos de mensagens que operam em um barramento ISO 9141 são definidos pelas "palavras-chave" (keywords) que são passadas de volta ao equipamento de teste durante a inicialização das comunicações de diagnóstico. KWP 2000 foi desenvolvido para permitir a implementação de serviços numa ligação física da ISO 9141. Foi tomado o cuidado para permitir a compatibilidade com as implementações ISO 9141-2 existentes, e ao mesmo tempo acrescentando novas opções para permitir maior flexibilidade e performance.

A ISO 14230 é composta de três partes:

ISO 14230 Parte 1, que define a camada física. Essencialmente a camada física definida na ISO 9141-2, porém, estendida para trabalhar com sistemas 24 Volts.

ISO 14230 Parte 2, que define a camada de enlace, incluindo os formatos das mensagens, e a duração. Ela é compatível com a ISO 9141-2, mas oferece opções adicionais também. Isso inclui cabeçalhos com e sem informação de endereço e com informação de comprimento. Mensagens podem ter até 255 bytes. Também são definidos métodos para inicializar a comunicação. Um dos métodos é a sequência de inicialização de 5 baud baseada na definição da ISO 9141-2, e o outro é um novo e rápido método que restringe comunicações subsequentes para o padrão de 10.4 KBPS.

ISO 14230 Parte 3, que define a implementação dos serviços de diagnóstico descrito na norma ISO 14229. Além de prover um mapeamento desses serviços em valores de dados reais, ela encerra algumas das opções que são disponíveis.

9. Diagnóstico em CAN

Há alguns anos atrás, verificou-se que mesmo com os dados sendo transferidos por uma rede de diagnóstico separada, algumas das informações de diagnóstico seriam necessárias na rede de comunicação entre os módulos eletrônicos. Foi verificado também que o CAN oferecia um potencial para uma base de comunicação muito mais rápida e, portanto, uma melhor troca de informações. Isso é particularmente importante quando os módulos eletrônicos precisam ser acessados durante o processo de fabricação do veículo, já que comunicações muito longas e demoradas podem se tornar o caminho crítico do processo. No desenvolvimento da Norma ISO WD 15765, foi decidido que os serviços a serem implementados seriam baseados na norma ISO 14230 Parte 3, já que essa já tomou as decisões necessárias para implementar os serviços e que certificou a compatibilidade no nível de aplicação dos testadores e dos módulos eletrônicos que serão implementados por ambas as normas.

As principais preocupações a serem resolvidas foram a camada de transporte, certificando uma camada física comum para os equipamentos de teste externos, e a compatibilidade com as normas existentes.

Com relação à camada de transporte, muitos usos da ligação de diagnóstico chamam para uma transferência de dados em massa. Como o CAN permite apenas mensagens de 8 bytes, um protocolo de fragmentação precisa ser adotado. Várias opções já existem ou estão em desenvolvimento. Incluindo a norma SAE J1939, o protocolo de comunicação para ônibus e caminhões baseado em CAN, e OSEK (Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik in Kraftfahrzeug, sistemas abertos e suas interfaces para eletrônica nos veículos), que define uma arquitetura de veículo completa incluindo sistemas operacionais, comunicação e gerenciamento de rede.

Com relação à camada física, o trabalho da norma SAE J2284 aparentemente responde à maioria das preocupações e serviu de base para a norma ISO WD 15765.

Resumindo, o diagnóstico em CAN vai adotar os mesmos serviços e parametrizações definidos na ISO 14230 Parte 3 e em adição, vai definir o cabeçalho de mensagens, camada física e protocolo de fragmentação para permitir a implementação do CAN.

CONCLUSÃO

Foi mostrada a base necessária para o entendimento de Diagnose Veicular, principalmente através da ISO 9141 que foi vista mais detalhadamente. Foram destacados os protocolos KWP 2000 e CAN devido ao seu grande uso nas indústrias automobilísticas atualmente. Porém, apesar da disponibilidade de vários padrões, muitas vezes as indústrias automobilísticas criam suas próprias normas baseando-se nessas normas internacionais de forma a atender suas necessidades específicas.

REFERÊNCIAS

1. SAMUEL, J. Developing Diagnostics on KWP 2000 and CAN. In: JURGEN, R. K. Multiplexing and Networking: Automotive Electronics Series. Nr. SAE PT-78, ISBN 0-7680-0472-1, 1999. p. 521-527
2. ISO 9141 Road Vehicles – Diagnostic systems – Requirements for interchange of digital information
3. ISO 9141-2 Road Vehicles – Diagnostic Systems – Part 2: CARB requirements for interchange of digital information
3. ISO 9141-3 Road Vehicles – Diagnostic Systems – Part 3: Verification of the communication between vehicle and OBD II Scan Tool
4. ISO 11519 Road Vehicles – Interchange of digital information – Controller area network (CAN) for high-speed application
5. ISO 11898 Road Vehicles – Low speed serial data communications
6. ISO 14229 Road vehicles – Diagnostic systems – Diagnostic services specification
7. ISO 14230 Road vehicles – Diagnostic systems – Keyword Protocol 2000
8. ISO 15765 Diagnostics on CAN
9. SAE J1708 Serial Data Communications Between Microcomputer Systems in Heavy-Duty Vehicle Applications
10. SAE J1850 Class B Data Communications Network Interface
11. SAE J1939 Recommended Practice for a Truck and Bus Control and Communications Vehicle Network (Class C)
12. SAE J1979 E/E Diagnostic Test Modes
13. SAE J2284 High Speed CAN for Passenger Vehicle Applications

APLICAÇÕES DE DIAGNOSE NO FINAL DE LINHA DE PRODUÇÃO – EOL

Cassio Enrico Campos – Volkswagen do Brasil
Carlos Augusto da Silva – General Motors
Cirilo de Paula Silva – Daimler Chrysler
Silvio Palacios – Daimler Chrysler

Resumo: Visando garantir maior flexibilidade aos sistemas logísticos e de manufatura das montadoras, as unidades eletrônicas incorporaram a capacidade de programação e diagnóstico em final de linha. Esta evolução trouxe não só a redução na quantidade de componentes diversos trafegando pelo canal de suprimentos das fábricas, mas possibilitou a obtenção da garantia de isenção de falhas nos sistemas elétricos após a montagem dos veículos.

1. Aplicações de Diagnose no Final de Linha – EOL

1.1 Necessidade da Diagnose EOL

Flexibilidade é a palavra chave quando se pensa em Diagnose EOL (End of Line). A necessidade de flexibilizar as linhas de montagem fez com que os desenvolvedores de sistemas eletrônicos buscassem uma maneira prática de obter diversas configurações nos veículos sem grandes variações nos componentes. A Diagnose EOL permite as montadoras desenvolverem sistemas praticamente únicos para atender aos diversos requisitos de mercado e até mesmo utilizar o mesmo sistema em veículos diferentes. Este sistema garante ainda que os veículos deixem a produção funcionando corretamente, graças aos DTC (Diagnose Trouble Code), os DTC são códigos pré-definidos pela montadora, registrados na memória de falhas e que permitem ao sistema indentificar as funções que não estão funcionando com correção.

1.2 Como funciona a Programação no final da linha

A idéia é criar componentes que possam responder de diferentes maneiras dependendo da programação que recebam no final da linha de montagem, como se fosse uma unidade multiplexada.

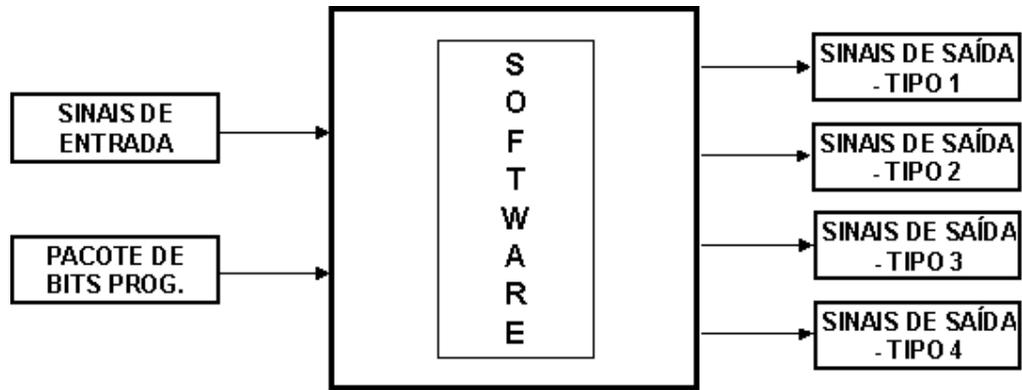


FIGURA 1 – PROGRAMAÇÃO DAS UNIDADE NO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM. A UNIDADE RECEBE O PACOTE DE BITS DE PROGRAMAÇÃO E OS ARMAZENA NA MEMÓRIA EEPROM.

