



# Treinamento de Eletrônica de Automóvel

## INTRODUÇÃO

Surpreendentemente, o automóvel demorou a entrar na era da Eletrônica/Informática, Enquanto antenas parabólicas e microcomputadores já pululavam aos montões neste nosso pequeno e complicado mundo, o automóvel ainda ostentava orgulhoso seu platinado - tleclo, tleclo, tleclo - abrindo e fechando contacto a cada safanão de um braço mecânico. Nas causas deste atraso computa-se zelo pela segurança, legislação inadequada e motivos comerciais.

Mas como coçar e informatizar é só começar, os avanços foram espantosos: satélite como auxiliar de piloto, computador calculando a melhor brequada, tamanho de cada gota injetada no cilindro milimetricamente calculado para evitar poluição. E, é claro, uma poltrona eletronicamente ajustável (um trono) para Sua Majestade, o consumidor.

As novidades foram surgindo uma a uma, separadas e sem se falarem, sendo as três principais a **injeção eletrônica**, a **ignição eletrônica** e o **freio ABS**. Mas o obvio parentesco lógico entre elas e a grande área comum que compartilham (sensores, programação, fiação) provocou em seguida a integração delas em um único sistema, com um padrão de comunicação (**CAN**).

A disponibilidade de circuitos poderosos e processamento logo induziram a criação de funções antes inexistentes, como controle de poluentes e auto-teste do desempenho do veículo. É aqui neste item que a Eletrônica/Informática do automóvel mais se expande, sendo quase impossível descrever todas as novidades em fase de implantação.

Por trás de todo esse desenvolvimento, cérebro e peça fundamental de qualquer sistema encontramos o **microprocessador** - pastilha com alguns centímetros de comprimento e capaz de executar milhões de instruções por segundo. Ao lado dele, como conselheiro da corte, o software - programa invisível gerenciando o desempenho do automóvel.

Os vários microprocessadores e seus softwares trabalham com relativa independência em seus respectivos estágios, integrando-se (parcialmente) no sistema por meio da comunicação multilateral da barra CAN. Esta configuração "democrática" é o multiprocessamento, característica atual da tecnologia de automóveis. Mas o rápido aumento de novas funções e a complexidade que o sistema vai adquirindo leva a crer que em breve teremos configurações centralizadas e padronizadas, com a "inteligência" se tornando a verdadeira marca do automóvel - como opcionais volante, motor e pneus.

## INJEÇÃO ELETRÔNICA

### **Sistema mecânico convencional**

O eixo do motor tem seu movimento rotativo provocado pela ação de pistões alojados em cilindros. Em automóveis encontramos de 4 a 8 cilindros - cada um com seu respectivo pistão - que podem ser dispostos nas mais variadas maneiras (in line, V, radiais). Adotaremos o modelo In line, mas as explicações são válidas para os demais tipos.

O pistão se move para cima e para baixo dentro do cilindro, movimento este provocado pela explosão do combustível. O conjunto de pistões tem ação conjugada: enquanto metade deles é empurrada para cima a outra metade vai para baixo, alternando em seguida (figura 1-1). Quando os pistões que estão para cima - n<sup>os</sup>

1 e 4 na figura 1-1a - são empurrados para baixo (devido à explosão) forçam o eixo do motor a girar, por torque, ao mesmo tempo em que puxam para cima a outra metade dos pistões - n°s 2 e 4 na figura 1-1a. Na fase seguinte ocorre o inverso, os pistões 2 e 3 são empurrados pela explosão para baixo e puxam para cima os pistões 1 e 4, mantendo a rotação do eixo do motor na mesma direção (figura 1-1b).

Fig. (a) Fig. (b).

***Acionamento do eixo do motor pelos pistões dos cilindros (a) batido do 2° e 3° cilindros (b) batida do 1° e 4° cilindros.***

O cilindro tem duas válvulas, uma para admissão (entrada) do combustível, outra para sua exaustão (escape) após a combustão (figura 1-2). Entre o pistão e as válvulas temos o espaço onde se dá a explosão, chamado **CÂMARA DE COMBUSTÃO**. O pistão é fabricado de tal forma que serve de selo para a câmara de combustão, não permitindo que os gases dali escapem para baixo em direção ao eixo do motor. Denomina-se **CABEÇOTE DO CILINDRO** ao conjunto de válvulas, câmara de combustão e parte superior do cilindro. **A VELA DE IGNIÇÃO** é encaixada dentro da câmara e na sua ponta é emitida uma faísca que queima o combustível.

O pistão é ligado por uma haste rígida ("balancim") ao eixo do motor. Quando esta está mais acima dentro do cilindro obriga o eixo do motor a girar totalmente, posição esta conhecida como **TDC** ("top dead center", centro morto do topo), como na figura 1-2a e correspondendo aos cilindros 1 e 4 da figura 1-1 a. Ao chegar mais abaixo do cilindro o pistão obriga o eixo a executar uma rotação de 180° em relação à situação anterior, posição que é conhecida por **BDC** ("bottom dead center", centro morto de fundo), ilustrada na figura 1-2b e correspondendo aos cilindros 2 e 3 da figura 1-1a. No próximo passo o pistão é puxado para cima, levando consigo o eixo do motor - posição TDC - recomeçando o ciclo da figura 1-2a.

Fig.

***Movimento do pistão no cilindro e rotação do eixo do motor (a) tdc (b) bdc.***

Em motores de automóveis a combustão é feita na câmara dentro do cilindro - daí a designação de **MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA**. Para que haja repetição nos ciclos de combustão é preciso a cada fim de ciclo retirar (totalmente ou em parte) os gases já queimados, caracterizando o **MOTOR DE CICLO ABERTO**. A explosão na câmara é obtida por uma faísca da vela de ignição (em motor Diesel não há velas e a explosão é obtida por aumento de pressão).

O ciclo de combustão no cilindro é ilustrado na figura 1-3. Iniciando o ciclo em "a" o pistão está na posição BDC, com baixa pressão na câmara de combustão. A válvula de exaustão (sincronizada pelo eixo do motor) se abre o pistão (sob pequena força dos outros cilindros conjugados, reveja figura 1-1) sobe em direção à posição TDC, e os gases queimados são expelidos pela válvula de exaustão (de "a" para "b", na figura). Mas cerca de 50% do gás permanece na câmara.

Fig.

***Ciclo de combustão no cilindro (a) pressão mínima, volume máximo (b) pressão baixa, volume mínimo (c) pressão aumenta, volume mínimo (d) pressão baixa, volume máximo (e) volte ao início do ciclo, em "a".***

A válvula de admissão agora se abre, também sincronizada pelo eixo do motor, e deixa entrar na câmara nova remessa de ar/combustível fresco ("c", na figura). Durante curto tempo as duas válvulas ficam abertas simultaneamente. Neste momento ocorre a ignição, com a centelha queimando o combustível perto da vela.

A combustão pela ignição provoca um aumento da pressão, forçando o pistão para baixo. A válvula de exaustão é fechada, de maneira que o movimento do pistão provoca sucção de ar combustível fresco, preenchendo toda a câmara ("d", na figura).

Ao chegar à posição BDC a válvula de admissão se fecha e a de exaustão abre, expelindo parte dos gases queimados e diminuindo a pressão ("e", na figura), Agora estamos exatamente como no início em "a", e novo ciclo idêntico ao anterior começa.

**Injeção convencional de ar/combustível**

A parte mais delicada do motor é a injeção de ar/combustível, compreendendo (1) a mistura **A/F** ("air/fuel", ar/combustível) em proporção adequada (2) a total vaporização do combustível no ar, formando a mistura para combustão pela faísca da ignição (3) a distribuição homogênea da mistura para todos os cilindros. Veja que para haver queima pela faísca é preciso que o combustível esteja misturado com ar (oxigênio), o que só é possível vaporizando-o pelo aumento da temperatura na câmara.

Dois sistemas convencionais de injeção são usados. Na **injeção central** existe um só injetor (figura 1-4a), localizado antes da válvula (**afogador**, comandado pelo pedal de aceleração do motorista) que controla a quantidade de mistura A/F a ser enviada aos cilindros. O ar do exterior é misturado com o combustível e após o afogador preenche o espaço do coletor de admissão, ficando disponível para as válvulas de admissão de cada cilindro.

Na **injeção MPFI** ("multi-point fuel injection", injeção multiponto de combustível) cada cilindro tem seu próprio injetor de combustível (figura 1-4b). O afogador controla apenas a quantidade de ar, que chega ao coletor de admissão e daí distribui-se para os compartimentos separados de injetores, onde se efetiva a mistura A/F.

Note que na injeção central há maior risco de má distribuição da mistura A/F para os cilindros, com uns recebendo maior quantidade de mistura que outros. Na MPFI essa distribuição é mais homogênea.

## A - mistura A/F

**Carburador** (figura 1-5) é o dispositivo encarregado de receber o ar A e o combustível F, misturá-los A/F, encaminhar a mistura A/F para o coletor de admissão em quantidade determinada pelo afogador (comandado pelo pedal do acelerador).

Fig.

### *Sistema de injeção (a) central (b) mpfi*

Fig.

### **Carburador**

A quantidade de ar admitida e de combustível fornecida pela bomba é determinada por sincronização com o movimento do eixo do motor. Quanto maior a velocidade do motor (portanto maior rotação do eixo) maior será a quantidade de A/F disponível. Entretanto, é o afogador que indica qual quantidade desta mistura A/F disponível será encaminhada ao coletor de admissão e daí ao cilindro.

Vários dispositivos mecânicos do carburador controlam a quantidade de combustível injetada conforme a quantidade de ar, de maneira a obter uma mistura A/ F em proporções adequadas para a situação (ponto morto, motor frio, alta velocidade, etc.). Porém as alternativas de operações são tão extensas que só algumas dessas situações são atendidas.

Para levar à combustão total 1 Kg de gasolina é necessário aproximadamente 14,5 Kg de ar. Definimos a (**lambda**) relação de ar/combustível - pela equação:

$A = \frac{\text{quantidade de ar admitido}}{\text{quantidade de ar para combustão total}}$
---

Assim, A mede o excesso de ar existente na mistura A/F. Numa mistura fraca  $A > 1$  (maior que 1), havendo mais ar que o padrão. Em misturas fortes  $A < 1$  (menor que 1), existindo menos ar e mais combustível que o padrão.

O desempenho de maior potência do motor é obtido com  $\lambda = 0,9$  (pouco menos de ar e mais de combustível). Mas neste ponto ocorre muita emissão de poluentes (CO, NO, HC). Assim adota-se um compromisso entre

eficiência e poluição, deixando  $A = 1$ . Entretanto este valor ótimo deve ser alterado conforme as condições da operação: com o motor frio é necessário mistura A/F mais rica ( $A > 1$ ) e menor quantidade de mistura no cilindro; no ponto morto é preciso mistura padrão ( $A = 1$ ) e pouca quantidade de mistura no cilindro; acima da velocidade máxima do motor a quantidade de mistura pode ser reduzida ou mesmo cortada.

Como vimos no parágrafo anterior para cada situação de operação do veículo existem proporções certas de ar A e de combustível F, bem como quantidade de mistura a ser fornecida aos cilindros. Um gráfico destas proporções, quantidades e situações é chamado **mapa de trabalho** do motor. Sistemas mecânicos permitem apenas alguns ajustes de ar e combustível conforme a situação. Já os sistemas de injeção eletrônica consideram integralmente o mapa de trabalho do motor, determinando aos controles a melhor proporção A/F e quantidade de mistura para cada situação, de acordo com opções de potência-economia-poluição.

