

VINICIUS VILLANI DA FONSECA

**IMPLEMENTAÇÃO DE PADRONIZAÇÃO AUTOSAR PARA ARQUITETURAS
ELÉTRICAS UTILIZADAS EM PAÍSES EMERGENTES**

São Caetano do Sul

2013

VINICIUS VILLANI DA FONSECA

**IMPLEMENTAÇÃO DE PADRONIZAÇÃO AUTOSAR PARA ARQUITETURAS
ELÉTRICAS UTILIZADAS EM PAÍSES EMERGENTES**

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação
em Engenharia Automotiva, da Escola de
Engenharia Mauá do Centro Universitário do
Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título
de Especialista

Orientador: Prof. Dr. Wanderlei Marinho da Silva

São Caetano do Sul

2013

Fonseca , Vinicius Villani da

Implementação de padronização AUTOSAR para arquiteturas elétricas utilizadas em países emergentes / Vinicius Villani da Fonseca. São Caetano do Sul, SP: CEUN-CECEA, 2013.

47p.

Monografia - Especialização em Engenharia Automotiva. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2013.
Orientador: Prof. Dr. Wanderlei Marinho da Silva

1. INTRODUÇÃO 2. INÍCIO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA – BIG THREE 3. AUTOSAR I. Fonseca, Vinicius Villani da. II. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário. Centro de Educação Continuada. III. Título.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar as diferentes estruturas relativas a arquitetura elétrica veicular utilizada em países emergentes em comparação as arquiteturas mais complexas e aprofundar-se nas especificações geradas pela AUTOSAR, que define padronizações relacionadas aos componentes eletrônicos no veículo e o padrão de comunicação entre os mesmos. A padronização AUTOSAR foi gerada orientada a atender veículos com arquiteturas bastante complexas considerando diversos sistemas avançados. Com base nisso as empresas geram módulos eletrônicos de alta capacidade de armazenamento de software e possibilidades relacionadas ao hardware, o que dificulta sua utilização em veículos de baixo custo e voltados para os países emergentes. Normalmente as arquiteturas de baixo custo utilizam poucos módulos eletrônicos e funções mais básicas para veículos de baixo conteúdo. Este estudo apresenta as vantagens e desvantagens de se utilizar uma implementação baseada nestes padrões. As considerações finais demonstram que com o correto planejamento é possível utilizar estes padrões para reduzir custos de desenvolvimento sem aumentar os custos relacionados aos módulos eletrônicos.

Palavras-chave: AUTOSAR. Arquitetura elétrica veicular. Padronização para módulos eletrônicos. Veículos para países emergentes.

ABSTRACT

This study aims to analyze the different structures for the electric vehicle architecture used in emerging markets compared to more complex architectures and deepen the AUTOSAR specifications, which defines standards related to electronic components in the vehicle and communication pattern among them. This AUTOSAR standard was generated oriented to complex architectures considering many advanced systems. Based on that, companies generate high capacity electronic modules related to software and hardware possibilities, making it difficult to use it in low content vehicles focused on emerging markets. Usually the low cost architectures use only few electronic modules and basic functions. This study shows the advantages and disadvantages of using an implementation based on these standards. The final considerations show that with the right planning you can use these patterns to reduce development costs without increasing costs related to electronic modules.

Keywords: AUTOSAR. Electric vehicle architectures. Standardization for Electronic Modules. Vehicles for Emerging Markets.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Big Three</i>	10
Figura 2 – Vendas no mercado americano – <i>Big Three</i>	12
Figura 3 – Mapa automotivo das empresas	13
Figura 4 – Fabricação de automóveis	14
Figura 5 – Linhas de comunicação	16
Figura 6 – Custos de uma rede de comunicação	17
Figura 7 – Configuração do CAN-BUS.....	18
Figura 8 – Padrão diferencial CAN.....	19
Figura 9 – Funcionamento de um transceiver CAN.....	20
Figura 10 – Padrão de prioridade das linhas CAN	20
Figura 11 – Comunicação LIN	22
Figura 12 – Comunicação FlexRay – 2 canais	23
Figura 13 – Subsistemas divididos na arquitetura veicular.....	25
Figura 14 – Investimentos necessários para novos desenvolvimentos	26
Figura 15 – Membros da AUTOSAR.....	28
Figura 16 – Complexidade da eletrônica embarcada	29
Figura 17 – Flexibilidade e reuso do software	30
Figura 18 – Conceito da AUTOSAR.....	31
Figura 19 – Arquitetura AUTOSAR	32
Figura 20 – Conexões entre componentes de software	33
Figura 21 – Componentes de software – Sensor e Atuador	35
Figura 22 – Comunicação Cliente - Servidor.....	36
Figura 23 – Comunicação Emissor - Receptor.....	36
Figura 24 – Arquitetura de software	37
Figura 25 – Fases do AUTOSAR	39
Figura 26 – Implementação do AUTOSAR	41
Figura 27 – Volume de ECUs com AUTOSAR.....	41
Figura 28 – Arquitetura veicular	43
Figura 29 – Arquitetura simples	44
Figura 30 – Simplificação para AUTOSAR para veículos de baixo custo	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 OBJETIVO.....	9
1.2 JUSTIFICATIVA.....	9
2 INÍCIO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA – <i>BIG THREE</i>	10
2.1 DOMÍNIO DA INDÚSTRIA E GLOBALIZAÇÃO	11
2.2 NOVOS PROJETOS E DESENVOLVIMENTO	15
2.3 ELETRÔNICA EMBARCADA NOS VEÍCULOS	16
2.4 REDES DE COMUNICAÇÃO.....	16
2.4.1 CONTROLLER AREA NETWORK (CAN)	18
2.4.2 LOCAL INTERCONNECT NETWORK (LIN)	21
2.4.3 PADRÃO DE COMUNICAÇÃO FLEXRAY	22
2.5 MIGRAÇÃO DOS CUSTOS.....	23
3 AUTOSAR	27
3.1 CRIAÇÃO DA AUTOSAR	27
3.2 OBJETIVOS E MOTIVAÇÕES DA AUTOSAR.....	28
3.3 CONCEITO DA AUTOSAR.....	30
3.4 ARQUITETURA VEICULAR AUTOSAR	32
3.5 ARQUITETURA DE SOFTWARE AUTOSAR	37
3.6 IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOSAR.....	38
3.7 UTILIZAÇÃO DA AUTOSAR PARA ARQUITETURAS COMPLEXAS.....	42
3.8 UTILIZAÇÃO DA AUTOSAR PARA ARQUITETURAS SIMPLES	44
4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A indústria automobilística sempre foi considerada como uma das principais a impulsionar a economia mundial. Há algumas décadas atrás, tínhamos somente algumas empresas dominando o mercado automotivo com apenas poucos modelos disponíveis. Este cenário foi mudando com o tempo, com a inclusão de diversas outras empresas passando a dividir o mercado e as vendas. Neste período, o volume de vendas cresceu substancialmente, mas também cresceu junto toda a concorrência, que temos atualmente evidenciada na indústria.

Com este aumento de concorrência e divisão de marketshare entre as automotivas, se tornaram focos principais das empresas os custos relacionados à produção e também os investimentos necessários para os novos desenvolvimentos, cada vez mais necessários devido à necessidade de estar sempre renovando os produtos disponíveis para se manter competitivo.

Estes custos eram sempre mais relacionados ao desenvolvimento de peças mecânicas, devido a alteração de ferramentas de estampagem e injeção. Mas estes gastos relacionados a novos desenvolvimentos estão migrando para os investimentos relacionados aos itens eletrônicos, devido a necessidade de atender as inovações tecnológicas que são criadas a cada instante.

Tais fatores geram uma grande complexidade da arquitetura elétrica dos novos projetos. Cada módulo eletrônico demanda um desenvolvimento e isto gera um custo para a empresa em cada desenvolvimento de uma nova tecnologia.

Os custos são reduzidos quando as empresas começam a trabalhar com arquiteturas globais, que passam a ser utilizadas em diversos projetos. Mas isto ainda gera um grande investimento sempre que é necessário desenvolver um novo módulo, mesmo que já esteja em uso em outras montadoras, pois são necessárias diversas adaptações para a arquitetura utilizada, que diferem entre cada montadora.

Para resolver este problema foi criada a AUTOSAR (AUTomotive Open Systems ARchitecture). A AUTOSAR trata-se de um padrão desenvolvido entre as montadoras, fornecedores de eletrônica e software e vendedores de ferramentas. Através deste padrão AUTOSAR é possível o total desacoplamento do hardware com o software utilizado em uma aplicação. Desta maneira é possível comprar hardwares e softwares de diferentes fornecedores

e eles serem totalmente compatíveis, mesmo tendo sido desenvolvidos para outras montadoras.

Através deste padrão temos a possibilidade de reuso de módulos e softwares desenvolvidos entre montadoras e fornecedores, fazendo com que no longo prazo se obtenha uma redução nos custos envolvidos em novos desenvolvimentos.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho visa analisar os padrões AUTOSAR para o dimensionamento e desenvolvimento de arquiteturas e módulos eletrônicos. Através de um correto dimensionamento dos módulos e utilização de algumas alternativas, poderemos ver que é possível utilizar este padrão para veículos que consideram arquiteturas focadas em países emergentes, sem impactar totalmente o custo de desenvolvimento e dos módulos envolvidos.

1.2 JUSTIFICATIVA

O padrão AUTOSAR está apenas começando a ser utilizado por algumas empresas , mas certamente se tonará um padrão para a indústria automotiva. Acredita-se que em poucos anos a maioria das empresas estarão utilizando arquiteturas elétricas e módulos eletrônicos baseados nestes padrões, portanto o tema é de extrema importância para se manter atualizado com as novas tendências e tecnologias.

2 INÍCIO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA – *BIG THREE*¹

O termo em inglês *Big Three* é conhecido na indústria automotiva americana por identificar os três maiores fabricantes de automóveis que sempre dominaram o mercado norte americano. Elas também podem ser conhecidas como *Detroit Three*, pois as três empresas foram criadas nas proximidades de Detroit, no estado de Michigan. A Figura 1 apresenta os Logos das *Big Three*.



Figura 1 – Big Three

FONTE: Disponível em: <<http://www.brandchannel.com/home/post/2012/04/18/Detroit-Big-Three-in-Reverse-041812.aspx>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

A primeira das três empresas foi a Ford Motor Company, fundada por Henry Ford em 1903. Neste início da indústria automotiva, os veículos eram montados de forma totalmente manual, por grupos pequenos de empregados. Eram produzidos somente alguns veículos por dia, devido a baixa demanda naquela época por carros, considerando-se diversos fatores como custo e por serem considerados um item de luxo.

Alguns anos depois da criação da Ford, em 1908, foi fundada por Willian C. Durant a General Motors Company. Dentro da empresa General Motors, foram criadas diversas marcas que continuam até hoje como marcas principais da empresa, como a Buick e Chevrolet, por exemplo.

¹ Termo em inglês usado para definir os três grandes da Indústria Automotiva – GM, Ford, Chrysler

A terceira das grandes americanas a ser criada foi a Chrysler, fundada por Walter Chrysler em 1925, e a partir deste ano começou o seu trajeto dentro da indústria automotiva americana através das marcas Plymouth e Dodge, além da própria marca Chrysler.

2.1 DOMÍNIO DA INDÚSTRIA E GLOBALIZAÇÃO

Desde que as três maiores americanas foram criadas, elas dominaram o mercado de veículos americano durante muito tempo. Antes da metade do século XX as empresas Ford, GM e Chrysler detinham mais de 90% de todas as vendas em território americano. Com este domínio e com todo o aprimoramento relacionado à produção de veículos, estas marcas conseguiram, através de diversas aquisições de outras marcas e *Joint Ventures*¹, se globalizarem e expandirem suas vendas por diversos países. Enquanto existiam as três principais empresas americanas, surgiam em outras regiões do mundo outros grandes grupos que também ganhavam força, como as três grandes Japonesas – Toyota, Nissan e Honda. Durante este período surgiram as empresas alemãs como grandes grupos também, como Audi, BMW, Mercedes-Benz e Volkswagen, sendo que as três primeiras empresas eram mais voltadas a carros de luxo e não focadas em volumes altos. Com o surgimento de todas estas fortes marcas e o início da globalização dos veículos, o mercado automotivo foi a cada momento se tornando mais competitivo e o domínio da indústria americana passou a não ser tão evidente. Podemos ver na Figura 2 o comportamento das vendas no mercado americano durante os anos.

¹ Termo em inglês utilizado para definir uma associação entre empresas



Figura 2 – Vendas no mercado americano – Big Three

FONTE: Disponível em: <<http://www.brandchannel.com/home/post/2012/04/18/Detroit-Big-Three-in-Reverse-041812.aspx>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

As empresas atualmente formam grandes grupos com diversas marcas, diferenciando os públicos alvo e mercados de atuação, com marcas para veículos de baixo custo ou relacionadas a alto padrão. Podemos ver na Figura 3 a exemplo dos grandes conglomerados criados com as marcas. A imagem não está atualizada aos últimos acontecimentos da indústria automotiva, mas serve apenas para ilustrar.

