

# ARQUITETURAS ELETRO-ELETRÔNICAS

## “CONCEITUAÇÃO”

*por Alexandre de A. Guimarães, MSc*

### **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.

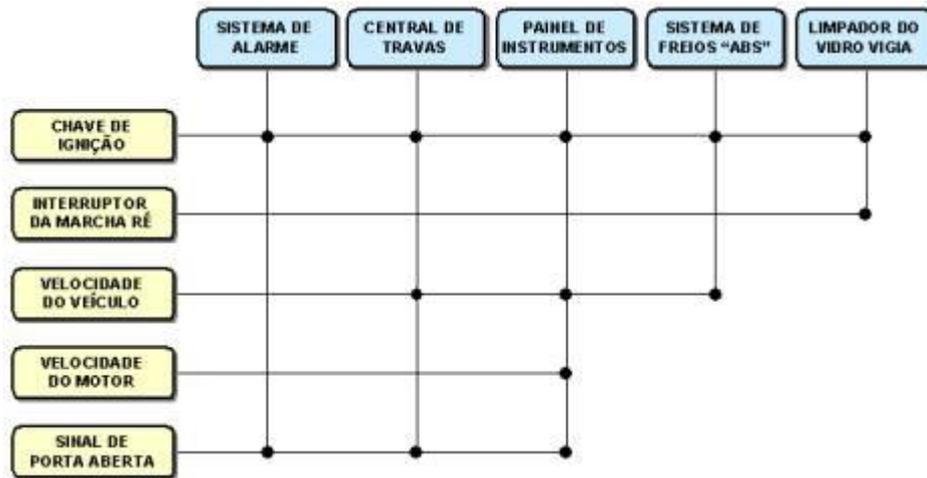


Figura 1

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.

## 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**).

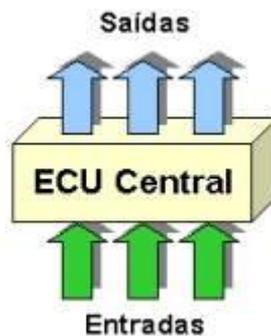
No setor automotivo, dentre os diversos conceitos de arquitetura elétrica atualmente utilizados, podemos destacar dois: **Arquitetura Centralizada** e **Arquitetura Distribuída**.

### 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.

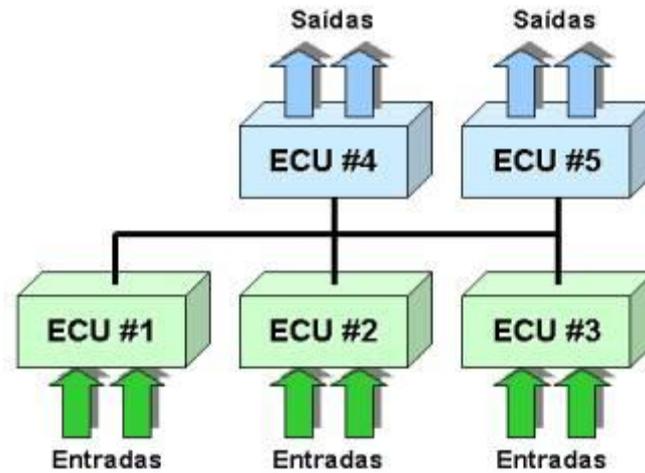
Como desvantagens podemos destacar:

- 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.

### **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.
- Difícil 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 eletro-magnéticas), 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).

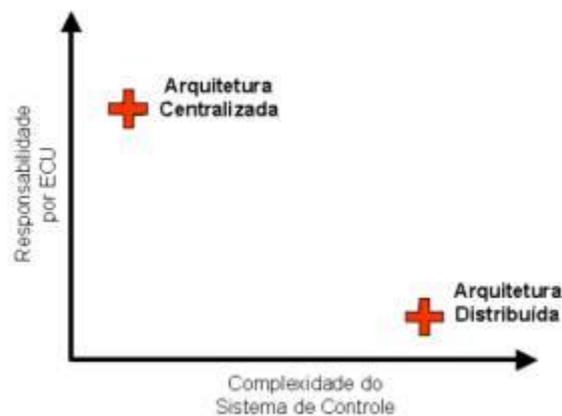
O relacionamento entre os fatores anteriormente colocados, considerando-se uma determinada aplicação móvel, é que determinará o conceito de arquitetura mais apropriado ao sistema a ser controlado. Tal desafio é enfrentado quase que diariamente pelas empresas montadoras de veículos.