No final da linha de montagem as unidades recebem através de uma linha de comunicação serial, uma sequência de códigos, proveniente de um equipamento de diagnóstico específico, que determinará a maneira com que esta unidade deverá responder às solicitações de entrada quando o veículo estiver rodando. Esta sequência de bits é armazenada em um determinado espaçamento da EEPROM da unidade e é combinada com os sinais das entradas toda vez que o software interpreta uma determinada função.

Por exemplo: uma determinada unidade possui dois bits possíveis de programação em final de linha, veja tabela abaixo, isto significa que esta unidade poderá responder de quatro formas diferentes as solicitações de entrada. Unidades com KWP2000, normalmente possuem cerca de 20 bits possíveis de programação em final de linha, o que gera aproximadamente um milhão de combinações. O que determina qual forma deverá ser utilizada é a composição do carro requerida pelo planejamento de produção da empresa.

BIT A	BIT B	SOFTWARE
0	0	rotina 1
0	1	rotina 2
1	0	rotina 3
1	1	rotina 4

FIGURA 2 – TABELA DE PROGRAMAÇÃO DE UNIDADE ELETRÔNICA COM 2 BITS.

Após as unidades estarem todas programadas e portanto com os bits de programação já armazenados na memória EEPROM dos respectivos componentes, o veículo passa pela verificação eletrônica de unidades. Esta verificação eletrônica consiste em uma rotina de software interna ao equipamento de diagnóstico que é pré-elaborada de acordo com a estratégia de teste adotada pela engenharia de manufatura da empresa. Normalmente são testados tantos componentes quanto possíveis de maneira a garantir que o veículo saia da linha de montagem livre de possíveis defeitos. Este procedimento está descrito no item 1.3.

1.3 Como funciona a verificação das falhas através dos DTC's

Existem uma série de códigos chamados DTC (Diagnose Trouble Code), estes são padronizados e ficam armazenados na EEPROM das unidades eletrônicas do veículo, quando a unidade reconhece alguma falha e/ou mal funcionamento no sistema, ela registra automaticamente o respectivo DTC na memória de falhas. Esta memória de falhas é um espaçamento da memória EEPROM especialmente destinado a armazenar as falhas existentes no sistema e este é passível de ser lido tanto pelo equipamento de diagnóstico externo quanto pelos equipamentos do final de linha das montadoras.

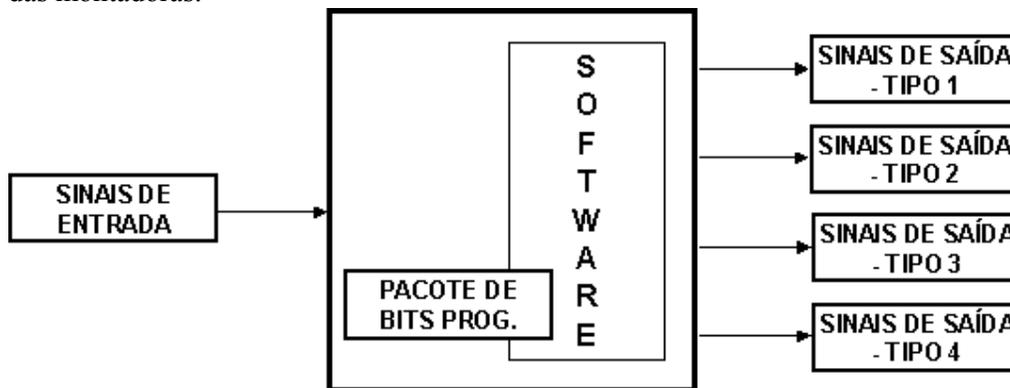


FIGURA 3 – UNIDADE JÁ PROGRAMADA E PRONTA PARA A VERIFICAÇÃO ELETRÔNICA.

As rotinas de teste são emuladas nas unidades através de uma linha de comunicação serial, onde as linhas de comando do software específico localizadas no equipamento de diagnóstico de final de linha, são simuladas uma-a-uma nas unidades e as saídas das mesmas são testadas com a finalidade de garantir que a interpretação das funções foi realizada corretamente pela unidade em teste.

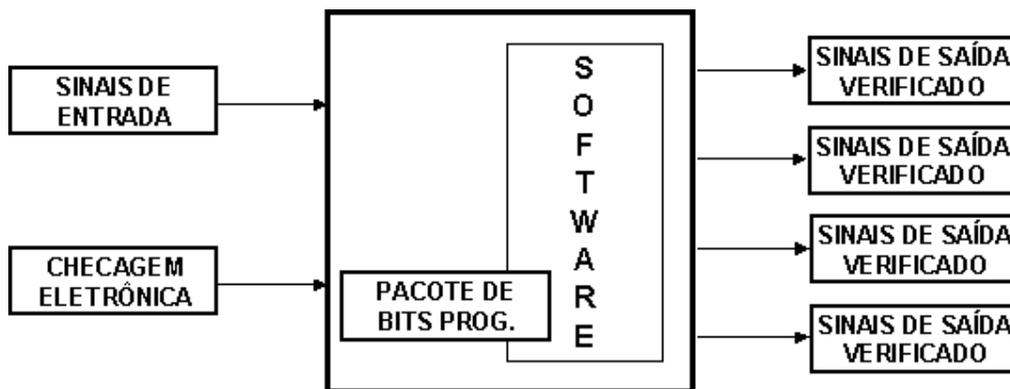


FIGURA 4 - UNIDADE EM PROCESSO DE VERIFICAÇÃO ELETRÔNICA.

Após a verificação eletrônica das unidades o veículo:

- É dado como eletronicamente OK, caso seja aprovado na verificação eletrônica.
- É encaminhado para uma área de retrabalhos, caso seja reprovado na verificação eletrônica. Após a correção das falhas existentes o veículo realiza a verificação eletrônica novamente até que seja aprovado.

Vale lembrar que a verificação eletrônica e a programação das unidades é sempre realizada no final da linha de montagem, como o próprio nome indica (EOL), pois é essencial que todos os componentes estejam montados no veículo para evitar erros nos procedimentos.

O Diagnóstico EOL passa atualmente por uma fase de evolução. Algumas montadoras na Europa estão deslocando a gravação dos softwares de suas unidades, totalmente para a linha de montagem final. Isto quer dizer que o fornecedor de unidades eletrônicas entrega apenas o hardware da unidade à montadora, sem nenhum bit gravado na memória e cabe a montadora carregar todas as rotinas de software das peças. Isto aumenta ainda mais a flexibilidade do sistema, pois qualquer modificação necessária no componente é repassada imediatamente à linha de montagem e aos veículos, evitando assim a continuidade do problema enquanto se consome o estoque de peças defeituosas ou se viabiliza burocraticamente tal modificação dentro da companhia.

A DIAGNOSE AUXILIANDO O MOTORISTA – “ON-BOARD/OBD”

Sergio M. Andreatini
Siemens VDO Automotive Ltda / Universidade Paulista

1.INTRODUÇÃO

A eletrônica teve uma lenta penetração no mercado automotivo, principalmente devido à relação custo benefício que então era proporcionada.

Historicamente a chamada “eletrônica embarcada” teve início nos veículos comerciais do final da década de 1950 e início da década de 1960, embora fosse mais imposta do que desejada pelos consumidores, portanto não teve continuidade.

