

## ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	01
SUSPENSÃO ATIVA E DIREÇÃO.....	02
FREIOS ABS.....	02
TRANSMISSÃO CONTROLADAS ELETRONICAMENTE.....	04
CONTROLE DE VELOCIDADE ELETRÔNICO.....	05
CONTROLE ELETRÔNICO DO MOTOR.....	06
AR CONDICIONADO.....	07
SISTEMA SUPLEMENTAR.....	08
INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA.....	08
SENSOR DE TEMPERATURA.....	09
CIRCUITO SENSOR DE POSIÇÃO.....	13
SENSORES DE POSIÇÃO ON-OFF.....	16
CHAVEAMENTO DO LADO DO TERRA.....	16
CHAVEAMENTO NA ALIMENTAÇÃO.....	17
SENSORES MAGNÉTICOS.....	18
SENSOR DE OXIGÊNIO.....	22
GERADORES DE FREQUÊNCIA.....	24
DISPOSITIVOS DE EFEITO HALL.....	25
SENSOR FLUXO DE AR (POR FIO QUENTE).....	29
DISPOSITIVOS PIEZOELÉTRICOS.....	31
SENSORES DE IMPACTO OU PRESÃO.....	32
SENSORES PIEZOLÉTRICOS DE PRESSÃO.....	34
SENSORES ÓTICOS.....	36
SENSORES DE CHOQUE E SEGURANÇA.....	37

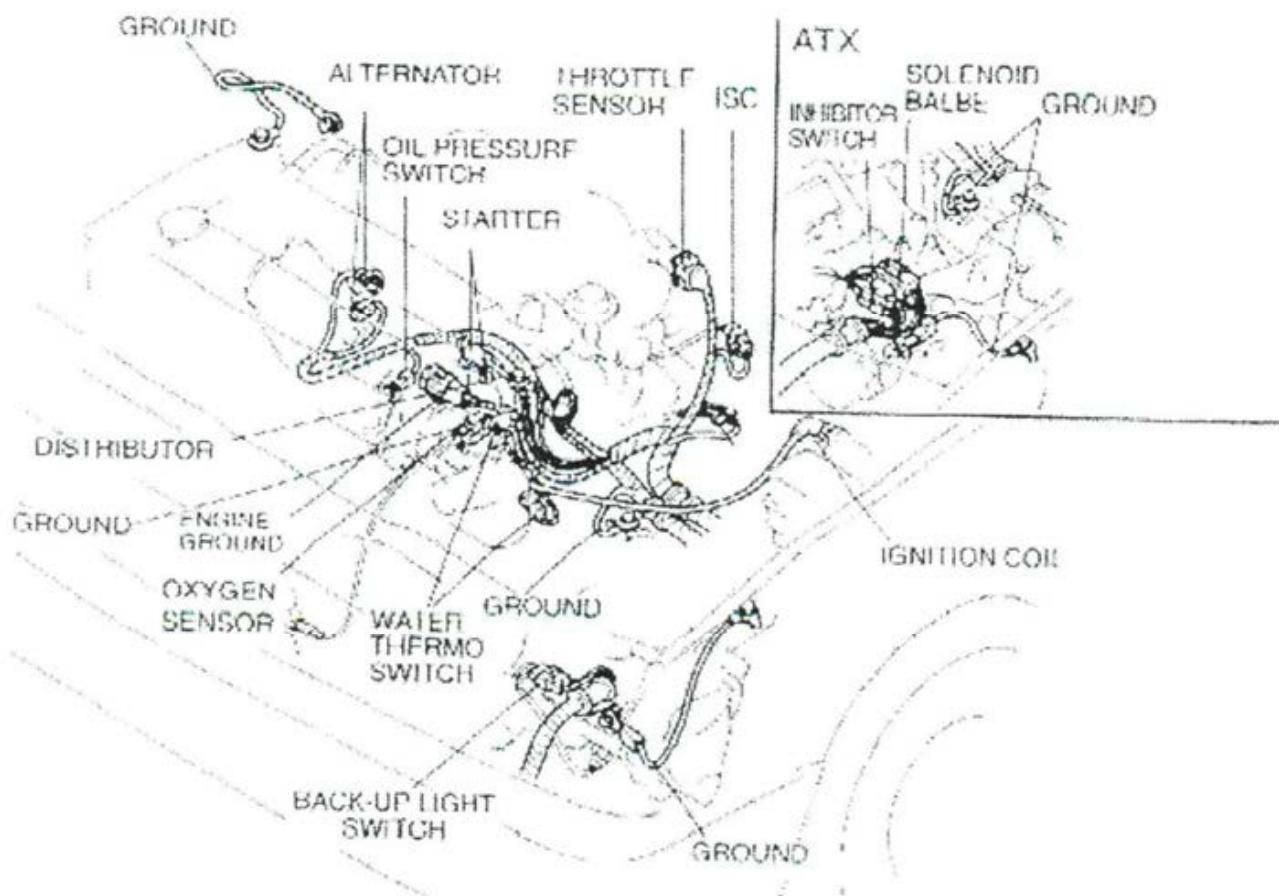
REGULADOR DE TENSÃO INTERNO.....	38
PROCESSAMENTO DO SINAL DE ENTRADA.....	39
CONVERSOR ANALÓGICO/DIGITAL.....	39
CONVERSORES AC/DC.....	40
CONVERSOR FREQÜÊNCIA/TENSÃO.....	42
MEMÓRIA.....	43
MEMÓRIA DE ACESSO ALEATÓRIO.....	43
MEMÓRIA PROGRAMÁVEL SOMENTE DE LEITURA (PROM).....	44
MEMÓRIA MANTIDA ATIVA.....	44
MICROPROCESSADORES.....	44
SISTEMA DE AUTO-TESTE.....	44
MEMÓRIA DE SAÍDA.....	45
FUNÇÕES DE SAÍDA.....	45
CONVERSOR DIGITAL/ANALÓGICO.....	46
CHAVEAMENTO DE TRANSISTORES.....	46
CONTROLE DE SAÍDA DA TENSÃO ANALÓGICA.....	47
MODULAÇÃO NA LARGURA DO PULSO (PWM).....	47
TRANSISTORES CONTROLANDO RELÊS.....	48
MULTIPLEXAÇÃO.....	48
TRANSMISSÃO SERIAL VERSUS PARALELA.....	48
OPERAÇÃO DE SISTEMAS NÃO MULTIPLEXADOS.....	49
MOTOR DC.....	50
MOTOR DE PASSO.....	52
BOBINAS.....	54
IGNIÇÃO DE PONTO DE RUPTURA (PLATINADO).....	55
SISTEMAS DE IGNição SEM PLATINADO.....	56

## INTRODUCÃO

Muitos veículos, ou quase todos, contém sistemas com controle eletrônico, normalmente avaliados como:

- Freio ABS
- Controle de Velocidade Eletrônico
- Controles do Motor Eletrônico (Injeção)
- Ar Condicionado
- Direção e Suspensão
- AIR BAG (Proteção a colchão de ar em caso de choque do veículo)
- Instrumentação Eletrônica

Cada um desses sistemas tem algo comum, pois são todos sistemas controlados eletronicamente. Estes sistemas contêm componentes elétricos que constantemente fornecem informações para várias unidades de processamento de sinais. As unidades de processamento interpretam as informações e fazem os ajustes quando necessário para manter as condições ótimas de operação.

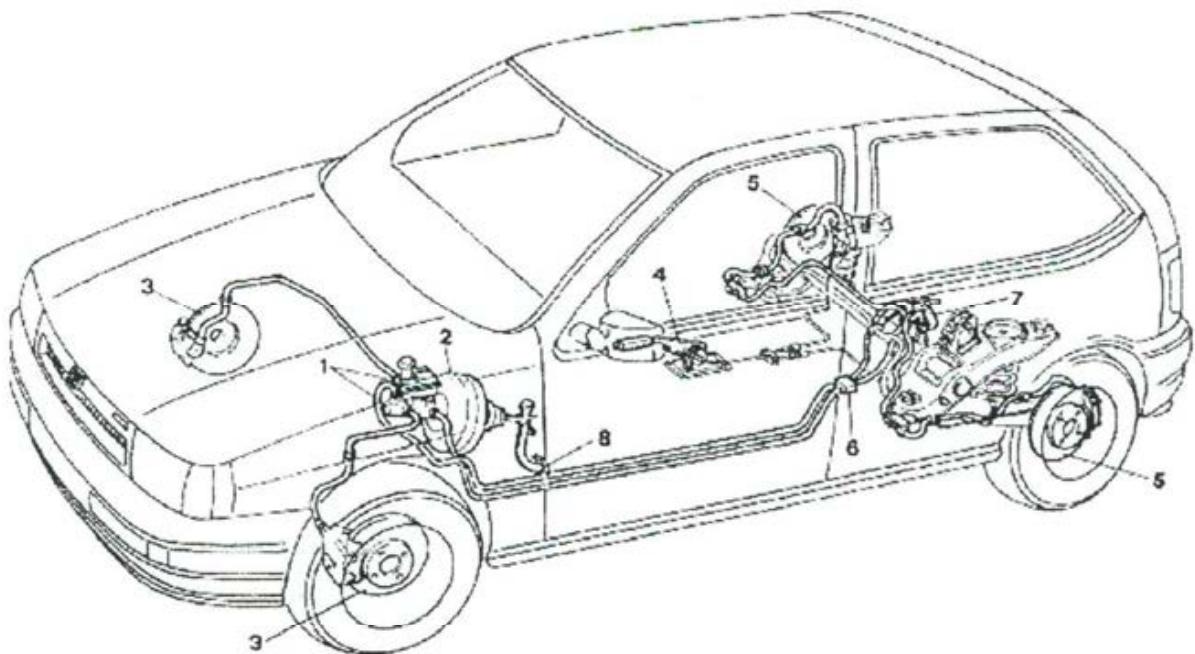


## SUSPENSÃO ATIVA E DIREÇÃO

Alguns modelos atuais são equipados com sensor de velocidade (variable assist) e sistemas de direção hidráulica. O sistema tem um sensor de velocidade do volante de direção, sensor de velocidade do veículo, módulo de controle e uma válvula atuadora. O sistema de direção monitora o sensor de velocidade do veículo (montado na transmissão) e o sensor do volante de direção (localizado na coluna de direção). Baseado nas informações dos sensores, o sistema ajusta a vazão hidráulica para a direção da força por meio da válvula atuadora localizada na direção ou na bomba. Em alta, ou manobras de estacionamento, é necessário mais assistência hidráulica.

O sistema de suspensão ativa usa um módulo de controle, sensores de suspensão do veículo e apoios ajustáveis para controlar o amortecimento da suspensão do veículo ou a altura da mesma. O módulo de controle , monitora as informações enviadas pelos sensores do veículo.

Com as mudanças de condições o módulo de controle ativa os solenóides de controle de ar de suspensão para ajustar a altura do veículo para passageiros e ou bagagens ou ainda para carga total do veículo (passageiros, bagagem, etc).



## FREIOS ABS

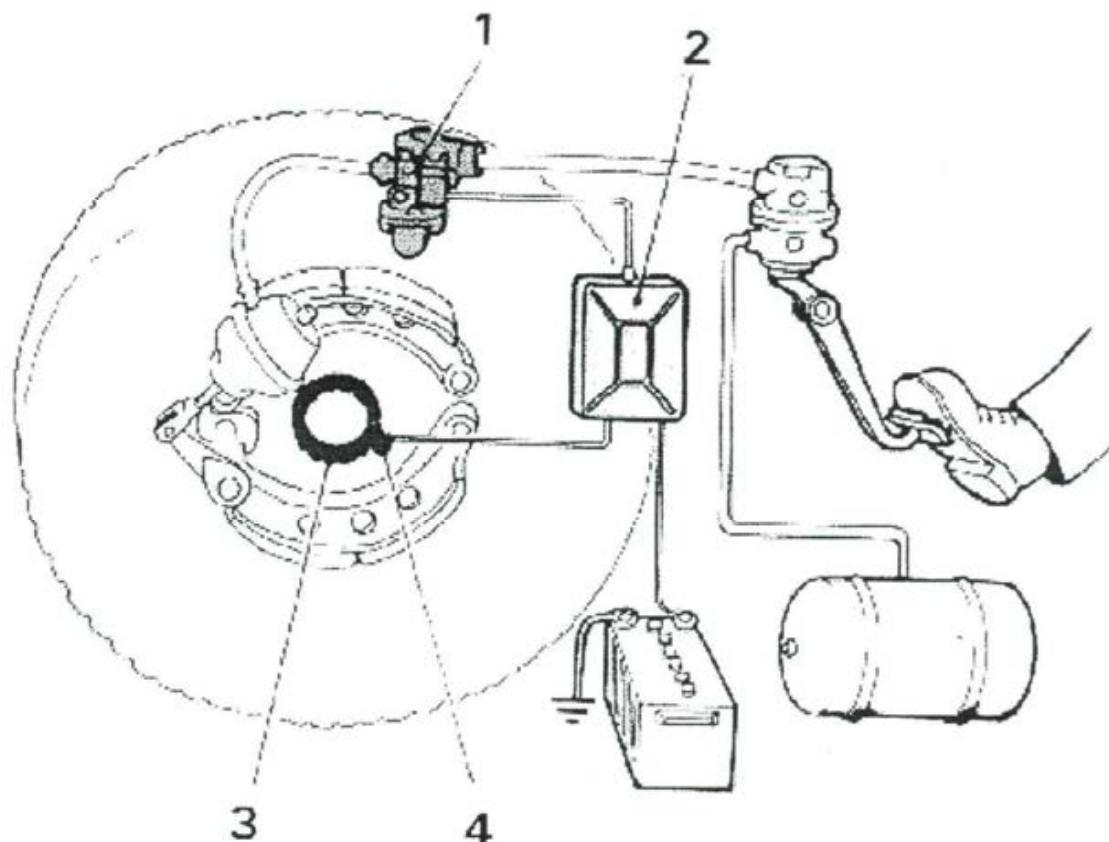
O sistema de freio ABS prevê o travamento de todas as rodas automaticamente, modulando a pressão hidráulica do freio durante uma parada de emergência. Um sistema típico de freio ABS inclui um

módulo de controla, sensores anti-travamento (sensores de velocidade de roda), unidade de controla hidráulico (HCU) e fiação.

O coração do sistema de freio anti-travamento (ABS) é o controlador eletrônico. O controlador monitora a operação do sistema todo o tempo. O controlador processa as informações dos sensores de velocidade localizados em cada roda.

Quando os freios são aplicados, o controlador avisa a HCU para ajustar a pressão hidráulica do freio, quando ele sente que há uma condição de roda travada.