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.

## 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.

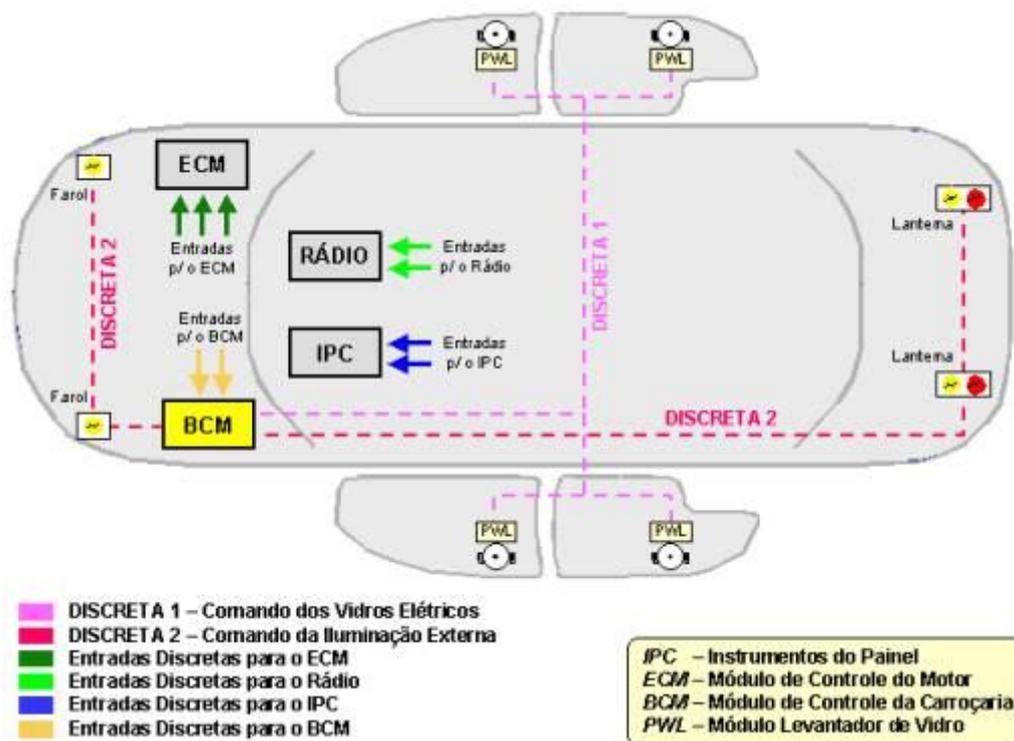


Figura 5

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.**

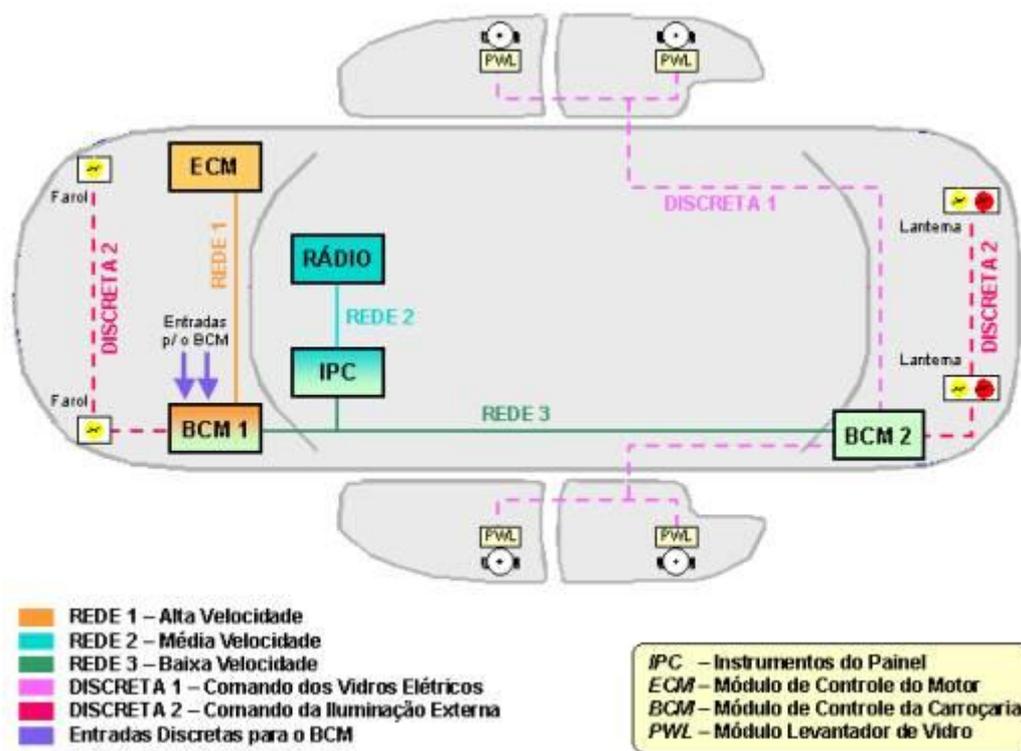


Figura 6

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).

## **CAN BUS**

### **BARRAMENTO CONTROLLER AREA NETWORK**

### **“CONCEITUAÇÃO”**

*por Alexandre de A. Guimarães, MSc*

#### **INTRODUÇÃO**

A [primeira parte deste artigo](#) procurou explicar os dois principais conceitos de **Arquitetura Eletro-Eletrônica** existentes – o **Centralizado** e o **Distribuído**. Além de destacadas as vantagens e desvantagens de ambos os conceitos, foram mencionados dois exemplos de aplicação, um fundamentado no sistema Centralizado e outro no Distribuído.

Percebemos que, para a viabilização do sistema, especialmente no conceito Distribuído, é extremamente necessária a utilização de um **Protocolo de Comunicação**. Neste