Dois eventos principais ocorreram na década de 1970, que reiniciaram a era da eletrônica na indústria automobilística:

- A introdução de especificações governamentais, quanto a emissões de poluentes na atmosfera, e a redução de consumo de combustível. Especificações cada vez mais difíceis de serem atingidas com a tecnologia então disponível.
- O desenvolvimento a custos relativamente baixos de dispositivos em estado sólido, que facilitou a introdução da eletrônica digital nos comandos de gerenciamento da combustão interna do motor.

A partir destes eventos a eletrônica tem sido cada vez mais usada na indústria automobilística e será ainda maior sua utilização no futuro próximo. Algumas das presentes aplicações de eletrônica e futuros potenciais de aplicações:

- Controle eletrônico para injeção de combustível, para minimizar emissão de poluentes e maximizar a economia de combustível,
- Instrumentação para a medição de parâmetros da performance do veículo, bem como a leitura a bordo (“on-board”) destes parâmetros e a obtenção de diagnósticos de desempenho e eventuais falhas dos sistemas de bordo.
- Direção ativa
- Controle de deslocamento do veículo,
- Segurança e conveniência,
- Entretenimento/comunicação/navegação, neste caso já se considera a necessidade de uma instrumentação adicional.

No presente texto será dada ênfase justamente na caracterização e evolução ao longo do tempo da chamada diagnose “on-board” e seu principal elemento de interface com o motorista, ou seja, o painel (eletrônico) de instrumentos.

2. DIAGNOSE “ON-BOARD” – DEFINIÇÃO

Entendendo-se por diagnose veicular, basicamente, a medição de parâmetros de desempenho/comportamento do veículo, pode-se definir a DIAGNOSE ON-BOARD como sendo a leitura de falhas nos sistemas do veículo através do painel de instrumentos, além da medição de parâmetros propriamente dita.

3. DIAGNOSE “ON-BOARD” – PRINCIPAIS OBJETIVOS E DESAFIOS

Dentre os diversos objetivos almejados pela diagnose “on-board”, destacam-se aqueles mais ligados diretamente ao motorista ou condutor do veículo:

- Alertar o motorista sobre o funcionamento inadequado de sistema(s), mesmo não havendo um sintoma de anomalia perceptível para o mesmo,
- Facilitar ao motorista a identificação de falhas em caso de pane no veículo,
- Auxiliar o motorista no julgamento da severidade da pane apresentada,
- Auxiliar o motorista na correta execução das manutenções preventivas do veículo,
- Permitir uma interface mais “amigável” e detalhada do motorista com os sistemas eletrônicos que equipam o veículo,
- Auxiliar na execução de manutenções emergenciais do veículo,
- Auxiliar o motorista quanto à correta utilização dos diversos sistemas (mecânicos e eletro-eletrônicos) do veículo.

Dentre os principais desafios que se apresentam para um sistema de diagnose “on-board” ser considerado eficaz, destacam-se:

- Fácil acesso às informações,
- Fácil interpretação das informações não deixando dúvidas,
- Evitar distração desnecessária ao motorista,
- Não transmitir alerta maior (ou menor) que o necessário.

Logicamente o sistema de diagnose “on-board” que vise um desempenho ótimo, deve ser projetado em função do conhecimento e até mesmo da cultura de quem irá operar o veículo, uma vez que fornecer informações insuficientes ou demasiadas é também uma questão de ponto de vista intrinsecamente ligada à formação (técnica e cultural) do condutor do veículo. No caso de veículos comerciais que operam em frotas pode-se dirimir estes efeitos através até de treinamento dos operadores/motoristas.

4. A EVOLUÇÃO DA ELETRÔNICA EMBARCADA VS. DIAGNOSE “ON-BOARD”

Conforme já exposto, a mola mestra da incorporação de eletrônica embarcada nos veículos foram os sistemas de gerenciamento eletrônico de injeção dos motores de combustão uma vez que determinou o aumento da complexidade dos sistemas eletrônicos embarcados. A evolução dos sistemas de diagnose “on-board” foi, assim,

uma necessidade, ou melhor, um meio para tornar o emprego da eletrônica mais “amigável”, e nunca um fim. A figura 1 abaixo pretende ilustrar esta realidade.