## FUNCIONAMENTO



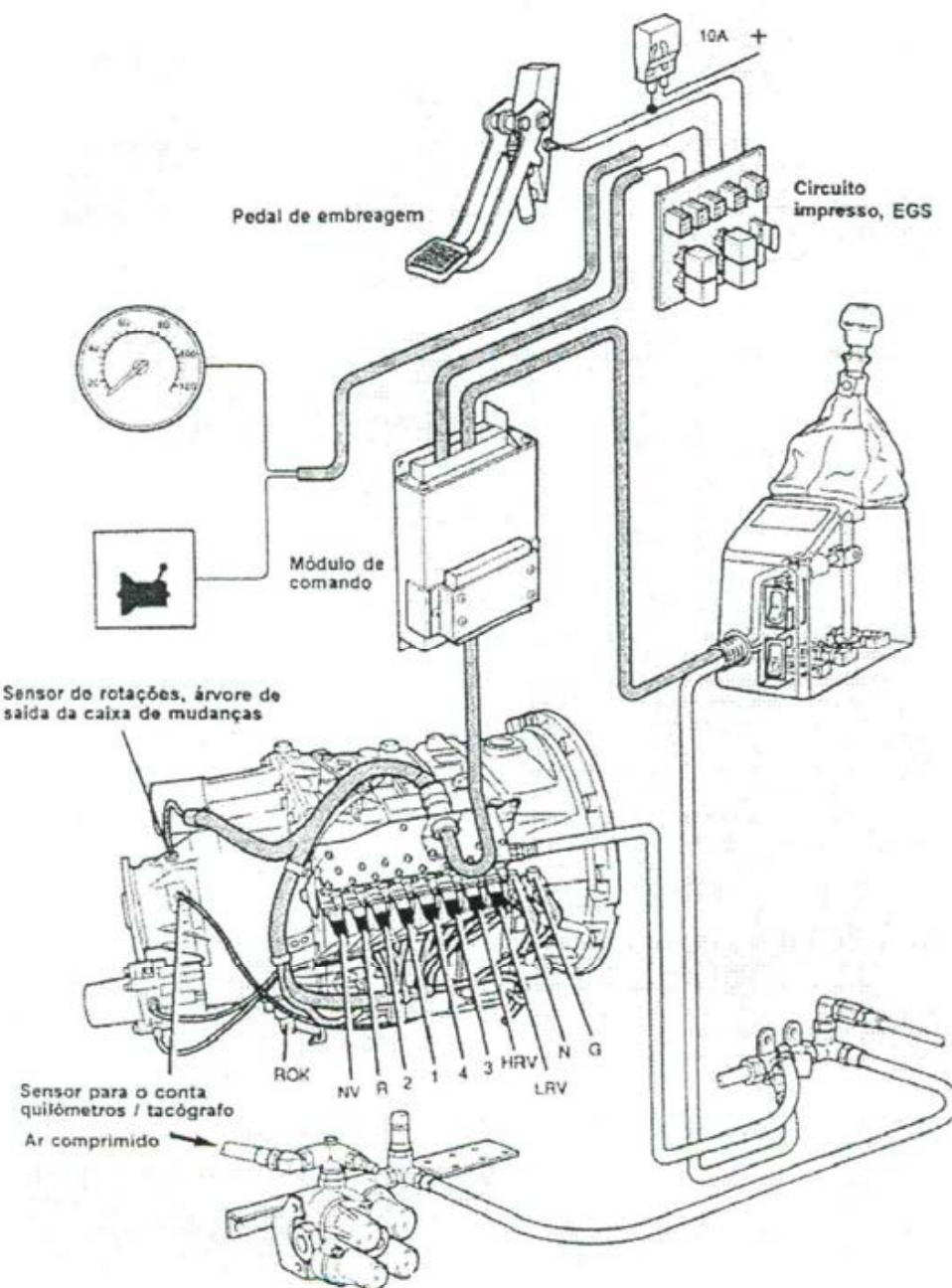
1. Válvula Moduladora. Uma para cada roda monitorada.
2. Unidade de controle eletrônico.
3. Anel dentado. Um para cada roda monitorada.
4. Sensor eletromagnético, ( indutivo ) um para cada roda monitorada.

EX : ABS DA LINHA PESADA APLICADA EM ÔNIBUS E CAMINHÕES.

## TRANSMISSÃO CONTROLADAS ELETRONICAMENTE

Em transmissões controladas eletronicamente, o fluxo do fluido através do corpo da válvula não é totalmente controlado por válvulas mecânicas e molas. Ao invés disto, a vazão do fluido e direção são controlados por solenóides localizadas sobre e dentro do corpo da válvula.

Estes solenóides fornecem preciso controle do comando da transmissão. Os solenóides são controlados por módulos eletrônicos que monitora a velocidade do veículo, a carga do motor e ângulo da borboleta para determinar a marcha adequada para as condições de condução do veículo.



## CONTROLE DE VELOCIDADE ELETRÔNICO

Vulgarmente chamado de Piloto Automático. O sistema de controle de velocidade eletrônico é usado para manter uma velocidade na estrada constante, selecionada pelo motorista. O sistema tem uma montagem servo (servo-motor), sensor de velocidade, módulo de controle e componentes elétricos e a vácuo. Em algumas aplicações o sistema de controle de velocidade está integrado com o sistema de injeção (EEC – Controle Eletrônico do Motor) e em outras aplicações, há um módulo de controle separado.

Quando o motorista aciona o sistema, o módulo de controle monitora a freqüência do sinal do sensor de velocidade. Quando a freqüência do sensor de velocidade muda, o módulo de controle ativa o servo para manter constante a velocidade na estrada.

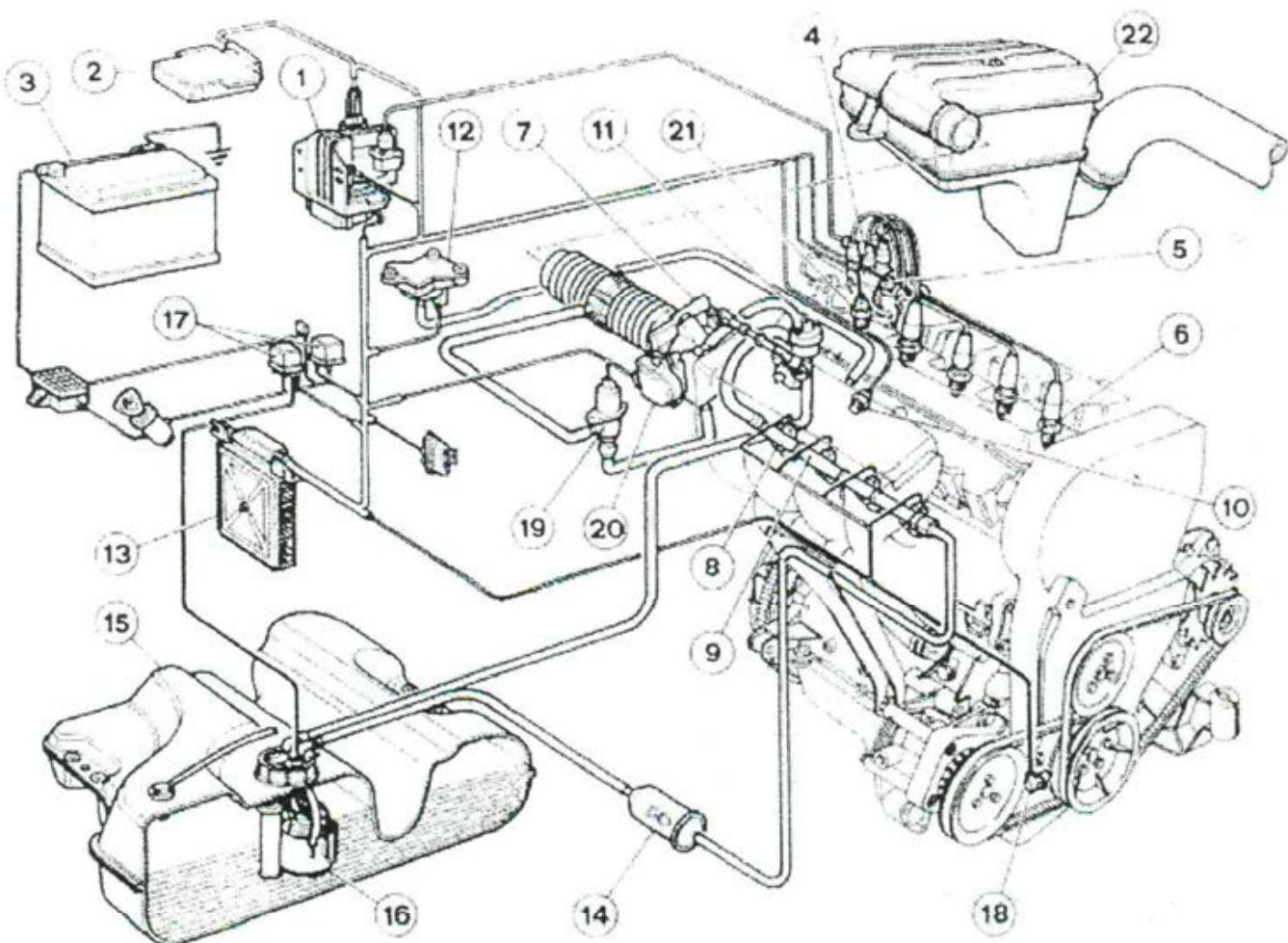


O mais moderno sistema de manutenção e controle de velocidade. Na mesma alavanca, seleção da velocidade de cruzeiro e controle da rotação do motor para aquecimento e tomada de força.

O motorista seleciona a velocidade em que deseja trafegar de acordo com suas condições de operação. O piloto automático é desligado assim que o motorista aciona o freio de serviço, freio da carreta ou a embreagem.

## CONTROLE ELETRÔNICO DO MOTOR (Sistema de Injeção de Combustível Eletrônico)

O sistema de controle eletrônico do motor (EEC – Electronic Engine Control) é o coração do sistema de operação do motor. Ele consiste de uma unidade de controle eletrônico (ECA- Electronic Control Assembly), sensores de entrada, elementos de saída, fiação e componentes diversos. A ECA é um microcomputador. Ele avalia constantemente ou processa as entradas (sinais) do sistema de operação do motor e determina a melhor seqüência de operação das saídas.



A ECA constantemente monitora as condições de operação do motor através de vários sensores localizados no compartimento do motor e sobre o motor. Entre eles estão o sensor de temperatura do líquido de arrefecimento (ECT – Coolant Temperature Sensor), sensor de pressão absoluta (MAP –

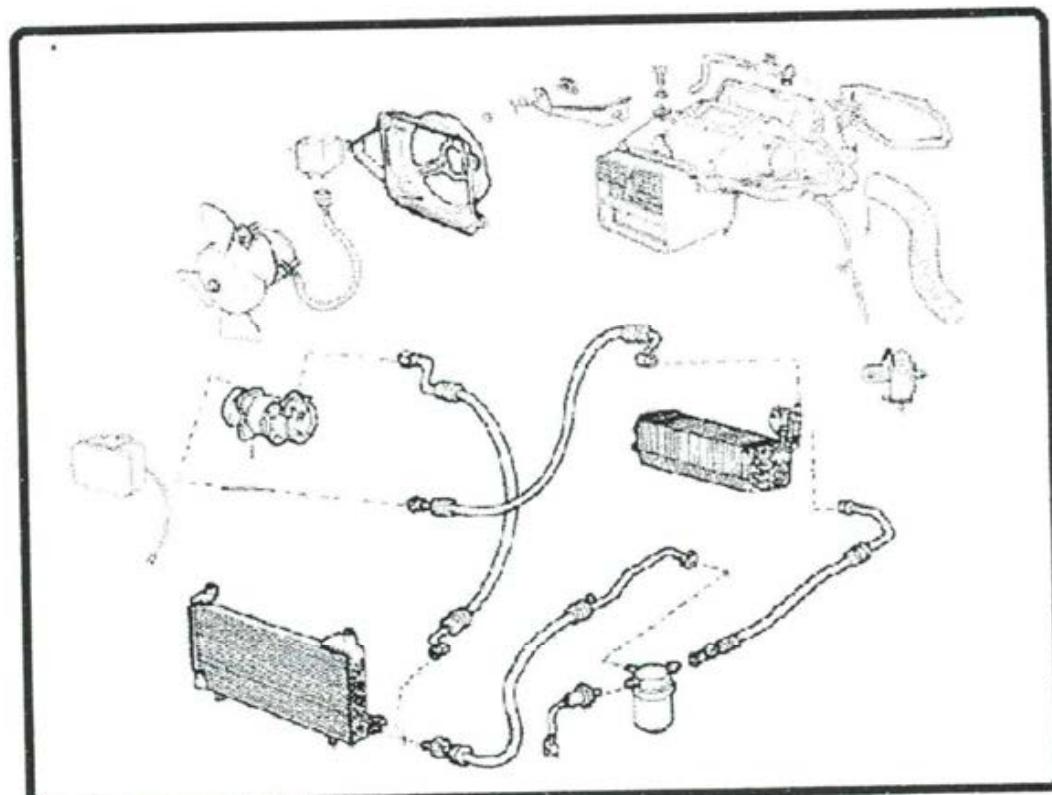
Manifold Absolute Pressure), sensor de temperatura do ar (ACT – Air Charge Temperature), sensor de velocidade do veículo, sensor de detonação e sensor de oxigênio do gás de exaustão. A ECA controla tais coisas como mistura de ar/combustível, ponto de ignição e velocidade de marcha lenta do motor, por meio de vários dispositivos de saída, incluído nestes, estão injetores de combustível, o módulo de ignição, válvula de recirculação de gás de exaustão (EGR), e válvula do ar de marcha lenta (ISC – BPA solenóide). Todos estes componentes trabalham juntos para fornecer a melhor performance do motor com baixos níveis de emissões.

## AR CONDICIONADO

O ar condicionado tem um módulo de controle, sensor de calor, sensor de temperatura interna, sensor de temperatura ambiente e sensor de temperatura do motor.

Ele automaticamente mantém a temperatura selecionada pelo motorista e regula a vazão de ar entre o painel de instrumento, dutos do piso, desembassadores do pára-brisa e quebra-vento.

Quando o sistema está ajustado para o modo automático e para uma determinada temperatura confortável, o sistema de controle de temperatura irá automaticamente aquecer ou resfriar o ar.



## SISTEMA SUPLEMENTAR

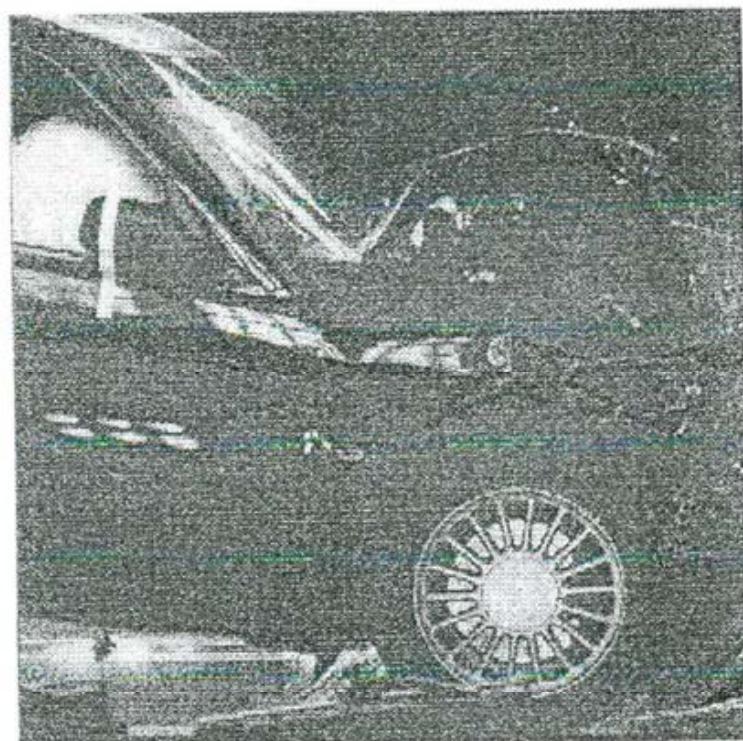
Este sistema eletrônico também usa um monitor de diagnóstico e sensores de colisão. Ele consiste de dois sub-sistemas:

1. O sistema de bolsas de ar é composto de infladores para motorista e passageiro.
2. O sistema eletrônico é constituído de um sensor de colisão e um monitor de diagnóstico.