### **Carburador eletrônico**

No carburador mecânico convencional os ajustes de quantidade e proporções A/F são rígidos e abrangem poucas situações do mapa de trabalho. No carburador eletrônico um circuito central (**E.C.U.**) recebe sinais de vários sensores que indicam a situação atual de operação, bem como a indicação do potenciômetro correspondente à posição do afogador, que por sua vez é controlada pelo pedal do acelerador (figura 1-6). Em consequência dessas leituras a ECU atua sobre o afogador, aumentando ou diminuindo a ação do pedal do acelerador; em alguns casos ela atua também sobre a válvula choque, tornando a mistura mais rica ou fraca.

Fig.

### ***Carburador controlado eletronicamente***

#### **E. C. U.**

A **E.C.U.** ("electronic control unit", unidade eletrônica de controle) é apenas um microcontrolador (microprocessador com memórias RAM e ROM na própria pastilha, sendo que a ROM já vem da fábrica gravada com um programa específico) dispondo de entradas e saídas análogas e digitais (figura 1-7). Alguns sinais obtidos de sensores, como temperatura e velocidade, são análogos e precisam ser convertidos em digitais antes de entrarem no processador - isto é feito no circuito A/D (análogo para digital). Da mesma forma na saída será preciso um circuito D/A (digital para análogo) para converter sinais digitais do processador em sinais análogos.

Fig.

#### ***e.c.u.***

A E.C.U. pesquisa em suas entradas o estado dos sensores (veja figura 1-6). O programa ("software") gravado em sua ROM analisa estes dados e, de acordo com tabelas considerando potência-economia-poluição do motor, determina e aciona o ponto de trabalho da válvula de choque e do atuador do afogador.

#### ***Sensor A***

O sensor A é instalado na saída de gases queimados dos cilindros para o escapamento (figura 1-8). Ele é feito de uma superfície cerâmica que fica em contacto com os gases queimados; a face oposta, também cerâmica, fica em contacto com o ar atmosférico. A saída do sensor é um sinal elétrico de voltagem proporcional à quantidade de oxigênio nos gases queimados - e esta quantidade por sua vez é proporcional à proporção A/F.

Fig.

#### ***sensor A***

O controle da ECU sobre o carburador eletrônico consiste em ajustes de posição na válvula choque - mistura A/F mais rica ou não (A) e no atuador do afogador - maior quantidade de mistura para cilindro. No aquecimento do veículo a válvula choque é mantida semi-fechada, permitindo mistura A/F enriquecida. No ponto morto a válvula choque é ajustada para  $A = 1$  e o afogador semi-fechado para baixa velocidade,

economizando combustível. Nos demais pontos de trabalho a ECU segue as tabelas programadas (sempre considerando potência -economia-poluição).

### **Injeção eletrônica central de combustível (CFS, SPI, TBI).**

A **injeção eletrônica central de combustível** corresponde ao sistema mecânico convencional de injeção central (figura 1-4), caracterizando-se pela existência de um único injetor de combustível, acima do afogador, alimentando todos os cilindros. Este sistema pode ser denominado **CFI** ("central fuel injection", injeção central de combustível), **TBI** ("throttle body injection", injeção no corpo do afogador) ou **SPI** ("single point injection", injeção em ponto único), ou genericamente **E.F.I.** ("electronic fuel injection").

A figura 1-9 ilustra um esquema básico de CFI eletrônica. A ECU com seu software é eletricamente ligada às outras partes, mas essa ligação é omitida na figura para facilidade de desenho. Registramos também um só cilindro, mas de fato eles são 4 recebendo a mistura A/F saindo do afogador.

A ECU lê a posição do afogador (comandado pelo pedal do acelerador) e a saída dos sensores (A, temperatura, velocidade do motor). De acordo com essa leitura e da sua programação ajusta o atuador do afogador, controlando assim a quantidade de mistura A/F para os cilindros. Veja que a ECU percebe a posição do afogador (comandada pelo pedal do acelerador) através da leitura do potenciômetro do afogador, e apenas ajusta esta posição pela pressão do atuador.

Fig.

#### *sistema de injeção eletrônica central de combustível*

A injeção de combustível pelo injetor é sincronizada com a ignição, sendo feita por gotas. O combustível sugado do tanque circula no injetor e o resto não usado volta à origem, mantendo o sistema de injeção constantemente abastecido. Um regulador de pressão no duto de regresso do combustível para o tanque mantém a pressão adequada no injetor.

**Unidade central de injeção** é o conjunto formado pelo injetor, regulador de pressão, sensor de temperatura do ar (na parte interna da unidade central de injeção) e afogador. Fica encaixada entre o coletor de admissão de ar e o distribuidor de combustível (mistura A/F) para os cilindros, tendo ainda conexão para os dutos de recebimento e regresso do combustível para o tanque. Como exemplos temos a MONO-JETRONIC da BOSCH e a MULTEC da OPEL.

### **Injeção eletrônica multi-ponto (MPFI)**

Um esquema básico de **injeção eletrônica multiponto (M.P.F.I.)** é visto na figura 1-10. Aqui para cada cilindro temos um injetor (na figura apresentamos um só injetor e cilindro, por simplicidade do desenho, - mas de fato são 4 cilindros e 4 injetores), colocado após o afogador e logo antes da válvula de admissão.

O pedal do acelerador comanda o afogador, determinando a quantidade de ar disponível para mistura A/F no coletor de admissão. A ECU lê a posição do afogador através da voltagem no potenciômetro, e a quantidade de ar entrando no coletor, pela leitura do sensor de ar.

O combustível é sugado do tanque por uma bomba, passa por um filtro e chega ao distribuidor. Uma parte dele não é usada e volta ao tanque, através do regulador de pressão. Assim, há uma circulação contínua de combustível entre o tanque e o distribuidor, sob supervisão da ECU, que controla a bomba.

O combustível no distribuidor é distribuído para os 4 injetores. A ECU comanda diretamente os injetores, fazendo-os expelir gotas com frequência constante (sem sincronização com a ignição). A quantidade de combustível injetada é dada pelo tamanho da gota, que depende do tempo em que o injetor fica acionado. Para injetar muito combustível a ECU emite um pulso de comando longo, resultando uma gota grande; para injetar pouco combustível o pulso de comando é curto, e a correspondente gota pequena. Note que embora os pulsos tenham duração (largura) diferentes, suas frequências são idênticas e constantes (figura

1-11).

A ECU controla a duração dos pulsos para os injetores conforme a leitura dos sensores (especialmente do potenciômetro do afogador e do sensor de ar) e o mapa de trabalho gravado em seu programa ("software"). A

tendência atual é que este programa dê prioridade à economia de combustível e diminuição da emissão de gases queimados poluentes, mesmo que seja em detrimento da potência do motor (em vários países estão sendo elaboradas leis fixando normas muito rígidas para essa programação).

Fig.

### *injeção eletrônica mpfi*

Fig.

### *Pulsas de mesma frequência e larguras diferentes (a) pulso longo (b) pulso curta*

Um exemplo típico de injeção eletrônica MPFI é a LH-JETRONIC da BOSCH.

### **Injeção contínua seqüencial**

Ate aqui apresentamos a injeção contínua, caracterizada por um fornecimento contínuo de combustível ao cilindro, variando apenas a quantidade fornecida. Injeção seqüencial é o sistema que abastece o cilindro a cada ciclo, calibrando a mistura A/F e avançando ou retardando a injeção por controle individual de cilindro e ciclo.

## **IGNIÇÃO ELETRÔNICA**

### **Ignição convencional**

Como já vimos no capítulo anterior é preciso uma faísca para iniciar a explosão do combustível no cilindro (exceto em motores Diesel, onde não há ignição por faiscamento e a explosão ocorre devido à pressão). O faiscamento é obtido por descarga elétrica nos terminais da vela encaixada dentro da câmara de combustão do cilindro.

Com uma mistura A/F ideal ( $A=1$ ) é necessário uma energia de aproximadamente 0,2 miliJoules (mJ) para provocar a combustão. Misturas A/F mais ricas ou mais fracas ( $A$  menor que 1 ou  $k$  maior que 1, respectivamente) exigem energia mais alta, cerca de 3 mJ. De qualquer modo o circuito deixa disponível cerca de 100 mJ para a vela, evitando qualquer possibilidade de falha.

Além da quantidade de energia disponíveis outros fatores influenciam a combustão dentro do cilindro. Em primeiro lugar a posição em que os terminais da vela ficam na câmara de combustão, sendo ideal uma boa profundidade, que permita uma combustão rápida propagando-se a toda mistura A/F, Em segundo lugar a duração do faiscamento é determinante para uma boa combustão, assegurando que ela ocorra mesmo que haja alguma falha no primeiro instante.

A energia de ignição é retirada da bateria. Para se obter o faiscamento um dos terminais da vela é aterrado (0 Volt) e o outro levado a mais de 30 000 V. Um circuito elétrico baseado em indutores (bobinas) é o responsável pela transformação de 12 Volts da bateria em 30 000 Volts na vela.

Também já vimos no capítulo anterior que a Ignição no cilindro ocorre na frequência de cerca 1500 vezes por minuto. Esta deve ser a frequência (aproximada) de operação do sistema de ignição (para cada cilindro) sincronizada com o mapa de trabalho do motor. Temos assim uma visão da potência, rapidez e precisão exigidos do sistema de ignição, tornando-o uma das partes mais complexas e delicadas do automóvel.

As condições de operação do motor também condicionam o sistema de ignição: um veículo a alta velocidade exige ignição rápida e pouco antes do TDC (a câmara do cilindro está à temperatura elevada, facilitando a combustão); já um veículo frio iniciando seu funcionamento precisa de ignição bem antes do TDC (a câmara do cilindro está fria, dificultando a combustão). No sistema de ignição convencional temos dispositivos mecânicos que permitem alguns ajustes no ponto de ignição (adiantando-o ou retardando-o), conforme a condição de operação do motor.

Três objetivos orientam o funcionamento do motor e seu sistema de ignição:

- \* performance (potência e velocidade)
- \* baixo consumo
- \* baixa emissão de poluentes

O sistema de ignição convencional não pode satisfazer simultaneamente aos três objetivos, pois eles são contraditórios entre si. Mas de uma maneira geral quanto maior a velocidade do veículo mais avançado (mais perto do TDC) deve ser o ponto de ignição (e em consequência é maior a emissão de poluentes).

A figura 2-1 ilustra um sistema convencional de ignição, com os componentes em (a) e o correspondente circuito em (b). Podemos dividir o sistema em quatro partes: **BATERIA** (fonte de energia), **BOBINA** (transformação de 12 V da bateria em 30 000 V nas velas), **DISTRIBUIDOR DE IGNIÇÃO** (recebe a descarga de alta voltagem da bobina e a distribui para uma das velas), **VELAS DE IGNIÇÃO** (provocam o faiscamento dentro do cilindro).

A bobina e um auto-transformador, ou seja, dois enrolamentos independentes em torno de um mesmo núcleo ferromagnético (figura 2-2). A variação da corrente elétrica no primário (enrolamento AB) induz outra corrente elétrica no secundário (enrolamento AC). A intensidade da corrente induzida é proporcional à rapidez da variação e ao número de voltas de fio em cada enrolamento. Em especial ocorre uma grande indução quando a corrente do primário é subitamente cortada (variação do valor da corrente no momento do corte até zero).