"Nível" de eletrônica embarcada

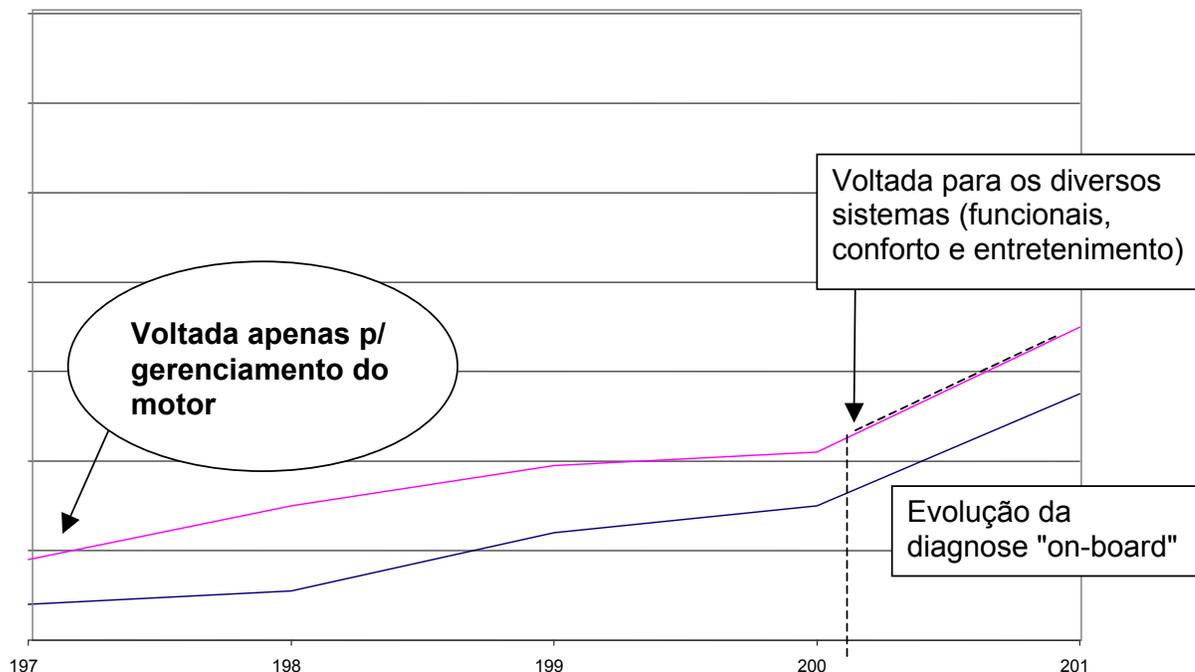


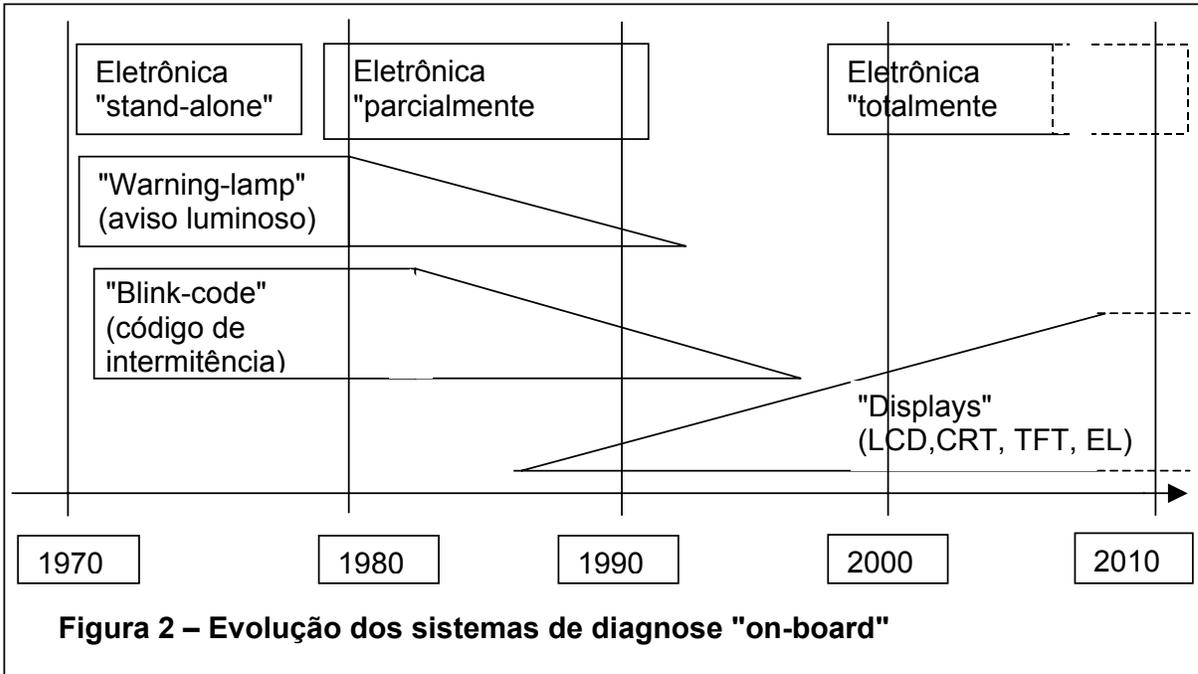
Figura 1. Gráfico teórico para ilustrar o incremento da eletrônica embarcada acompanhado pela evolução dos sistemas de diagnose "on-board"

Com relação especificamente à evolução dos sistemas de diagnose “on-board” propriamente dita verifica-se a seguinte evolução:

1. **FASE INICIAL**, caracterizada por eletrônica do tipo “stand-alone”, ou seja, módulos (ou sistemas) eletrônicos independentes operando de forma totalmente não compartilhada. Repetição de sensores para medir a mesma grandeza a ser informada para sistemas diferentes. Falha informada ao motorista através de lâmpadas-piloto (“warning lamps”) e lâmpadas com código de intermitência (“blink-code”).
2. **FASE INTERMEDIÁRIA**, caracterizada por uma integração incipiente (parcial) dos sistemas eletrônicos embarcados. A redundância de sensores passa a ser evitada. Embora ainda sejam utilizadas lâmpadas-piloto (ou leds) e lâmpadas (ou leds) com código de intermitência, já se começa a verificar alguns veículos dotados de displays.

3. **FASE ATUAL**, caracterizada pela busca da total integração dos sistemas eletrônicos com grande utilização de displays para desempenhar a diagnose “on-board”.

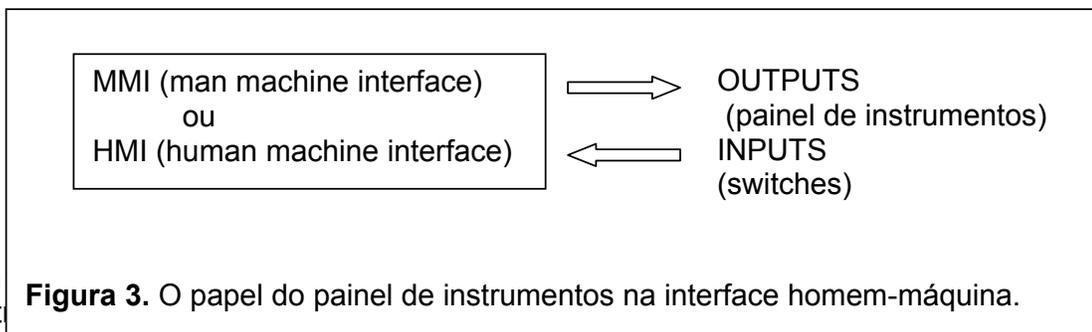
A figura 2 objetiva ilustrar esta evolução.



5. FUNÇÃO DO PAINEL DE INSTRUMENTOS

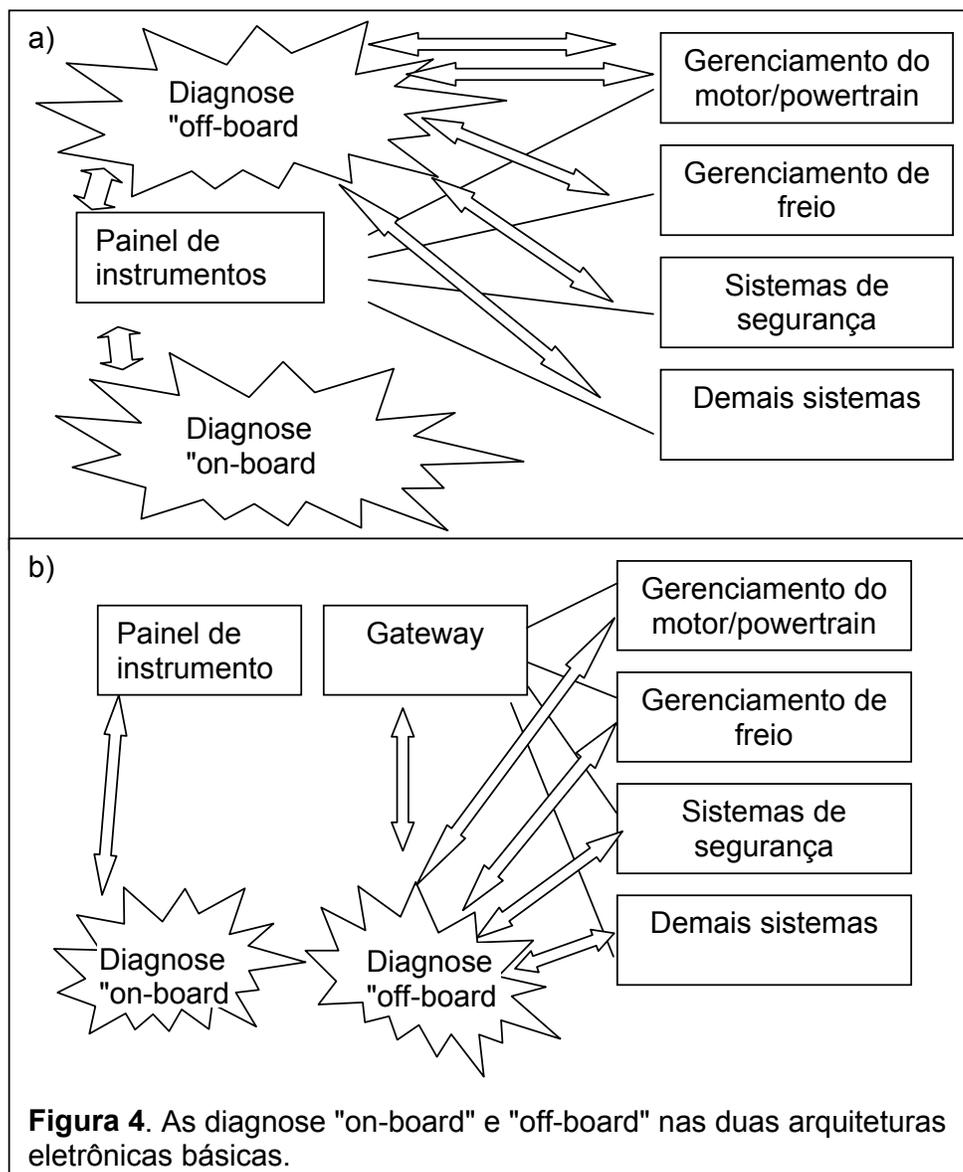
Nos veículos atuais é claro o papel do painel de instrumentos como interface “homem-máquina” (MMI ou HMI) no que se refere à obtenção de informações da “máquina”, no caso o veículo. A figura 3 ilustra este conceito. Com relação à arquitetura dos sistemas eletrônicos é também importante destacar duas configurações básicas normalmente empregadas nos veículos tecnologicamente mais atuais:

- Sistemas eletrônicos (módulos) diretamente conectados ao painel de instrumentos através de meios de comunicação digital.
- Sistemas eletrônicos conectados ao painel de instrumentos através de um módulo que desempenhe a função de “gateway”.