O monitor de diagnóstico efetua uma checagem contínua para o sistema. Ele monitora o sensor de colisão e suas conexões de instalação elétrica, um instrumento montado no painel.

Sensores de colisão e sensores de proteção são montados na frente do veículo. Sua finalidade é para diferenciar entre colisões moderadas, o que não justifica o uso da bolsa de ar e colisões fortes, que justifica o uso. Eles são projetados de forma que numa colisão a 40 km/h contra um carro parado ou algo similar seja acionado o circuito através do terra do chassi.

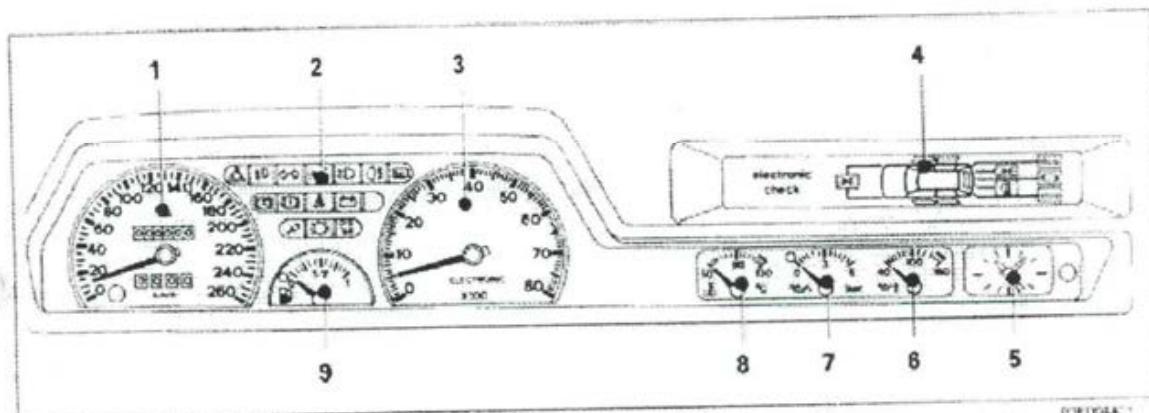
O sistema não irá usar a bolsa de ar, a não ser que ele tenha a confirmação dos dois sensores de controle. Os contatos da chave de segurança irão fechar somente quando houver uma desaceleração do veículo suficiente para o acionamento. Quando o interruptor de segurança fechar ele completará o sistema elétrico para a bateria. As bolsas de ar serão acionadas quando apenas um dos sensores de impacto e um sensor de segurança estiverem fechados ao mesmo tempo.



## INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

A maioria dos sistemas de controles eletrônicos que explicamos foram sistemas que desenvolvem suas funções sem resultados visíveis. Nos painéis de instrumentos de veículos atuais nós podemos ver

claramente os efeitos de um sistema eletrônico. Esta monitoração eletrônica consiste de um módulo eletrônico que processa as informações dos sensores e controla os displays e indicadores. Os displays podem incluir como: velocímetros, hodômetros, indicadores de óleo do motor, temperatura do fluido refrigerante do motor, nível de combustível, condições da bateria e para alguns veículos uma espécie de painel de diagnósticos.

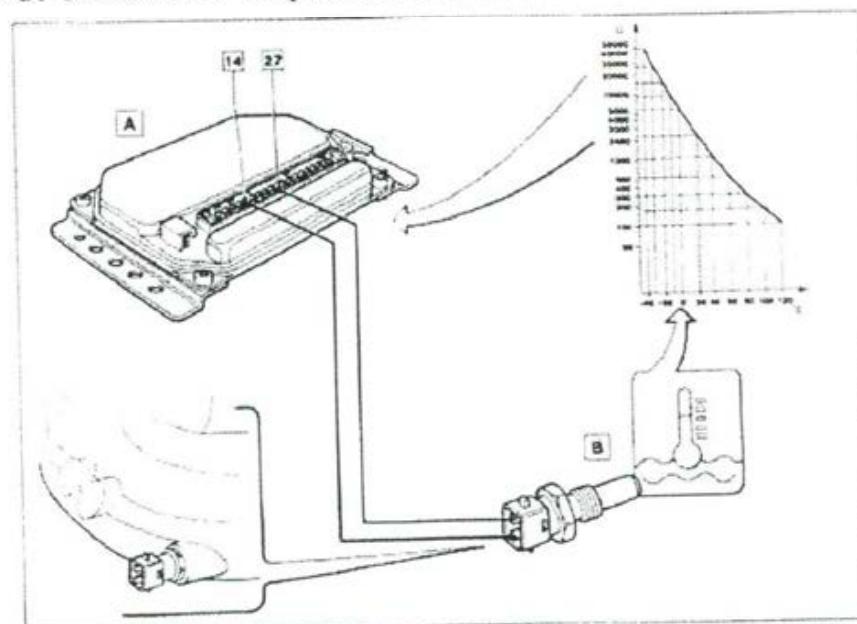


1. Velocímetro com hodômetros total e parcial
2. Indicadores luminosos
3. Contagiros
4. Check Control
5. Relógio analógico

6. Indicador de temperatura de óleo do motor
7. Indicador de pressão de óleo do motor
8. Indicador de temperatura da água
9. Indicador de nível de combustível

## SENSOR DE TEMPERATURA

Um dos sensores mais comuns encontrados em aplicações automotivas é o sensor de temperatura. Os circuitos de sensores de temperatura são usados em sistemas eletrônicos para monitorar a



temperatura de vários componentes, fluidos e até o ar. As unidades de controle de injeção, os controles de transmissão automática e a instrumentação eletrônica são exemplos de sistemas que

usam circuitos sensores de temperatura. A operação do circuito basicamente é a mesma para os três sistemas.

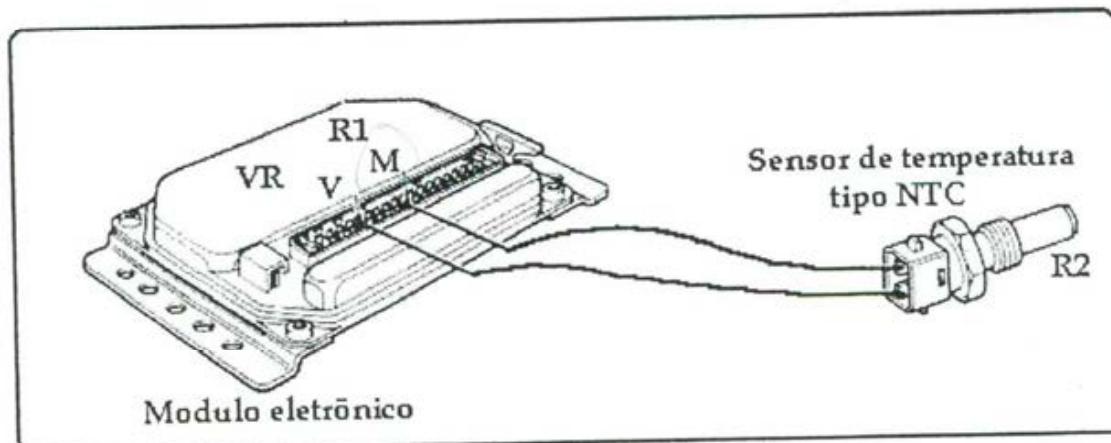
O circuito consiste de um módulo de controle, sensor de temperatura, fiação e conectores. O modo de controle contém um regulador de tensão. Um resistor de limitação de corrente e um processador de sinal que atua como um voltímetro.

O regulador de tensão fornece um nível tensão constante para o circuito. O módulo de controle interpreta qualquer flutuação de tensão quando o sensor detecta variação de temperatura. A fonte de tensão deve ser regulada pelo sistema para funcionar adequadamente.

O resistor de limitação de corrente é um resistor fixo que protege o circuito de uma sobrecarga de corrente. O resistor limita a maior parte do fluxo de corrente, se ocorrer um curto-circuito entre o módulo de controle e o sensor de temperatura.

A parte correspondente ao voltímetro do módulo de controle mede o nível de tensão no ponto M. Este nível de tensão depende do valor da resistência e da temperatura do sensor.

O sensor de temperatura é um resistor variável no qual o valor de resistência muda conforme as mudanças médias de temperatura. Este tipo de sensor aumenta a resistência conforme a temperatura diminui, e diminui a resistência com o aumento da temperatura. Este sensor é chamado de termistor tipo NTC, ou seja, coeficiente negativo de temperatura.

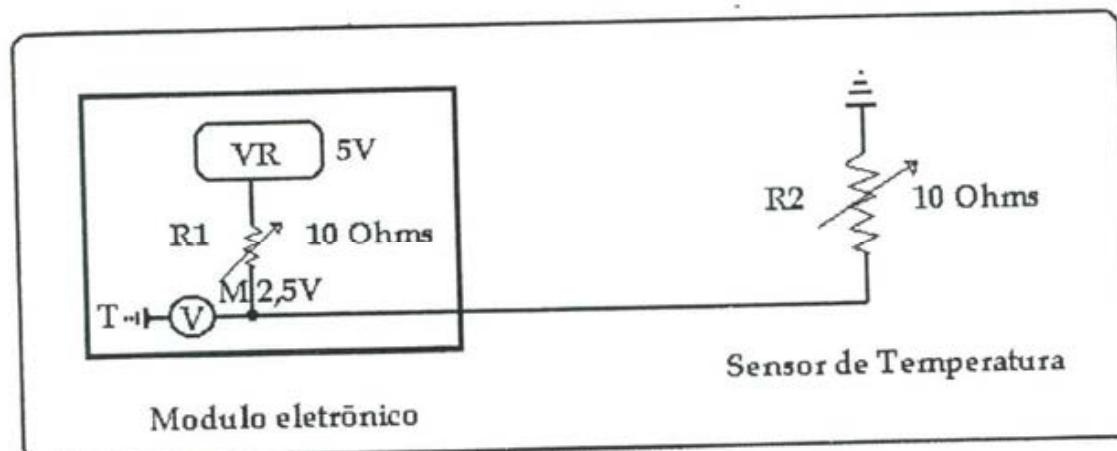


O circuito sensor de temperatura é um tipo de circuito divisor de tensão. Neste circuito um resistor de limitação está em série com um resistor variável. Esta configuração cria uma queda de tensão através do termistor que é diretamente proporcional a resistência do circuito total.

A fórmula que é usada para determinar a tensão no ponto M neste exemplo de um circuito divisor de tensão é:

$$V_m = \left( \frac{R_2}{R_t} \right) \cdot V_r$$

Vm é a tensão monitorada, a tensão no ponto M. R2 é o valor da resistência do sensor de temperatura e Rt é o total de resistência de R1 e R2. Vr é igual a tensão de referência do regulador de tensão.

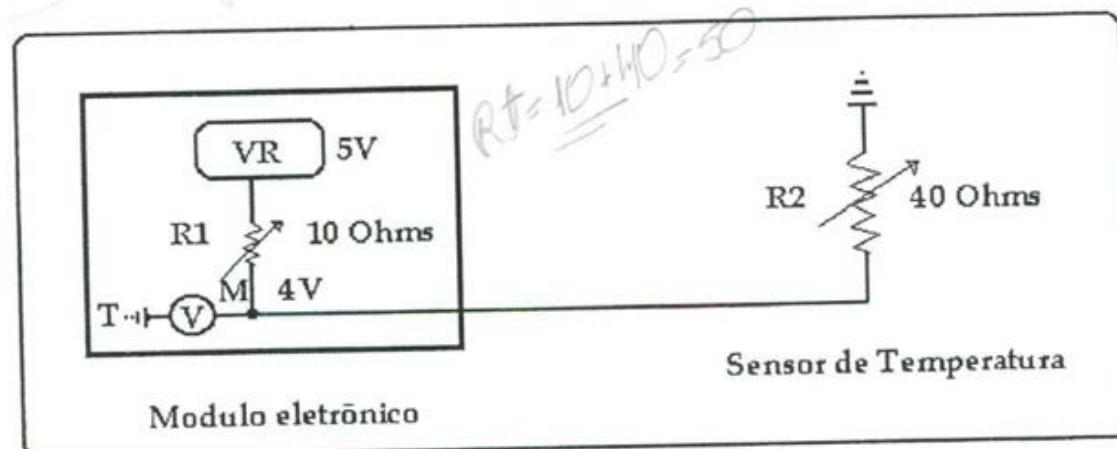


Por exemplo, se  $V_r = 5$ ,  $R1 = 10$  e  $R2 = 10$ , então  $V_m = 2,5$

$$V_m = (10/20) \cdot 5$$

$$V_m = 0,5 \cdot 5$$

$$V_m = 2,5 \text{ volts}$$



Se  $R2$  (termistor) for aumentando para 40, então  $V_m$  terá aumento de 4.

$$V_m = (R2/R_t) \cdot V_r$$

$$V_m = (40/50) \cdot 5$$

$$V_m = 0,8 \cdot 5$$

$$V_m = 4 \text{ volts}$$

Se R2 (termistor) for diminuído de 1, então Vm diminuiria para 45 volts.

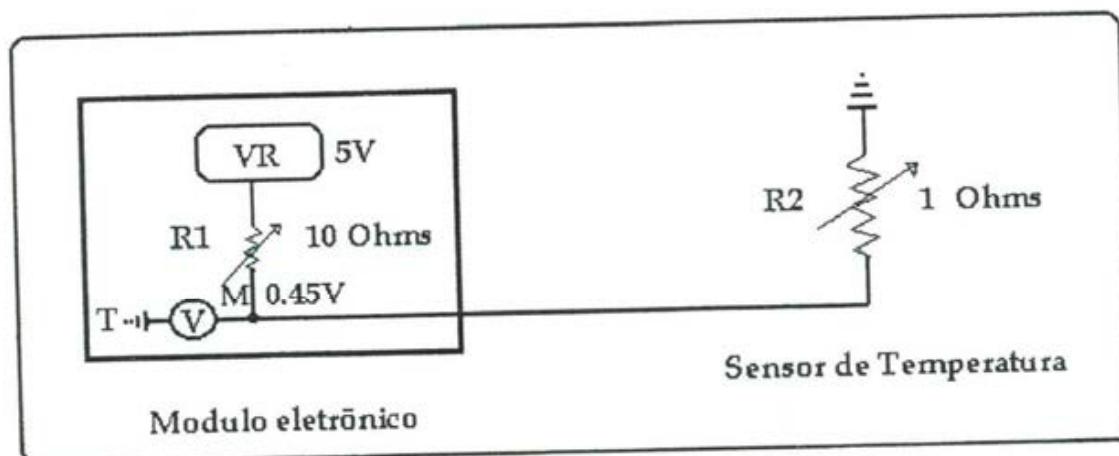
$$Vm = (R2/Rt) \cdot Vr$$

$$Vm = (1/11) \cdot 5$$

$$Vm = 0.09 \cdot 5$$

$$Vm = 0.45 \text{ volts}$$

$$\begin{aligned} Ex &= Rf = R1 + R2 \\ Rf &= 10 + 1 \\ Rf &= 11 \end{aligned}$$



Durante uma operação normal com o aumento da temperatura que está sendo medida, a resistência do sensor de temperatura diminui e o nível de tensão no ponto M também, e vice versa. O módulo de controle usa o valor de tensão no ponto M como um valor de entrada para determinar quais tipos de alterações devem ser feitas no sistema. Este circuito fornece um sinal de tensão analógica variando de 0 a 5 volts.