Quando o contacto do interruptor está fechado a corrente elétrica sai do pólo positivo da bateria, atravessa o primário da bobina e é aterrado (não passa pelo condensador, pois é corrente de). Com isso armazena-se um campo magnético muito forte no transformador (bobina). Ao abrir o contacto do interruptor a corrente elétrica é cortada subitamente, e o campo magnético armazenado é convertido em corrente elétrica no secundário do transformador.

O interruptor gira juntamente com o eixo do distribuidor, que por sua vez é sincronizado com o eixo do motor; assim a rotação do interruptor é dependente da velocidade do motor. Ele tem tantos ressaltos quantos cilindros houver (geralmente 4 ou 6) e um braço móvel mantendo o contacto ("platinado") do primário da bobina para o aterramento (figura 2-3). Quando algum ressalto atinge o braço móvel este se ergue, abrindo o contacto e cortando a corrente elétrica no primário do transformador (depois volta à posição de contacto fechado).

Os ressaltos e o braço móvel são dispostos fisicamente de tal modo que a abertura do contacto (pelo acionamento do braço) corresponda exatamente ao ponto de ignição de um dos cilindros. Portanto, em uma rotação do eixo do distribuidor - e também uma rotação do eixo do motor - teremos uma ignição para cada cilindro.

Fig.

*Sistema de ignição convencional (a) componentes (b) circuito.*

Fig.

*(a,b) representações de auto-transformador*

Além de acionar o interruptor o eixo do distribuidor também sincroniza o fechamento de contacto entre o secundário do transformador e as velas. No ponto central ele recebe a saída do secundário (através de um cabo blindado de alta tensão), que fica disponível na sua ponta giratória. Durante a rotação do eixo esta ponta vai entrando em contacto alternadamente com os terminais ligados às velas, distribuindo para uma de cada vez a alta tensão gerada no secundário da bobina (devido ao corte da corrente elétrica no primário desta).

A vela é simplesmente um suporte para os dois eletrodos da descarga elétrica. Ela é atarrachada ao chassis do motor, que passa a ser o massa (0 Volt) ligado ao eletrodo inferior (figura 2-4). O eletrodo superior recebe a saída do secundário do transformador. Quando o interruptor corta a corrente no primário a saída do secundário gera uma tensão de cerca 30 000 V, que é entregue pelo distribuidor ao pólo positivo de uma das veias. Com o pólo positivo em 30 KV e o negativo aterrado ocorre uma forte descarga elétrica, produzindo a faísca que provoca a combustão da mistura A/F.

Fig.

### ***eletrodos da vela***

A sincronização entre os eixos do distribuidor de ignição e do motor faz com que cada vela receba um faiscamento durante uma rotação do eixo do motor. A sincronização entre os relevos do interruptor e o eixo do distribuidor garante que a ignição ocorra no momento certo dentro do cilindro (quase o TDC). Mas isso ainda não é suficiente para atender a várias condições de trabalho do motor. Por exemplo, com o veículo em alta velocidade o ponto de ignição deve ser adiantado (mais próximo ao TDC), com o motor frio a ignição precisa ser retardada (muito antes do TDC).

Alguns dispositivos mecânicos no interruptor ajudam a ajustar o ponto de ignição às condições de trabalho. O primeiro deles aproxima o braço móvel dos relevos conforme a velocidade do veículo aumenta, adiantando o ponto de ignição. O segundo varia a distância entre relevos do interruptor e braço móvel dependendo da pressão no coletor de admissão, tornando o ponto de ignição dependente da carga no motor. Entretanto estes ajustes são limitados e parciais, atingindo poucas condições de trabalho do motor,

### **TCI - ignição transistorizada**

TCI ("transistorized coil ignition", ignição transistorizada com bobina) é o primeiro passo para a verdadeira e completa ignição eletrônica. Não é mais implementada como original de fábrica, sendo encontrada geralmente como substituição posterior ao original de ignição convencional.

Fig.

### ***circuito de ignição transistorizado (tci)***

Na ignição convencional o grande problema é o interruptor e seu contacto ("platinado"), que exigem constante manutenção devido ao uso intenso e serviço pesado. A TCI simplesmente substitui o interruptor e seu contacto por um transistor, chaveado eletronicamente por uma ECU.

A bobina do TCI é um auto-transformador igual ao do sistema convencional (mas com especificação diferente). Sua saída é ligada ao coletor do transistor de potência (figura 2-5), ao invés do contacto convencional. Enquanto a base do transistor receber uma tensão positiva (0,7 Volt maior que o emissor) a corrente elétrica da saída da bobina atravessa-o e aparece no seu emissor para ser aterrada - exatamente como um contacto fechado. Retirando a tensão positiva da base do transistor ele entra em corte, a corrente elétrica da saída da bobina não consegue atravessá-lo, como se o contacto estivesse aberto.

Cabe à ECU chavear o transistor driver, cortando-o no ponto de ignição de cada vela (como os ressaltos fazem com o braço móvel convencional). O eixo do distribuidor faz girar um sensor magnético (geralmente tipo HALL), que emite um pulso elétrico para a ECU no ponto de ignição de cada cilindro. Veja que o sensor detecta o instante da ignição através de efeito eletromagnético, evitando o desgaste mecânico do ressaltos-braço móvel convencionais.

A ECU recebe o pulso do sensor e antes de chavear o transistor pode considerar (por programa de sua memória e sinais de outros sensores) outras condições de trabalho do motor, retardando ou adiantando o ponto de ignição. Mesmo nos modelos elementares sem programação e memória (neste caso a ECU é um simples circuito de chaveamento) existem ajustes de ponto de ignição para alta velocidade, ponto-morto e carga no motor, tal como no sistema convencional.

No TCI a distribuição da descarga elétrica para as velas é semelhante ao sistema convencional, com o eixo do distribuidor girando sincronizado pelo eixo do motor e fechando contacto com o terminal positivo da vela no seu momento de ignição.

Também é comum encontrar na ECU um regulador de tensão que compensa variações na voltagem fornecida pela bateria (devido a seu envelhecimento e outros fatores), mantendo estável a tensão de referência do circuito de ignição. Com isso o faiscamento tem mais precisão, permitindo uma combustão mais homogênea.

### **ESA - ignição eletrônica com distribuidor**

Na ignição convencional (e mesmo na TCI) cabe aos mecanismos do distribuidor controlar o ponto de ignição de cada cilindro, daí advindo uma série de erros e imprecisões. Na ESA - ignição eletrônica com distribuidor



o controle do ponto de ignição é feito pela ECU, baseado em sinais recebidos dos sensores de velocidade e posição instalados nos cilindros. Ao distribuidor (sem mecanismos de avanço e retardo) fica somente a tarefa de distribuir a alta tensão da bobina para as velas. Tal como no TCI o corte na corrente elétrica da bobina é feito por um driver chaveado pela ECU, evitando o interruptor mecânico de ressaltos e braço móvel.

A figura 2-6 apresenta o sistema **ESA - ignição eletrônica com distribuidor**. A parte da bateria, bobina e driver são semelhantes ao que vimos na seção anterior para TCI. Uma roda dentada no cilindro, solidária com o eixo do motor, é monitorada por um sensor, indicando a velocidade do motor e sua posição - TDC, BDC - para a ECU; uma falha maior nos "dentes" indica a posição TDC/BDC do eixo. Em vista destes dados e de sua programação a ECU chaveia o driver.

Dependendo da marca e modelo do sistema outros sensores e sinais podem ser considerados pela ECU para obter o melhor ponto de ignição. A figura 2-7 ilustra um desses casos. Devido à complexidade do sistema alguns modelos duplicam o circuito, com uma metade controlando cilindros pares e a outra metade cilindros ímpares; a sincronização entre elas é derivada do eixo do distribuidor.

Fig.

*ignição eletrônica com distribuidor (esa)*

- (1) VELOCIDADE PO MOTOR
- (2) CHAVEAMENTO
- (3) SINAIS COMPLEMENTARES CAN
- (4) PRESSÃO PO COLETOR DE ADMISSÃO
- (5) TEMPERATURA PO MOTOR
- (6) TEMPERATURA PO AR PE ADMISSÃO
- (7) VOLTAGEM PA BATERIA
- (8) CONVERSOR A/D
- (9) MICROPROCESSADOR
- (10) DRIVER

Fig.

*sinais de controle para ignição eletrônica e.s.a.*

### **DLI - ignição eletrônica sem distribuidor**

O sistema de ignição completamente eletrônico é o **DLI-ignição eletrônica sem distribuidor** ("distributorless ignition"). Cada cilindro tem sua própria bobina e driver, dispensando qualquer parte mecânica de interruptor e distribuidor (figura 2-8). Apenas um sensor indica a velocidade e posição (TDC, BDC) do motor, como no ESA. A ECU gatilha os drivers, mantendo a sincronização entre os cilindros de acordo com o mapa de trabalho gravado na sua memória.

No sistema DLI dual um conjunto de bobina/driver é usado para a ignição dos cilindros numa fase (TDC), enquanto outro conjunto se encarrega dos cilindros na fase oposta (BDC). Isto elimina metade dos circuitos bobina/driver, tornando o sistema mais simples e barato (figura 2-9). Note que o DLI dual precisa de todos os sensores e sinais já apresentados no ESA e DLI simples (e não registrados na figura 2-9).

Fig.

*ignição eletrônica sem distribuidor (dli)*

Fig.

*d.li dual*

## **FREIO ABS**

### **Introdução**

Ao falar em freios a primeira idéia que temos é bloquear o mais rápido possível os pneus, o que em tese levaria a mais rápida frenagem possível do automóvel. A teoria e a prática desmentiram essa idéia, mostrando que além de falsa é perigosa, responsável por milhões de acidentes.

O movimento do automóvel sobre uma via pode ser decomposto em duas partes: (1) aderência do pneu na pista, fazendo que a cada rotação dele o automóvel se desloque em espaço igual o seu perímetro  $2\pi r$  (2) derrapagem do pneu na pista, sem relação entre a rotação da roda e o espaço percorrido.

A frenagem obedece esta mesma decomposição de movimentos, como ilustrado na figura 3-1. O sistema de freio age na roda, obrigando-a a parar de girar. Mas como seu efeito não é instantâneo ela gira um pouco mais, percorrendo uma distância igual ao perímetro do arco de giro (no exemplo da figura 3-1a ela fez um giro de  $180^\circ$  e em consequência o automóvel deslocou do perímetro correspondente  $\pi r$ ). Este é o caso de perfeita aderência, sem derrapagem. Na prática o pneu, além de rolar na pista (devido à rotação da roda), também derrapa por inércia, percorrendo uma distância maior  $\pi r + d$  (figura 3-1b).

Fig.

### *frenagem (a) aderência sem derrapagem (b) aderência e derrapagem*

O sistema de frenagem **ABS** ("anti lock braking system", sistema de freio anti-bloqueio) é projetado para permitir a roda girar até seu limite de aderência, eliminando a parte de derrapagem que começa após este limiar. Além de encurtar a distância de frenagem evita que as rodas fiquem bloqueadas pelos freios, possibilitando ao motorista uma curta manobra (numa distância que de qualquer maneira seria percorrida devido à ação não instantânea dos freios).

### **Freio convencional**

Atualmente dois tipos de freio são usados em automóvel: de **tambor** e a **disco**. É mais comum instalar freio a disco nas rodas dianteiras e de tambor nas traseiras.

O freio de tambor é fixado no chassis e fica dentro da roda.