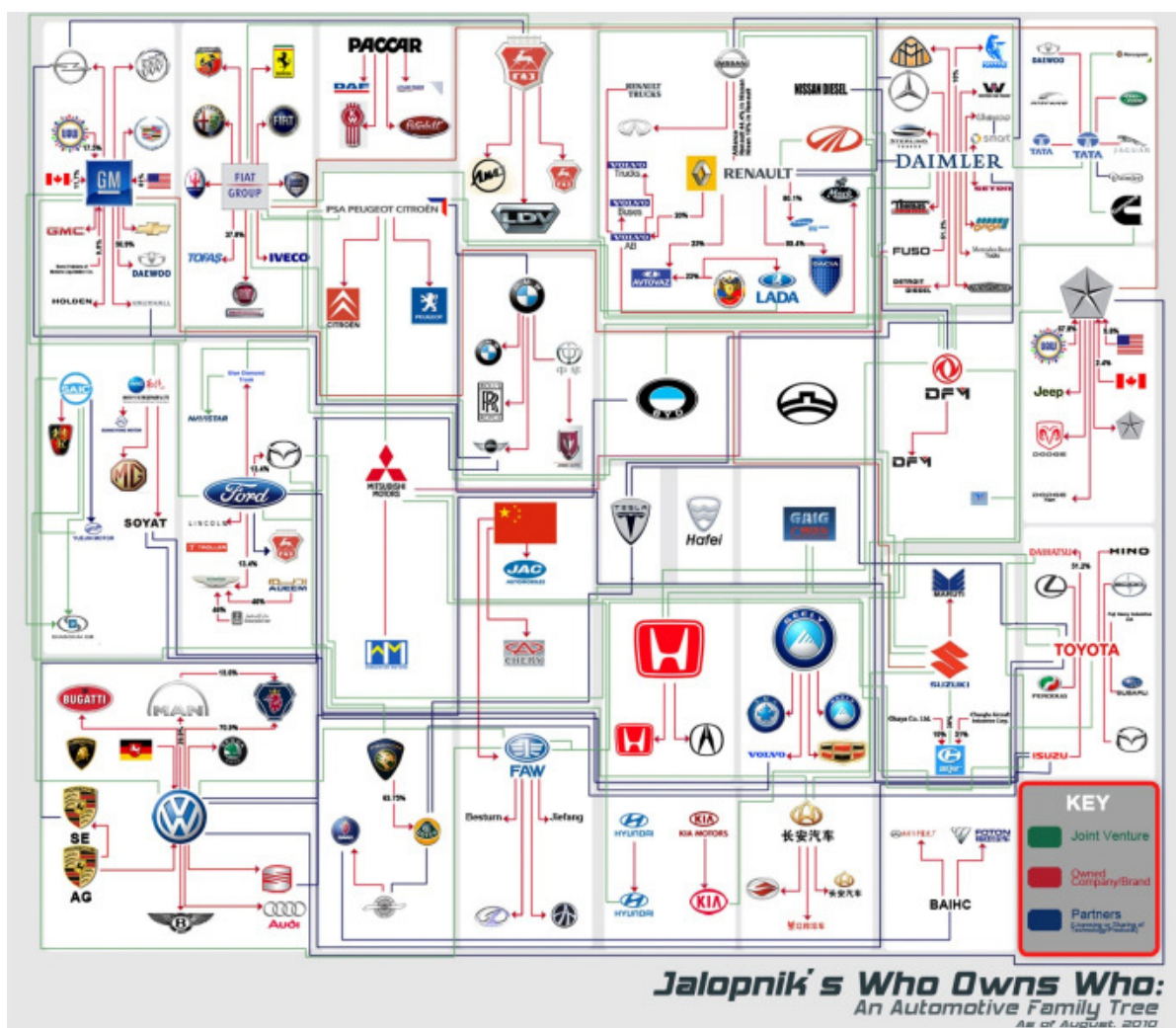


Figura 3 – Mapa automotivo das empresas

FONTE: Disponível em < <http://jalopnik.com/who-owns-who>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

Mais recentemente houve grandes mudanças nos maiores centros fabricantes de veículos no mundo. Durante muitos anos este posto foi ocupado pelos Estados Unidos, mas com o passar do tempo e com a concorrência, Japão e agora principalmente China disputam este mercado e este posto. Podemos observar na Figura 4 as informações comparativas entre alguns anos, onde se pode observar o comportamento da produção dos países como a China, que se tornou uma grande potência na fabricação de automóveis mundialmente. Também podemos fazer destaque para a produção brasileira de veículos, que conseguiu evoluir claramente perante as outras regiões, tornando-se também um grande centro de produção de veículos. A Figura 4 apresenta os resultados de produção de veículos por país.

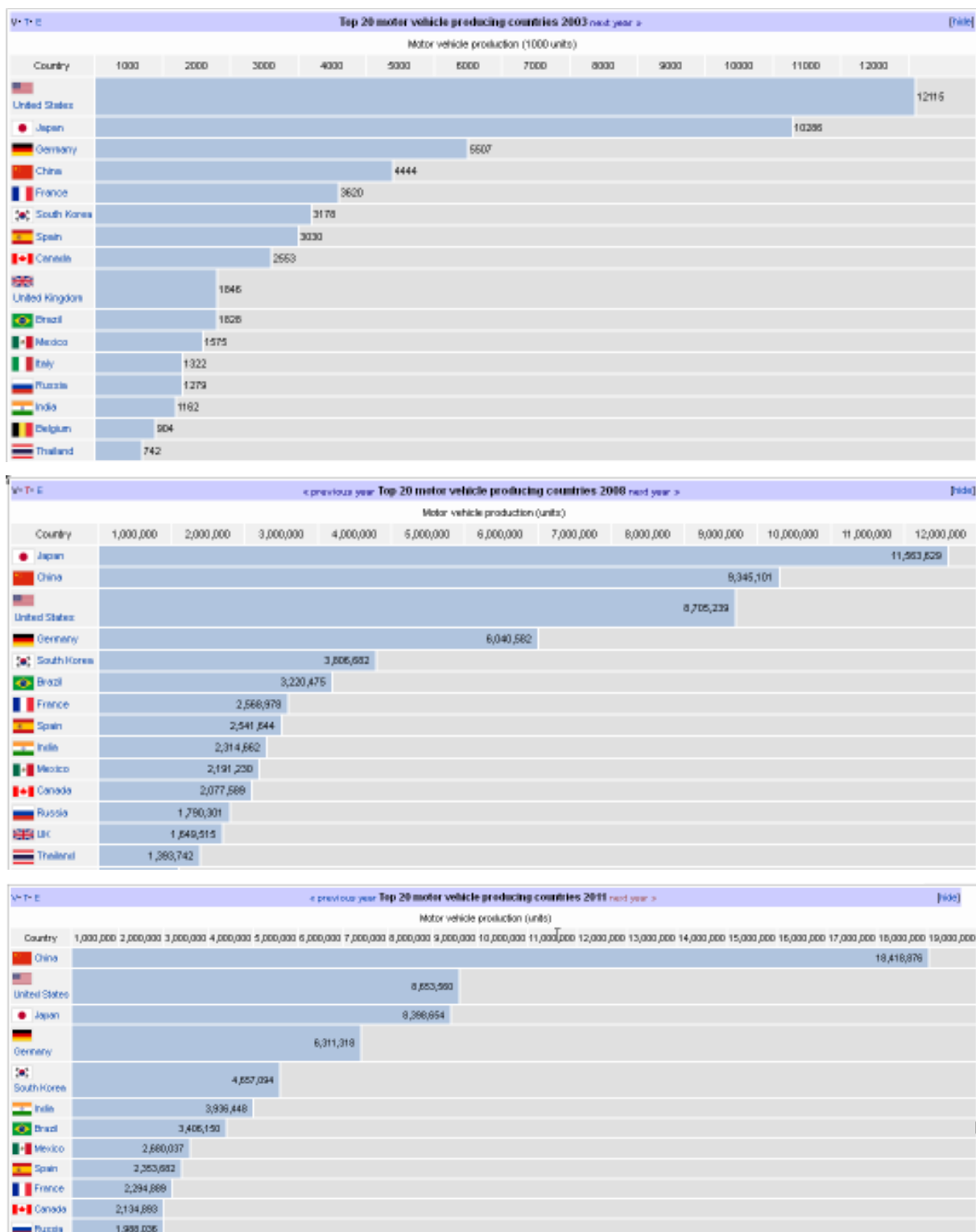


Figura 4 – Fabricação de automóveis

FONTE: Disponível em < <http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

2.2 NOVOS PROJETOS E DESENVOLVIMENTO

No início, quando havia apenas poucas empresas disputando o mercado automotivo, eram consideradas poucas opções de veículos, e estes modelos poderiam se manter no mercado sem nenhuma alteração por alguns anos. Com o passar do tempo e com o aumento da concorrência globalmente, as empresas tiveram que passar a prover algumas alternativas de veículos para conseguir atender a todos os nichos de mercado. A renovação da linha de produtos passou a se tornar essencial para a marca conseguir se manter competitiva no mercado. As empresas passaram a trabalhar com diversos projetos simultaneamente, e estes desenvolvimentos devem ser realizados da maneira mais rápida possível para ter o produto disponível ao mercado o quanto antes, sempre tentando se antecipar a concorrência.

O foco atualmente está voltado a otimizar o desenvolvimento de novos veículos. Atualmente um novo projeto exige um grande investimento, tanto na parte de novas ferramentas de estampagem e injeção por exemplo, como também em custos relacionados à pesquisa e desenvolvimento de novas peças e novos módulos eletrônicos. Somando-se a estes investimentos, novos projetos sempre levam a uma grande validação de peças e veículos. Isto envolve diversas horas de testes em bancadas e em pistas de testes para a correta busca e verificação de possíveis falhas que possam ocorrer na vida útil do carro.

Durante esta fase de desenvolvimento são utilizadas peças protótipos. As peças são utilizadas para a montagem de veículos de testes, para que sejam realizadas as verificações funcionais e de durabilidade do carro. Como estas peças em desenvolvimento são consideradas protótipos, elas já são mais caras que peças consideradas de produção, podendo chegar a 10 vezes o valor de uma peça normal. Como para a validação destes projetos são utilizados diversos carros protótipos, que visam abranger o máximo de configurações possíveis, e fazer o máximo de testes possível, o custo de cada carro deste pode chegar a 10 vezes o custo de um carro normal de produção.

Todo este conceito de desenvolvimento e validação dos produtos faz com que novos projetos tenham um alto investimento. Por este motivo atualmente busca-se otimizar ao máximo o tempo de desenvolvimento dos novos projetos bem como a necessidade de veículos de avaliação e a necessidade de novas peças ao invés de fazer o reuso de algum produto que já está sendo considerado em outra plataforma ou região.

2.3 ELETRÔNICA EMBARCADA NOS VEÍCULOS

Cada vez mais podemos observar o aumento da tecnologia embarcada nos veículos. Com o passar dos anos, a eletrônica embarcada fica cada vez mais evidente, até mesmo em veículos voltados ao baixo custo. No início do uso de módulos eletrônicos nos carros, tínhamos basicamente os módulos de injeção eletrônica (conhecido em alguns casos como ECM – Engine Control Module), que fazia o controle do funcionamento do motor e de seus sensores. Passou a ser utilizado também um módulo eletrônico para o controle das informações ao motorista (conhecido em alguns casos como IPC – Instrument Panel Cluster), através dos indicadores de velocidade, rotação do motor, combustível e informações de falhas e de funções ligadas. O terceiro principal módulo a ser utilizado seria o módulo de controle para as funções de conforto e conveniência (conhecido como BCM – Body Control Module), que passou a integrar as funções de controle de travas elétricas, alarme, controles de iluminação, limpadores bem como diversas outras funções.

Com estes três módulos presentes, podemos ter o funcionamento básico de um carro. Cada módulo passou a ser responsável por suas funções dentro de um veículo, mais ainda faltava uma maneira de realizar a comunicação entre estes módulos de uma maneira mais eficiente, ao invés de usar diversos fios conectados. Foram então utilizadas as linhas de comunicação entre os módulos. A Figura 5 apresenta as linhas de comunicação entre os módulos de controle.

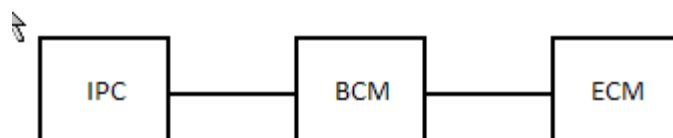


Figura 5 – Linhas de comunicação

FONTE: O autor

2.4 REDES DE COMUNICAÇÃO

Com a utilização de redes de comunicação automotivas, aumentou significativamente o número de módulos eletrônicos presentes no veículo. Através destas redes o veículo ficou muito mais configurável, pelo fato dos módulos poderem ser adicionados ou retirados de um veículo sem alterar a operação de outros dispositivos.