Durante condições anormais do circuito, tais como um circuito aberto ou em curto-circuito, o circuito não é capaz de fornecer uma representação precisa da temperatura como ela foi medida. Qualquer valor de resistência que exceder o valor como foi projetado, irá afetar o nível de tensão no ponto M, fornecendo ao módulo de controle um valor de entrada impreciso.

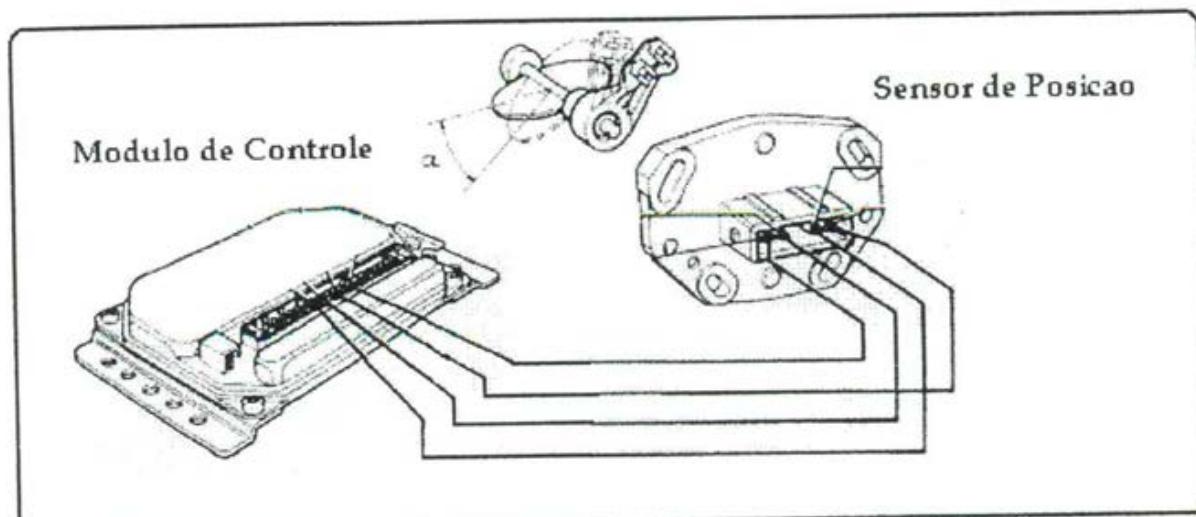
Uma interrupção no circuito entre o módulo de controle e o terra do sensor resultará em uma leitura de 5 volts no ponto M. Um curto para o terra entre o módulo de controle e o sensor resultará em um nível de tensão próximo de zero volts no ponto M. Um nível de tensão maior que o normal estará no ponto M quando houver um valor de resistência alta entre o módulo de controle e o terra do sensor. O valor medido não representará a temperatura que está sendo medida quando houver uma condição de circuito anormal.

## CIRCUITO SENSOR DE POSIÇÃO.

Muitos sistemas controlados eletronicamente requerem que a posição de um componente seja monitorada por toda a extensão de seu deslocamento. Uma das aplicações desse circuito está no sistema de temperatura onde o modo de controle precisa monitorar o curso de uma válvula num sistema de ar-condicionado.

Como o circuito sensor de temperatura, o circuito sensor de posição contém um módulo de controle, sensor fiação e conectores. O módulo de controle tem um regulador de tensão, resistor de limitação e uma espécie de voltímetro CC (corrente contínua).

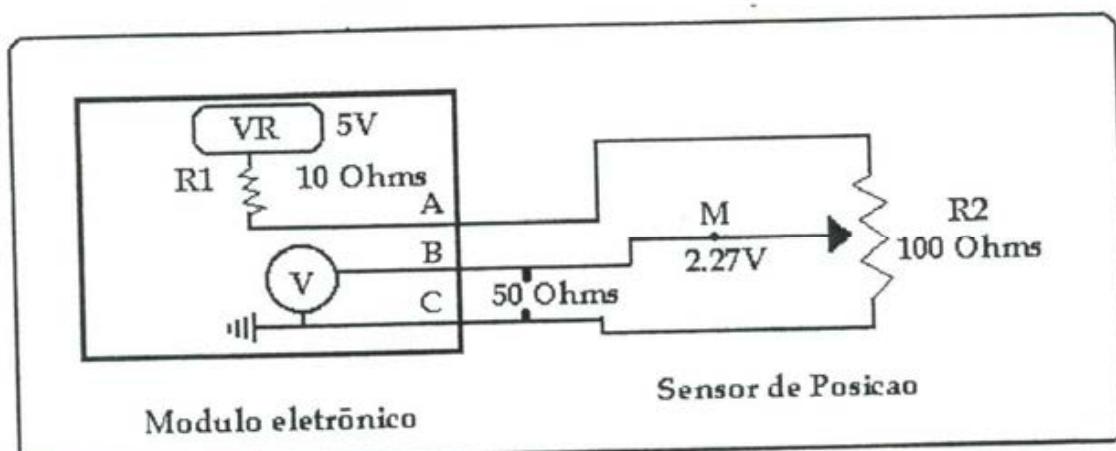
O sensor de posição é um resistor variável, ele funciona de forma diferente do que um sensor de temperatura. A resistência do sensor de posição é alterada mecanicamente.



O sensor de posição contém um cursor variável com um contato que desliza sobre um resistor fixo. O cursor é ligado mecanicamente a um eixo que recebe os movimentos mecânicos. Como a posição do eixo desse potenciômetro é alterado, a sua resistência também é alterada. Através de uma medição de tensão o modo de controle determina a posição do eixo através da tensão medida no cursor.

Este circuito também é um divisor de tensão, mas não é como o circuito sensor de temperatura, ele monitora a tensão no sensor por uma linha de retorno do mesmo.

A fórmula que é usada para determinar a tensão no ponto M neste exemplo de circuito divisor de tensão é:



$$V_m = \left( \frac{R_{bc}}{R_t} \right) \cdot V_r$$

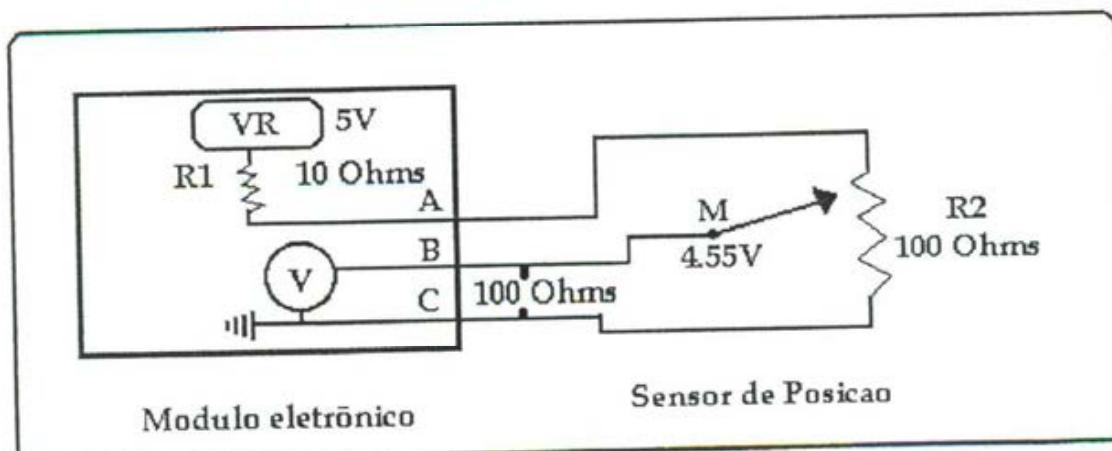
$V_m$  representa a tensão no ponto M, ou a tensão monitorada.  $R_{bc}$  é o valor da resistência entre o ponto B e o ponto C.  $R_t$  é a resistência total de  $R_1$  e  $R_2$ .  $V_r$  equivale a tensão de referência do regulador de tensão.

Se,  $V_r = 5$ ,  $R_{bc} = 50$ ,  $R_1 = 10$  e  $R_2 = 100$  então  $V_m = 2,27$  volts

$$V_m = \left( \frac{50}{110} \right) \cdot 5$$

$$V_m = 45.5$$

$$V_m = 2.27 \text{ volts}$$



Se  $R_{bc}$  é aumentando para 100, então  $V_m$  será aumentado para 4.55 volts.

$$V_m = \left( \frac{R_{bc}}{R_t} \right) \cdot V_r$$

$$V_m = \left( \frac{100}{110} \right) \cdot 5$$

$$V_m = 91.5$$

$$V_m = 4.55 \text{ volts}$$

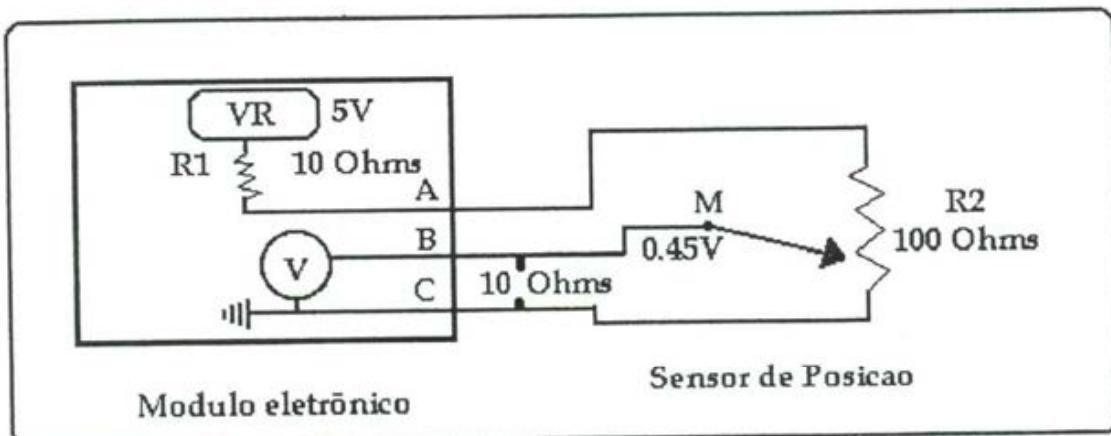
Se  $R_{bc}$  for diminuído para 10, daí  $V_m$  será diminuído para 45

$$V_m = (r_{bc}/R_t)$$

$$V_m = (10/110) \cdot 5$$

$$V_m = 0.95$$

$$V_m = 0.45 \text{ volts}$$



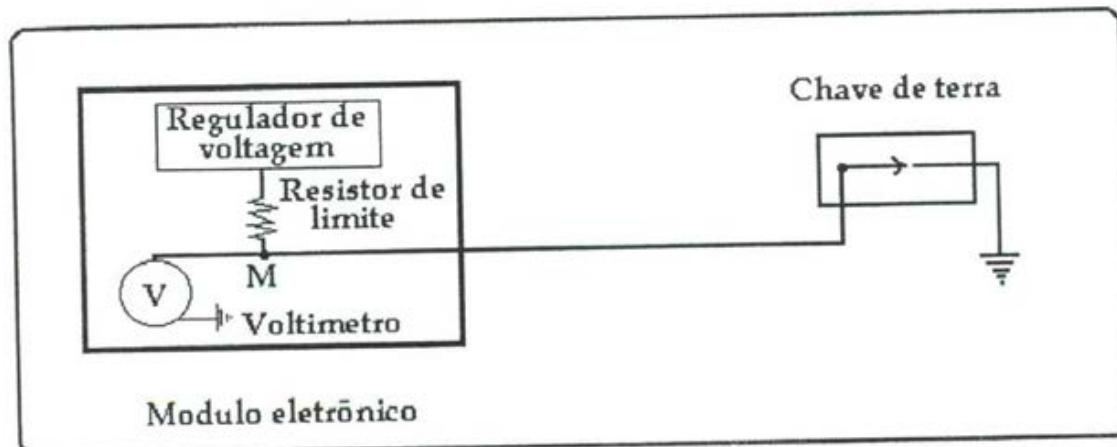
Durante a operação normal, a posição que está sendo sensoriada muda para o fim de curso e a resistência do sensor de posição aumentará ou diminuirá, dependendo do circuito projetado. O módulo de controle usa a tensão monitorada como uma entrada para determinar qual o tipo de atuação necessária que deverá ser feita. Se a resistência aumenta, a tensão monitorada aumentará, e caso haja o inverso, a tensão diminuirá. O circuito, produz uma escala de tensão numa faixa de 0 até 5 volts.

Nas condições extremas de alta ou baixa resistência, o circuito não pode dar uma representação precisa da posição que está projetada para sensoriar. Qualquer valor de resistência que não está dentro dos limites do circuito projetado causará uma imprecisão de entrada.

Uma abertura em qualquer lugar da tensão de referência ou linha de sinal, causará uma leitura de 0 volts. O mesmo causará se o sensor abrir, e o cursor estiver no lado da referência do terra. Se o cursor acima do ponto de abertura, então o módulo sensoriará 5 volts. Um curto para o terra, na linha de referência ou linha de sinal, causará um nível zero volts para a tensão monitorada. Se a linha de terra para o módulo for aterrada prematuramente, a entrada não será afetada. Na escala do sensor de posição (na mais alta ou na mais baixa), isto significa uma certa imprecisão na leitura do sensor pois se o sensor estiver na linha da Tensão de referência a tensão monitorada será menor que o valor real, e se o sensor estiver com a posição na linha de terra, a tensão monitorada será maior que o normal.

## SENSORES DE POSIÇÃO ON-OFF

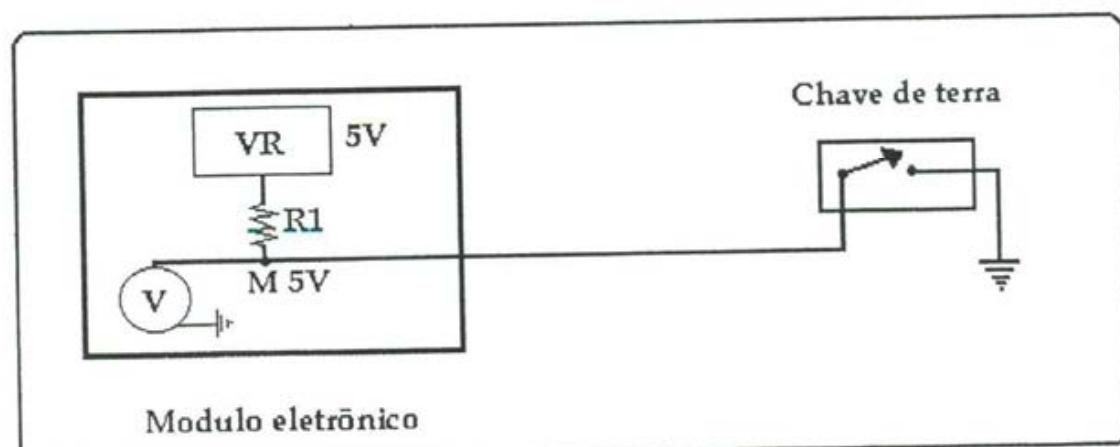
Certas aplicações requerem que o dispositivo ou componente seja monitorado para conhecer somente o estado em que se encontra (aberto/ fechado, etc), nestas aplicações, não é necessário conhecer toda a escala e portanto, uma chave pode ser colocada como elemento sensor que fornecerá os sinais necessários para o módulo de controle. Quase todos os sistemas eletronicamente controlados possuem um chaveamento na entrada do circuito.