Fig.

### *freio de tambor*

Possui dois setores quase encostado nela e com uma alavanca entre eles (figura 3-2). Puxando a alavanca (através do pedal do freio) os setores se afastam entre si, encostando na roda. Como o tambor e os setores são fixos no chassis a roda é pressionada a parar de girar. Para evitar desgaste devido a fricção coloca-se lona entre os setores e a roda.

No freio a disco temos um disco de aço parafusado na roda, girando com ela (figura 3-3). Duas sapatas fixadas no chassis ficam em posição oposta, permitindo que o disco gire entre elas. Forçando as sapatas uma contra a outra (por ação do pedal do freio), com o disco no meio, pressiona o disco (e a roda) a parar de girar. A superfície da sapata que fica em contacto com o disco é protegida por lona.

Fig.

### *freio a disco*

Fig.

### *comando mecânico*

A ação de frenagem tem origem no pedal, controlado pelo motorista. Entre o pedal e o sistema instalado na roda temos os comandos, que transmitem a atuação no pedal até o freio. É claro que essa transmissão é proporcional à força exercida pelo motorista no pedal. Os comandos podem ser mecânicos, hidráulicos ou pneumáticos, este último caso mais raro em automóvel.

No comando mecânico (figura 3-4) o pedal é uma alavanca puxando um cabo de aço, o qual aciona a alavanca que separa os setores (freio de tambor) ou pressiona as sapatas (freio a disco).

No comando hidráulico o cabo de aço é substituído por óleo dentro de um duto (figura 3-5). Pisando no pedal empurra-se o pistão do cilindro mestre, forçando o óleo para o cilindro da roda; o pistão deste provoca a separação dos setores (freio de tambor) ou pressiona as sapatas contra o disco (freio a disco). O duto tem ligação direta com o reservatório de óleo do freio, mantendo-se constantemente cheio; quando o cilindro mestre é acionado essa ligação é cortada e a pressão do pistão é exercida somente sobre o óleo do duto.

Por motivo de segurança o sistema de comando de freio é dividido em duas partes completamente independentes - na falha de uma delas a outra pode executar a frenagem, ainda que precariamente. Daí surgem várias configurações possíveis de comandos, sendo as mais encontradas em automóvel a **TT** e a **K**

Fig.

### ***comando hidráulico***

Na configuração TT (figura 3-6a) a pressão sobre o pedal é sentida simultaneamente nos dois comandos. Em consequência o comando 1 aciona os freios das rodas dianteiras e o comando 2 os freios das rodas traseiras

Na configuração K (figura 3-6b) os comandos atuam em forma diagonal. O comando 1 aciona os freios da roda dianteira esquerda (DL) e da roda traseira direita (TR). O comando 2 age sobre os freios da roda dianteira direita (DR) e da roda traseira esquerda (TL).

Outras configurações são menos usadas, incluindo a HH, onde cada comando controla tanto as rodas traseiras como dianteiras, mas mantendo independência entre si.

### **Frenagem ABS**

Como vimos na introdução deste capítulo a derrapagem está relacionada ao bloqueio da roda. O gráfico da figura 3-7 ilustra a relação. Aplicando força crescente no pedal (e correspondente força no tambor ou disco) a derrapagem aumenta rapidamente em proporção ao deslocamento do veículo (aderência + derrapagem).

Até cerca de 90% da força total do freio, aplicada inicialmente, provoca-se uma ligeira derrapagem de 20%, sem prejudicar a manobra de frenagem - esta é a área estável. Mas se a força for mantida próxima a esse nível de 90% a derrapagem cresce rapidamente e torna-se a parte determinante do deslocamento do veículo - no limite a roda fica totalmente bloqueada (sem girar), enquanto o carro desliza pela pista.

Fig.

### ***configuração de comando de freio (a) H (b) K***

É claro que com o carro derrapando o motorista perde a capacidade de manobrá-lo, pois o deslocamento é devido à força de Inércia (em linha reta com a força inicial, sem possibilidade de desviar à esquerda ou à direita). Além do mais a distância de frenagem aumenta, como apresentado na figura 3-1.

O motorista é incapaz de controlar a situação, devido ao curto tempo disponível para sua reação e à imprecisão de sua ação no pedal. Na frenagem ABS um circuito eletrônico detecta esses momentos de perigo (a parte instável da curva na figura 3-7) e, sobrepondo-se à ação do motorista, controla a força no freio até recolocá-lo na parte estável, quando então o controle volta ao motorista.

Fig.

### ***força de frenagem x derrapagem***

O sistema ABS tem uma ECU com programação ("software") capaz de detectar os percentuais de derrapagem. Para cada velocidade do veículo (obtida por sensores na roda) é calculada (e gravada na memória da ECU) uma velocidade de referência mínima correspondendo à desaceleração normal de frenagem. Ao ser acionado o freio a ECU verifica a velocidade naquele momento; se após alguns instantes a velocidade cai para valor abaixo da velocidade de referência é sinal que a roda está sendo bloqueada.

Ao constatar o bloqueio e derrapagem a ECU retira a força do freio (embora o motorista continue a pisar no pedal), até que a velocidade seja maior que a velocidade de referência. Quando isso ocorrer ela pressiona novamente o freio, retomando a frenagem. A operação de liberação e pressão dos freios é repetida quantas vezes for precisa, até que se complete a manobra de frenagem (figura 3-8).

É preciso observar que a ECU consegue executar milhões de instruções por segundo. Assim ela é capaz de detectar imediatamente a desaceleração anormal, testando sensores de velocidade e consultando tabelas na memória. A operação de ajuste da frenagem conforme a velocidade de referência é tão rápida que o motorista não a perceberá - mas conseguirá manter o controle do volante durante esses segundos fatais, inclusive freiando em distância mais curta.

Fig.

### ***gráfico de desaceleração na frenagem a.b.s***

A ECU constantemente testa o sistema ABS. Se for verificada alguma falha ela cancela o ABS, revertendo o veículo para o sistema convencional de freios. Um sinal no painel informa o fato ao motorista.

### **Esquema ABS**

O esquema ABS mais usado é na configuração TT. O cilindro mestre tem saídas separadas e independentes para os eixos traseiro e dianteiro, mas a ECU controla as rodas individualmente. Outras configurações também existem, como a K (a ECU continua controlando individualmente as rodas, mas as saídas do cilindro mestre são diagonais).

Cada saída de controle ABS da ECU chama-se canal. Nas configurações TT e K temos 4 canais. Se uma única saída da ECU controla o par de rodas dianteiras e duas saídas às rodas traseiras, então teremos 3 canais. No caso mais simples, de 2 canais, uma saída controla as rodas dianteiras e outra saída às rodas traseiras.

A figura 3-9 apresenta o esquema de sistema ABS na configuração TT. Como no freio convencional, o cilindro mestre tem duas saídas independentes, uma para as rodas dianteiras (DL/DR) e outra para as rodas traseiras (TL/TR). Estas saídas têm pressão hidráulica proporcional à força exercida pelo motorista no pedal.

A pressão do cilindro mestre é transmitida (pelo óleo) à válvula e desta ao respectivo cilindro de freio, chegando às sapatas (freio a disco) ou aos setores (freio a tambor). A mesma pressão exercida sobre a válvula DL (dianteira esquerda) é sentida na válvula DR (dianteira direita). Entretanto a pressão de saída dessas válvulas depende também do sinal recebido da ECU.

Um sensor de velocidade - geralmente tipo Hall - é instalado na roda, aferindo sua velocidade (que não é necessariamente a mesma do veículo, devido à derrapagem). Quando o pedal é acionado a ECU verifica a força exercida nele pelo motorista, faz a leitura da velocidade no sensor instalado na roda e consulta suas tabelas de gráficos (como na figura 3-8). Em consequência dos resultados obtidos nestas pesquisas a ECU ajusta a pressão na válvula, controlando a pressão do freio para manter a manobra da frenagem na área estável.

Note que a ECU controla individualmente cada roda (na configuração 4 canais TT). Isto possibilita inclusive compensar desgastes desiguais nos pneus e condições diferentes de partes da pista (por exemplo, o lado direito da pista molhado, provocando maior derrapagem, e o esquerdo seco).

Em caso de falha no sistema ABS a ECU corta suas saídas para as válvulas, deixando que elas sejam comandadas exclusivamente pelo cilindro mestre. A ECU aciona um sinal no painel alertando o motorista.

Outras configurações ABS têm esquema semelhante ao visto para TT, eventualmente variando o número de canais.

### **Componentes ABS**

Fig.

### ***esquema a.b.s – H***

Fig.

### ***componentes do a.b.s. – 4 canais.***

A figura 3-10 mostra um típico diagrama de blocos ABS de 4 canais - outras configurações teriam alteração apenas no número de entradas e saídas. Como obrigatório por segurança (e por Lei) o esquema é dividido em duas partes independentes, cada uma controlando duas rodas (DL/DR e TL/TR).

O sensor de velocidade (tipo Hall ou semelhante) é instalado em parte fixa do chassi, próximo da roda. Os elementos que excitam o sensor ficam na roda, girando solidários com ela e passando a alguns milímetros dele. Cada roda tem seu sensor de velocidade.

Os sinais dos sensores chegam aos circuitos de entrada, onde são amplificados a níveis elétricos suficientes. Este estágio também funciona como filtro, eliminando ruídos e interferências. Tendo em vista o ambiente de trabalho ABS - sujeito a forte ruídos e interferências - o circuito de entrada é altamente sofisticado, com amplificadores operacionais (op-amps), acopladores ópticos, filtros de capacitores e indutores.

A unidade de controle é composta por dois microcontroladores trabalhando em paralelo - um para os sinais DL/DR e outro para sinais TL/TR. O microcontrolador é um CI contendo microprocessador e memória numa única pastilha. Uma parte da memória (ROM) tem a gravação permanente e não apagável do programa ("software") que o microcontrolador deve executar, incluindo tabelas de referência. Outra parte da memória (RAM) serve para ele guardar temporariamente resultados de testes e operações, como a velocidade do veículo naquele momento, podendo ser apagada e regravada a qualquer instante.

A unidade de controle inclui ainda circuitos auxiliares, como relógio (clock) baseado em cristal para referência de tempo do microcontrolador, circuito de reset (reinício) e regulador de tensão.

Os sinais de saídas dos microcontroladores são digitais e de fraca potência. Para atuarem sobre as válvulas precisam antes serem transformados em sinais analógicos e com potência maior. A primeira dessas operações é feita pelo CONVERSOR D/A (digital para analógico), e a segunda pelo driver (transistor de potência).

O REGULADOR DE TENSÃO recebe a corrente elétrica da bateria e mantém na sua saída uma voltagem regulada, sem variações e independente de desgaste da bateria, com ela alimentando todo o circuito da ECU. Caso a tensão fornecida pela bateria fique abaixo do mínimo admissível o regulador aciona o relê de segurança, cortando o sistema ABS e deixando o automóvel funcionar somente com a frenagem convencional; ele ainda envia para o painel um aviso notificando ao motorista à falha.

Os microcontroladores têm gravado na memória um programa de auto-teste, capaz de detectar erros e defeitos dos circuitos ABS. Frequentemente (e sempre que o automóvel é ligado) eles executam esse auto-teste, testando conteúdo da memória, sensores e estágios de saída. Se encontrarem algum erro obriga o regulador de tensão a realizar a mesma operação de falha na tensão, revertendo o sistema para frenagem convencional.