Em
inst

pode ser realizada através do painel de instrumentos e/ou "gateway" e/ou módulos eletrônicos específicos de cada sistema (vide figura 4).



Breve histórico da evolução dos painéis de instrumentos

Do final dos anos 20 até o final dos anos 50, a instrumentação básica dos veículos era composta de um velocímetro, indicador de pressão de óleo, temperatura do líquido de arrefecimento do motor e do indicador do nível de combustível. De fato, em muitos veículos, nenhum destes instrumentos era necessariamente de características elétricas, e alguns destes instrumentos foram simplesmente substituídos por lâmpadas de alarme, em veículos de menor preço e de produção em grande escala.

Porém, conforme mencionado anteriormente, a partir dos anos 70 teve início a instrumentação eletrônica propriamente dita, ampliando sua função dentro do sistema veicular como um todo. Entre as funções do painel de instrumentos podemos citar,

- Indicação,
- Informação/Alerta,
- Gerenciador dos diversos sistemas eletrônicos
- Provedor de informações de condução ótima do veículo,
- Apresentação de dados relativos à diagnose dos diversos sistemas eletrônicos veiculares,
- Aquisitor de dados de condução, para melhor gerenciamento de frota, entre outras.
- Suporte para controle de montagem de veículos, principalmente nas montadoras de caminhões extremamente customizados do mercado norte - americano.

Todas estas funções estão relacionadas à diagnose “on-board”, ficando patente a pertinência de um maior aprofundamento no tema Painel de Instrumentos, o que será feito a partir de agora.

6. CARACTERÍSTICAS ELETRO-ELETRÔNICAS DOS PAINÉIS DE INSTRUMENTOS

A evolução dos sistemas de diagnose “on-board” está intrinsecamente ligada à evolução da instrumentação automobilística que, por sua vez, foi influenciada ou até mesmo ditada pelos avanços tecnológicos da eletrônica, como já discutido. Assim será abordada para efeitos de entendimento, uma arquitetura típica de instrumentação eletrônica, conforme segue:

SENSOR <->(MÓDULO ELETRÔNICO)<->MICROPROCESSADOR<-> DISPLAY

De uma forma bem sucinta as funções principais destes elementos básicos na instrumentação eletrônica são:

- **Sensor:** converte a variação de uma grandeza não elétrica em um sinal equivalente de tensão ou corrente. Este sinal pode ser fornecido para um módulo eletrônico de algum sistema do veículo ou diretamente para o microprocessador do painel de instrumentos.
- **Microprocessador:** diversos tipos/modelos de microprocessadores são utilizados na instrumentação veicular, alguns especificamente projetados para certas funções. Atualmente não é difícil de se encontrar na indústria automotiva painéis de instrumentos com capacidade de processamento equivalente a um PC. Uma das grandes vantagens da utilização de instrumentação microprocessada é a sua flexibilidade; para alterar os parâmetros de um modelo

de veículo para outro, basta substituir sua ROM, normalmente armazenada em um circuito integrado do tipo plug-in, outro benefício é o aumento da performance, do ponto de vista de acuidade na informação, e da qualidade em termos de repetibilidade, confiabilidade e durabilidade, comparada à instrumentação convencional. Microprocessadores exigem o desenvolvimento de softwares, que se tornaram tão específicos, que se formaram engenheiros especializados no desenvolvimento destes, quase que independentemente do especialista no desenvolvimento do hardware. A indústria também sentiu a necessidade de desenvolver protocolos de comunicações que permitissem a interligação entre os diversos sistemas e subsistemas veiculares.

A SAE definiu três classes de redes de comunicações veiculares, sendo que a instrumentação se enquadra na classe de média velocidade com até 125 kbps.

Para satisfazer estas necessidades foi criado um grande número de protocolos de comunicações, porém os mais adotados são o **CAN** (Controller Area Network) e o **SAE J1850**, excelentes na implementação de esquemas de prioridades múltiplas de acesso, isto é, mensagens podem ser transmitidas simultaneamente, porém a de maior prioridade é que será mostrada, e posteriormente a de menor prioridade .

O CAN é apropriado na transmissão de mensagens de 8 bits e o SAE J1850 para mensagens de 12 bits, mas ambos já não satisfazem as necessidades futuras de aplicações, tais como entretenimento/comunicação/navegação, que exigem velocidades de transferência de dados da ordem de Mbps. Para estes casos têm-se adotado dois protocolos de comunicações, sendo o CAN ou J1850 para a eletrônica veicular propriamente dita, e um segundo para as funções de navegação. Algumas montadoras estão utilizando o protocolo comumente conhecido por ARCNET (ANSI standard - 878.1) .

A utilização de protocolos de comunicação trouxe outro grande benefício, que é a redução do número de cabos elétricos, diminuindo com isto grande probabilidade de defeitos por falhas de contato e redução de custos do chicote elétrico.

• **Display:** um dos principais componentes em qualquer instrumento de medição atual é o mostrador (display). Na instrumentação automotiva o display precisa apresentar ao motorista os resultados das medidas dos diversos parâmetros em uma forma de fácil entendimento, sendo, conforme já exposto, elemento fundamental nos sistemas de diagnose “on-board” atuais. Os displays podem ser divididos em:

- **analógicos:** que mesmo tendo seus sinais processados digitalmente, estes são apresentados na forma analógica, utilizando-se de um galvanômetro ou o motor de passo, desenvolvimento mais recente com evidentes vantagens de precisão e dimensionais, aliado à diminuição do espaço disponível nos painéis de instrumentos automotivos .

- **eletro/ópticos:** surgiram em função do desenvolvimento no campo da eletrônica ótica . Estes dispositivos são capazes de apresentar as informações no formato alfanumérico, que visam facilitar enormemente o entendimento destas. Surgiram diferentes tipos de displays eletro/ópticos, porém somente quatro destes foram considerados de utilização prática, sendo:

- **LED** (light-emitting diode), os atuais de alto brilho, são os mais utilizados nos displays de lâmpadas de aviso, devido ao menor consumo de energia, comparados às lâmpadas incandescentes, com durabilidade quase que infinita,

- **LCD** (liquid crystal display), é um excelente dispositivo, devido ao seu baixo consumo de energia e relativo baixo custo, porém uma desvantagem deste dispositivo na aplicação automotiva, é a necessidade de uma fonte de iluminação, pois apresenta dificuldades de leitura durante a noite. Outra desvantagem é não operar adequadamente a baixas temperaturas encontradas em certas regiões, o que limitou sua aplicação a relógios digitais e certos mostradores, tais como hodômetros de velocímetros ou horímetros.

- **VFD** (vacuum-fluorescent display), é um dispositivo que gera luz da mesma forma que o tubo de televisor, isto é, material fosfórico emite luz assim que é bombardeado por elétrons energizados. Este dispositivo apresenta a vantagem de ser visível a nível de iluminação ambiente, bastando controlar a tensão de grade, mas apresenta um custo mais elevado comparado ao LCD, devido à necessidade de utilização de fontes de conversão de tensão e a sua própria característica construtiva .

- **TRC** (tubo de raios catódicos), este dispositivo têm sido usado especialmente para demonstração de sistemas de navegação, e tem desvantagens em relação aos dispositivos em estado sólido, tais como seu tamanho, que o impede de ser disposto no painel de instrumentos, como também requer circuitos diferentes dos aplicados aos dispositivos em estado sólido. A continuidade de sua aplicação na instrumentação automotiva é incerta.