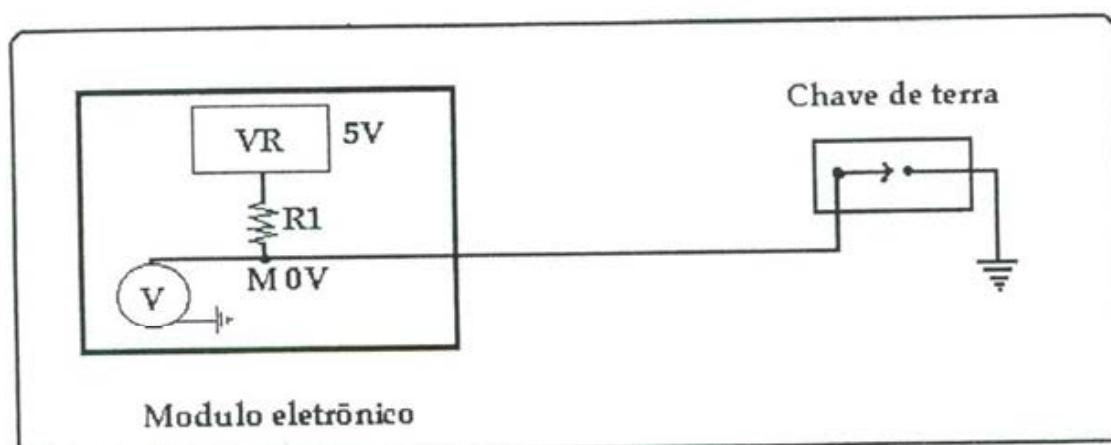
Um resistor variável fornece uma tensão analógica DC, uma chave no circuito de entrada somente fornece o sinal High ou Low, ligado ou desligado. Estas chaves utilizadas, são empregadas no lado da alimentação (power side) ou no lado do terra (ground side switching).

## CHAVEAMENTO DO LADO DO TERRA

Uma chave na posição do lado terra, é similar para um circuito do sensor de temperatura. A mais clara diferença é que a chave é conectada em série com o resistor de limitação no lugar de um sensor de temperatura.

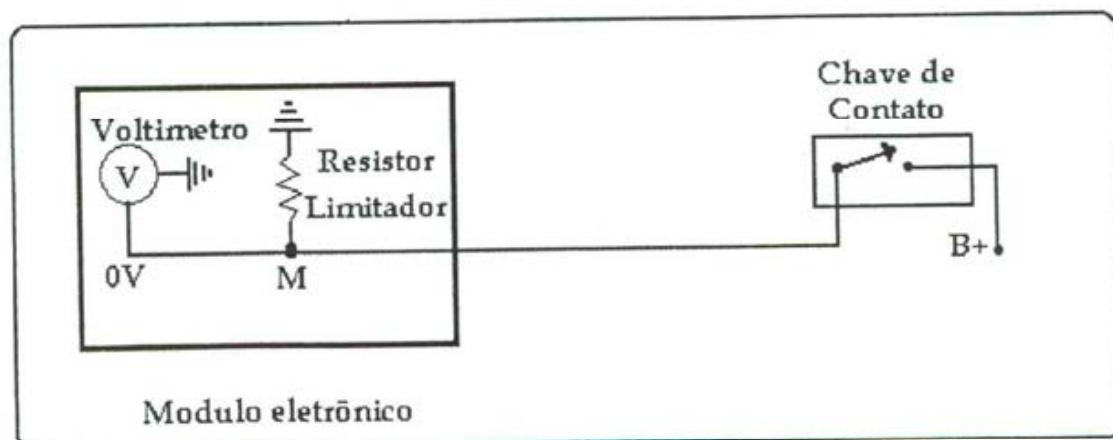


Durante a operação normal, quando a chave está aberta, há um completo circuito consistindo de um regulador de tensão, R1 e o voltímetro. Entretanto o voltímetro tem uma resistência dez vezes maior que a resistência R1 então o nível de tensão para o ponto M, será praticamente 5 volts. Quando a chave está fechada, feche o circuito para o terra e o ponto M estará a zero volts, ou seja, M estará aterrado via chave que está fechada. Um circuito aberto entre o módulo de controle e a chave, resulta em 5 volts no ponto M. uma condição de curto para o terra na mesma condição, causará nível zero volts no ponto M.



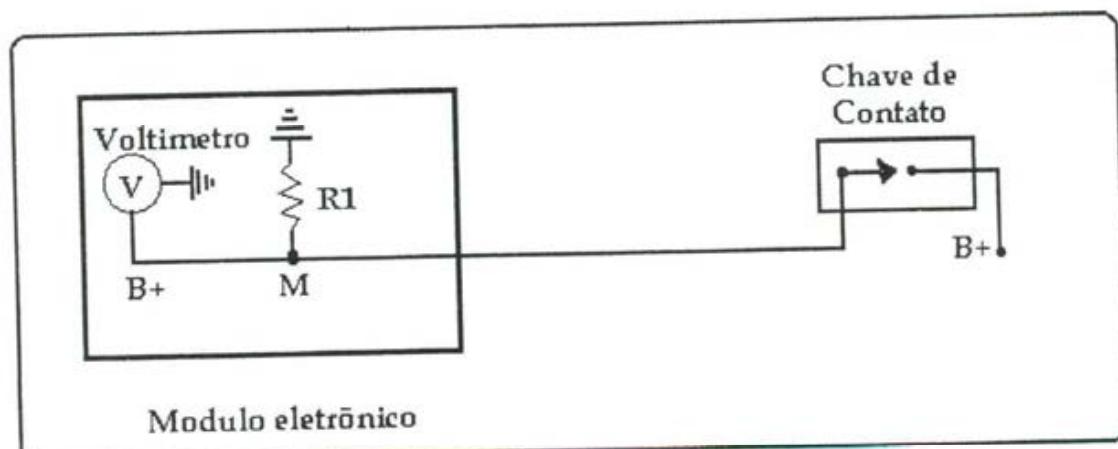
### CHAVEAMENTO NA ALIMENTAÇÃO

Uma chave no lado da alimentação tem os mesmos componentes que o chaveamento do terra, porém o circuito é alimentado sem um regulador de tensão no módulo de controle. Este circuito é alimentado com uma fonte externa tal como a bateria do veículo ou chave de ignição. O resistor de limitação é colocado em série entre a chave e o terra. Durante a operação normal, quando a chave está aberta, não circula corrente no circuito e não há queda de tensão após o resistor ou nele, sendo igual à zero volts.



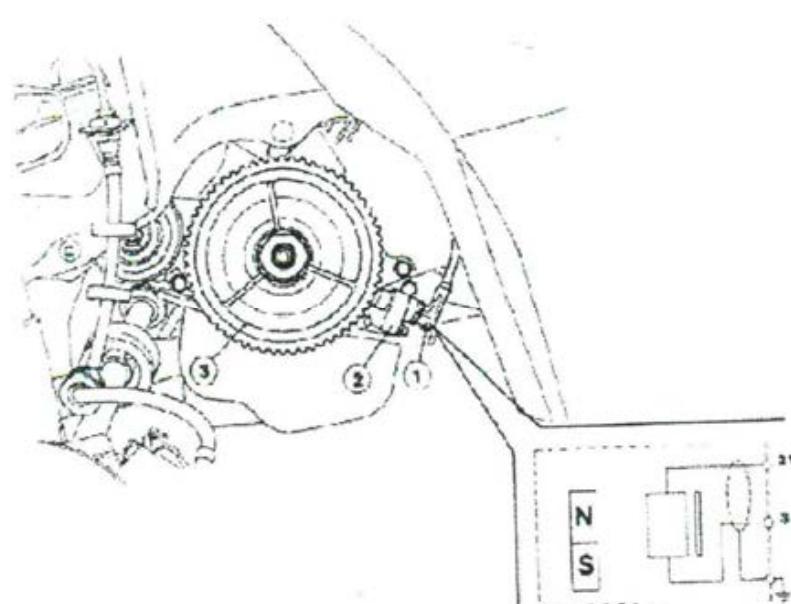
Com a chave fechada, circula corrente no circuito e a tensão fica máxima no resistor. Agora o nível de tensão no ponto M, será a tensão da bateria.

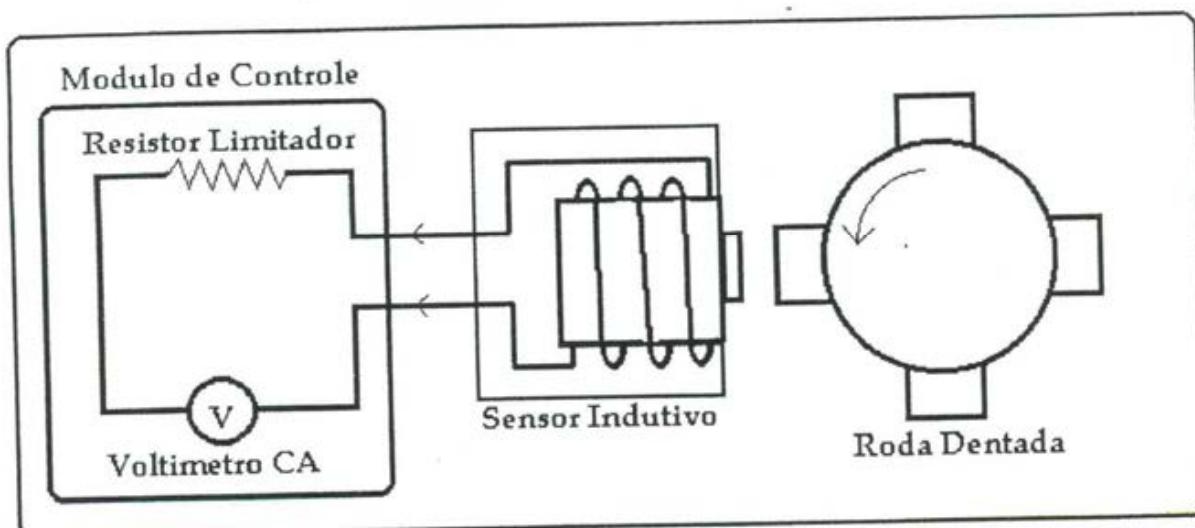
Com um curto para o terra ou circuito aberto entre a chave e o módulo de controle, o ponto M irá para nível de tensão zero volts. **NOTE:** Na maior parte dos exemplos, um curto para o terra causará um corte no fornecimento da alimentação devido à uma proteção que o circuito da fonte possui.



### SENSORES MAGNÉTICOS

Circuitos com sensores magnéticos são comumente usados em qualquer sistema eletrônico onde a indicação de rotação é fator de operação do sistema. Sistemas de ignição eletrônica e freios anti-trava, ambos usam sensores magnéticos. Os circuitos que operam estes sensores, consistem de um módulo de controle, um sensor magnético, um disco dentado de material ferromagnético, fios e conexões.





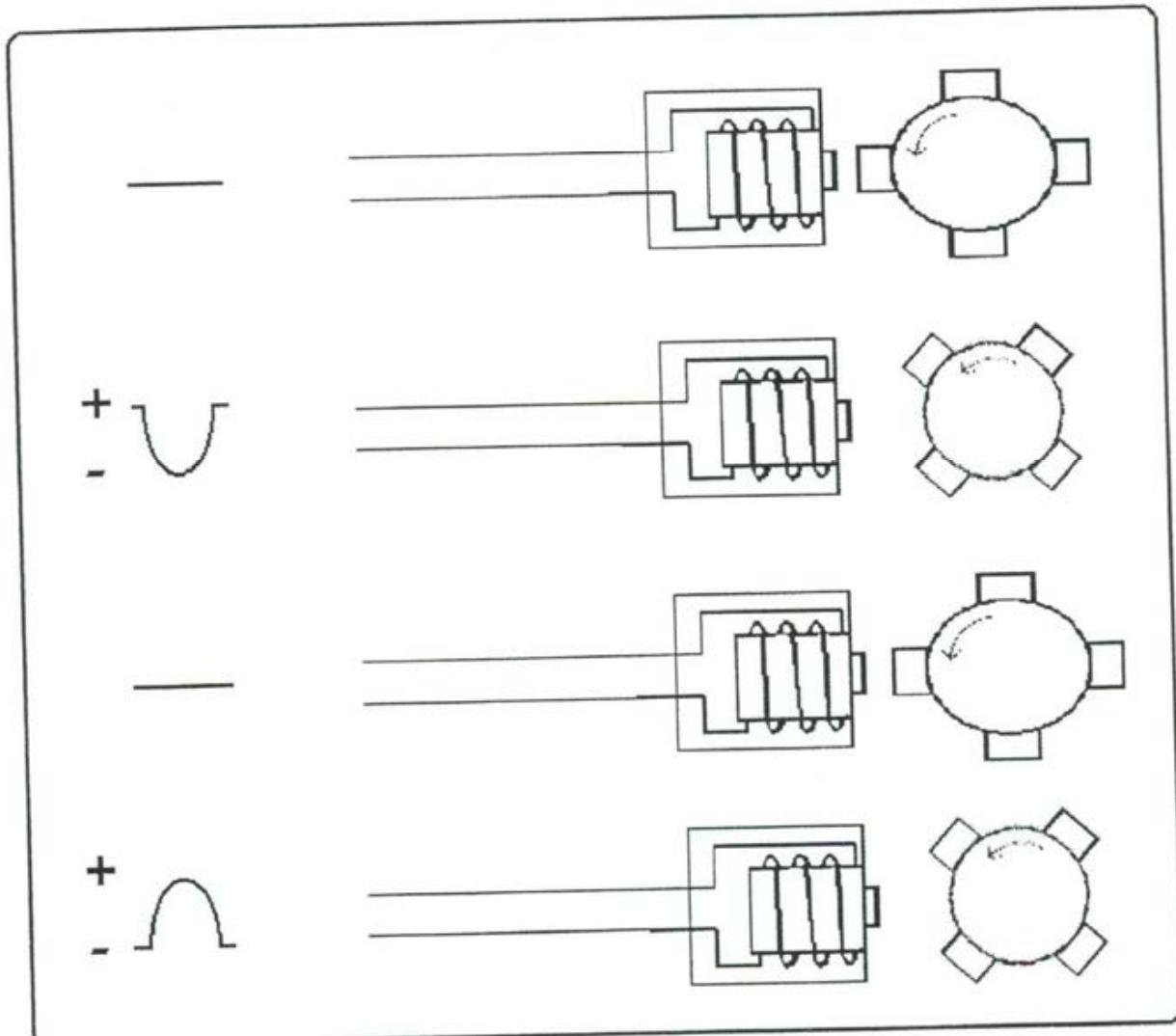
O módulo de controle contém um resistor limitador e uma área de processamento de sinal que atua como um voltímetro AC. Esses últimos estão em série. O sensor magnético é um sensor de relutância variável. O sensor de relutância variável é um componente cujo campo magnético pode ser variado. Isto pode acontecer quando o disco de material ferromagnético gira próximo ao sensor e este por sua vez cria um campo variável no sensor, que por sua vez gera uma tensão AC.

Quando o dente do disco aproxima-se do sensor magnético, o campo será distorcido e isto causa uma indução na bobina do sensor e por consequente uma tensão positiva. Quando o dente está alinhado com a bobina não produz tensão e assim que começar a deixar esta posição, aparece uma tensão negativa.

Os sinais gerados por este circuito podem ser vistos num osciloscópio. Um osciloscópio comum no circuito explanado, pode mostrar uma senóide modificada.