Detectando alguma falha pelo auto-teste a unidade de controle registra-a no painel do motorista. Erros e falhas, detectados durante auto-teste ou operações normais, são gravados na memória (por códigos) pela unidade de controle, servindo de referência para serviços de manutenção.

O leitor pode observar que o grande trunfo de um bom sistema ABS é seu software, com programação e dados perfeitamente adaptados à estrutura daquele modelo de automóvel e às suas condições de trabalho. Como exemplo temos o "ABS 3" da BOSCH.

## AUTOMÓVEL INTELIGENTE

### **Introdução**

"VENDE-SE AUTOMÓVEL. PROCESSADOR X - 500 MHZ / MEMÓRIA 5 GIGABYTES / PROGRAMAÇÃO Y". Embora estranho para os mais antigos, este anúncio está bem próximo da realidade das novas gerações de automóveis.

Os três principais itens de inovações eletrônicas no automóvel - injeção, ignição, freios ABS - exigem, cada um, uma unidade eletrônica de controle (E.C.U.), com a respectiva programação. Além do mais cada ECU deve ser alimentada com sinais de sensores - e alguns deles servem a mais de uma ECU (por exemplo, o sensor velocidade e posição do motor servem tanto à injeção quanto à ignição).

Imediatamente surge a idéia de um processador central, capaz de gerenciar todas as funções. Integrando os programas das várias funções num único programa obtém-se um software mais completo e eficiente. Com todos os sensores conectados ao processador central aumenta a quantidade de dados disponíveis para as tomadas de decisão.

Neste ponto chegamos ao **automóvel inteligente**, um verdadeiro computador especializado no transporte de passageiros - e como tal tem periféricos como pneus, volante, motor. Aqui também é conveniente adotar a linguagem de computadores, chamando o processador central de **CPU** ("central processing unit", unidade central de processamento) e seu software de **programa monitor** (uma simplificação de sistema operacional, como o DOS do PC).

Uma CPU que unificasse o trabalho de todas as ECUs exigiria processador e memória de extrema potência e velocidade, acima do que é atualmente encontrado comercialmente. Assim os automóveis adotam uma solução de meio-termo, com várias ECUs controlando suas áreas específicas (como a MOTRONIC para injeção/ignição e ABS-3 para a frenagem), enquanto a CPU supervisiona o funcionamento geral do sistema, incluindo sensores e as próprias ECUs específicas.

Apesar de separadas e específicas as ECUs se integram num único sistema, comunicando-se entre si por uma configuração gerenciada pela CPU. Isso permite integrar novas funções, bastando que suas ECUs sejam compatíveis com o sistema do automóvel - e, como veremos nas próximas seções, já existe um padrão aceito para ele.

### **Integração injeção/ignição**

O primeiro passo - e base - para a completa informatização do automóvel é a integração injeção/ignição eletrônica. Mapas de trabalho extremamente precisos, gravados na memória, permitem a perfeita sincronização entre o ponto de ignição e a quantidade de mistura A/F injetada, levando ao máximo desempenho do motor (assim compreendendo economia de combustível, potência e não poluição).

A figura 4-1 ilustra um sistema integrado injeção /ignição, cujo exemplo poderia ser o MOTRONIC M3 da BOSCH. Para simplicidade do desenho os cilindros 2, 3, 4 e respectivos circuitos de ignição são omitidos. Esta configuração é MPFI (injeção multi-ponto) e DLI (ignição sem distribuidor), mas as outras também podem ser integradas.

Fig.

#### ***Sistema integrado injeção / ignição***

A ECU consiste no processador central, memória e circuitos auxiliares (regulador de tensão, clock e reset). Na sua memória está gravado o programa único para controle da injeção e ignição. Como o intervalo entre duas ignições é de aproximadamente 3 milissegundos, este deve ser o tempo máximo que a ECU tem para executar cálculos, testes e outras rotinas.

Para a injeção os dados mais importantes vêm do sensor de ar (temperatura ou pressão), indicando qual a carga no motor e daí qual a quantidade de combustível a ser injetada, e do sensor velocidade/posição do motor, determinando qual o momento exato para a injeção naquele cilindro.

Já a ignição usa basicamente os dados do sensor velocidade/posição do motor para saber o momento de gatilhar a faísca no cilindro. Entretanto os dados do sensor de ar também são usados, fazendo a ignição adiantar ou retardar (em relação à posição TDC/BDC do pistão) conforme a carga no motor.

O software gravado na memória da ECU condiciona o desempenho do motor - portanto a atuação da ECU nos circuitos de injeção e ignição - aos resultados obtidos no sensor A, correspondendo à proporção de mistura A/F e em consequência ao nível de poluentes escapando. O ideal seria trabalhar com  $1=1$ , e a ECU deveria sempre corrigir o desempenho do automóvel (eventualmente diminuindo a sua velocidade) para atingir este ponto. Mas outras circunstâncias também precisam ser levadas em conta pelo mapa de trabalho, como ultrapassagens rápidas, motor frio, má qualidade do combustível. No mundo inteiro estão surgindo leis rigorosas sobre A e o mapa de trabalho gravado na memória (e, como não poderia deixar de ser, os primeiros marginais alterando os dados na memória para obter maior potência do motor, à custa de mais poluição).

Os demais sensores e atuadores têm as mesmas funções que estudamos nos capítulos anteriores. Note que o freio ABS pode ser implementado à parte, com sua própria ECU captando os sinais dos sensores instalados nas rodas e acionando as respectivas válvulas. Mas se o ABS for integrado ao sistema da figura 4-1, com uma CPU gerenciando as ECUs, então o mapa de trabalho do software poderá prever as alterações na injeção e ignição para se obter a melhor frenagem.

Fig.

#### ***barra de dados linear***

O auto-teste é uma das grandes armas do carro inteligente. Sempre que o automóvel é ligado a ECU testa todos os circuitos, inclusive as gravações na memória, detectando falhas e alertando o motorista. Posteriormente veremos mais sobre o auto-teste e o painel do motorista.

## CAN

É fácil ver pela figura 4-1 o amontoado de fios passando no automóvel. Se acrescentarmos novas funções a serem integradas no sistema - como freio ABS, rádio/ CD, telecomunicações, etc - então a bagunça será total. Além da Ineficiência e risco de falhas, esta malha de fiação traria sérios problemas para montagem na produção e serviços de manutenção.

Para contornar essa situação os novos projetos de automóvel inteligente adotam uma barra de dados linear, na qual trafegam todos os sinais dos vários estágios (figura 4-2). Por exemplo, para o ESTÁGIO 1 se comunicar com o ESTÁGIO 3 e a CPU basta ele colocar seus dados na barra; como os dois estágios desejados estão também ligados à barra, eles captarão e processarão os sinais.

É claro que um sistema como esse funciona somente se todos os estágios trabalham com uma única "linguagem" (codificam e decodificam a mensagem dentro do mesmo padrão). O automóvel pode empregar qualquer "linguagem", contando que todos seus estágios a entendam.

Para facilitar a integração de funções, permitindo a implementação na fábrica ou posterior instalação, a ISO ("INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION", Organização Internacional para Padronização) adotou para automóvel a configuração de barra linear **CAN - controller área network**

O CAN pode ser comparado às interfaces ISA/EISA/PCI de microcomputadores: um conector com características padronizadas (disposição física dos terminais, especificações elétricas dos sinais que por ele trafegam e, principalmente, padronização do formato da comunicação). A comparação vai mais longe, pois é objetivo do CAN ser uma arquitetura PLUG&PLAY ("encaixe e funciona"), tal como está sendo implantada nos micros PC: se o periférico é compatível com o CAN basta encaixá-lo no conector e ele será automaticamente admitido e administrado pelo sistema. Assim, num automóvel com arquitetura CAN poderá ser instalada MPFI da marca "X" e ABS da marca "Y", simplesmente encaixando os dispositivos nos conectores disponíveis.

Fisicamente o CAN consiste de dois fios - **a barra CAN** -ligados a todos os estágios eletrônicos do automóvel, uma interface transceptora (transmissor/receptor, "transceiver") e o **controlador CAN** (figura 4-3). Este último faz todo o gerenciamento do sistema CAN, interpretando as várias mensagens recebidas dos estágios (como MPFI, ABS, etc) e encaminhando-as à CPU, e inversamente enviando comandos da CPU para os estágios eletrônicos. A figura 4-4 ilustra a arquitetura CAN em automóveis.

Todo o circuito poderá ser encontrado em um único CI, tal como o 82C2001 - BASICCAN da PHILIPS. Ou ainda um pacote completo contendo o CI controlador, fiação, conectores, etc. O preço é bastante acessível, em torno de US\$ 20,00.

A padronização do CAN foi oficializada como ISO 11 898. É interessante observar que também é muito usada em outras áreas, como elevadores, casa inteligente, caminhões e ônibus, indústrias.

A transmissão na barra CAN é serial, isto é, um bit (**0** ou **1**) por vez, em série. Os CIs digitais, inclusive o microprocessador, trabalham com conjuntos de bits, por isso são usados circuitos de interface que convertem os bits seriais em conjuntos (8 bits= 1 byte; 16 bits= 1 palavra). Na figura 4-5 temos um exemplo: o sensor de temperatura coloca na barra CAN seu dado de 8 bits, transmitindo-os um após o outro, serialmente; na CPU uma interface vai armazenando os bits transmitidos até que complete o conjunto de 8 bits= 1 byte, quando então os apresenta de uma só vez para o microprocessador.

Fig.

### *arquitetura c.a.n.*

O inverso da operação anterior é a conversão paralela para serial: um estágio (por exemplo, a CPU) coloca de uma só vez seu dado de vários bits (como um byte) na interface, e esta os vai transmitindo um a um, serialmente, na barra CAN. Na figura 4-4 esta operação teria o sentido oposto ao ilustrado. Note que na outra ponta o estágio receptor, ao receber esta série de bits, precisará fazer uma conversão serial-paralelo para recompor o byte.

Fig.

### *arquitetura c.a.n. em automóveis*

Pela padronização ISO-CAN a transmissão deve ser feita à velocidade superior a 125 000 bits por segundo (abaixo desta velocidade existe outro padrão CAN), atingindo até 1 Mbits/seg. O dado a ser transmitido é denominado mensagem e identificado por 11 (standard) ou 29 (extended) bits iniciais. A mensagem trafega por toda a barra, sem endereço destinatário definido; os estágios interessados nela a identificam (pelos 11 /29 bits iniciais) e aproveitam, enquanto os demais a desprezam.

Fig.

### ***conversão serial-paralelo***

Ao iniciar a transmissão de uma mensagem o estágio leva a barra a raivei lógico 8 (bit inicial). Outro estágio querendo transmitir percebe o bit inicial e aguarda até que a mensagem termine. Se vários estágios requerem a barra ao mesmo tempo então um controle lógico seleciona qual deles tem maior prioridade, concedendo-lhe o controle da barra enquanto os demais esperam. A prioridade do estágio é indicada por 11 ou 29 bits na mensagem, logo após o bit de início, e quanto menor o valor binário dos bits maior a prioridade 0000000000: B=0, prioridade máxima.

O formato da mensagem CAN é apresentado na figura 4-6. No campo de arbitração temos o identificador (11/29 bits) mais um bit de controle. O campo de controle indica o número de bytes de dados que virão a seguir, no campo de dados. CRC ("cyclic redundancy check") é um sistema de conferência dos bits, assegurando que não houve falha na transmissão - o transmissor executa um cálculo complexo com todos os bits de dados, registrando-o como CRC; o receptor executa o mesmo cálculo com os bits recebidos e compara o resultado com o CRC, se houver diferença há erro na recepção dos bits. O campo reconhecimento é uma resposta de todos os estágios, indicando que receberam a mensagem sem erro (caso contrário à mensagem deve ser repetida).