Existem diversos tipos de comunicação entre módulos, como a comunicação serial, redes CAN (Controller Area Network), redes LIN (Local Interconnect Network), FlexRay etc... A mais utilizada atualmente no desenvolvimento automotivo foi criada a partir de 1986, quando foram apresentados os padrões de comunicação CAN por Robert Bosch. Atualmente as redes de comunicação CAN são utilizadas em praticamente todos os veículos produzidos mundialmente.

As redes de comunicação possuem características diferentes quanto à confiabilidade de sistema, velocidade de comunicação, quantidade de módulos e mensagens que podem trafegar na rede e principalmente o custo envolvido na utilização de cada um destes métodos e padrões de comunicação. A Figura 6 apresenta uma comparação dos custos e velocidade envolvidas nas diversas redes disponíveis.

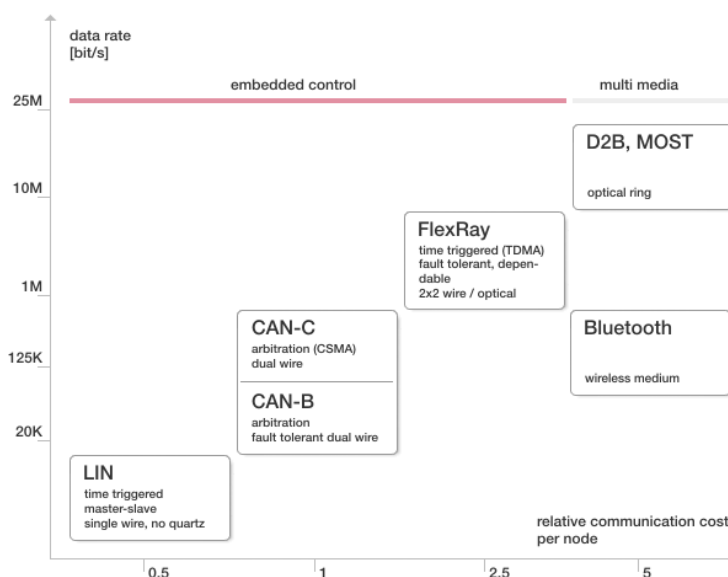


Figura 6 – Custos de uma rede de comunicação

FONTE: Disponível em: <<http://www.lin-subbus.de>>. Acesso em: 03 abril. 2013.

Pode-se notar que o padrão de comunicação LIN é considerado bem mais barato que as outras opções de redes de comunicação, mas também tem grandes limitações de velocidade de transmissão de dados. Já as redes CAN apresentam uma velocidade de transmissão maior em relação à comunicação LIN, mas também envolvem um custo maior para implementação. Para um veículo com uma quantidade maior de módulos e quando envolve certo nível de segurança e velocidade de transmissão, a rede LIN não atinge estes objetivos.

Já a rede de comunicação FlexRay apresenta um custo bem mais elevado de implementação, e traz como benefício à velocidade de transmissão mais alta. Isso faz com que seja necessária somente uma linha de comunicação FlexRay para substituir 2 ou 3 linhas de comunicação CAN.

2.4.1 CONTROLLER AREA NETWORK (CAN)

A rede CAN se tornou um padrão na indústria automotiva por apresentar diversas características importantes neste tipo de comunicação. A primeira importante característica da rede CAN é que ela permite que diversos módulos sejam conectados a esta linha de comunicação sem que seja necessário um módulo principal para fazer o gerenciamento destas mensagens. A conexão entre os módulos é realizada por 2 linhas de comunicação. A Figura 7 apresenta a configuração do CAN-BUS.

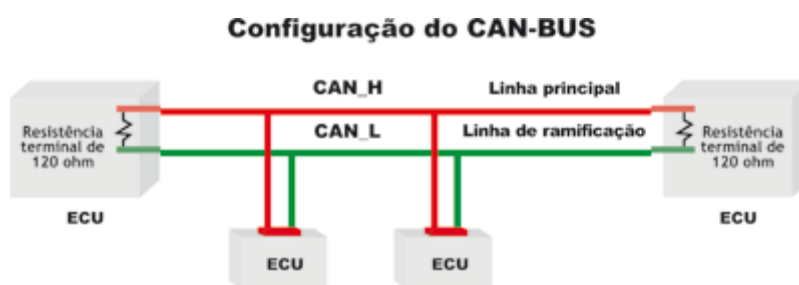


Figura 7 – Configuração do CAN-BUS

FONTE: Disponível em : <<http://d-jetronic.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

Estas duas linhas da rede CAN funcionam de maneira diferencial conforme é apresentado na Figura 8. Desta maneira, é possível fazer a detecção de qualquer falha relacionada a qualquer

uma das duas linhas, e em casos de falha em uma das linhas ou algum curto circuito gerado, a comunicação pode ser mantida entre os módulos.

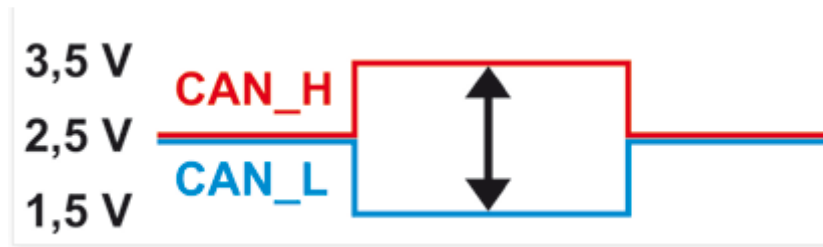


Figura 8 – Padrão diferencial CAN

FONTE: Disponível em: <<http://d-jetronic.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2013.

Para melhorar ainda mais a imunidade desta comunicação quanto a falhas, são utilizados pares trançados de cabos para as linhas CAN. Desta maneira, qualquer influência eletromagnética gerada nestas linhas de comunicação não afetam a comunicação, pois afetarão as linhas de maneira igual.

Como as linhas de comunicação CAN têm este padrão diferencial entre as linhas, é necessário um transceiver para converter este sinal vindo das linhas de comunicação para as informações válidas para um microcontrolador. Pode-se verificar esta conversão na Figura 9 como um exemplo do funcionamento do transceiver.

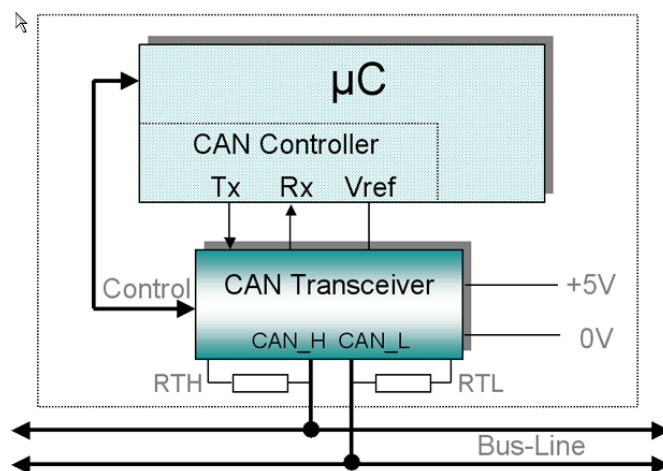


Figura 9 – Funcionamento de um transceiver CAN

FONTE: Disponível em: <<http://www.softing.com>>. Acesso em: 05 fev. 2013

Uma das principais características do CAN é a priorização de mensagens. Como todos os módulos estão transmitindo na mesma linha de comunicação, é necessário que se defina a prioridade entre as mensagens, pois com certeza terão mensagens mais importantes e menos importantes trafegando ao mesmo tempo e possivelmente iniciando também ao mesmo tempo. Pode-se verificar através da Figura 10 como funciona esta priorização de mensagens. Assim que o módulo que tem uma prioridade menor faz a leitura da linha e percebe que há uma mensagem com prioridade maior, a mensagem de baixa prioridade é interrompida.

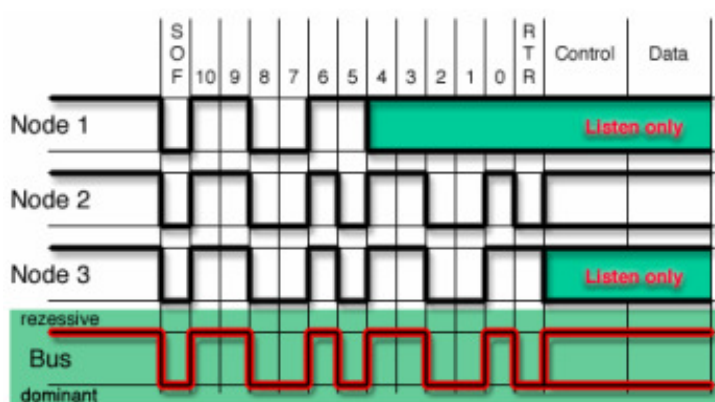


Figura 10 – Padrão de prioridade das linhas CAN

FONTE: BARBOSA, Luiz Roberto Guimarães. Rede CAN. 2003. 14 f. Dissertação (Graduação) - UFMG, Belo Horizonte, 2003.

No início da utilização da rede CAN, os custos eram elevados, considerando-se os transceivers e os microcontroladores com esta função incluída internamente para o gerenciamento. Atualmente este custo foi bastante reduzido, principalmente pelo fato de haver diversos fabricantes de componentes eletrônicos trabalhando com esta tecnologia. Ainda assim, a adição de uma rede CAN a uma arquitetura veicular ainda é considerada cara, se comparado a arquiteturas mais simples.

As redes de comunicação CAN são normalmente utilizadas para a comunicação com os módulos relacionados ao motor, transmissão, sensores, freios e diagnóstico. A comunicação envolvendo estes módulos normalmente requer uma velocidade maior e também necessita a verificação de erro no sistema e a redundância necessária da rede CAN. Como a rede CAN é

considerada segura, ela é utilizada para a comunicação com estes módulos. Em alguns casos, dependendo da arquitetura definida pela montadora, a rede CAN pode ser dividida entre duas ou três linhas diferentes de CAN, com velocidades diferentes e módulos diferentes, separadas por prioridade entre as linhas. Normalmente uma arquitetura complexa não consegue ser abrangida somente por uma linha de comunicação CAN.

2.4.2 LOCAL INTERCONNECT NETWORK (LIN)

A rede de comunicação LIN foi criada após a utilização das redes de comunicações CAN. Surgiu de um consórcio de algumas empresas como BMW, Volkswagen, Volvo e Daimler Chrysler para o desenvolvimento de uma rede de comunicações que servisse que alternativa para o CAN.

A rede LIN é baseada em apenas 1 linha de transmissão e recepção do sinal, diferente do que pudemos observar com as redes de comunicação CAN. Este sistema tem uma velocidade de transmissão baixa, e é normalmente utilizado para a comunicação de um módulo principal com alguns módulos secundários, como sensores ou interruptores. Um bom exemplo de utilização da rede LIN está na conexão dos interruptores de vidro elétrico, onde ao invés de diversos sinais vindos de todos os interruptores das portas, teremos apenas os sinais de LIN trazendo as informações dos interruptores pressionados nas portas.

A rede LIN é baseada então em comunicação Mestre-Escravo. As mensagens são agendadas no módulo mestre e são enviadas conforme agendamento para os módulos escravos. As mensagens contém uma parte conhecida como cabeçalho e outra parte definida como resposta. O módulo escravo é responsável pela resposta assim que o cabeçalho indicar qual módulo é necessário responder àquela mensagem.

Podem-se observar na Figura 11 as características da transmissão de uma mensagem através da LIN.