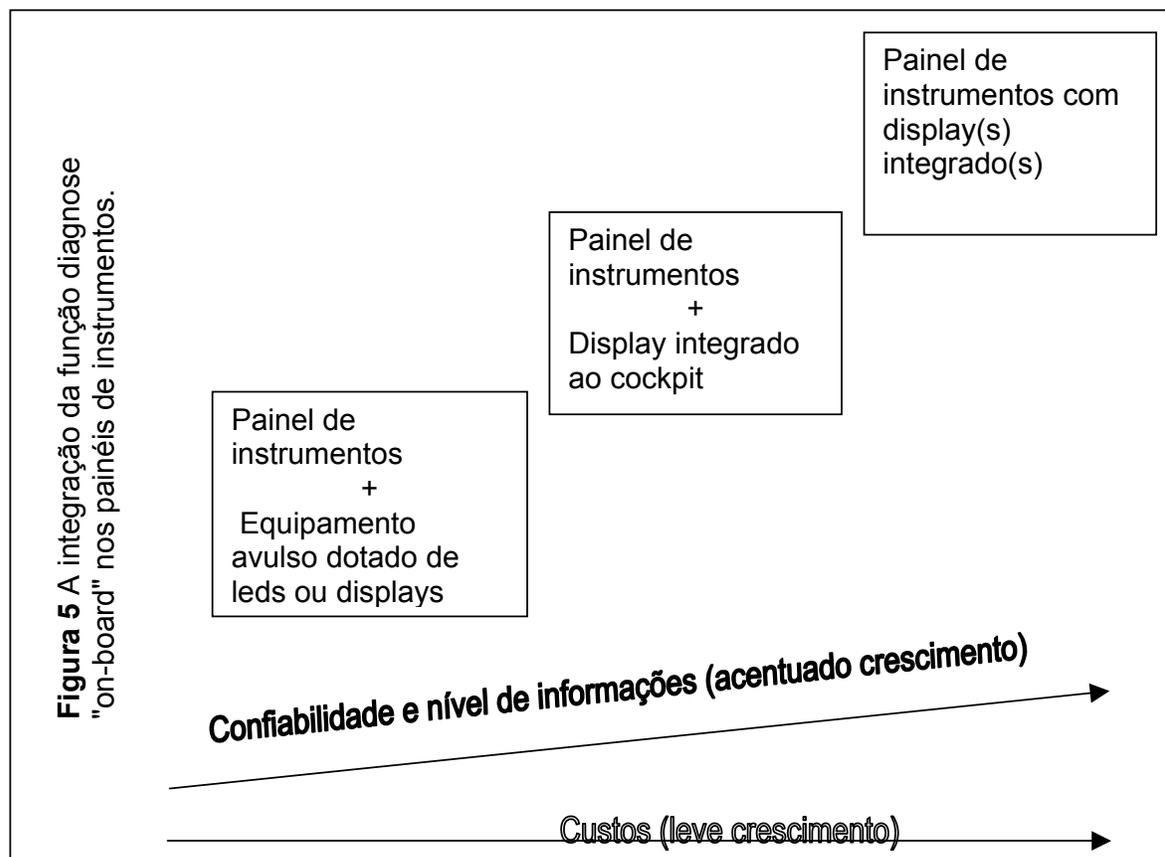
Outras formas ou dispositivos de demonstração de informações, têm sido desenvolvidas e eventualmente aplicadas, tais como :

- **HUD** (head up display), trata-se de um dispositivo, que reflete no pára-brisa na linha de visão do motorista as principais informações mostradas, por exemplo, num painel em VFD associando-se um alarme de disfunção eventual de algum sistema.

- **Sintetizador de voz**, este dispositivo gera sinais de voz muito próxima à voz humana e já tem sido utilizado para prover automaticamente informações por telefone de dados em bases computadorizadas. Futuramente pode vir também a ser um aliado na diagnose "on-board".

Conforme exposto, o papel do painel de instrumentos, é fundamental na realização da diagnose "on-board" uma vez que nele está instalada a lógica para reconhecimento das informações que possam ser visualizadas e entendidas pelo motorista. Todavia, ao longo do tempo, observou-se que no processo evolutivo dos sistemas de diagnose "on-board" algumas vezes foram utilizados recursos adicionais complementares, em geral de caráter provisório, que visavam postergar a substituição de um painel de instrumentos disponível. Desta forma surgiram às vezes equipamentos "avulsos" que eram os citados recursos provisórios, para

permitir a realização da diagnose "on-board". A figura 5 ilustra este processo evolutivo.



7. DESIGN E CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS PAINÉIS DE INSTRUMENTOS

Ao longo dos anos do desenvolvimento da indústria automobilística, paralelamente ao incremento de importância do painel de instrumentos no que se refere à coleta e apresentação de informações, houve também uma maior apelo de marketing no seu design. Assim, julgou-se oportuna a abordagem do tema no presente texto.

A instrumentação veicular, sob o ponto de vista das características mecânicas de construção, pode ser considerada nos seguintes aspectos:

- **Instrumentos individuais:** conhecidos como "case gauges", os diversos instrumentos são, na sua maioria, de forma circular, normalmente de tamanhos padronizados, de acordo com a importância de sua função de informação, encapsulados em caixas metálicas. Embora adotados até hoje em algumas categorias de veículos de transporte, o crescimento da necessidade de monitoramento de novos sistemas e subsistemas veiculares, levou a um aumento do número destes instrumentos, gerando a necessidade de adoção de conceitos ergométricos no design destes, tendo sido então criado o conceito de,

- **Instrumento combinado:** ainda com as características de caixas metálicas, estes instrumentos combinam funções básicas de monitoramento do veículo, em um simples elemento, tendo com isto minimizado custos de fabricação e em parte a dispersão de cabos elétricos, e maximizando a visualização de informações a níveis ergonômicos ótimos. Embora esta filosofia de instrumentação tenha persistido até recentemente e principalmente na indústria de veículos comerciais europeus, já não são suficientemente adequados para a indústria de automóveis, que apresenta um índice de eletrônica mais avançado, como também necessita de uma instrumentação de maior confiabilidade e facilidade de manufatura, e que acompanhe a crescente utilização de termoplásticos e suas vantagens técnicas, e paralelamente ao instrumento combinado surgiu o,

- **“Cluster“:** o advento de termoplásticos, com coeficientes de resistência mecânica bastante próximos aos de materiais metálicos, e a facilidade de sua manipulação produtiva, permitiu aos estilistas o desenvolvimento de novas formas de instrumentação, inicialmente para os automóveis, onde puderam agregar apelos de marketing . O cluster em uma única peça injetada, do ponto de vista construtivo, age como elemento de fixação dos mostradores ou displays, independentemente da tecnologia aplicada, da placa de circuito impresso, com seus componentes eletrônicos, e conexões elétricas.

Anexo 1 – Painéis de instrumentos diversos e exemplos de outras "ferramentas" de diagnose "on-board"

Anexo 2 - Exemplos de displays utilizados na indústria automobilística

Bibliografia : Understanding Automotive Electronics by William B.Ribbens .
High speed in-vehicle networking by Michael McEntee.
Dashboard will do everything by Edward A. Robinson.
Automotive Handbook – BOSCH
Paper - Painel Eletrônico de Instrumentos por Angelo Indelicato Filho – PST/Stoneridge

DIAGNÓSTICO PARA VEÍCULOS EM CAMPO

Cassio Enrico Campos – Volkswagen do Brasil

Carlos Augusto da Silva – General Motors

Cirilo de Paula Silva – Daimler Chrysler

Silvio Palacios – Daimler Chrysler

Resumo: O incremento da eletrônica embarcada e a complexidade dos sistemas veiculares, tornaram praticamente inviável a localização de avarias nos veículos sem o auxílio de um equipamento dedicado. Os mecânicos e eletricitistas habituados a corrigir falhas por experiência, serão em um futuro próximo, substituídos por técnicos altamente qualificados.

1. Diagnóstico para veículo em campo

1.1 Necessidade do diagnóstico veicular em campo

Com o aumento do nível de eletrônica embarcada nos veículos, se tornou quase impossível aos mecânicos das oficinas dos concessionários diagnosticarem falhas eletrônicas nos veículos. A figura do mecânico experiente e habituado a solucionar problemas por intuição, será em um futuro bem próximo parte do passado das oficinas dos concessionários.

Esta revolução eletrônica, criou a necessidade do desenvolvimento de um sistema capaz de diagnosticar tais falhas sem a influência do mecânico. Este sistema é composto de dois softwares dedicados unidos por uma linha de comunicação serial. O primeiro software emula as funções de diagnóstico no veículo e faz parte do software de diagnóstico de cada uma das unidades eletrônicas; o segundo software é emulado no equipamento de diagnóstico externo ao veículo, o qual faz a interface entre o veículo e o mecânico, utilizando uma linguagem de alto nível.