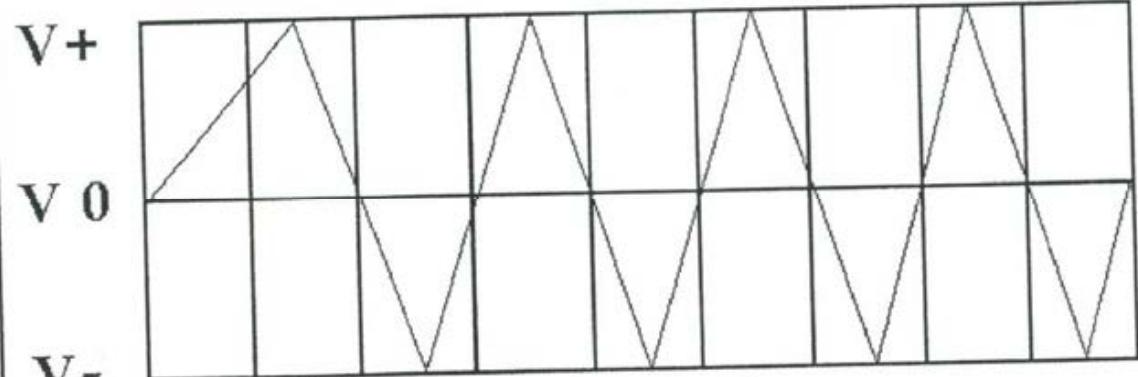
Qualquer resistência maior que o normal no circuito, fará com que haja uma queda maior após ele. A performance do circuito cairá e o nível de sinal para o módulo diminuirá e resultará picos de sinais baixos no osciloscópio.

O mesmo pode acontecer num erro de posicionamento do sensor em relação ao disco dentado. Se a distância entre os dois for muito grande a intensidade do campo não será tanto quanto na posição em que estavam na forma correta.

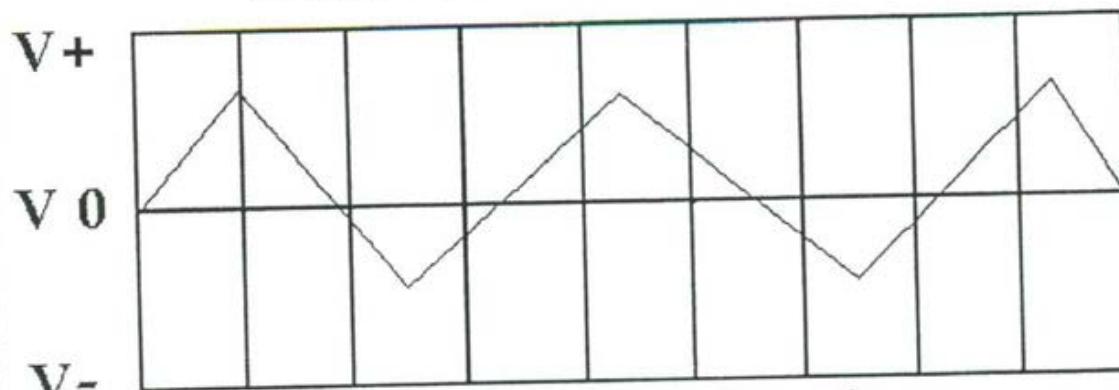


Um pequeno sinal será induzido, resultando num sinal bastante fraco.

Um curto para o terra ou uma abertura no circuito, resultará numa ausência de sinal para o módulo de controle.



**Sinal Normal do Sensor**



**Sinal Reduzido devido ao  
aumento da temperatura**

EX: VARIAÇÃO DE SINAL DEVIDO AUMENTO DE TEMPERATURA.

## SENSOR DE OXIGÊNIO

Um outro sensor muito especial usado somente em sistema eletrônico para motores, é o sensor de oxigênio. Este dispositivo é instalado no fluxo de exaustão dos gases e monitora a quantidade de oxigênio liberada nos gases.

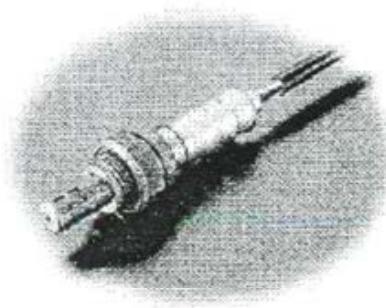
O circuito do sensor de oxigênio tem um módulo de controle, sensor de oxigênio, conexões e fiação. O sensor consiste de uma fonte de tensão e um resistor em série. A fonte de tensão produz um sinal analógico de zero até 1 (um) Volt para o módulo de controle. O resistor protege o sensor contra uma sobre corrente caso haja um curto entre o módulo e o sensor de oxigênio.



O sensor de oxigênio é construído de dióxido de zircônio e coberto por uma camada de platina. Quando o dedal é preenchido com ar rico em oxigênio e o lado externo da superfície é exposto com o oxigênio dos gases de exaustão, uma reação química no sensor produz uma tensão tal qual à produzida por uma par de metais numa pilha. Quando aquecido, a reação química do sensor ocorre por causa da diferença entre níveis de oxigênio entre o gás monitorado e o ar externo. O nível de tensão monitorada depende da taxa entre os dois lados do dedal. A tensão de saída é inversamente proporcional ao nível de oxigênio.

Qualquer condição anormal no circuito, resulta numa entrada imprecisa para o módulo de controle. O módulo irá ler um sinal zero do sensor se aberto, ou curto-circuitado para o terra, entre o sensor e módulo. Um mal contato entre o sensor e o módulo de controle irá impor uma resistência excessiva no circuito. O excesso de tensão produzida, cairá após a conexão e o módulo de controle receberá uma tensão menor que a produzida pelo sensor.

Podemos concluir que o circuito é bastante sensível com relação as fiação e cargas do veículo e como consequências as conexões deverão ser feitas com fios blindados.



## **— BUSCANDO NOVAS TECNOLOGIAS PARA MELHORAR A VIDAS PRÓXIMAS GERAÇÕES**

Novas tecnologias são agora requeridas em muitos campos para proporcionar uma vida mais confortável para o século 21. As empresas estão continuamente desenvolvendo sensores, através da adição de novas tecnologias aos equipamentos e sistemas existentes, contribuindo para as seguintes áreas técnicas:

- Melhoria na combustão pobre e economia de combustível, preservando energia e lutando contra o efeito estufa.
- Dando suporte à tecnologia de OBD II (On Board Diagnostics - diagnóstico no painel) para manter o nível de emissões originais de projeto.
- Tecnologias para avançar do TLEV (Transitory Low Emission Vehicle - veículo de baixa emissão intermediária) para ZEV (Zero Emission Vehicle - veículo de emissão zero) para controle de emissões mais rigoroso.
- Novas abordagens para motores de alta performance e alta potência.

### **Sensor de Oxigênio dos gases de escape aquecido para OBD:**

Os requerimentos da OBD e leis de emissões mais rígidas, exigem maior confiabilidade do sensor de oxigênio. Especialistas na área fizeram um novo projeto para o sensor HEGO (com aquecimento) que tem superior resistência à temperatura, resistência à água e resistência ao choque mecânico, com elemento sensor durável contra respingos d'água e depósitos químicos dos gases de escape. Este novo projeto proporciona melhores características funcionais do que o sensor HEGO atual e é recomendado às montadoras como projeto padrão de tais empresas não somente para aplicações OBD, como para qualquer outra.

## GERADORES DE FREQUÊNCIA

Nos sistemas eletrônicos para motores, utiliza um tipo especial de sensor para medir a pressão absoluta e a atmosférica. O dispositivo é conhecido como MAP (sensor de pressão absoluta ou BP(sensor de pressão barométrica). O sinal fornecido por esses sensores varia um pouco de todos os outros sinais, pois esses sensores fornecem um sinal chaveado de zero a 5 volts. A grande diferença é que esses sensores alimentam o módulo de controle com um sinal que varia em freqüência.

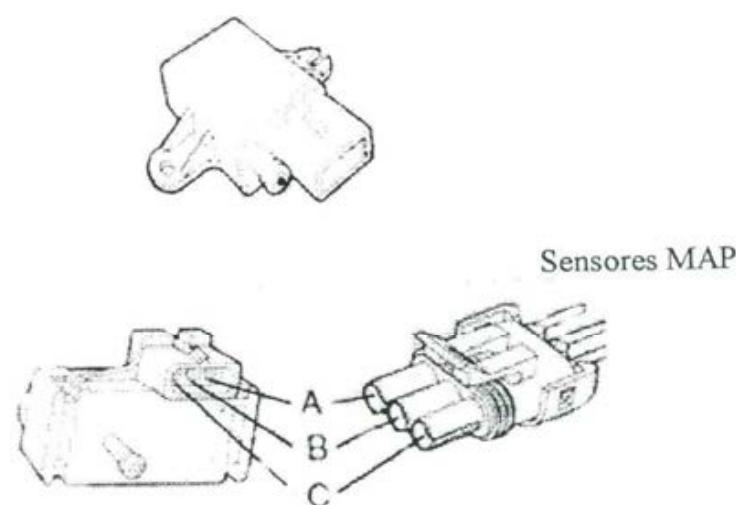
O circuito é constituído por um módulo de controle que contém um regulador, resistor limitador, conversor freqüência/tensão e um processador de sinal que atua como um voltímetro; um resistor limitador, um sensor MAP e fiação. O regulador de tensão deverá ser de precisão para que o sistema funcione corretamente. O resistor limitador protege contra sobrecargas de corrente e limita o fluxo de corrente se ocorrer um curto-circuito para o terra. O sensor detecta variações de pressão e envia um sinal de freqüência para o módulo de controle, e o conversor freqüência/tensão transforma num sinal DC correspondente.



O sensor MAP consiste de um capacitor variável e um gerador de freqüência. O capacitor possui eletrodos nas faces superior e inferior de uma câmara em que há vácuo. Se a pressão na câmara varia, as placas (eletrodos) movimentam-se, variando-se desta forma a capacitância. O gerador de freqüência detecta a mudança de capacitância e a freqüência será proporcional à essa troca.

Uma condição anormal no circuito, resultará numa imprecisão no sinal de entrada para o módulo de controle.

O voltímetro irá ler um valor zero, se houver uma abertura ou curto para o terra, entre o sensor e o módulo de controle. Um mal contato na conexão sensor e módulo de controle, acarretará um aumento na resistência do circuito. Isto acarreta um sinal fraco e que não poderá ser reconhecido pelo conversor freqüência/tensão.



### DISPOSITIVOS DE EFEITO HALL

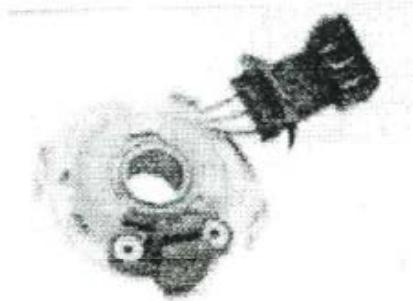
Suspensão eletrônica e motores controlados eletronicamente, utilizam-se de sensores de efeito Hall. O circuito atua como uma chave que coloca o sinal para o terra ou não (tal qual uma chave), mas a função é executada eletronicamente.

O circuito de efeito Hall consiste de um módulo de controle, dispositivo com efeito Hall, conexões e fiação. O módulo de controle tem um regulador de tensão, um resistor limitador e um processador de sinal que atua como um voltímetro.

O regulador de tensão fornece um nível de sinal constante. O resistor de limitação é a carga do circuito. O voltímetro monitora o nível de tensão no ponto M e neste local será produzido um nível alto ou baixo, produzindo assim uma onda quadrada para o módulo de controle.

O dispositivo de efeito Hall tem um regulador de tensão, um elemento a base de semicondutor que dá o efeito Hall, um amplificador, um circuito de quadratura para evitar níveis intermediários (entre o alto e baixo) e um transistor para o chaveamento. O regulador de tensão alimenta o dispositivo de efeito Hall, amplificador e o Schmitt Trigger (círculo de quadratura).

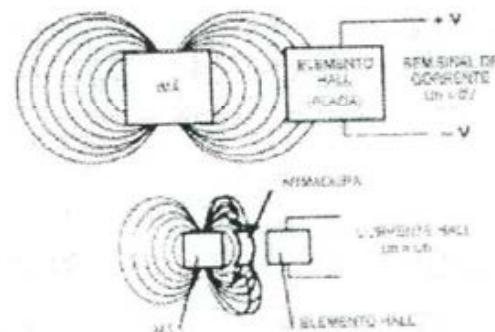
O coração do dispositivo efeito Hall é um semicondutor. Em 1897, E.H.Hall, observou que uma tensão aplicada no dispositivo que é percorrido por uma corrente, e se ele for exposto a um campo magnético cujas linhas de fluxo sejam perpendiculares à direção da corrente, então aparecerá uma tensão na outra face do dispositivo que será proporcional ao fluxo aplicado.



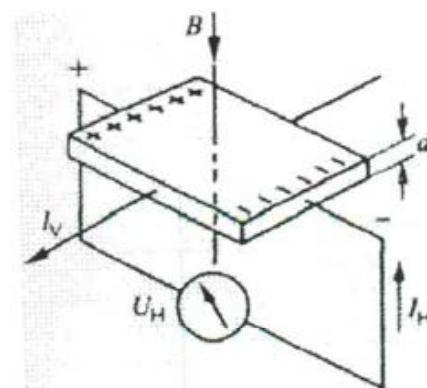
O efeito hall, é portanto , o aparecimento de tensão, quando o elemento é exposto no campo magnético. Esta tensão será diretamente proporcional ao campo.

Em resumo, se o elemento é exposto ao campo, então aparecerá tensão e caso o elemento seja blindado não teremos tensão produzida.

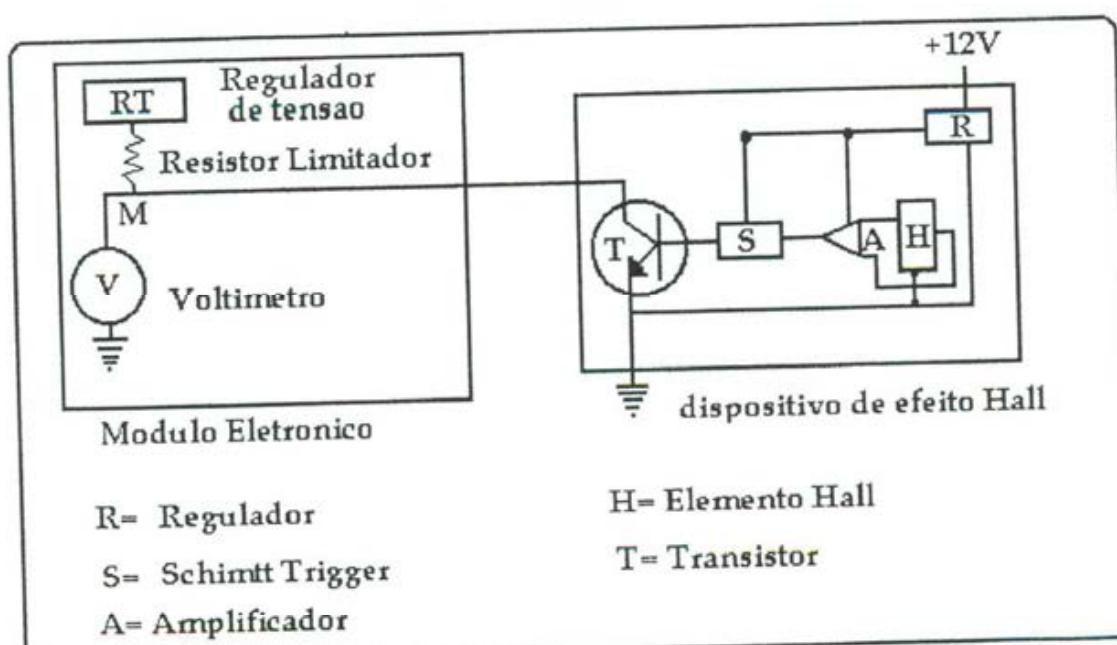
A tensão produzida pelo efeito Hall deverá ser reforçada para ser usada pelo resto do sensor, então o amplificador atua neste sinal, mas sua forma permanece a mesma. Depois de passada pelo amplificador, será aplicada ao Schmitt Trigger antes de passar pelo transistor e este sinal (quadrado) é que faz o transistor ficar na condição fechado ou aberto, pois o transistor atua como uma chave, abrindo ou fechando o sinal para o módulo de controle.