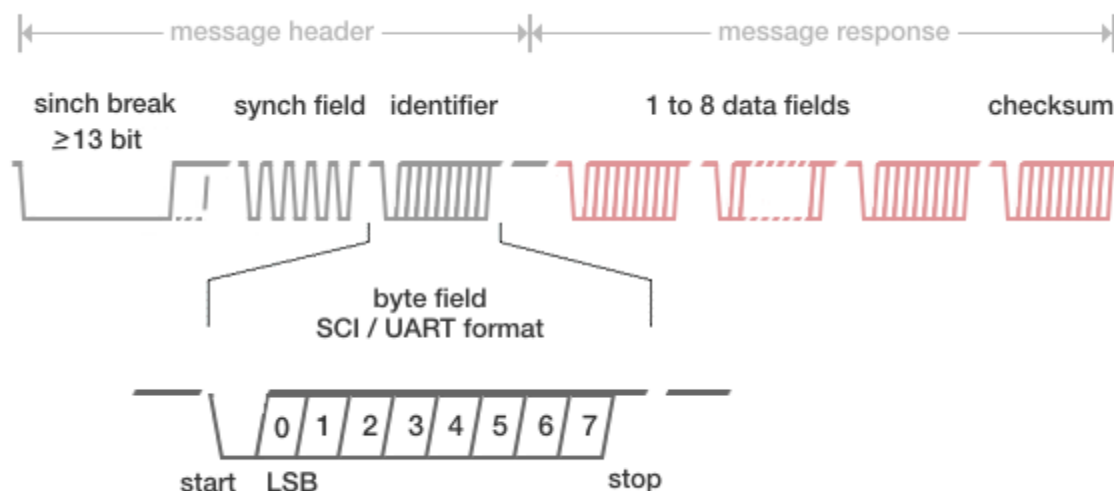


Figura 11 – Comunicação LIN

FONTE: Disponível em: < <http://www.lin-subbus.de/index.php> >. Acesso em: 03 abr. 2013

Pode-se observar na Figura 11 que a mensagem a ser transmitida é dividida em diversas partes. A primeira parte representa um intervalo de sincronização, que marca o início da mensagem na linha LIN. Após este intervalo inicial da mensagem, é emitida uma faixa de sincronização onde o sinal é alternado entre “0” e “1” para que seja sincronizada a frequência entre os módulos presentes na rede de comunicação. Após este sinal, estará presente o sinal de identificação da mensagem, que informa o que está sendo transmitido. Em seguida, os dados em si são adicionados ao sinal. Uma mensagem normalmente identifica o que está sendo transmitido, mas não faz menção ao módulo que deverá receber esta informação. Portanto, pode haver diversos receptores para uma mensagem, e ela pode ser enviada de um “escravo” para outro “escravo” diretamente, sem ter a necessidade de passar pelo “mestre” da rede.

2.4.3 PADRÃO DE COMUNICAÇÃO FLEXRAY

O padrão de comunicação FlexRay é bem mais recente do que os outros padrões mais conhecidos como a LIN e a CAN. Começou a ser utilizado por volta de 2006 pela BMW, mas como a rede FlexRay apresenta um custo mais elevado quando comparado às outras

tecnologias empregadas atualmente para comunicação automotiva, ainda não tem uma grande utilização em veículos de altos volumes.

Este padrão pode ser considerado para aplicações em veículos de grande conteúdo de eletrônica embarcada, onde são empregados muitos módulos presentes na linha de comunicação. Normalmente, neste caso são necessárias diversas redes CAN e LIN presentes no veículo para poder suprir toda a necessidade de trocas de mensagens entre os módulos. Como o FlexRay tem uma velocidade de mensagens bem mais alta do que o CAN e o LIN, pode-se substituir algumas linhas por uma linha de comunicação FlexRay.

A diferença principal observada nas redes FlexRay é que a sua comunicação é feita através de dois canais de comunicação. Esta característica é apresentada na Figura 12.

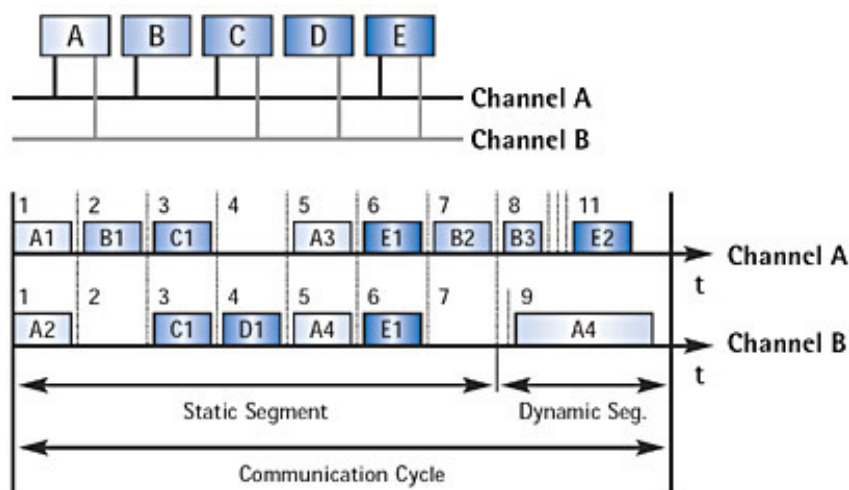


Figura 12 – Comunicação FlexRay – 2 canais

FONTE: Disponível em: < http://www.ixxat.com/introduction_flexray_en.html >. Acesso em: 04 abr. 2013

2.5 MIGRAÇÃO DOS CUSTOS

Com o passar do tempo, diversas tecnologias passaram a ser utilizadas nos carros. Atualmente, cada carro considerado de alta tecnologia tem mais de 80 módulos eletrônicos responsáveis por diversas funções no veículo. Podemos fazer uma lista abaixo com alguns dos módulos mais comuns presentes nos carros:

- A. *Body Control Module;*
- B. *Engine Control Module;*
- C. *Instrument Panel Cluster;*
- D. *Electronic Brake Control Module;*
- E. *Electric Park Brake;*
- F. *Trailer Interface Module;*
- G. *Transmission Control Module;*
- H. *Electronic Climate Control;*
- I. *Infotainment System;*
- J. *Universal Park Assist;*
- K. *Heated Seats Module;*
- L. *Tire Pressure Monitoring System;*
- M. *Electric Power Steering system;*

Temos também diversas novas tecnologias que estão começando a ser consideradas para projetos voltados a mercados emergentes e veículos de baixo custo. Estes módulos atualmente já fazem parte de plataformas em outras regiões do mundo. Podemos observar nestas aplicações a utilização dos módulos abaixo:

- A. *Trailer Brake System;*
- B. *Sunroof Power Module;*
- C. *Power Liftgate;*
- D. *Head Up Display;*
- E. *Rear Drive Control Module;*
- F. *Pedestrian Alert Module;*
- G. *Telematics systems;*
- H. *Power outside rear view mirror;*
- I. *Rear Vision Camera;*
- J. *Side Blind Zone;*
- K. *Lane Departure Warning;*
- L. *Collision Mitigation;*
- M. *Memory Power Seat;*
- N. *Active Steering wheel;*
- O. *Rain sensor;*

A Figura 13 apresenta os Subsistemas divididos na arquitetura veicular.

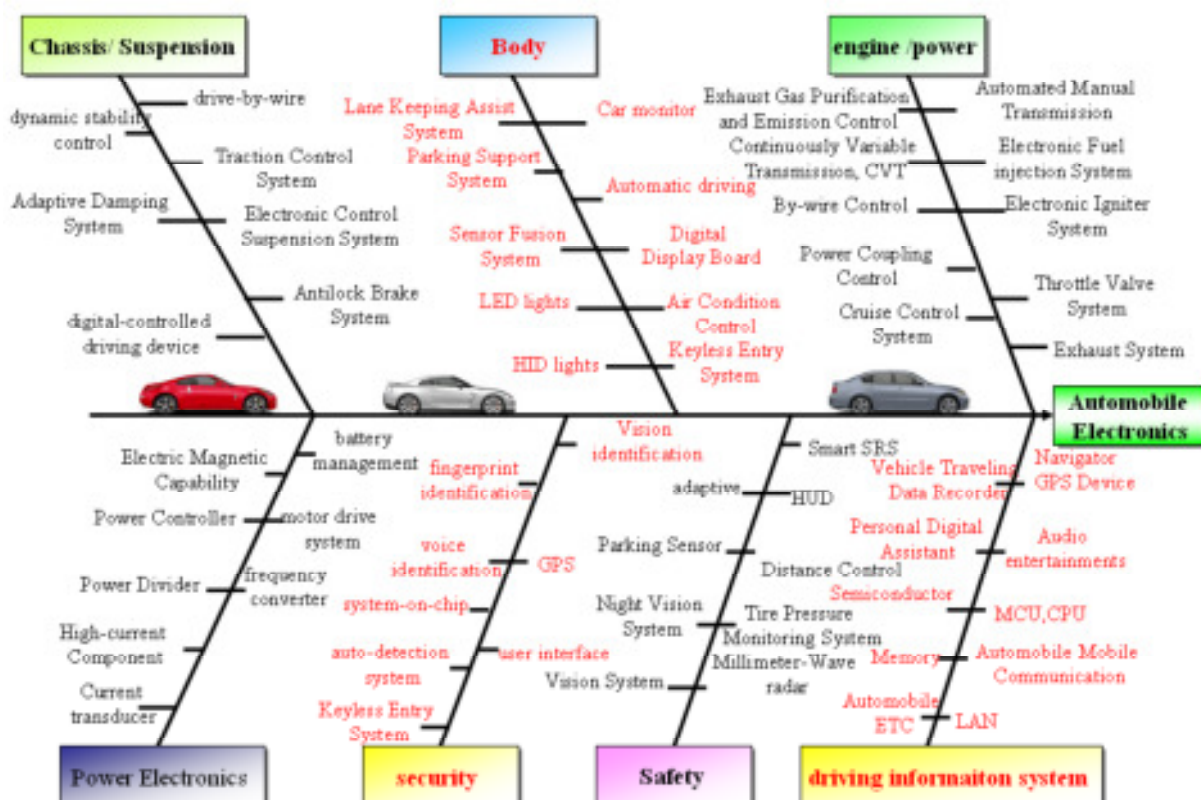


Figura 13 – Subsistemas divididos na arquitetura veicular

FONTE: Disponível em <http://investtaiwan.nat.gov.tw/doc/industry/19Automobile_Components&Auto_Electronics_Industry_eng.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013

Com este elevado número de módulos eletrônicos presentes no veículo, uma parte importante do custo envolvido na fabricação e em relação ao custo dos veículos em si migraram para a parte eletrônica dos veículos. Atualmente, uma grande parte do investimento necessário para o desenvolvimento de um novo carro está relacionado a todos estes módulos presentes no veículo. Cada um deles tem que ser adaptado ao novo projeto, fazendo com que seja sempre envolvido um custo de desenvolvimento para estas funções. Pode-se verificar na Figura 14 um exemplo da migração entre investimentos relacionados às peças eletrônicas e mecânicas entre os anos de 1990 e 2010.

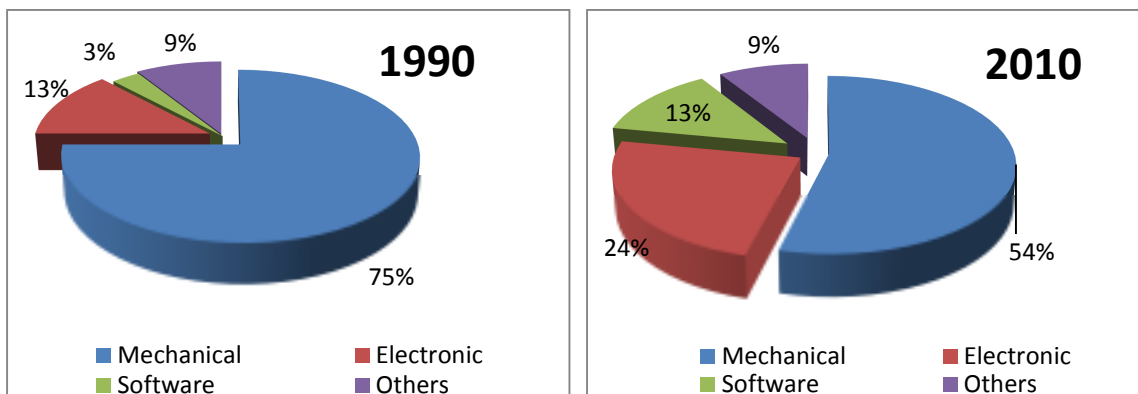


Figura 14 – Investimentos necessários para novos desenvolvimentos

FONTE: Santos (2011)

Como as diversas montadoras têm arquiteturas diferentes e principalmente especificações e padrões de comunicação diferentes entre si, isto faz com que cada um destes módulos eletrônicos precise ser modificado e desenvolvido novamente cada vez que adicionado a alguma montadora específica. Outro ponto importante desta análise está relacionado ao fato que entre os fornecedores também não é possível o reaproveitamento dos softwares já desenvolvidos.

Por estes motivos, tornou-se necessário criar uma padronização para este desenvolvimento de módulos eletrônicos, de modo que pudesse haver um reaproveitamento entre fornecedores e montadoras dos módulos desenvolvidos. Os aspectos desta padronização serão apresentados no capítulo 3.

3 AUTOSAR

O padrão AUTOSAR (*AUTomotive Open System ARchitecture*) é um padrão automotivo criado para definir regras para o desenvolvimento de hardware, software e comunicação entre os módulos automotivos, visando possibilitar o reuso destes desenvolvimentos entre montadoras e fornecedores. De acordo com o site oficial da **AUTOSAR**, ela é uma cooperação mundial entre as montadoras, fornecedores e outras empresas do ramo de eletrônicos, semicondutores e software, que desde 2003 têm trabalhado no desenvolvimento e introdução de um padrão aberto de arquitetura de software para a indústria automotiva.