O Diagnóstico em campo trouxe às montadoras um maior controle sobre o tempo padrão dos reparos em campo, pois estes não dependem mais exclusivamente da habilidade dos mecânicos. Com isto, o tempo padrão dos reparos passou a depender quase que totalmente do tempo necessário para que a rotina de software diagnostique uma solução para determinada falha e oriente o mecânico para que este efetue a troca do componente danificado.

Grupos de especialistas em diagnóstico foram formados nas montadoras de maneira a suportar o desenvolvimento dos softwares para os testadores e das aplicações desta tecnologia na rede de concessionárias. Esta atividade requer dos programadores um alto nível de conhecimento do produto, isto por que nem sempre a localização das avarias veiculares segue uma sequência lógica.

Exemplo: uma falha no comutador de ignição, pode ser erroneamente diagnosticada pelo sistema como uma avaria no corpo de “borboletas” (componente do sistema eletrônico do motor), portanto um conhecimento abrangente do sistema elétrico veicular se faz necessário na elaboração de tais softwares.

Desta maneira, o atendimento ao cliente se torna mais rápido e eficaz.

1.2 Como funciona a Diagnose em campo

A idéia é proporcionar ao mecânico subsídios para que seja efetuada a correção das avarias eletrônicas do veículo sem a dependência de suas habilidades. O mecânico manipula apenas o testador, o resto fica por conta do sistema de diagnóstico.

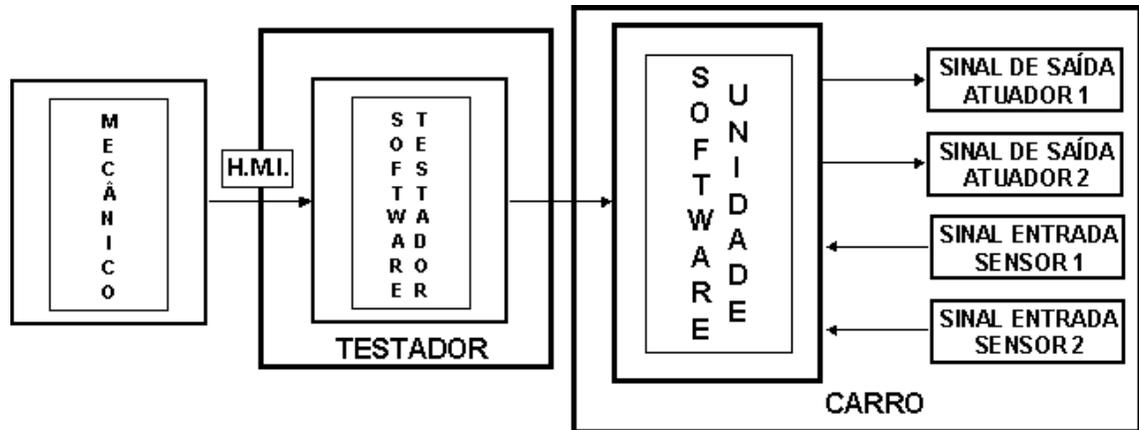


FIGURA 5 – INTERFACE HOMEM-MÁQUINA (H.M.I.) E INTERFACE TESTADOR-UNIDADE.

Cada montadora desenvolveu seu próprio sistema e seus próprios equipamentos de diagnóstico em campo, porém o funcionamento destes sistemas são bem semelhantes.

Basicamente as ferramentas disponíveis nestes sistemas são as seguintes:

- Controle dos blocos de valores de medição;
- Comando de atuadores das unidades;
- Diagnóstico conduzido de falhas;
- Diagnóstico a distância;
- Atualização de softwares via Flash-EEPROM.

1.2.1 Controle dos blocos de valores de medição

A função controle dos blocos de valores de medição disponibiliza no *display* do equipamento de diagnóstico em campo, informações instantâneas sobre a situação dos sensores e atuadores controlados por cada unidade. A frequência de atualização dos dados depende do tempo de varredura das portas do microcontrolador utilizado na unidade em processo. Por exemplo: a temperatura do líquido de arrefecimento do motor ou se as portas do veículo deveriam estar travadas / destravadas.

BLOCO DE VALORES DE MEDIÇÃO	
Temperatura do líquido de arrefecimento =	92° C
Situação das portas do veículo =	Travado

FIGURA 6 – DISPLAY DO TESTADOR NA FUNÇÃO BLOCO DE VALORES DE MEDIÇÃO.

Esta função é extremamente útil ao mecânico, pois permite a verificação funcional de uma determinada função específica, sob suspeita de ser a causadora da avaria.

1.2.2 Comando de atuadores da unidade

A função comando de atuadores das unidades permite o acionamento individual de cada função controlada por esta unidade. Esta função permite ao mecânico simular manualmente os comandos de ativação e desativação de atuadores eletro-mecânicos.

Por exemplo: travar e destravar as portas do veículo ou abrir a tampa do porta malas através de um comando proveniente do equipamento de diagnóstico.

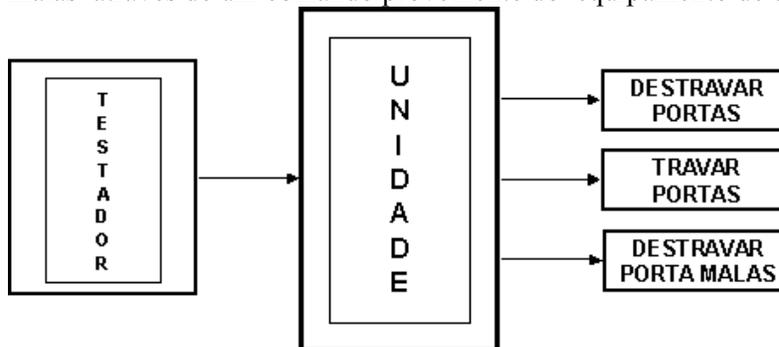


FIGURA 7 – PROCEDIMENTO DE ATIVAÇÃO DA FUNÇÃO DE COMANDO DOS ATUADORES DA UNIDADE.

1.2.3 Diagnóstico conduzido de falhas

A função diagnóstico conduzido de falhas permite ao mecânico localizar as falhas elétricas do veículo através de um software que o guia até o componente causador do problema. Isto significa que com o auxílio desta função o único trabalho do mecânico para solucionar uma avaria é o de trocar o componente danificado. Um software dedicado, previamente desenvolvido por engenheiros altamente especializados, é capaz de identificar não só a avaria que o veículo apresenta, mas qual o componente causador de tal avaria.

Os DTC's (Diagnose Trouble Codes) são ferramentas vitais na elaboração dos fluxogramas neste tipo de diagnóstico. O software parte da identificação de um DTC e inicia a identificação das possíveis causas de tal avaria.

O fluxograma deste software é capaz de identificar passo-a-passo “todas” as avarias possíveis para um determinado sistema. Através de “intermináveis” sequências de “if’s”, o testador cerca os componentes do veículo e chega até o componente danificado.

1.2.4 Diagnóstico a distância

O diagnóstico a distância é uma poderosa ferramenta que permite através de uma linha de comunicação específica da rede pública de telefonia, a troca de dados entre os equipamentos de diagnóstico do concessionário e do suporte técnico da montadora. Isto permite ao mecânico ser auxiliado pelo Engenheiro de Suporte da montadora na solução de problemas mais complexos. Os dados emulados no *display* do equipamento de diagnóstico do concessionário são transferidos para o *display* do equipamento do suporte técnico, possibilitando assim a ação deste engenheiro mesmo que a distância.