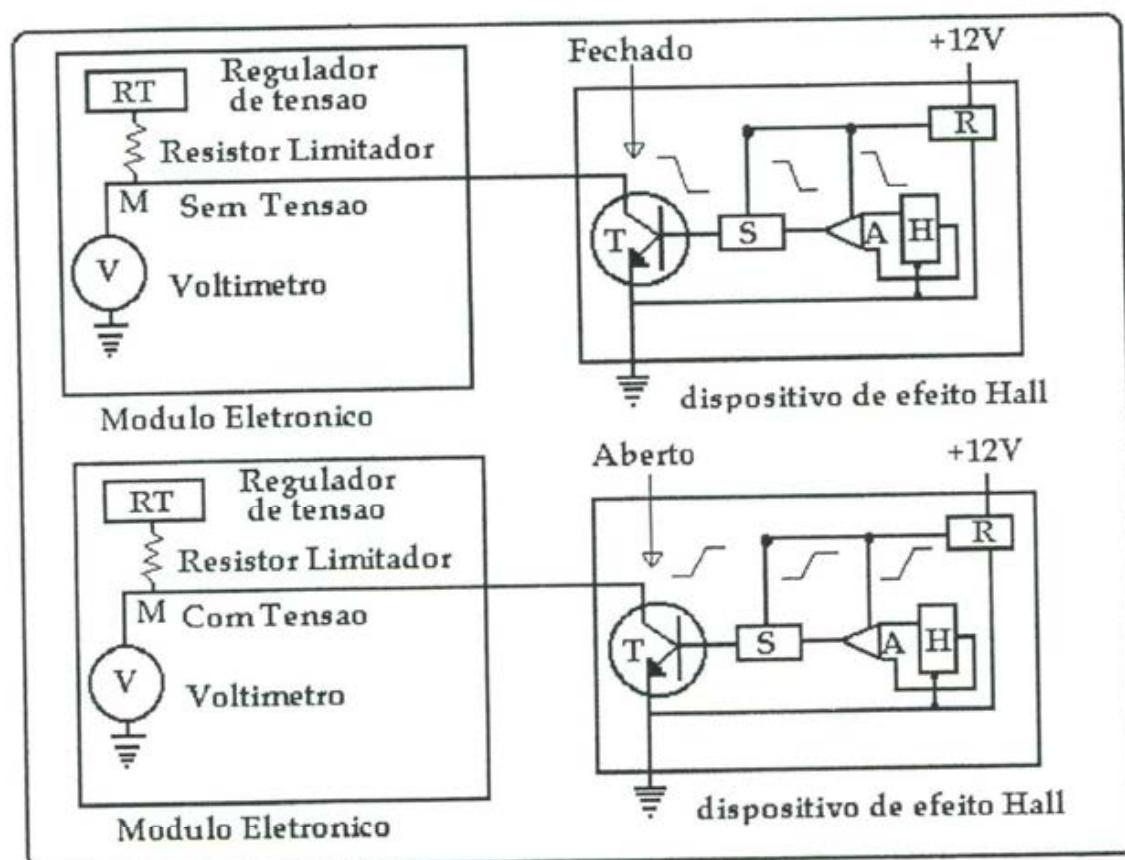
Durante a operação normal, quando o transistor abre, a tensão no ponto M é 5 volts porque a resistência do voltímetro é bem maior que R1 e se fechar será zero volts e a tensão cairá toda sobre R1. O sistema de controle eletrônico de motores, utiliza-se de dispositivo montado no distribuidor, que possui aberturas para a obstrução do campo magnético. Como este dispositivo gira, ele obstrui ou não a passagem do campo, produzindo um sinal de tensão no dispositivo Hall, que fecha e abre o transistor. Com isto teremos informação para o módulo de controle com relação à rotação e posição do virabrequim.



Alguns dispositivos com suspensão à ar eletrônico, utilizam-se do efeito Hall para determinar a carga do veículo. É fixado uma imã permanente nos braços da suspensão e o elemento Hall na estrutura do veículo e o sensor fica habilitado para verificar a carga com relação ao peso no veículo.



Quando o veículo é fortemente carregado, o imã aproxima-se do dispositivo Hall e aparecerá uma tensão que deverá ser determinada pelo espaço entre sensor e o imã.



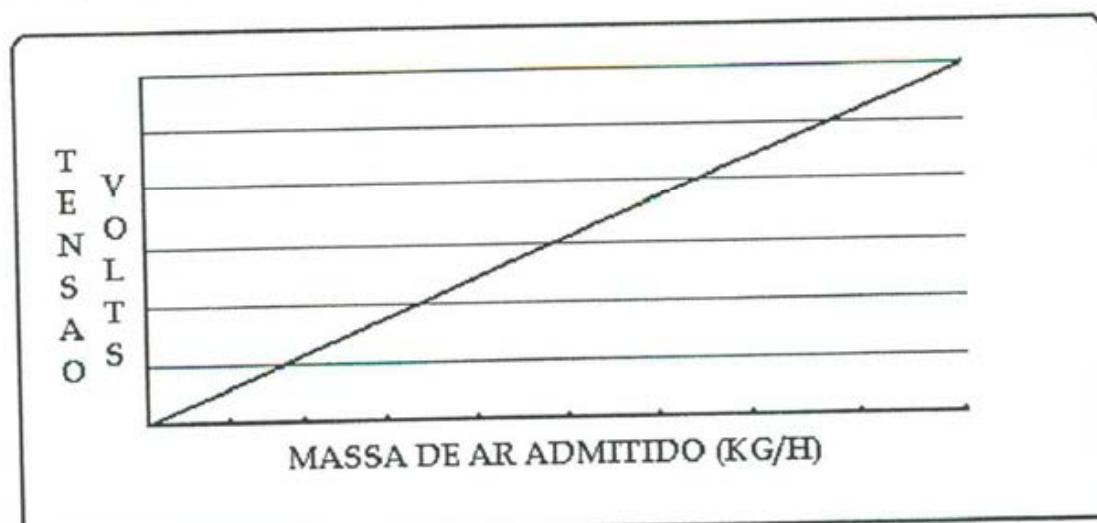
Um circuito aberto entre o módulo de controle e o dispositivo Hall resultará num nível de 5 volts no ponto M. Na condição de curto para o terra causará um valor constante de zero volts no mesmo ponto.

## SENSOR FLUXO DE AR (POR FIO QUENTE)

Um outro dispositivo sensor usado é o sensor de fluxo de massa de ar (MAF). Este dispositivo é usado para medir a quantidade de fluxo de ar que passa para o motor. O MAF é localizado na admissão de ar e entre o filtro e a borboleta.

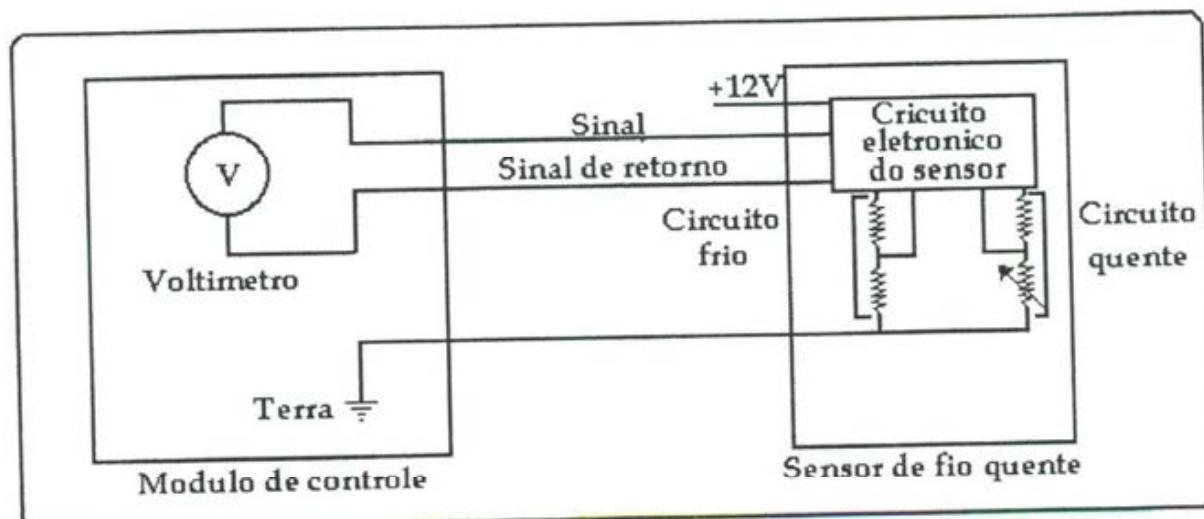


O sensor MAF consiste de um sensor, uma montagem para o controle eletrônico e uma fiação que conecta os dois. O sensor alimenta o microcomputador com uma tensão DC que é diretamente proporcional a quantidade de fluxo de ar para o motor.

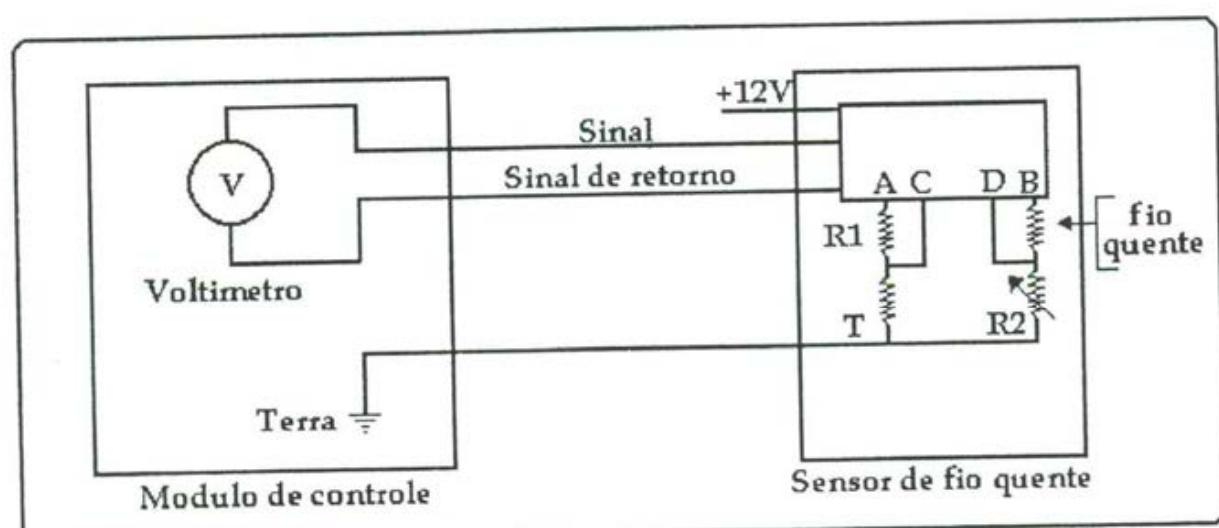


O sensor é alimentado pela bateria através do relê do EEC, e o terra do módulo. O sensor consiste de uma circuito resistivo à frio (resisto/termistor), curto à quente (resistir com detector de temperatura) e uma área de processamento do sinal. Os circuitos resistivos quente/frio, formam uma ponte de Wheatstone.

O circuito à frio possui um resistor conectado em série com um termistor, sendo que o termistor está localizado na corrente de ar central e varia sua resistência com um coeficiente negativo, ou seja, mais temperatura menos resistência; sendo que deverá o nível de temperatura fundamentada na temperatura de admissão do ar. No ponto C aparece uma pequena tensão quando o termistor está com temperatura elevada.



O circuito à quente consiste de um resistor fixo R2 em série com uma resistência variável em função da temperatura. A construção do elemento aquecedor permite gerar calor na proporção da corrente que circula nele. O ar quente fluindo para o motor entra em contato com o fio aquecido e este absorve uma pequena quantidade de calor e como consequência resfria.

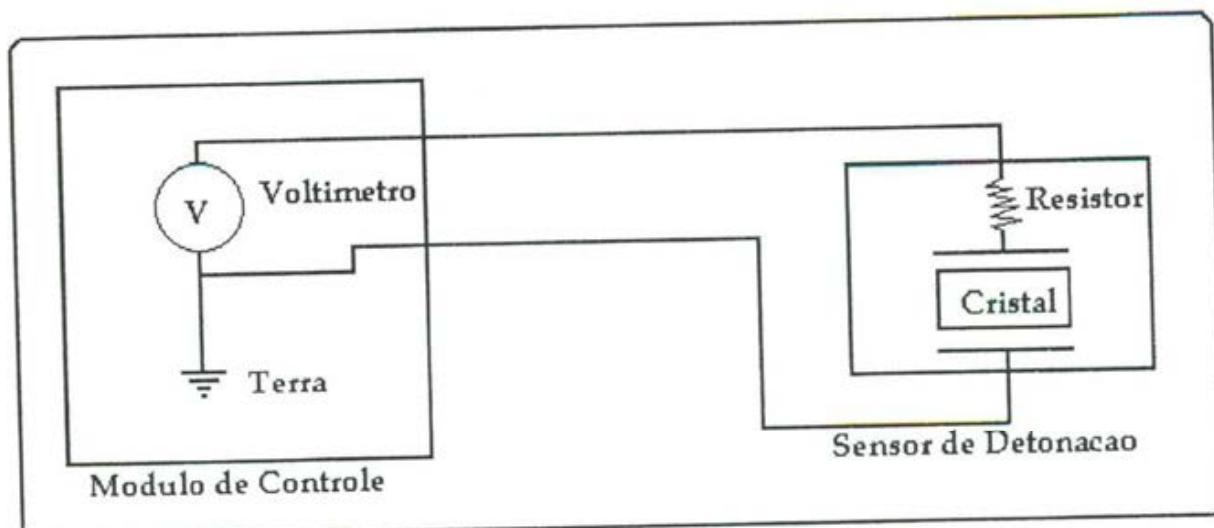


Este resfriamento no elemento, causa uma mudança na sua resistência e que por sua vez muda a tensão no ponto D.

Pela comparação das tensões entre os pontos C e D o sensor eletrônico alimenta uma tensão DC para o controle eletrônico, que é diretamente proporcional a quantidade de fluxo de ar através do sensor.

## DISPOSITIVOS PIEZOELÉTRICOS

A maior parte dos sistemas eletrônicos, requerem informações de vários tipos de pressão. Pressão do ar, pressão do fluido e pressão causadas por vibrações, são vários tipos de pressões que necessitam ser monitoradas.



Sensores piezoelétricos são às vezes usados como transdutores nos circuitos para dar um tipo de informação. A palavra piezo vem do grego que significa pressão. Instrumentação Eletrônica e Controle Eletrônico para Motores são exemplos de sistemas que usam estes sensores.

Embora ambos os sistemas sejam piezoelétricos o sensor de pressão usado no sistema de controle de motores diferem do sensor de pressão usado em instrumentação.



Entretanto cada aplicação é descrita individualmente.