3.1 CRIAÇÃO DA AUTOSAR

As primeiras discussões sobre a criação de um padrão AUTOSAR foram iniciadas em agosto de 2002. As primeiras empresas que participaram destas definições iniciais foram BMW, Bosch, Continental, DaimlerChrysler e Volkswagen, portanto foram as empresas automotivas alemãs que iniciaram as discussões sobre a criação de um padrão que pudesse criar o reuso do software e hardware entre as plataformas, montadores e os fornecedores. Em novembro de 2002 foram iniciadas as primeiras reuniões técnicas sobre as estratégias de implementação que seriam adotadas para a AUTOSAR. Apenas nos dois anos seguintes que diversas outras empresas e montadoras passaram também a fazer parte das discussões e implementações da AUTOSAR, como por exemplo Ford, Peugeot Citroen, Toyota e General Motors. Com o passar do tempo, diversas outras empresas passaram a integrar o grupo. A Figura 15 apresenta todos os grupos de parceiros da AUTOSAR.



Figura 15 – Membros da AUTOSAR

FONTE: Disponível em <<http://www.autosar.com>>. Acesso em 10 fev. 2013

Os membros da AUTOSAR são divididos em alguns grupos de parceiros. O principal grupo é chamado de *Core Members*, formado pelas principais empresas automotivas, que trazem todo o conhecimento e definem toda a necessidade futura de aplicações e softwares. Já o grupo chamado de *Premium Members* engloba diversos fornecedores de módulos eletrônicos automotivos, algumas montadoras e fabricantes de microcontroladores, softwares e ferramentas de desenvolvimento.

3.2 OBJETIVOS E MOTIVAÇÕES DA AUTOSAR

O principal motivo para a criação de um padrão para o desenvolvimento de módulos eletrônicos é reduzir a complexidade atualmente existente quando se trata de novas tecnologias e novos desenvolvimentos. Com a falta de um padrão, este desenvolvimento acaba sendo repetido de acordo com cada montadora e com cada fornecedor automotivo. A

Figura 16 apresenta o aumento da complexidade do desenvolvimento dos módulos eletrônicos e softwares entre as décadas de 1970 e 2010.

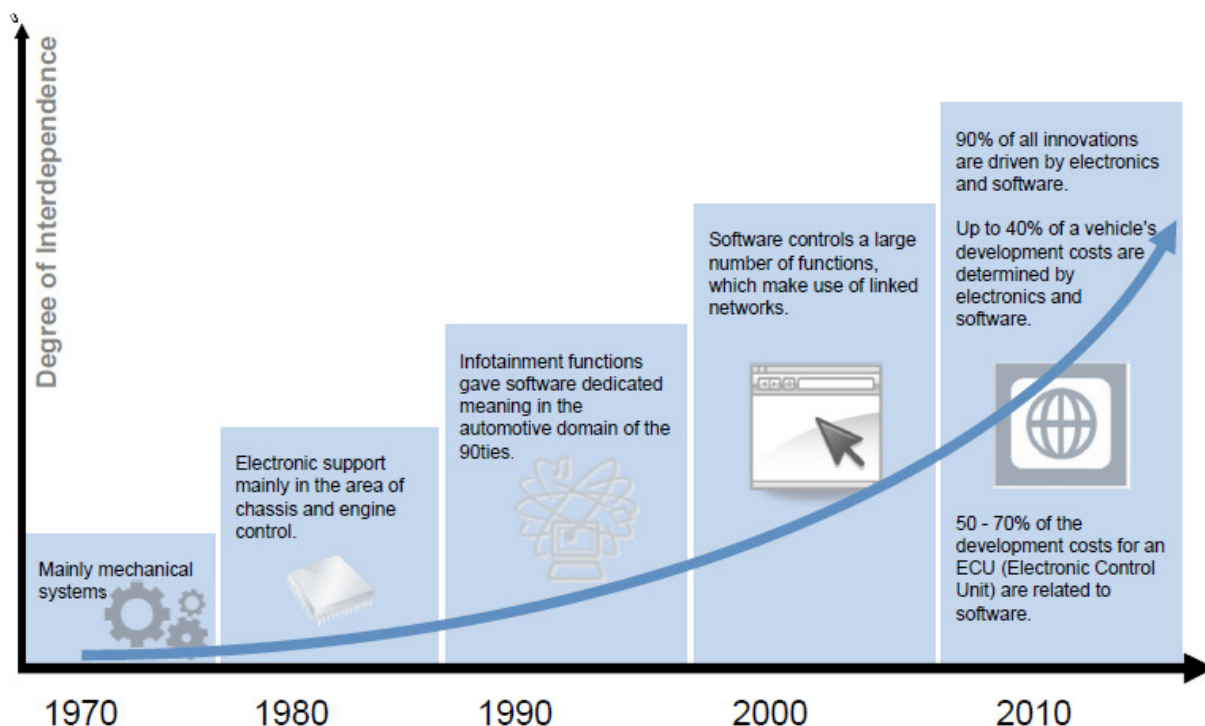


Figura 16 – Complexidade da eletrônica embarcada

FONTE: Disponível em: < [http://www.autosar.org/download/papersandpresentations/AUTOSAR and model-based design.pdf](http://www.autosar.org/download/papersandpresentations/AUTOSAR%20and%20model-based%20design.pdf) >. Acesso em 06 fev. 2013

A AUTOSAR foi criada para gerenciar este crescimento da demanda de módulos eletrônicos e softwares automotivos. A principal característica esperada desta padronização é a criação de um reuso entre as plataformas de uma mesma montadora, e principalmente que estes softwares possam ser utilizados entre diversas montadoras. Isso aumenta a confiabilidade e qualidade do sistema, pois não é necessário um novo desenvolvimento para cada montadora.

Com a padronização criada é possível flexibilizar qualquer alteração que seja necessária no produto ou qualquer atualização de software. Com o passar do tempo e quando cada uma das funções já tiver sido desenvolvida por um determinado fornecedor, será obtida a otimização do custo, pois não mais se exigirá um novo desenvolvimento para cada aplicação.

A Figura 17 apresenta a relação entre esta flexibilidade e reuso entre diversas montadoras e plataformas.

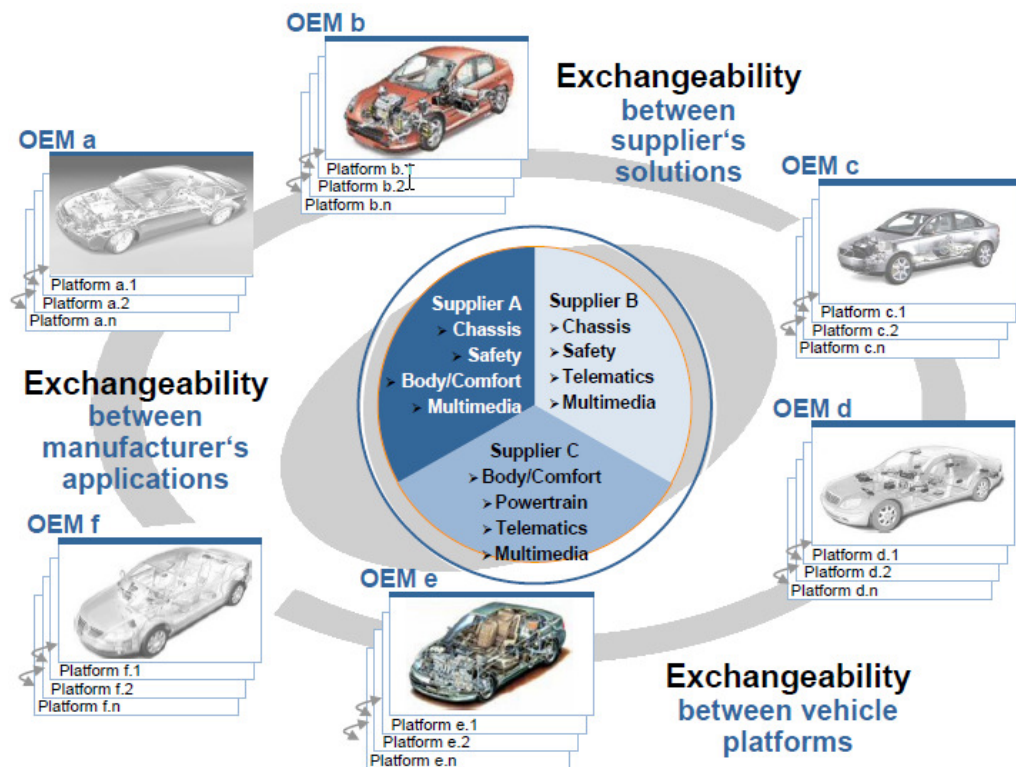


Figura 17 – Flexibilidade e reuso do software

FONTE: Disponível em: < http://www.autosar.org/download/conferencedocs/03_AUTOSAR_Tutorial.pdf >. Acesso em 06 fev. 2013

3.3 CONCEITOS DA AUTOSAR

O conceito principal da AUTOSAR é criar um padrão de desenvolvimento e aplicação para os softwares. Atualmente cada fornecedor automotivo faz o seu próprio desenvolvimento de software seguindo seus padrões de desenvolvimento. Podemos ver na Figura 18 uma ilustração sobre o conceito de interface de software.

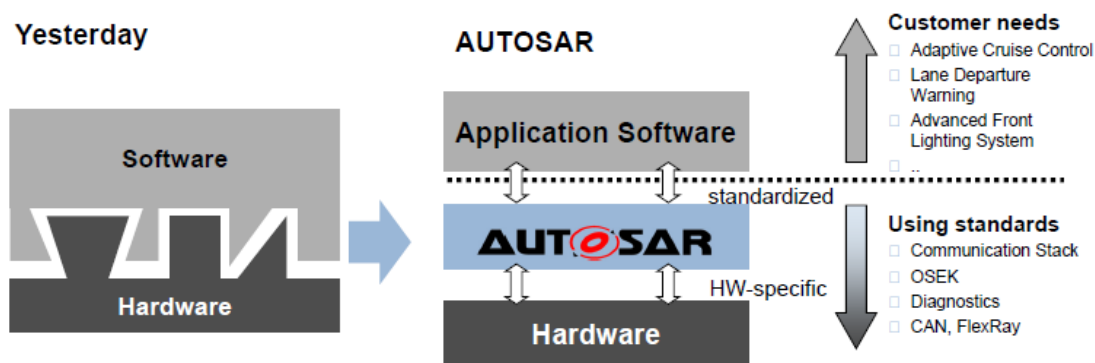


Figura 18 – Conceito da AUTOSAR

FONTE: Disponível em: < http://www.autosar.org/download/papersandpresentations/AUTOSAR_a_worldwide_standard.pdf >. Acesso em 12 fev. 2013

O módulo eletrônico pode ser separado em duas principais camadas. A parte do software em si, que faz o gerenciamento de todos os sinais recebidos e faz o processamento e execução das funções desejadas, e a parte do hardware, que pode ser considerada como o microcontrolador em si, e todas as interfaces necessárias como por exemplo os transceiver da comunicação CAN. Dentro do software existe uma parte principal que podemos chamar de software de aplicação, que é todo o código utilizado para gerenciar a função desejada. Normalmente existe uma parte do software considerada de interface entre a configuração do microcontrolador e o software de aplicação. Esse software de interface faz com que o software de aplicação possa ser migrado de um microcontrolador para outro, ou de um módulo eletrônico para outro dentro de um mesmo fornecedor, pois normalmente existe um padrão a ser seguido. Mas o que ocorre é que este software de aplicação não poderia ser migrado para uma aplicação em outra montadora, ou para outro fornecedor de módulos eletrônicos, pois o padrão é diferente entre fornecedores e entre montadoras. Isso faz com que não exista o reuso da aplicação e exija sempre um desenvolvimento envolvido em cada novo projeto.

A ideia principal do AUTOSAR é criar um padrão para gerenciar estas interfaces de software. A partir do ponto em esta interface é padronizada e as interfaces de hardware também são padronizadas, cria-se um reuso do software de aplicação, que é a principal parte do software que exige um grande investimento em desenvolvimento e validação.

Desta maneira, consegue-se desvincular completamente o hardware e o software de um produto, fazendo com que eles possam ser usados separadamente, podendo-se obtê-los de

empresas diferentes sem que haja uma grande preocupação em fazer uma integração das partes ou gerenciar características entre elas para o correto funcionamento.

3.4 ARQUITETURA VEICULAR AUTOSAR

A Figura 19 apresenta a estrutura e a arquitetura do software levando em consideração as especificações e definições da AUTOSAR.