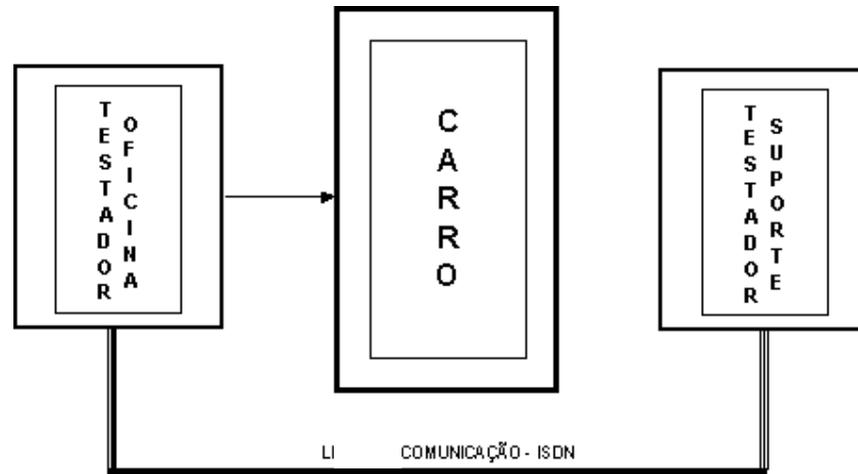


FIGURA 8 – TESTADORES DA OFICINA E DO SUPORTE TÉCNICO EM COMUNICAÇÃO PARA RESOLVER UMA AVARIA.

1.2.5 Atualização de software da unidade via FLASH-EEPROM

As unidades que utilizam FLASH-EEPROM podem ter seus softwares corrigidos ou atualizados via equipamento de diagnóstico em campo no ato das revisões do veículo.

Isto significa que as unidades dos veículos em circulação podem estar sempre atualizadas conforme o último nível de software dos veículos em produção, além da vantagem adicional de se evitar um possível recall, caso o software da peça tenha algum problema grave.

O diagnóstico em campo vem ganhando uma importância cada vez maior dentro das montadoras, pois suas possibilidades parecem “inesgotáveis”.

Veículos surgem com possibilidades de configuração cada vez maiores, proporcionando grande comodidade ao usuário. Algumas montadoras já possuem veículos com características configuráveis pelo próprio usuário, sem necessidade alguma de modificação nos componentes do veículo.

Isto possibilita a cada proprietário ter seu veículo configurado segundo os seus próprios desejos, sem a necessidade de deslocamento até o concessionário.

MÓDULO PERSPECTIVAS FUTURAS

Fábio Brazile Trindade
Philips

1) Plataforma 42V

A demanda elétrica em um carro compacto praticamente dobrou nos últimos dez anos, passando de cerca de 500W em 1990 para mais de 1 KW atualmente. Este crescimento exponencial pela demanda de energia em um automóvel gerou a necessidade de adoção de uma nova tecnologia, como plataforma elétrica, a plataforma 42V ou Powernet.

Como esta nova plataforma permite que novos sistemas embarcados, que por falta de demanda energética, não podiam entrar em operação com a antiga plataforma, passem a integrar o automóvel, o sistema de diagnose também passa por uma reestruturação desde sua arquitetura até as linguagens de programação.

Como exemplo podemos citar a direção eletricamente assistida. Um controle de direção típico exigirá 12 medidas contínuas, entre as quais velocidade das rodas, ângulo de curva, velocidade lateral, velocidade longitudinal e etc. Estas medidas deverão ser monitoradas de forma real e continuamente, de forma a prover informações ao condutor e prover sua segurança. Não são apenas informações transferidas para um painel, serão necessários programas específicos, baseados em Inteligência artificial e Redes Neurais, capazes de processar estas medições e tomar as decisões adequadas a cada situação, repassando estas decisões para os atuadores correspondentes.

Outro exemplo que cabe salientar é a chamada “Falha Silenciosa”. Este complexo sistema de diagnose começa operar quando o condutor coloca a chave no contato. A CPU deve fazer uma checagem de todos os componentes e sistemas, para a verificação de sua adequada operação, antes que o veículo se movimente. Tudo estando operando adequadamente, o veículo fica então pronto para operação. A partir daí esta verificação torna-se contínua nos diversos sistemas, durante o período em que o veículo estiver em funcionamento. Nesse caso, A CPU, que deverá ser duplicada, deve identificar imediatamente o componente defeituoso, desativá-lo se o seu defeito já não tiver provocado sua total saída de operação e colocar seu reserva em funcionamento, além de informar ao condutor que o componente foi desativado.

Estes são apenas dois exemplos de sistemas que atualmente não existem em uma linha de produção e passarão a existir com esta nova plataforma. A tendência é que o sistema de diagnose torne-se cada vez mais complexo, pois este acompanhará a evolução da eletrônica embarcada, que por conseguinte não sabemos qual o limite.

2) Empresas Nacionais

Neste tópico temos como principal objetivo apresentar o que efetivamente é realizado em nosso país em termos de “Diagnose Veicular”. É importante deixar claro que nosso país está muito atrasado em relação a países como Estados Unidos da América, Japão e Europa como um todo. O principal motivo deste atraso é a falta de desenvolvimento local, tanto por parte de sistemistas que focam seus desenvolvimentos em grandes centros no exterior ou por falta de incentivo do governo federal.

Mesmo assim existem empresas locais que desenvolvem tecnologia no campo da diagnose veicular, como por exemplo a Alfatest. Esta empresa desenvolve sistemas de diagnóstico desde sistemas de teste de Injeção eletrônica embarcada até sistemas de teste e limpeza de injetores. É importante ressaltar que não existe apenas esta empresa, contudo é uma de destaque no nosso mercado

Além dos grupos de engenharia das indústrias automotivas, algumas universidades desenvolvem trabalhos relacionados à eletrônica embarcada: protocolos de comunicação e diagnóstico (diagnose).

Na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo existem diversos grupos de pesquisa direcionados ao desenvolvimento de aplicações da eletrônica em sistemas embarcados automotivos, navais e agrícolas.

Dentre estes grupos, destaca-se o responsável pela pesquisa das aplicações agrícolas. Ele desenvolve sistemas de controle eletrônicos para a automatização dos processos e máquinas agrícolas e também sistemas de auxílio à operação e manutenção. Os chamados Terminais Virtuais são ferramentas importantes durante a operação do equipamento e fundamentais no momento de se verificar falhas no sistema – diagnose do mesmo.

Os conceitos de diagnose, através do projeto de ferramentas de manutenção, corretiva ou preventiva, são amplamente aplicados em centros de pesquisa de todo o país. Ainda assim, existem muitas possibilidades de utilização e desenvolvimentos futuros.

Como dito anteriormente, este campo de pesquisa desenvolvimento e produção, nosso mercado não demanda que sejamos excelência do negócio, em função dos grandes volumes de projetos estarem fora do Brasil, porém existem alguns nichos de mercados que indústrias nacionais estão explorando.

3) Diagnose via Telemática

A palavra telemática surgiu da junção entre as palavras telecomunicações e informática. Conceitualmente, telemática significa a unificação de serviços de telecomunicações com informática com o propósito de prover um sistema de comunicação, monitoramento, gerenciamento do veículo, entre outros.

Mais precisamente neste tópico queremos tratar da telediagnose, que é um sistema de diagnose que pode ser operado por uma central, distante do veículo, estando até mesmo em outros estados ou regiões, por exemplo, para identificar e solucionar falhas no veículo, que vão desde o motor até o acionamento de um vidro.

O conceito é simples, porém o sistemas pode operar de diversas maneiras, conforme o projeto na qual se destina.

Por exemplo, ao identificar um problema no veículo o condutor pode ligar para uma central que monitora os dados do veículo, se possível for uma solução via software, o próprio operador do sistema o fará, caso contrário, utilizando o sistema de GPS, que também faz parte do sistema de telemática, o veículo é rastreado e localizado, permitindo assim que um suporte possa atendo da maneira adequada e eficiente. Em um outra concepção de projeto, o condutor nem necessite efetuar a ligação para a central de operações, esta identifica imediatamente o problema no veículo e toma as devidas providências.

O sistema é ilimitado do ponto de vista da aplicabilidade, cada sistemista desenvolve a aplicação que achar necessária, desde a monitoração de dados do veículo até o acionamento de alarmes anti-furto.

Um dos ponto mais negativos deste sistema é o seu custo, envolvendo custos de operação de uma central, equipe de manutenção em campo até a manutenção de um sistema de navegação e GPS. Este aspecto torna o sistema irrealizável neste momento em nosso país.