sentido, o **CAN Bus** mostra-se o mais adequado se considerada a aplicação em questão: **Eletrônica Embarcada** em veículos automotivos.

Vamos então ao Protocolo !

## 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.

## 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).

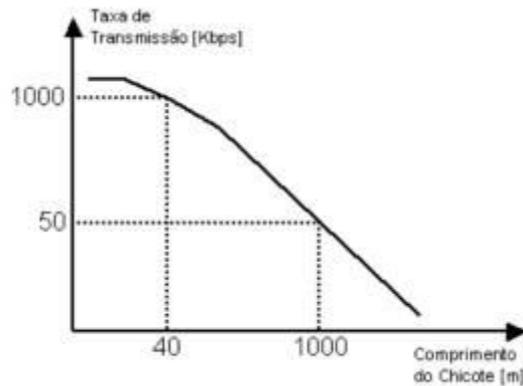
Trabalha baseado no conceito **multi-mestre**, onde todos os módulos podem se tornar mestre em determinado momento e escravo em outro, além de suas mensagens serem enviadas em regime **multicast**, caracterizado pelo envio de toda e qualquer mensagem para todos os módulos existentes na rede.

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 1 representa a relação entre o comprimento da rede (barramento) e a taxa de transmissão dos dados.



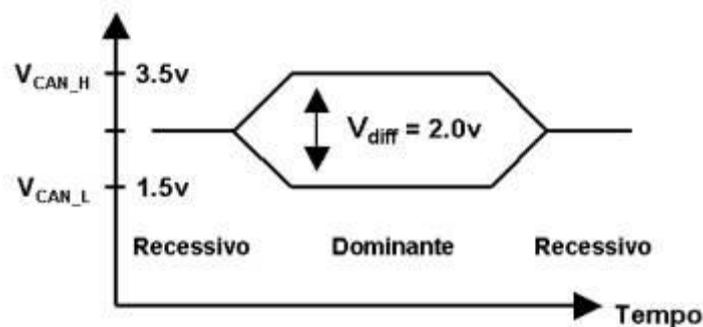
**Figura 1**

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 2 ilustra os níveis de tensão em uma rede CAN, assim como os bits Dominantes e Recessivos.