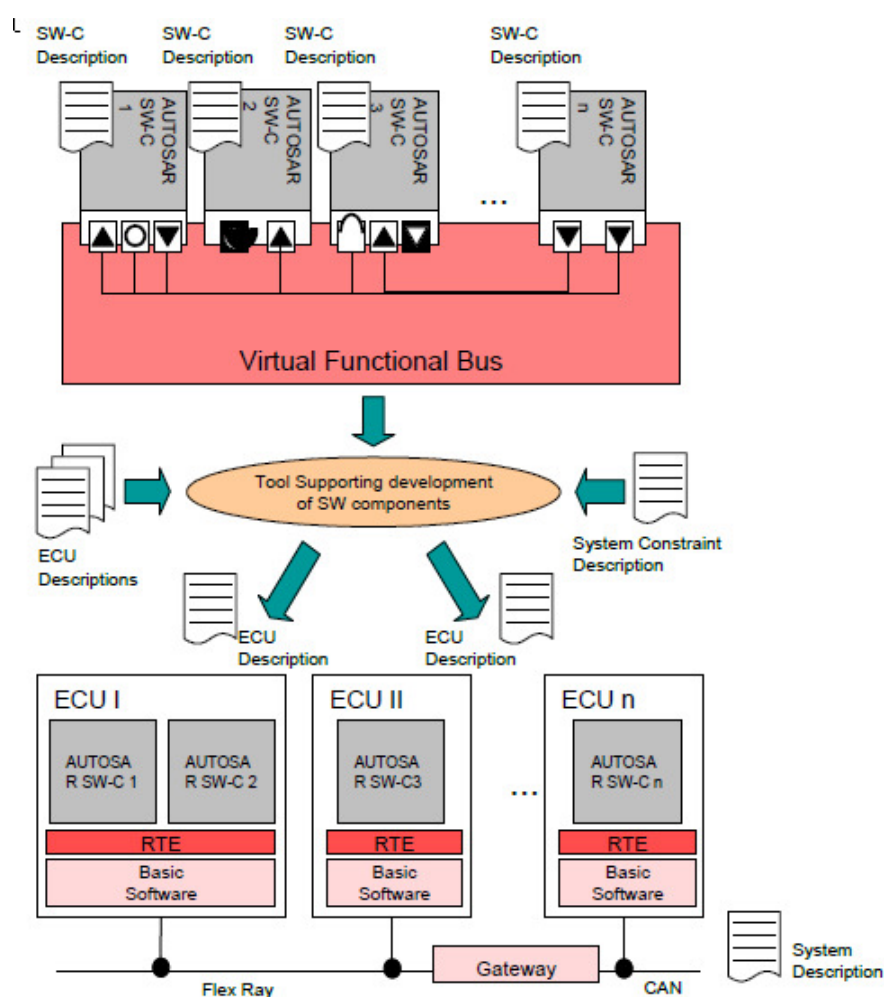


Figura 19 – Arquitetura AUTOSAR

FONTE: Disponível em < [http://www.autosar.org/download/conferencedocs10/05_ AUTOSAR_Technical_Overview.pdf](http://www.autosar.org/download/conferencedocs10/05_AUTOSAR_Technical_Overview.pdf) >. Acesso em 06 fev. 2013

A arquitetura é baseada na criação de componentes de software (SW-C). Cada um destes componentes encapsula uma aplicação a ser executada para uma determinada função, dentro de uma infraestrutura. Este componente de software tem suas interfaces bem definidas através das especificações da AUTOSAR e são conectados ao que é chamado de *Virtual Functional Bus*. A Figura 20 apresenta um exemplo de como é feita a definição de cada componente de software e a conexão entre eles.

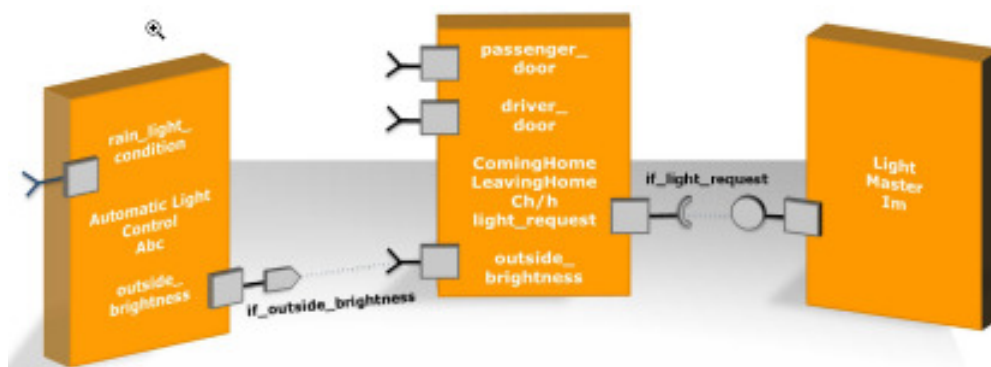


Figura 20 – Conexões entre componentes de software

FONTE: Disponível em <<http://www.autosar.com>>. Acesso em 10 fev. 2013

Na Figura 20, podem-se observar três componentes de software interligados para uma mesma aplicação. O primeiro representa um componente de software para a detecção de baixa iluminação e presença de chuva. Essa informação é passada para um segundo componente de software, que faz o gerenciamento das portas abertas do veículo também. Este segundo componente faz também uma troca de informação com o terceiro, que faz o gerenciamento principal de iluminação.

Pode-se notar que cada componente de software contém uma parte da aplicação. As especificações da AUTOSAR não definem explicitamente qual é o tamanho de cada componente e quanto ele tem que abranger. Ele pode apenas fazer uma pequena função como também abranger uma funcionalidade completa. O único ponto claro é que um componente de software tem que estar dentro de apenas uma ECU¹, não podendo ser dividido em mais de uma ECU.

¹ ECU – Electronic Control Unit – termo utilizado para descrever um módulo eletrônico.

Cada componente de software tem que conter duas partes principais, a sua descrição e sua implementação. A descrição do componente do software deve conter principalmente todas as operações e elementos de dados que o componente fornece ou requer, descrevendo claramente suas interfaces, e também os recursos necessários pelo componente de software, como tempo de processamento da CPU e memória necessária por exemplo. Já a implementação do componente de software deve ser independente do microcontrolador e tipo de ECU em que ele será utilizado. Também deverá ser transparente ao componente se as interfaces necessárias a ele estão dentro da mesma ECU ou apenas em outra ECU, ou mesmo se existem outros componentes iguais na mesma ECU para outros fins.

Existem também componentes de software chamados de Sensor/Atuador. Um componente de software tipo sensor é utilizado quando é necessária a leitura de um sinal físico no carro, como por exemplo o sinal de velocidade. Tipicamente este componente fica na mesma ECU em que a leitura é feita fisicamente e o sinal é convertido e transferido para a ECU.

A Figura 21 apresenta a utilização do Sensor/Atuador no contexto das camadas definidas pela AUTOSAR. Pode-se verificar no exemplo a seguir a leitura do sinal de velocidade através de um sensor, onde o sinal elétrico é transferido para o microcontrolador. Após isso temos o componente sensor, que faz a conversão da informação de velocidade obtida através do hardware para um componente de software que irá utilizar este sinal para processar alguma informação. Tem-se também a mesma representação quanto a um componente atuador, que recebe a informação de um componente de software e faz com que a informação chegue até o próprio atuador, que neste caso simula a ativação da iluminação do veículo.

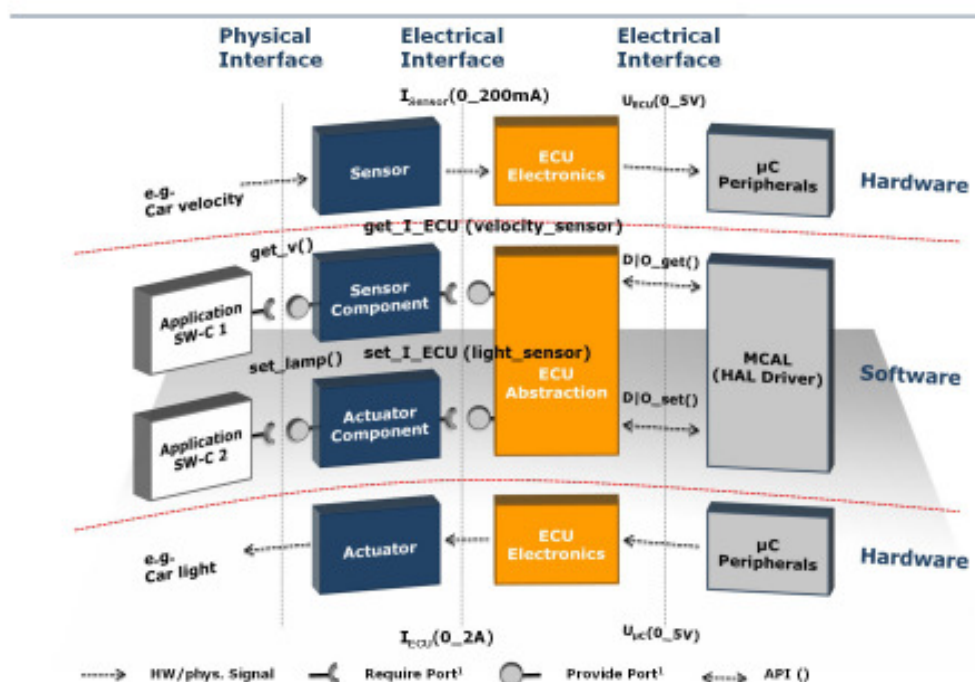


Figura 21 – Componentes de software – Sensor e Atuador

FONTE: Disponível em <<http://www.autosar.com>>. Acesso em 10 fev. 2013

Todos estes componentes de software são interligados pelo que é chamado de *Virtual Functional Bus*. Este é o barramento virtual criado para fazer a interconexão entre todos os componentes de software do veículo, não apenas pensando internamente dentro de uma ECU. Ele é independente do tipo de barramento que é utilizado no veículo, como por exemplo via comunicação CAN, LIN ou FlexRay por exemplo. Para esta comunicação entre os componentes de software existem dois padrões adotados pela AUTOSAR, o Cliente-Servidor e o Emissor-Receptor.

O tipo de comunicação Cliente-Servidor tem definido que o cliente de uma informação requisita a mesma através do barramento para o servidor da informação. Este transfere a informação requisitada através do barramento. Um Servidor também pode ser cliente de uma outra informação, dependendo da aplicação necessária deste componente. A Figura 22, apresenta este modo de comunicação onde um servidor fornece informações para dois clientes distintos.

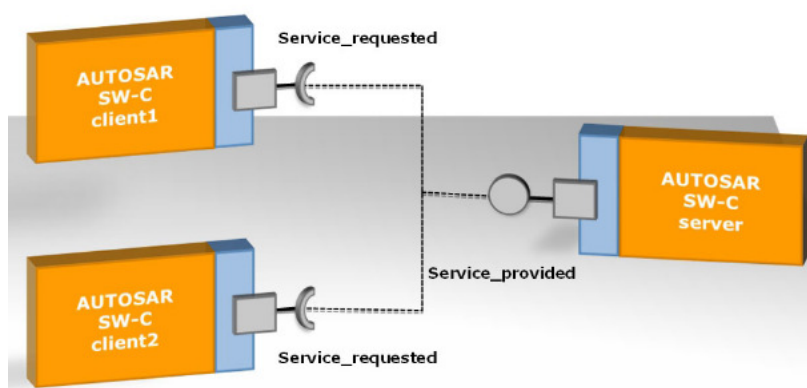


Figura 22 – Comunicação Cliente – Servidor

FONTE: Disponível em <<http://www.autosar.com>>. Acesso em 10 fev. 2013

Tem-se também o tipo de comunicação Emissor-Receptor. Neste caso o emissor envia a informação necessária no barramento, sem que haja uma requisição dos receptores. Essa informação fica disponível no barramento, e é de responsabilidade dos receptores utilizar ou não esta informação que está disponível no barramento. O emissor não recebe nenhuma resposta dos receptores, e também não consegue nem definir quais e quantos módulos estarão utilizando esta informação disponível no barramento. A Figura 23 apresenta este caso de comunicação Emissor-Receptor.

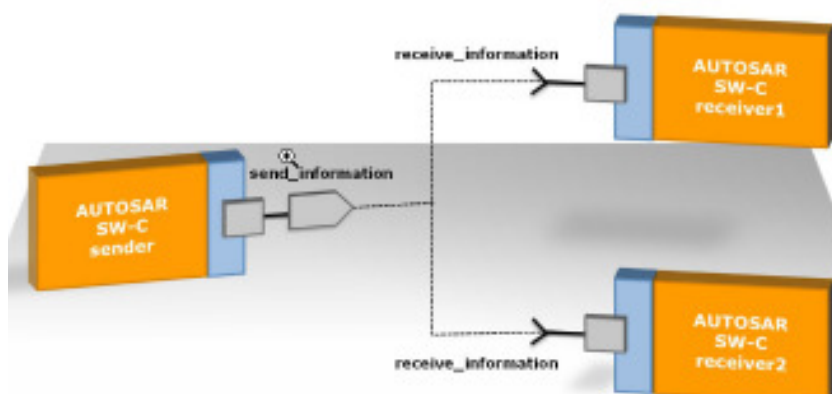


Figura 23 – Comunicação Emissor - Receptor

FONTE: Disponível em <<http://www.autosar.com>>. Acesso em 10 fev. 2013

3.5 ARQUITETURA DE SOFTWARE AUTOSAR

Analisou-se até agora como a AUTOSAR define a arquitetura veicular, através da definição dos componentes de software e a comunicação entre eles através do barramento chamado de Virtual Functional Bus. Além de todas estas definições feitas a nível veicular, também existem várias definições relacionadas à arquitetura de software que é gerada internamente a cada ECU seguindo as especificações. A Figura 24 apresenta as camadas de software existentes para caracterizar a arquitetura da AUTOSAR.