Fig.

### ***formal o de mensagem c.a.n.***

#### **Computador de viagem**

No automóvel inteligente o computador de viagem analisa as condições do veículo e da viagem, informando-as ao motorista através do painel. As informações prestadas incluem: horário, taxa de consumo de combustível (litros por km), consumo médio de combustível, velocidade do veículo, reserva de combustível, tempo de viagem desde a última parada, temperatura exterior.

Os sinais reserva no tanque de combustível e temperatura são analógicos, necessitando uma conversão analógico para digital (A/D) antes de serem processados (figura 4-7). Os sinais de velocidade (pulsos na roda) e injeção já são digitais, a cada pulso incrementando a contagem em contadores digitais, os quais são lidos periodicamente pelo processador.

O microcontrolador inclui o processador, memória RAM e ROM, tudo na mesma pastilha semicondutora. Ele precisa de circuitos auxiliares, como clock (sincronização) e regulador de tensão.

A memória do microcontrolador é dividida em espaços denominados "páginas" (por exemplo, de 0 a 2 Kbytes página 1, de 2 Kbytes a 4 Kbytes página 2, de 4 Kbytes a 6 Kbytes página 3). Pressionando a tecla FUNÇÃO os dados da PÁGINA 1 são enviados para o display; pressionando-a novamente a PAGINA 1 é substituída pela PÁGINA 2, e assim sucessivamente. Cada página corresponde a um tipo de informação disponível para o usuário: PAGINA 1 - horário temperatura exterior; PÁGINA 2- velocidade, tempo de viagem, etc. Basta o motorista pressionar a tecla FUNÇÃO até obter a informação desejada.

Fig.

### ***computador de viagem***

O computador de viagem é ligado à barra CAN, recebendo e enviando dados para outros estágios. Alguns dos sinais de sensores podem ser recebidos por essa via, como os pulsos de velocidade da roda (também usados pela ECU do freio ABS). Assim padronizado pode ser instalado no automóvel simplesmente conectando-o à barra CAN e ao display,



## **Sistema de navegação**

Uma das boas novidades do automóvel inteligente é o sistema de navegação, que automaticamente indica direção para o motorista chegar a seu destino (previamente programado). Em sistemas mais complexos pode inclusive haver orientação sobre ruas e estradas.

Fig.

### ***sensor geomagnético***

O sistema é baseado no sensor magnético visto na figura 4-8, instalado horizontalmente ao campo magnético da terra (paralelo ao chão). Um sinal elétrico entrando no enrolamento de excitação produzirá sinais de intensidades diferentes nas saídas X e Y, de acordo com a posição geográfica (Norte/Sul, Leste/Oeste) do veículo.

Além do sensor magnético o sistema de navegação usa também os sinais dos sensores de velocidade instalados nas rodas (que são os mesmos sinais para freios ABS, velocímetro e distância percorrida do computador de viagem obtida na barra CAN). Ao manobrar numa curva a roda externa percorre maior distância que a roda interna (figura 4-9). Calculando constantemente essa diferença (pela leitura dos respectivos sensores) é possível ir traçando um mapa do percurso já efetuado, gravando-o na memória.

Um sistema de navegação operando com esses dados apresentam uma margem de erro de 2%. Em sistemas simples o motorista corrige o erro periodicamente, entrando algum dado por tecla no painel. Em sistemas mais sofisticados um CD-ROM (com aproximadamente 600 Mbytes) tem memorizado o mapa do local, comparando-o constantemente com o mapa do percurso efetuado e corrigindo este último automaticamente.

Os mapas são mostrados no painel como páginas; o motorista pode selecionar a que mais lhe interessar por pressão da tecla FUNÇÃO. Nos países mais avançados encontram-se facilmente CDs-ROM com mapeamento das principais cidades e estradas. Já está em funcionamento na Europa o satélite GPS, que fornece as mesmas informações por microondas.

Fig.

### ***Diferença de distancias percorridas por rodas nas curvas***

#### **Painel**

Fig.

### ***painel lcd***

O painel é um conjunto de segmentos LCD (“liquid-crystal display”, display de cristal líquido), com alguns anunciadores na parte inferior (figura 4-10). O LCD não tem luz própria, é apenas uma barrinha que escurece quando submetida a tensão elétrica, o que o torna bem visível à luz do dia ou iluminação artificial, ideal para mostrador de automóvel.

Fig.

### ***circuito do controlador de display***

Os segmentos LCD são identificados por códigos digitais. O computador de viagem (ou na sua falta uma ECU) envia o código do segmento que deseja apresentar no painel para o decodificador (figura 4-11). Este decodifica o código, ativando - através do drive - sinais elétricos que submetem o segmento a tensão de escurecimento.

Já os anunciadores na parte inferior têm luz própria, pequenas lâmpadas com desenhos de símbolos transparentes cobrindo-as. Geralmente são acesas por ativação de relês acionados pelo controlador de display ou diretamente pelo computador de viagem.

O **display de plasma** é outro tipo de painel, mais sofisticado, usado em automóveis com sistema de navegação. Sua tela é formada por pequenos tubinhos contendo gás (mistura Argônio-Neon). Eles ficam polarizados por dois eletrodos que, ao receberem voltagem suficiente, provocam a ionização do gás, emitindo um pulso de luz.

É possível fabricar display de plasma com mais de 3 tubinhos por milímetro, o que dá resolução de imagens semelhante a monitor de vídeo. Os eletrodos são puxados para as laterais e para as bordas superior e inferior (figura 4-12), formando uma matriz XY. Em uma tela com dimensões do televisor são necessárias 532 linhas de 532 tubinhos cada, o que resulta na resolução de  $532 \times 532 = 282\,144$  pontos.

Fig.

### *display de plasma*

Como não precisa de canhão eletrônico (a parte mais proeminente das costas do receptor de TV ou monitor de vídeo) o display de plasma é mais compacto e robusto. Além do formato de vídeo de TV é encontrado em dimensões menores, como display letreiro ou mostrador. Note que, ao contrário do painel LCD, o display de plasma pode apresentar qualquer figura, mapa, desenho.

## **FUNÇÕES COMPLEMENTARES**

### **Controle de batimento do motor**

O batimento do motor é devido à pré-ignição. Com o pistão ainda voltando para a posição TDC ocorre precocemente a ignição, causando picos de alta pressão. A parece o risco de danos ao motor e muito ruído. A incidência deste batimento é mais acentuada a altas velocidades, pela maior dificuldade de sincronizar a ignição com o movimento do pistão, além da alta temperatura que facilita a ignição.

Uma indicação do batimento do motor é a propagação de ondas de pressão na câmara de combustão do cilindro, na velocidade do som. Este fenômeno é facilmente detectado por um sensor acústico instalado junto à carcaça do motor. Cada motor tem sua estrutura básica característica, que determina a exata velocidade de propagação da pressão de batimento nas várias situações (velocidade, carga, temperatura, etc).

O esquema do controle de batimento é visto na figura 5-1. O sensor acústico colado na carcaça do motor envia seu sinal para uma ECU, programada para analisá-lo. Havendo batimento a ECU retarda o ponto de ignição (baseando-se na posição TDC/BDC do motor indicada pelo sensor velocidade /posição) em vários ciclos do motor, até que ele desapareça.

Fig.

### *controle de batimento do motor*

Este controle é mais eficiente com o sistema de injeção multiponto (MPFI), permitindo o retardamento da ignição no cilindro com batimento, enquanto os outros operam normalmente. O cilindro problemático pode ser distinguido dos outros pela posição TDC/BDC do motor no momento do batimento.

Veja que esta função é facilmente integrada na ignição, fazendo parte do software de sua ECU. Tem desempenho melhor ainda na integração com a injeção e ignição, onde basta acrescentar o sensor acústico e melhorar o software.

### **Controle de ponto-morto**

No ponto-morto a carga no motor é mínima, sendo desejável que ele funcione na menor velocidade possível (apenas para mantê-lo em funcionamento, pronto para novo arranque), economizando combustível e evitando poluir.

O **controle do ponto-morto** é feito em um desvio alternativo da passagem de ar no coletor de admissão (figura 5-2).

Fig.

### *controlador de ponto-morto*

O controlador recebe sinais de velocidade e temperatura do motor e posição do afogador. Se for caracterizada a condição de ponto morto o controlador aciona o atuador.

O sistema possui um valor ideal preestabelecido para a velocidade de ponto-morto. Se o sinal velocidade do motor indicar que ela está acima do ideal o atuador diminui a abertura do desvio, deixando passar menos ar e diminuindo a velocidade do motor. Se ela estiver abaixo do ideal o atuador abre mais a passagem no desvio, deixando passar mais ar e aumentando a velocidade do motor. Alguns controladores atuam diretamente sobre o afogador, não havendo desvio de passagem de ar.

O controlador de ponto-morto não pode ser dispositivo de resposta rápida aos sinais de entrada, pois seria confundido pelas situações de transição (por exemplo, passagem de uma marcha para outra). Como a condição de ponto morto é a mais comum no trânsito engarrafado de nossos dias, o projeto bem feito e calibrado desta função é fundamental. Geralmente é implementado como função integrada da injeção eletrônica.

### **Acelerador eletrônico (EMS)**

O **acelerador eletrônico** (ou **EMS**, ou ainda **E-GAS**), é um conjunto de sensores, atuador e ECU para substituir o acionamento mecânico do afogador. Integrado a um sistema com freio ABS e injeção/ignição eletrônica pode levar a boa economia de combustível, além de segurança e maior conforto.

A figura 5-3 ilustra o esquema do acelerador eletrônico. Por motivo de segurança os sensores e processadores operam em dupla, na falha de um deles o outro assume sozinho a função. Em alguns modelos há um sistema mecânico (pedal-cabo de aço-afogador) paralelo, que automaticamente entra em ação ao ser detectado erro no sistema eletrônico.

Uma dupla de sensores (geralmente potenciômetros) converte a posição do pedal do acelerador em intensidade de sinal elétrico, enviando-o para a ECU. Esta é equipada com uma dupla de processadores que analisam não só a posição do acelerador como também a condição do veículo (velocidade, frenagem ABS, etc), e em consequência aciona o motor do atuador, que posiciona o afogador adequadamente.

A posição do afogador determina a variação do potenciômetro do atuador. A saída dele retro-alimenta a ECU, permitindo correções, ajuste fino e detecção de falhas. Note que a ECU é ligada à barra CAN, podendo usar grande número de variáveis para sua análise da melhor posição desejável do afogador, e não somente a pressão do pedal do acelerador.

### **Coletor de admissão variável**

O desempenho do motor está condicionado diretamente à quantidade de ar que recebe (na mistura A/F) e indiretamente à geometria do coletor de admissão. De uma maneira geral quanto maior o coletor de admissão maior a força (torque) do motor, mas para alta velocidade é desejável que ele seja menor.

O **coletor de admissão variável** é projetado para atender às diversas situações citadas no parágrafo anterior. Após o afogador o ar é canalizado para um tambor giratório (figura 5-4)

Fig.