**Figura 2**

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.

## 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 3 apresenta o quadro de mensagem do CAN 2.0A.

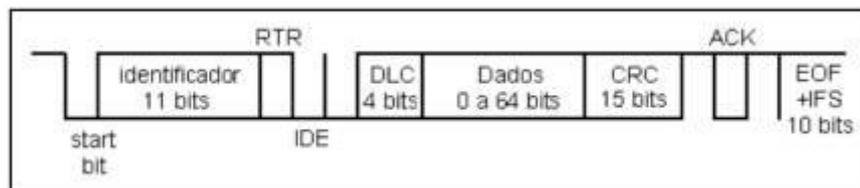


Figura 3

**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 4 apresenta o quadro de mensagem do formato CAN 2.0B.

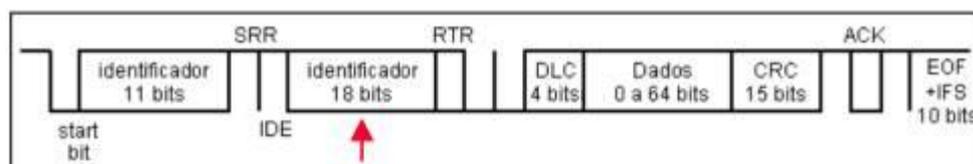


Figura 4

## 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.

## 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);

## **ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO: 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.

## **ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO: 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 5 ilustra a rede CAN de um sistema automotivo, com duas sub-redes e dois terminadores. O *Gateway* desta aplicação é o Painel de Instrumentos.

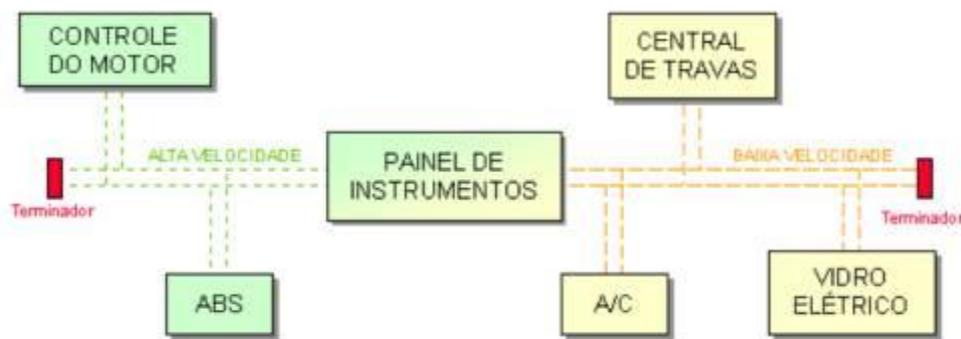


Figura 5

## ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO: MONTAGEM DA REDE

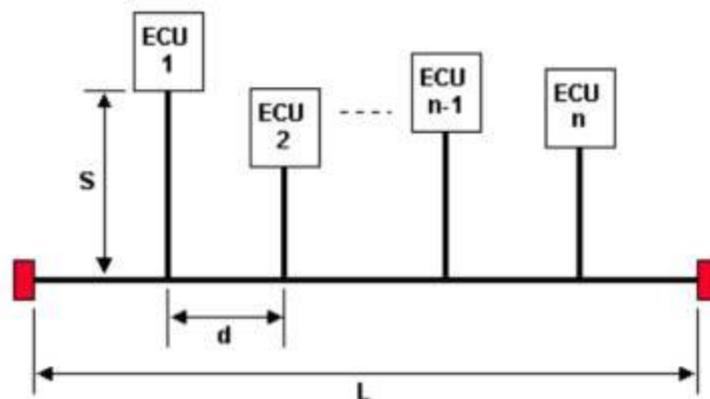
**Barramento** é o termo técnico que representa os condutores elétricos das linhas de comunicação e a forma como eles são montados. Apesar de parecer simples, o ato de interligar os módulos requer bastante atenção.

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 0,35mm<sup>2</sup>.

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 6 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 6**

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.

Na próxima e última parte, detalharemos o projeto do hardware e do software de uma ECU CAN. Além disso, montaremos juntos uma rede de comunicação de dados fundamentada neste fantástico protocolo.