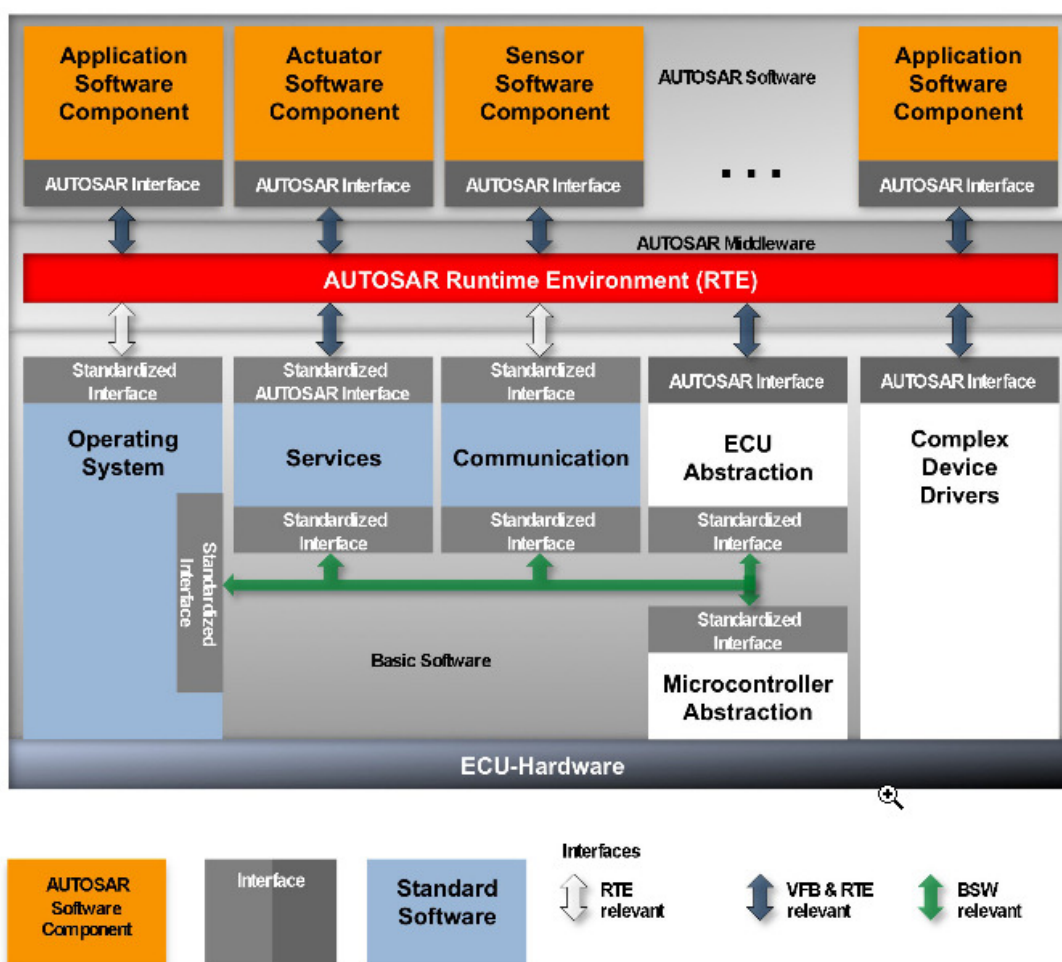


Figura 24 – Arquitetura de software

FONTE: Disponível em <<http://www.autosar.com>>. Acesso em 10 fev. 2013

Na Figura 24 são apresentados os componentes de software que já foram explicados anteriormente, mas internamente ao módulo eletrônico eles são conectados através do que é chamado de *AUTOSAR Runtime Environment* (RTE). O RTE é um centro de troca de informações tanto dentro de uma ECU entre os seus componentes de software quanto entre ECUs também através das linhas de comunicação do veículo como LIN, CAN ou FlexRay por exemplo. Como o RTE tem a interface com a parte de aplicação do software e também com a parte mais operacional do software, ele precisa ser customizado para cada ECU especificamente. Mesmo tendo um padrão para a criação dos mesmos, ele será diferente entre ECUs.

O RTE também faz interface com o que é chamado de Software básico da ECU. É o sistema operacional em si para o software. A AUTOSAR define a utilização do sistema operacional baseado no padrão OSEK (ISO17356-3). O Software Básico, portanto, tem que seguir os padrões definidos, bem como o RTE, mas ambos são específicos de cada ECU criada e fazem com que o software de aplicação seja desacoplado do hardware.

3.6 IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOSAR

As funcionalidades do veículo quanto à implementação de módulos eletrônicos podem ser divididos em alguns domínios funcionais, que pode ser definidos como os itens abaixo:

1. *Body/Comfort* – Gerencia as partes de conforto e funcionalidades em geral
2. *Powertrain* – Parte relacionada ao motor, transmissão, etc.
3. *Chassis* – Relacionado por exemplo ao ABS
4. *Safety* – Parte relacionada aos itens de segurança como o Air Bag
5. *Multimedia / Telematics* – Relacionado ao Radio e itens de navegação por exemplo.
6. *Human-Machine-Interface* – Gerencia itens relacionados à interface com o motorista.

A implementação do AUTOSAR foi desenhada inicialmente para ter algumas fases de implementação. Foram divididas entre três fases principais de implementação conforme Figura 25.

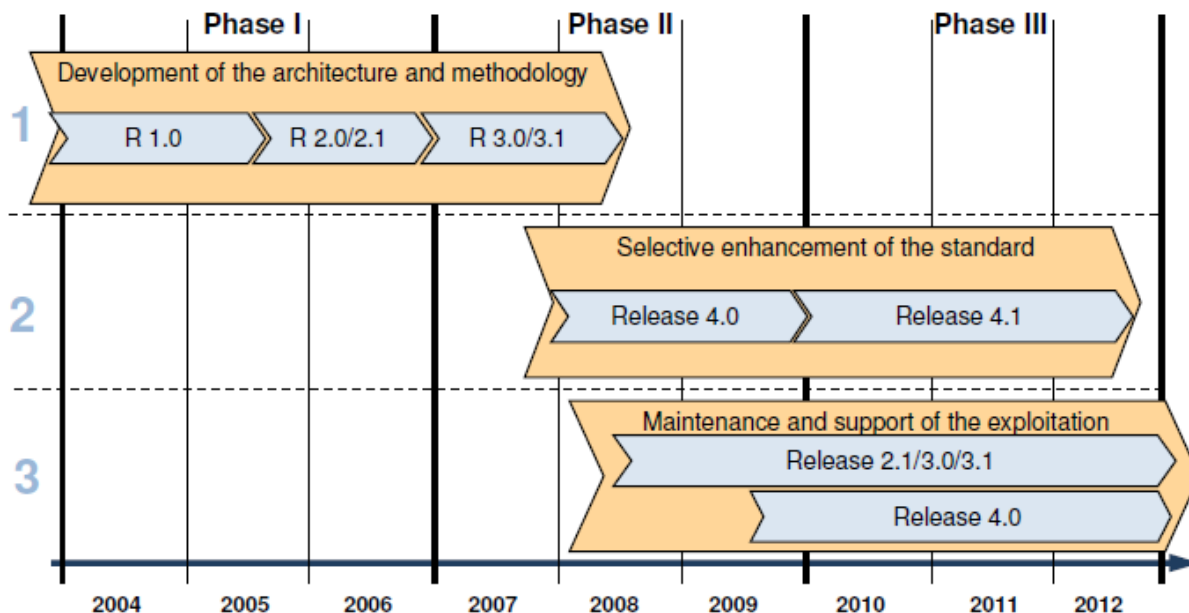


Figura 25 – Fases do AUTOSAR

FONTE: Disponível em < http://www.autosar.org/download/conferencedocs10/04_AUTOSAR_OverviewOnAutosarCooperation.pdf >. Acesso em 12 fev. 2013

Considerando estas três fases de implementação para o AUTOSAR, foram divididos também em 4 principais releases de especificações. Dentro da primeira fase foram utilizados os releases 1.x e 2.x e o foco principal de aplicação desta primeira fase de implementação foram os domínios funcionais de *Body/Comfort*, *Powertrain* e *Chassis*.

O primeiro release chamado de Release 1.0 foi feito em 2005, com um total de 57 especificações liberadas. O objetivo principal deste primeiro release foi fazer uma avaliação e amadurecer as especificações através de uma primeira implementação destes padrões. Desta maneira alguns membros da AUTOSAR fizeram a implementação baseados neste primeiro Release 1.0 em pelo menos dois módulos diferentes dentro de uma mesma arquitetura veicular. Desta maneira foi possível fazer a verificação da flexibilidade em mover componentes de software de um módulo para outro. De acordo com o site da AUTOSAR, após estas atividades de validação das especificações e conceitos, foram geradas mais de 260 alterações necessárias às especificações, mas elas não alteravam o conceito em si, mas

consistiam apenas em ajustes às especificações, o que mostrou que o conceito e a arquitetura da AUTOSAR estava realmente consistente e promissor.

Toda esta experiência obtida no desenvolvimento e validação do Release 1.0 foi utilizada para gerar os releases 2.0 e 2.1 posteriormente. O Release 2.1 teve diversos melhoramentos principalmente relacionados ao *Runtime Environment* (RTE) e a parte relacionada ao Software Básico. Com este release 2.1, algumas montadoras passaram a fazer o planejamento de implementação da AUTOSAR em suas plataformas.

Após este ponto a AUTOSAR entra na fase II de implementação. A principal característica da fase II quanto aos melhoramentos feitos foi no release 3.1 onde foram adicionadas todas as especificações e características relacionadas ao *Onboard Diagnostics* (OBD). Isto é uma especificação de diagnóstico requerida no mercado americano, portanto esta inclusão foi muito importante ao AUTOSAR para poder abranger todos os mercados globalmente. No final de 2009 foi feito a liberação do release 4.0. A partir deste ponto, as especificações abrangem todos os domínios funcionais do carro, não somente os que foram abrangidos na fase I de implementação.

Já na fase III de implementação da AUTOSAR, o foco principal foi a manutenção dos releases já existentes, a implementação e melhorias de novos requisitos de mercado e a criação de uma maturidade para o sistema. Também se vê necessário sempre a adaptação dos requisitos e software para a criação de novas ferramentas de auxílio à implementação do AUTOSAR.

De acordo com o site da AUTOSAR, a Figura 26 representa a expectativa de implementação dentro das montadoras de acordo com os releases.












	already in use	already in use	planned SOP in 2012	planned SOP in 2013	planned SOP in 2014	planned SOP in 2015	planned SOP in 2016	planned SOP later than 2016
Release 2.1		DAIMLER						
Release 3.0								
Release 3.1		BOSCH	VOLKSWAGEN AG					
Release 3.2								
Release 4.0								

Figura 26 – Implementação do AUTOSAR

FONTE: Disponível em <<http://www.autosar.com>>. Acesso em 10 fev. 2013

Pode-se verificar desta maneira que já existem algumas das principais montadoras utilizando o AUTOSAR deste o release 2.1. Para os próximos anos a maioria das montadoras já estará implementando também o AUTOSAR, mas obviamente teremos um tempo grande até todas as plataformas estarem sendo consideradas para receber os investimentos necessários para a AUTOSAR. A Figura 27 apresenta a expectativa para os próximos anos da AUTOSAR quanto à utilização de ECU, considerando as principais montadoras parceiras.

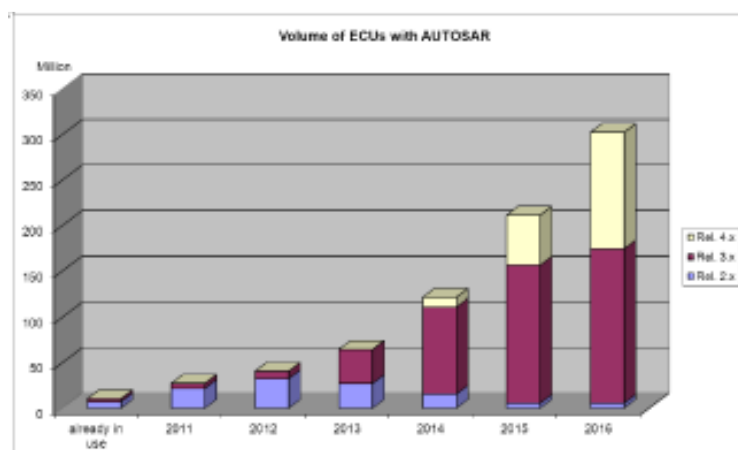


Figura 27 – Volume de ECUs com AUTOSAR

FONTE: Disponível em <http://www.autosar.org/download/papersandpresentations/AUTOSAR_a_worldwide_standard,current_developments,roll-out_and_outlook.pdf>. Acesso em 12 fev. 2013

3.7 UTILIZAÇÃO DA AUTOSAR PARA ARQUITETURAS COMPLEXAS

Diversas montadoras já iniciaram a utilização dos padrões AUTOSAR para as suas arquiteturas, mas o que podemos perceber é que com a utilização das especificações e as padronizações necessárias, o código fonte necessário para gerar esta aplicação fica com certeza bem maior do que originalmente desenvolvido. Quando se trabalha com software orientado a componente da maneira que as especificações definem, e também todas as interfaces criadas para possibilitar o desacoplamento de hardware e software, fazem com que o software fique maior e não possa ser otimizado como habitualmente. Isso acaba de certa forma aumentando os custos relacionados também a capacidade de armazenamento e processamento dos microcontroladores.