#### ***acelerador eletrônico (ems)***

A saída de ar do tambor fica mais próxima ou mais longe da válvula de admissão - portanto uma variação no comprimento do coletor de admissão - conforme a posição de giro. Girando o tambor totalmente no sentido anti-horário o coletor tem seu tamanho mínimo (saída de ar mais próxima da válvula); girando no sentido inverso ele fica com o maior comprimento (saída de ar mais longe da válvula).

Fig.

#### ***coletor de admissão variável***

A posição do tambor giratório é ajustável por um atuador (com motor ou semelhante). A ECU analisa sinais como carga, velocidade, pressão e temperatura do motor e em consequência acionam o atuador até obter a posição ideal.

## **Controle de emissão de vapores**

Vapores de hidrocarbono (HC) escapando do tanque de combustível constituem uma grande e perigosa poluição do meio-ambiente. O **controle de emissão de vapores** é um sistema projetado não só para vedar esse escapamento, como também aproveitar os vapores HC como combustível.

O respiradouro do tanque é ligado a uma caneca de carvão, espécie de filtro fabricado com carvão em pó (figura 5-5). Ela tem uma entrada para ar ambiente, servindo de respiradouro para o tanque, e outra para o coletor de admissão, esta última por intermédio de uma válvula. Os vapores HC exalando do tanque passam pela caneca e chegam ao coletor, misturando-se ao ar admitido pelo afogador.

A injeção dos vapores HC no coletor tem efeito poderoso: se o ar admitido tiver 1% de vapores HC, então A sofrerá uma alteração de 20% (ou seja, a mistura A/F estará extremamente enriquecida). A ECU analisa os sensores de A, velocidade e carga no motor, temperatura, e em consequência controla a válvula para dosar a quantidade correta de vapores HC que naquele momento pode passar da caneca ao coletor.

Veja que o controle de emissão de vapores HC é ideal para ser integrado com a injeção eletrônica. O carvão da caneca deve ser trocado periodicamente (em alguns modelos a ECU avalia a necessidade da troca e avisa ao motorista).

Fig.

### ***controle de emissão de vapores***

## **EGR - recirculação de gases queimados**

A combustão nos cilindros produz gases óxido de nitrogênio (NOx) - poluentes de primeira linha. Temperatura elevada na câmara de combustão aumenta a produção desses gases, enquanto no ponto morto a quantidade de NOx é pequena.

Recirculando parte dos gases queimados da válvula de exaustão para o coletor de admissão, misturando-o ao ar fresco para nova combustão, obtém-se redução de até 60% no escapamento de NOx. Entretanto a recirculação aumenta a emissão de poluentes HC e o consumo de combustível, devendo ser limitada aos pontos de trabalho de maior exaustão de NOx, inclusive cortando-a no ponto morto.

Fig.

### ***recirculação de gases queimados***

A figura 5-6 apresenta o esquema básico de **EGR** ("exhaust-gas recirculation"). Uma tubulação após a válvula de exaustão retira parte dos gases queimados, encaminhando-os para o coletor de admissão - mas no meio do caminho uma válvula controla o fluxo. A ECU analisa as condições de operação do motor - principalmente temperatura e carga no motor e em consequência determinam a pressão na válvula, controlando a quantidade de gases queimados que é recirculada para o coletor.

Esta função deve ser implementada em sistemas com injeção eletrônica, sendo integrada nela, e de preferência com controle de emissão de vapores, compensando o aumento da emissão de HC. Um de seus problemas é que os gases queimados recirculando vão criando depósitos de detritos na tubulação, entupindo-a.

## **Monitor RKS - pressão de pneu**

O pneu perde constantemente pressão, mesmo quando não usado ou bem cuidado. A partir de certo ponto a perda de pressão torna-se um grave risco, além de desvirtuar tabelas de controle (como freio ABS), que sempre supõem um pneu em perfeitas condições.

Fig.

### ***sistema monitor rks***

O sistema RKS monitora a pressão do pneu, alertando o motorista (por ativação de anunciador no painel) em caso de detectar pressão fora das especificações. Seu sensor é composto por um botão entre o pneu e o a roda (figura 5-7). Sob ele encontra-se um diafragma, recebendo na parte superior a pressão do botão (portanto do pneu) e na parte inferior à pressão de um gás inerte, a qual serve de referência. Um oscilador continuamente envia sinais para a ECU, indicando situação normal.

Se a pressão do pneu aumenta o diafragma curva para baixo e corta o contacto do circuito do oscilador. Se a pressão do pneu é pouca, botão e diafragma são puxados para cima, também cortando o contacto. Em ambos os casos o sinal do oscilador não chega à ECU, caracterizando situação anormal. Para evitar reação a situações temporárias a ECU aguarda que o veículo percorra uma distância preestabelecida no software; se a falta de sinal do oscilador permanecer ela aciona um anunciador de alerta no painel.

O monitor RKS pode ser instalado como função separada, mas é obvio que ele é facilmente integrável – e muito útil – na frenagem ABS.

Fig.

*esquema a.b.s.*

### **ASR**

Na frenagem há o risco de bloqueio das rodas, devido à derrapagem (deslizamento sem aderência do pneu na pista). Na aceleração ocorre fenômeno parecido, o pneu patina, girando sem aderência na pista - no caso extremo o veículo permanece no mesmo lugar. Embora não tão grave quanto à derrapagem na frenagem a aceleração patinando provoca desgaste de pneus e do diferencial, envolvendo ainda questões de dirigibilidade e segurança.

Derrapagem e patinação têm gráficos de operação semelhantes (veja figura 3-7). O sistema **ASR** (“anti-spinning response”, resposta anti-patinação) faz com a patinação na aceleração o mesmo que o ABS com a derrapagem. Ele retarda e acelera as rodas, mantendo os pneus na parte estável do gráfico de operação, com máxima aderência na pista. É claro que isso depende de tabelas preestabelecidas e gravadas na memória, muito parecidas com as de frenagem.

O ASR pressupõe que o automóvel esteja equipado com sistemas ABS e EMS (veja seção 3 deste capítulo) - quase sempre o ASR é integrado ao ABS, formando o sistema ABS/ASR. Os sensores do EMS detectam a posição do pedal do acelerador e repassam essa informação para o ABS/ASR (figura 5-8). Este analisa os dados de velocidade da roda que indiquem patinação (semelhante ao gráfico de desaceleração na frenagem, figura 3-8), e de acordo com os resultados intervém em três estágios: (1) no próprio EMS, controlando a posição do afogador; (2) no freio ABS, ajudando a segurar as rodas; (3) na ignição, retardando ou mesmo cortando-a durante alguns ciclos.

Um exemplo típico é o ABS/ASR "2i" da BOSCH, apresentado na figure 5-9 (mas nessa versão o ABS/ASR não age na ignição). A ECU ABS/ASR troca sinais com a ECU EMS para controlar o afogador, ao mesmo tempo em que controla o modulador dos freios. Observe que enquanto o EMS age sobre as quatro rodas indistintamente, o ABS/ASR controla individualmente as rodas (4 canais, veja figura 3-10), permitindo uma ação ASR anti-patinação em cada uma delas, isoladamente.

### **Comunicações**

As funções de comunicações costumam ser implementadas independentes, não integradas, geralmente como opcionais pós-fabricação. Sob esse título temos: rádio, CD, fita cassete, telefone móvel. A comunicação via satélite (tipo GPS europeu) já foram vistas no item "Computador de Viagem", e certamente serão mais encontradas e úteis em futuro próximo.

O rádio depende de uma boa recepção pela antena, que pode ser instalada como telescópica (haste de tamanho variável, com tubos superiores encaixando nos inferiores), ou internamente contornando o pára-brisa. O tipo telescópico é omnidirecional, sua recepção é igual para qualquer direção - embora tenha um poder de captação menor do sinal evita que este varie de intensidade com alterações de direção. Já a antena de contorno dos pára-brisas tem maior capacidade de recepção por ser direcional, mas sujeita o sinal a flutuações de intensidade por mudança de direção. Em alguns sistemas mais sofisticados são instaladas várias antenas - telescópicas, no pára-brisa e nas janelas - e um circuito eletrônico (pode ser uma ECU ou o computador de viagem) analisa qual o melhor, chaveando-o para alimentar o amplificador.

As faixas de rádio vão de 535 KHz a 1605 KHz- AM ondas médias, 1605 KHz a 30 MHz - AM ondas curtas, 88 MHz a 108 MHz no FM. O AM depende da amplitude do sinal, por isso é mais sujeito a interferências. O FM não depende da amplitude do sinal (a partir de um mínimo), portanto menos susceptível a interferências, mas tem alcance menor. O rádio é uma fonte potencial de interferência com o sistema microprocessado do automóvel, e vice-versa. Existem no mercado vários circuitos de filtragem e eliminação deste tipo de interferência.

Fig.

- (1) SENSOR DE RODA
- (2) MODULADOR ABS/ASR
- (3) ECU/ASR
- (4) ECU EMS
- (5) AFOGADOR

*a.b.s. / a.s.r 21 (bosh)*

O áudio-cassete mantém indefinidamente sinais magnéticos (como pequenos ímãs) numa fita plástica, os quais são senseados e transformados em sinais elétricos para o amplificador de áudio. O CD - compact disc vem substituindo o áudio-cassete, com a mensagem gravada como furos numa pastilha de silício e senseada por raio laser. O CD tem leitura microprocessada (os sinais são gravados e lidos como bits 0 e 1), o que lhe dá maior qualidade de reprodução, mas aumenta a possibilidade de interferência com o sistema microprocessado do automóvel.

Rádio, fita cassete, CD, todos esses sistemas convertem seus sinais para a frequência de áudio de 0 Hz 20 KHz, compartilhando um único estágio de amplificação e sonorização. Para tanto usam alto-falantes especializados em faixas de frequências - o woofer ("uífer") filtra e reproduz as frequências mais baixas (sons mais grossos) enquanto o tweeter ("tuífer") fica com as frequências mais altas (sons mais agudos). No áudio estéreo são feitas duas gravações diferentes, uma do lado esquerdo ("L- left") e outra do lado direito ("R-right"); na reprodução estéreo elas são processadas e sonorizadas separadamente, resultando uma percepção de som espacialmente distribuído - mas os respectivos alto-falantes devem ser instalados com uma boa distância entre eles.

O telefone celular não faz parte propriamente da Eletrônica do automóvel, mas já é estereótipo o motorista com uma mão no volante e a outra no celular. De especial deve ser lembrado que o celular opera com frequências próximas a 1 gigaHertz (microondas), com razoável potência, também sujeito a interferências com o sistema eletrônico do veículo. As comunicações de telefonia celular são gerenciadas por bases fixas instaladas em regiões da cidade, comutando-se (automaticamente) as frequências de trabalho quando se passa de uma base regional para outra. Eventualmente ao passar de uma região para outra não há faixa de frequência disponível, ou a nova base está muito distante e sua transmissão é fraca, caindo à ligação. Num caso extremo a área por onde trafega o veículo é muito longe de qualquer base regional, não sendo possível estabelecer a comunicação por telefonia celular.

## **ASSISTÊNCIA TÉCNICA**

### **Introdução**

Nosso Presidente da Republica é muito simpático, culto e bem cotado internacionalmente. As novelas da GLOBO são feitas dentro de um profissionalismo digno do Teatro Inglês. E somos o 4º ou 5º mercado mundial consumidor de quase todos os produtos (inclusive automóveis). Mas nada disso, nem mesmo os projetos neo-liberais de globalização, nos tira da condição de país subdesenvolvido de terceiro mundo, nem nesta geração nem nas próximas. Este é um dado concreto, prático e cotidiano que deve ser levado em consideração na assistência técnica de automóveis com tecnologia de ponta (o mesmo já aconteceu com microcomputadores, deixando lembranças desagradáveis).

A tecnologia de ponta do automóvel (e sua assistência técnica) é projetada nos países desenvolvidos, especialmente o eixo EUA-Alemanha-Japão, onde há abundância de recursos materiais baratos e mão de obra bem preparada e cara. Ao aportar no Brasil encontra situação completamente diferente: escassez de recursos materiais caros e uma mão de obra abundante e mal preparada.. Quando chega a hora da assistência técnica as

diferenças falam mais alto e soluções alternativas precisam ser criadas - muitas vezes com urgência e no próprio campo de trabalho.

Para fugir da teorização e ficar no lado prático, citemos os manuais estrangeiros mandando simplesmente substituir a ECU defeituosa (logo imaginamos um japonês com uma cesta de lixo cheia de ECUs). Quem é do ramo sabe que aqui as coisas não serão bem assim, e em breve teremos milhões de ECUs remendadas circulando por aí - para um técnico brasileiro, ganhando 10 vezes menos que seu congênere desenvolvido, é um bom negócio gastar algum tempo procurando defeito numa ECU que aqui custará 3 vezes mais cara que lá.

A questão que se impõe, então, é como desenvolver processos de manutenção acessíveis ao nosso técnico médio (inicialmente oficinas altamente especializadas seguirão os processos recomendados pelas matrizes das montadoras). Um primeiro passo, é claro, é conhecer como é feito lá fora - mas sem muitas ilusões.

### **Abordagem do defeito**

O automóvel inteligente é capaz de auto-testar seu desempenho, e mesmo gravar na memória relatórios sobre defeitos passados e em quais circunstâncias ocorreram. Esta será, então, a principal fonte de referência na assistência técnica. Mas junto com ela (e algumas vezes na sua falta) algumas iniciativas podem ser tomadas.

Em primeiro lugar uma inspeção visual, procurando cabos soltos, componentes queimados, circuitos impressos com trilhas danificadas, etc. Por mais avançada que seja a Eletrônica implementada precisará de conectores (plugs, soquetes, pinos), a mais freqüente causa das falhas. Retire e limpe os conectores, pesquisando também mau contacto neles.

Para evitar "vão cego" (procura sem finalidade definida) associe o defeito a um estágio, concentrando-se nele. Isto é possível por análise teórica, verificando quais funções, ao falhar, podem levar ao sintoma da falha. Entretanto, sempre considere possíveis inter-relações entre as funções - um sensor do pedal de acelerador EMS fazendo leitura errada pode acionar em excesso o freio ABS e aparentemente diminuir a potência do veículo (o que talvez fosse diagnosticado como falha na injeção/ignição).

Chegando-se a determinado estágio como o suspeito da falha, a melhor alternativa é substituí-lo por outro similar em reconhecido bom estado, testando se o mau funcionamento desaparece com a substituição. Se isto ocorrer o técnico fica com duas alternativas, escolhendo uma delas conforme seus recursos: tentar consertar a parte defeituosa ou fazer a substituição em caráter permanente. Veja que para o teste de substituição é aceitável usar provisoriamente estágios e peças adaptadas disponíveis, mas ao torná-la definitiva deve ser instalado o dispositivo original.

A Eletrônica é altamente padronizada, seus componentes obedecem a rigorosos padrões de fabricação e desempenho. Assim, encontram-se "manuais de equivalência", livros relacionando nomes, marcas e números de componentes equivalentes, que podem ser substituídos uns pelos outros. Todo cuidado deve ser tornado com memórias ROM (e suas variações PROM, EPROM), inclusive quando integradas na mesma pastilha do processador (caracterizando-se assim um microcontrolador), pois têm uma gravação ("software") feita na fábrica; em caso de substituição deve ser usada ROM com a mesma gravação, como a original.

Como citamos na introdução, o sistema é projetado para manutenção por módulos: constatada falha em determinado módulo ele é substituído por outro novo. O módulo contém todos os circuitos do estágio, ligando-se ao resto do sistema por um conector encaixável. Assim, basta retirá-lo do encaixe no conector e encaixar o novo módulo.

Dentro do módulo é possível testar e analisar quase todos os componentes, com o Multímetro e Osciloscópio, seguindo as regras da Eletrônica Básica (veja os livros ELETRÔNICA BÁSICA - TEORIA E PRÁTICA, e INSTRUMENTOS PARA OFICINA ELETRÔNICA, do mesmo autor e editora). Eventualmente a troca de um resistor queimado de R\$ 0,20 pode recuperar uma ECU caríssima. Componentes mais sofisticados, como microprocessadores e circuitos lógicos, exigem documentação da fábrica para acompanhar e testar seus sinais.

Fig.

### ***adaptador universal de teste***

#### **Testes**

O método ideal de testar o automóvel inteligente emprega o **adaptador universal de teste**. O periférico (sensor, atuador, fiação) é retirado de seu plug e em seu lugar encaixado o adaptador (figura 6-1).

O adaptador universal tem um sistema de chaves que simula as variadas condições de operação do automóvel, apresentando os resultados num display. A programação de determinado teste é gravada em ROM, soldada em circuito impresso separado e encaixável no adaptador. Para executar outro teste, de outra ECU, troca-se o circuito ROM por outro com a programação necessária.

Instrumentos de testes mais simples, principalmente para injeção e ignição eletrônica, são encontrados em lojas de autopeças. Têm tubos flexíveis encaixáveis nas conexões dos injetores, analisando e apresentando em mostradores os principais dados do processo de injeção.

Outra forma eficiente de analisar o sistema eletrônico do automóvel é através da pesquisa de formas de ondas do sinal, com o Osciloscópio. Este procedimento é bastante familiar ao pessoal da Eletrônica, mas depende de uma boa documentação sobre sinais elétricos do automóvel em teste, fornecida pelo fabricante. A BOSCH desenvolveu um equipamento compreendendo Osciloscópio e teste de faiscamento da ignição, bastante eficiente.

Fig.

### *equipamentos para auto-teste*

#### **Auto-teste**

O sistema eletrônico do automóvel realiza o auto-teste sempre que o veículo é ligado, mantendo constantemente um check-up. Em caso de detectar falha o motorista é imediatamente alertado por anunciador no painel.

Para conhecer todo o diagnóstico feito pelo auto-teste é preciso usar os equipamentos da figura 6-2. O adaptador universal de teste é plugado na barra de dados CAN do automóvel e conectado a um computador por interface serial RS-232. O computador deve estar programado para o teste (por software elaborado pela fábrica para aquele modelo de carro), apresentando os resultados na tela e/ou imprimindo-os. Além de dados sobre o desempenho do veículo obtém-se informações sobre sua configuração (modelos de ECUs e sensores instalados), tabelas gravadas na ROM, falhas anteriormente detectadas.

Um detalhe interessante sobre o esquema da figura 6-2 é que ele permite análise à distância, ligando o computador local (via modem e telefonia) a outro computador distante. Assim, uma assistência técnica em região remota pode conseguir auxílio da fábrica, ligando seu computador (e o automóvel) ao dela.

Entre as principais operações do auto-teste temos a checagem de memória: os bits gravados em cada seção da memória são somados (ou outra operação matemática) e o resultado comparado com o valor correio, previamente calculado; através desse teste descobre-se se toda a memória tem gravação correta, ou qual seção dela apresenta erros. Os sensores também são testados, comparando-se seus dados com valores habitualmente esperados e tabelados. Para evitar que o processamento entre em looping (círculo vicioso) por erro ou interferência, o software das ECUs adota o "cão de guarda": a intervalos de tempo preestabelecidos o processador limpa toda a memória, guardando só os dados do desempenho, e recomeça o processamento do início.

Apesar do auto-teste é recomendável - e geralmente simples - testar separadamente os sensores. Com sensor magnético (tipo Hall) basta passar um ímã perto e verificar se ele emite e corresponde sinal elétrico. Com sensores tipo potenciômetro o fator de estímulo (per exemplo, pedal do acelerador no EMS) é simulado e testado a mudança de resistência (e/ou voltagem) nele. Nos sensores ópticos simula-se a emissão ou obstáculo da luz (que pode ser infravermelha, não visível), confirmando se esse estímulo é transformado em sinal elétrico.

#### **Compatibilidade eletromagnética**

Com tantos circuitos elétricos a bordo, o automóvel torna-se fonte e alvo das mais variadas interferências. Algumas podem atingir funções vitais, como ECUs de injeção/ignição e freio ABS, sendo bastante perigosas; outras interferem em estágios complementares, como rádio, trazendo desconforto. Por outro lado, um veículo trafegando pelas ruas pode se tornar uma fonte de interferência ambulante. Chamamos **compatibilidade eletromagnética - E M C** o projeto que considera globalmente os vários estágios interferentes, tornando-os compatíveis com níveis admissíveis.

No projeto de fábrica a compatibilidade eletromagnética é devidamente considerada, com circuitos de supressão, atenuação e compensação. Mas o desgaste do veículo pelo uso, bem como instalação de novas



funções (principalmente aparelhos de comunicações) alteram o equilíbrio original. Na maioria das vezes é possível adotar algumas medidas saneadoras, mas em casos extremos não há solução (prática e viável), restando à alternativa de conviver com a interferência.

Uma das primeiras fontes de interferência no automóvel é a alimentação elétrica - dínamo, alternador, bateria. Embora esta última mantenha a tensão regulada, algum ripple sempre aparece, caracterizando-se por baixa frequência e expandindo-se por todo o sistema. Chaveamento de funções - principalmente a ignição - gera ruídos de frequências maiores. Finalmente, o processamento nas ECUs e as funções de telecomunicações provocam interferências de alta frequência, na faixa de MegaHertz - MHz.

Capacitores com valores adequados e bem aterrados são a grande arma contra interferências. Entretanto, não podem ser usados junto a microprocessadores, memórias e outros circuitos digitais, pois descaracterizam o nível lógico do sinal; são mais indicados junto a sensores e atuadores. Filtros LC (indutor-capacitor) ressonantes suprimem sinais indesejáveis com frequências conhecidas ou mesmo bandas de frequência. Indutor choque combate interferências de sinais potentes de baixa frequência. Blindagem de circuitos oscilantes evita que interfiram em outros estágios.

### **CIRCUITOS INTEGRADOS PARA AUTOMÓVEL**

A seguir apresentamos esquemas e descrição de CIs empregados em circuitos eletrônicos de automóvel. Mais que fonte de consulta, essa apresentação serve para melhor visualização da real implementação eletrônica dos estágios.

***AD 22001 (comparador cmos, indica lâmpada – anunciador de painel – queimada).***

Fig.

***AD 22100 (sensor de temperatura para coletor de admissão ou cilindro; Rth é o termistor).***

Fig.

***AD 22050 (detector de corrente – converte intensidade de corrente em voltagem – e interface de transdutores).***

Fig.

***AD 22150 (sensor de efeito Hall)***

Fig.

***AD d 22180 (monitor de tensão da bateria).***

Fig.

***MC 33293 T (driver de injetores de combustível).***

Fig.

***MC 3392 T (monitor de excesso de temperatura e corrente elétrica).***

Fig.

***MC 3334 (controlador de ignição eletrônica).***

Fig.

***MC 3391***

Fig.

*MCCF 33093 (controlador de ignição eletrônica).*

[Voltar](#)