Tem-se que observar também que estes novos desenvolvimentos baseados na AUTOSAR estão sendo inicialmente feitos para veículos com arquiteturas mais complexas, considerando redes de comunicação CAN, LIN e FlexRay. Podemos dar o exemplo da BCM (Body Control Module) para estes carros mais complexos, pois será um módulo desenvolvido preparando-se para diversas interfaces físicas e com a capacidade de armazenar diversas funções dentro de seu microcontrolador. Atualmente uma BCM pode ter em torno de 150 pinos de conexão, envolvendo normalmente diversos conectores. Com o aumento impressionante de funções que são adicionadas a cada ano na arquitetura veicular, e que muitas vezes são adicionados a BCM, o módulo acaba ficando maior ainda, ou estas funções tem que ser divididas com outros módulos presentes no carro, o que através da arquitetura AUTOSAR se torna mais simples, pois alguns componentes de software podem migrar de uma ECU para outra.

Quando se considera uma arquitetura com tantos módulos eletrônicos presentes, são necessárias diversas linhas de comunicações entre estes módulos. Normalmente é criada uma linha de comunicação CAN de alta velocidade para os módulos que tem maior prioridade de mensagem, como a parte de *Powertrain* e *Chassis*. É adicionada uma segunda linha CAN de baixa velocidade para módulos com menor prioridade de mensagens, como os de *safety* e interface com o usuário. E por fim usa-se quando necessário uma terceira linha de comunicação LIN quando há a necessidade de comunicação com as portas, quando temos vidros elétricos e interruptores nas portas. Para o gerenciamento de mais de uma linha de

comunicação no veículo é necessário que um dos módulos seja um gateway para fazer o gerenciamento das mensagens de uma das linhas e transferir as mensagens que são necessárias para as outras linhas de comunicação. A Figura 28 apresenta a arquitetura veicular utilizando o BCM.

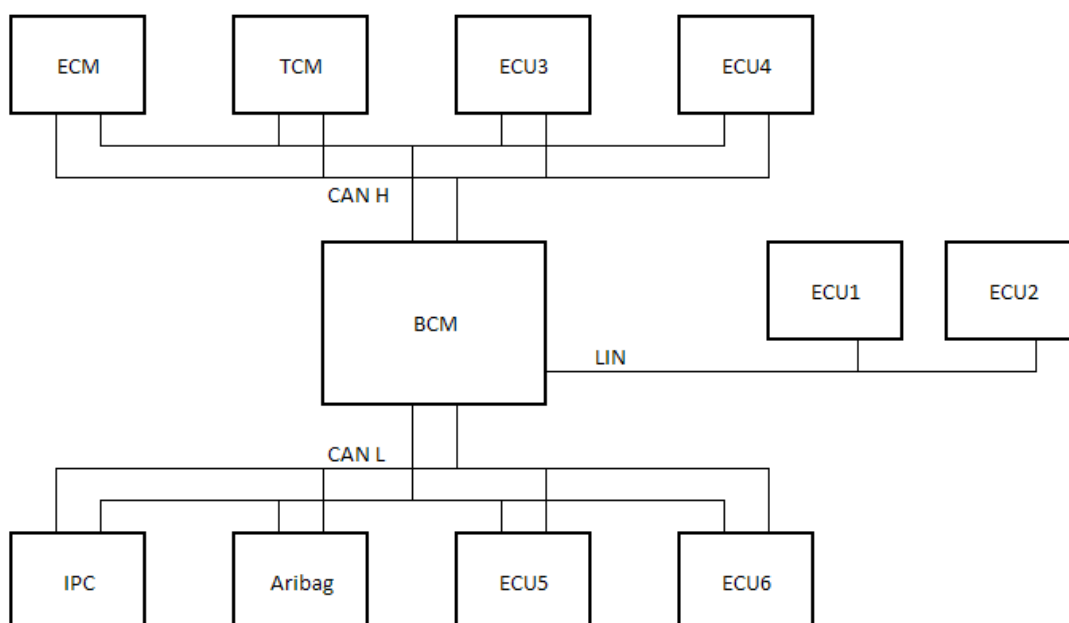


Figura 28 – Arquitetura veicular utilizando o BCM

FONTE: O autor

A vantagem da arquitetura AUTOSAR neste caso é que dependendo da necessidade de funções em um carro, seria necessária uma segunda BCM por exemplo para dividir as funções entre as duas, ou apenas a utilização de uma BCM somente, mas com a adição de um módulo de gateway entre as linhas de comunicação, somente para fazer a transferência de mensagens de uma linha para outra. A arquitetura fica bem mais flexível, podendo transferir funções entre módulos se necessário, para se adequar diversas características e tipos de carros.

3.8 UTILIZAÇÃO DA AUTOSAR PARA ARQUITETURAS SIMPLES

No caso da utilização da arquitetura AUTOSAR para veículos mais simples, portanto com uma quantidade menor de módulos, a flexibilidade que traz faz com que possamos ter algumas possibilidades distintas de utilização de módulos. Podemos imaginar por exemplo um carro com apenas alguns módulos conectados a rede de comunicação CAN. Podemos imaginar uma arquitetura mais simples, onde não seria necessária a criação de 2 linhas de comunicação CAN, portanto não precisaria que um dos módulos fizesse a função de gateway entre as linhas. A Figura 29 apresenta uma arquitetura veicular mais simples utilizando o BCM, EMC e o IPC (Instrument Panel Cluster).

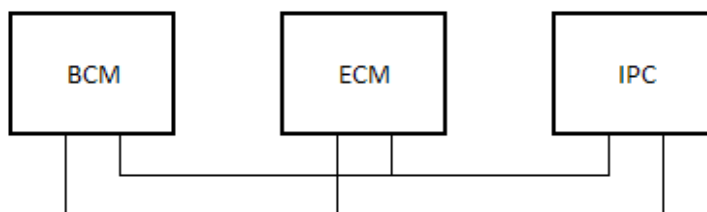


Figura 29 – Arquitetura simples

FONTE: O autor

Neste caso a BCM em questão teria que ser desenvolvida já pensando neste tipo de utilização. Pois se pensarmos na BCM utilizada para arquiteturas mais complexas, ela teria diversas outras conexões de CAN por exemplo, além de todo um circuito e processamento a mais, pensando na função gateway, e também em todas as entradas e saídas relacionadas a diversas funcionalidades que neste caso de uma arquitetura mais simples não existiria.

Pensando em veículos realmente de baixo custo e conteúdo, podemos chegar a uma modificação também conforme a Figura 30:

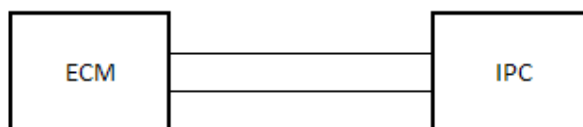


Figura 30 – Simplificação para AUTOSAR para veículos de baixo custo

FONTE: O autor

Neste caso, todas as funcionalidades presente em uma BCM teriam que ser migradas para ambos os módulos de ECM e IPC. Mesmo em um veículo de baixo conteúdo, uma BCM vai gerenciar diversas funções como iluminação, limpadores, gerenciamento de bateria e alguns outros itens simples. Estas funções, como estamos considerando os padrões AUTOSAR, se tornam componentes de software, que se necessário podem ser migrados para outros módulos. Portanto não necessariamente devem todos ir para o IPC, ou para a ECM, mas podemos ser divididos de acordo com a necessidade ou disponibilidade de pinos e memória do microcontrolador.

Desta maneira, pensando em um veículo voltado para os mercados emergentes e de baixo custo e conteúdo, podemos reduzir amplamente as linhas de comunicação CAN do carro, e ao final reduzir também um módulo inteiro como a BCM, o que poderia gerar uma grande redução de custo e viabilizar um projeto já baseado em AUTOSAR.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante todo o estudo realizado pode-se observar a evolução da indústria automotiva globalmente desde sua criação até os dias atuais, bem como verificar o crescente desenvolvimento voltado aos módulos eletrônicos automotivos e como eles têm impactado negativamente nos custos e investimentos para os novos projetos. Em consequência destes impactos e projeções para o futuro que foi criada a AUTOSAR com suas especificações e padronizações. Pôde-se entender qual é o objetivo e as características estabelecidas pela AUTOSAR para padronizar os trabalhos relacionados aos módulos automotivos, bem como sua elevada complexidade, que requer um estudo mais aprofundado para detalhar como é definida cada parte das arquiteturas veiculares e do software. Foi possível entender, principalmente, que todo o trabalho realizado no padrão AUTOSAR deve gerar um benefício a médio e longo prazo com a redução do desenvolvimento de novos softwares e com o correto reaproveitamento dos mesmos, gerando uma redução de custo e melhora na confiabilidade dos softwares dos módulos automotivos. Os novos projetos e arquiteturas veiculares têm sido definidos com base nestas análises, levando em consideração que temos diversos níveis de veículos e requisitos. Com a criação de arquiteturas veiculares para veículos de baixo conteúdo focados em países emergentes, podemos, através de um correto dimensionamento, otimizar a distribuição das funções entre os módulos eletrônicos existentes fazendo com que tenhamos uma redução de componentes nos veículos, obtendo um benefício criado através da flexibilidade gerada pela AUTOSAR, sem necessariamente impactar nos custos. Concluímos que com o correto planejamento das arquiteturas veiculares dentro de uma montadora, pode-se ter um grande benefício com a utilização da AUTOSAR como padrão também em veículos de baixo conteúdo.

REFERÊNCIAS

BUSS, Dale. **Rising U.S. Sales Mask Big Three Automaker Losses**. Disponível em: <<http://www.brandchannel.com/home/post/2012/04/18/Detroit-Big-Three-in-Reverse-041812.aspx>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

VERT, Ray. **Who Owns Who: An Automaker Family Tree**. Disponível em: <<http://jalopnik.com/5626658/who-owns-who-an-automaker-family-tree>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

WIKIPEDIA (Org.). **Automotive industry**. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

CUNHA, Edilson. **Rede Can - Sistema Multiplexado**. Disponível em: <<http://d-jetronic.blogspot.com.br/p/rede-can-sistema-multiplexado.html>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

BARBOSA, Luiz Roberto Guimarães. **Rede CAN**. 2003. 14 f. Dissertação (Graduação) - UFMG, Belo Horizonte, 2003.

DEPARTMENT OF INVESTMENT SERVICES. **Automobile Components & Auto Electronics Industry**. Disponível em: <http://investtaiwan.nat.gov.tw/doc/industry/19Automobile_Components&Auto_Electronics_Industry_eng.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013.

AUTOSAR. AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture). Disponível em: <<http://www.autosar.org/>>. Acesso em: 06 fev. 2013.

DAVEY Christopher. **AUTOSAR and Model-Based-Design**. Disponível em: <http://www.autosar.org/download/papersandpresentations/AUTOSAR_and_model-based_design.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013.

FURST Simon. **AUTOSAR Tutorial**. Disponível em: <http://www.autosar.org/download/conferencedocs/03_AUTOSAR_Tutorial.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013.

KISCHKE-BILLER Frank. **AUTOSAR a worldwide standard**. Disponível em: <http://www.autosar.org/download/papersandpresentations/AUTOSAR_a_worldwide_standard.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013.

RADEKE Elke. **AUTOSAR – The Standardized Software Architecture**. Disponível em: <<http://www.gi.de/service/informatiklexikon/detailansicht/article/autosar-the-standardized-software-architecture.html>>. Acesso em: 06 fev. 2013.

SANTOS, Max. **AUTOSAR Introduction**. In: SAE, 2011., 2011, São Paulo. AUTOSAR Introduction. São Paulo: Sae, 2011. p. 1 - 140.

LIN SUBBUS. Disponível em: <<http://www.lin-subbus.de/index.php>>. Acesso em: 03 abril. 2013.

IXXAT. **FLEXRAY INTRODUCTION**. Disponível em: < http://www.ixxat.com/introduction_flexray_en.html >. Acesso em: 04 abr. 2013