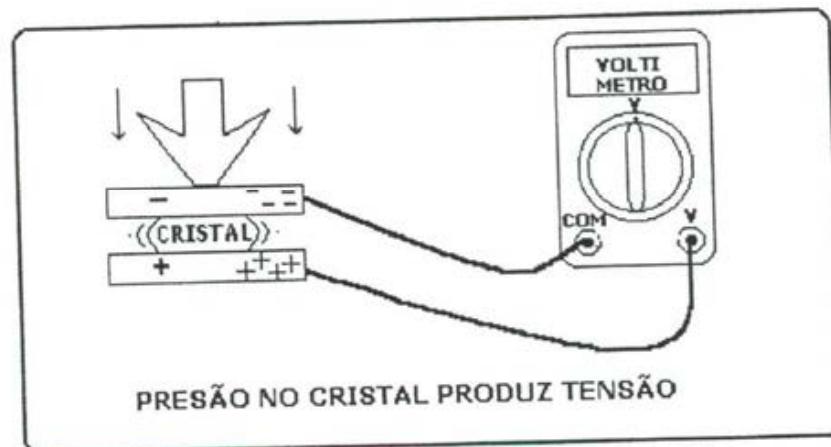
### SENsoRES DE IMPACTO OU PRESÃO

Os dispositivos piezoelétricos usados em sistema de controle eletrônicos são chamados de sensores de pressão. O circuito do sensor de pressão, tem um módulo de controle, sensor piezoelétrico, conectores e fiação. O sensor mede a pressão do motor, ou vibração, e converte a pressão numa escala de tensão de zero até 1 volt ou mais.



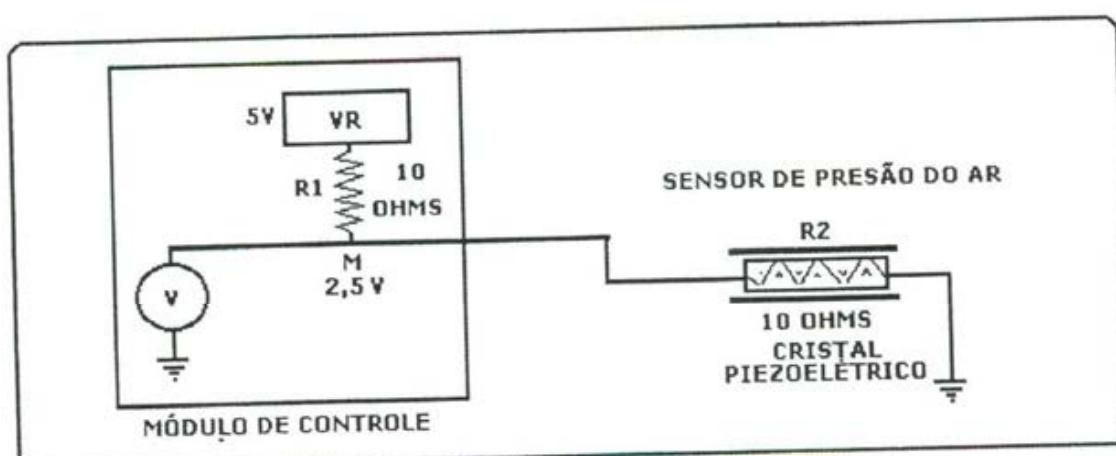
O sensor consiste de um gerador de tensão e um resistor que são colocados em série. O sensor produz uma forma de tensão a cada vez que ocorrer o impacto ou a pressão. O resistor protege o sensor contra sobrecargas de corrente se um curto-círcuito entre o sensor e o módulo de controle.

O dispositivo possui um cristal cerâmico especial, envolvido por duas lâminas para os contatos do sensor.



Quando ocorre uma pressão no motor, ocorre uma onda de choque transmitida através do esforço do metal e obtém-se assim um sinal elétrico nos terminais do sensor, que é proporcional à pressão exercida no impacto. Uma forte pressão causa um forte impacto e que por sua vez origina uma grande tensão no dispositivo na forma de pulsos para cada impacto que ocorre.

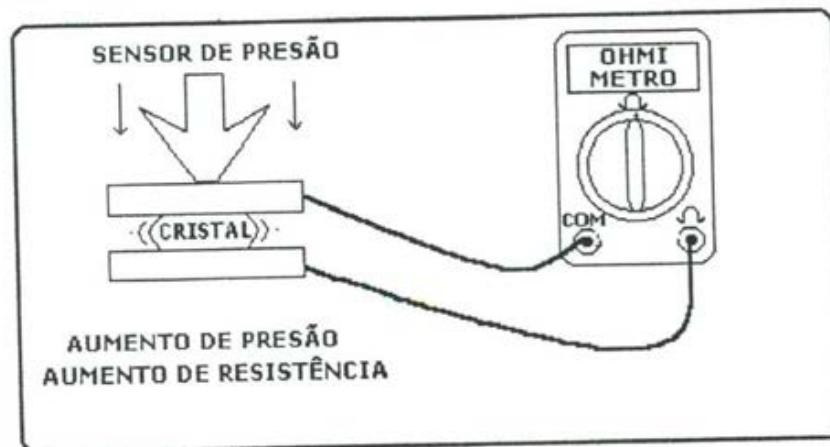
Qualquer condição anormal no circuito, ocorrerá uma entrada imprecisa para o módulo de controle. O módulo de controle lerá zero volts do sensor se houver uma ruptura ou um curto-circuito para o terra na linha de sinal. Uma conexão mal feita entre o sensor e o módulo de controle irá impor uma alta resistência no circuito.



Então as tensões produzidas no sensor serão atenuadas por esta resistência e o módulo de controle irá receber uma tensão menor que a produzida pelo sensor. Esta diminuição na tensão, poderia ser suficiente para mascarar os sinais para o controle.

## SENSORES PIEZOLÉTRICOS DE PRESSÃO

Embora o sensor de impacto (ou pressão) do motor é o mais usual em sistemas automotivos, há um outro que às vezes é visto. Este sensor não é usado para detectar impacto, mas é usado para detectar pressão. Embora o sensor seja construído usando um cristal piezolétrico, ele opera diferentemente. O circuito consiste de um módulo de controle, sensor de pressão, fiação e conexões. O módulo de controle contém um regulador de tensão, limitador de corrente e um local para o processamento do sinal que atua como um voltímetro.



O resistor limitador de corrente, protege o circuito contra sobrecargas e limita a corrente elétrica se houver um curto-circuito para o terra entre sensor e módulo de controle. O voltímetro do módulo de controle mede a tensão no ponto M que por sua vez depende do esforço aplicado ao sensor que é traduzido na alteração de sua piezoresistividade.

O sensor atua como um resistor variável e é diretamente proporcional à pressão exercida no sensor. Pela conexão série do resistor limitador com o sensor, um divisor de tensão é criado e isto permite obter-se uma correlação entre a pressão exercida em função da tensão.

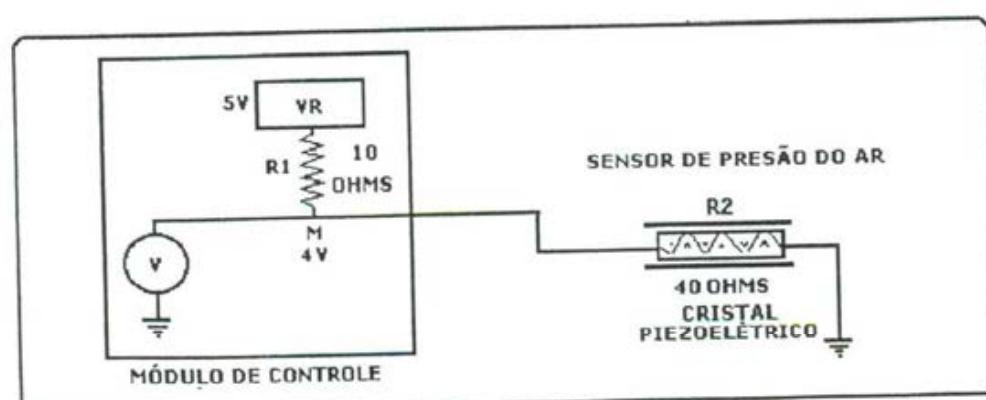
A fórmula que é usada para determinar a tensão no ponto M no exemplo do circuito divisor é:

$V_m = (R_2 * V_r) / R_t$  onde  $V_m$  é a tensão monitorada,  $R_2$  é valor da resistência do sensor e  $R_t$  é a resistência total do circuito e  $V_r$  a tensão do regulador

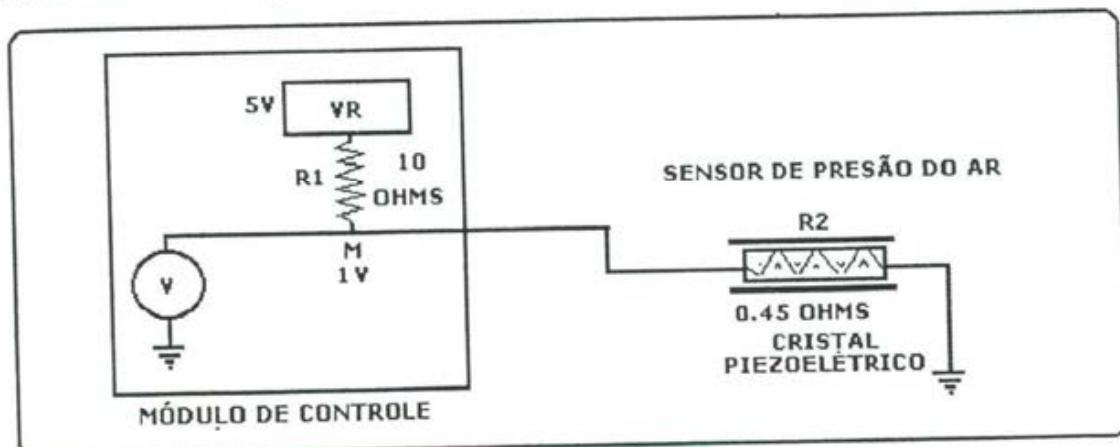
Por exemplo se  $V_r = 5V$ ,  $R_1 = 10\text{ Ohms}$  e  $R_2 = 10\text{ Ohms}$ , então  $V_m = 2.5V$

$$V_m = (10 * 5) / 20$$

$$V_m = 2.5 \text{ V}$$



Se R2 é aumentado para 40 Ohms, então Vm aumentaria para 4 volts.



Se R2 for 1 Ohm, então Vm cai para 0.45 volts.

$$Vm = (R2 * Vr) / Rt$$

$$Vm = (1 * 5) / 11$$

$$Vm = 0,45 \text{ volts}$$

Durante a operação normal, se tivermos uma variação na pressão, a resistência será diretamente proporcional bem como a tensão no ponto M. A tensão no ponto M varia de zero a 5 volts.

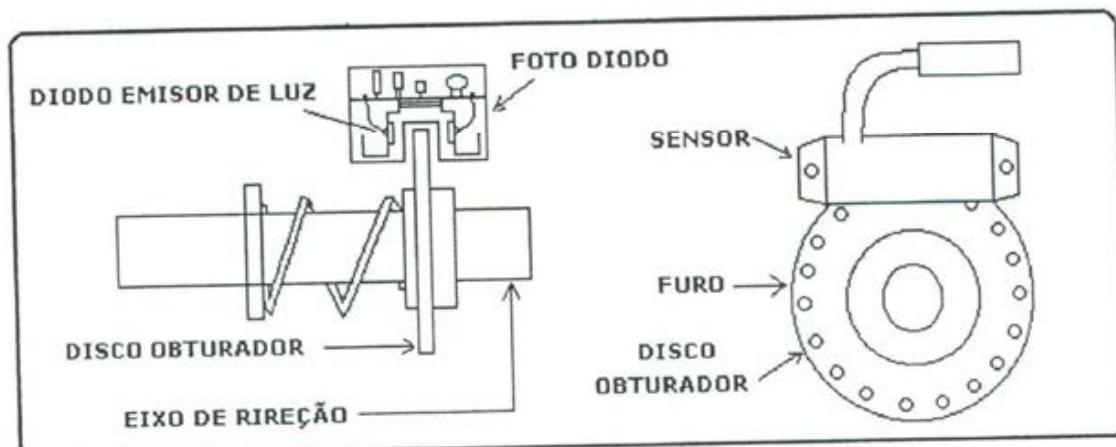
Durante uma operação anormal, tal como uma abertura ou curto, o circuito não fornece indicação correta da pressão. Uma abertura entre o módulo de controle e o terra do sensor resultará em leitura 5 volts no ponto M. Um curto para o terra a leitura será de zero volts. Uma leitura maior que a tensão normal ocorrerá quando houver muita resistência entre o módulo de controle e o terra do sensor. A entrada do circuito não representará a temperatura correta, sempre que houver uma condição anormal no circuito.

## SENSORES ÓTICOS

O controle de suspensão e direção eletrônicos, ambos utilizam-se de sensores óticos.

O circuito consiste de um módulo de controle, sensor ótico, fiação e conexões. O sensor fornece uma tensão quadrada para o módulo de controle.

O sensor de direção possui dois elementos emissores e dois transistores receptores. O sensor é fixado na coluna de direção por uma abraçadeira. Um disco com orifícios é fixado na haste de direção e, sem contato físico, é encaixado no disco o conjunto emissor/receptor, que estará sendo interceptado ou não, dependendo da posição do disco. A função do disco perfurado é deixar passar ou não luz do emissor (LED) para o receptor (transistor).



O sinal do sensor de direção e o módulo de controle são ligados por dois fios A e B. Quando passa luz através do orifício do disco, então é detectado o sinal para o foto-transistor A, controlando esta linha que irá medir zero volts e caso contrário (obstrução) 5 volts. Analisando o transistor B, da mesma forma funcionará. Cada pulso pode indicar aproximadamente 5 graus de rotação do volante.

O módulo de controle utiliza-se das informações dos dois sensores para determinar a direção e o número de rotação através do número de pulsos recebidos dos detectores. O sentido de direção será reconhecido se ocorrer o primeiro pulso em A e logo a seguir em B, ou então para a outra direção a seqüência seria B e em seguida A.

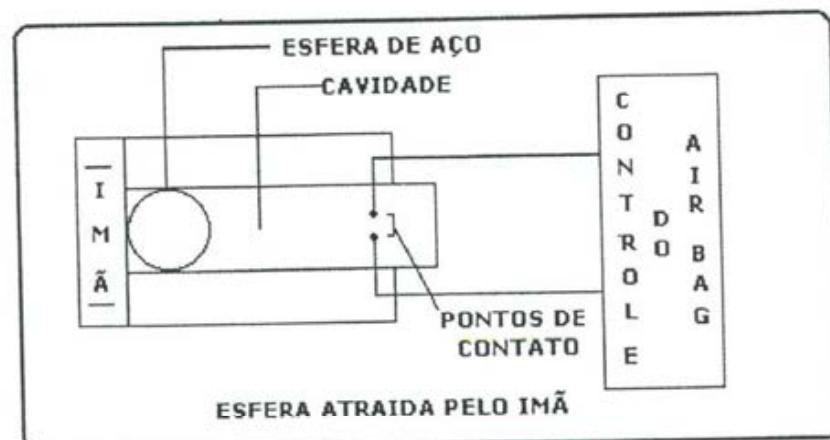
Uma condição anormal de funcionamento resultará numa imprecisão do sinal de entrada para o módulo. O voltímetro irá ler zero se ambos os sensores estiverem com as seguintes condições:

- Má conexão ou um circuito aberto na alimentação ou linha de terra.
- Um curto para o terra na linha de alimentação.

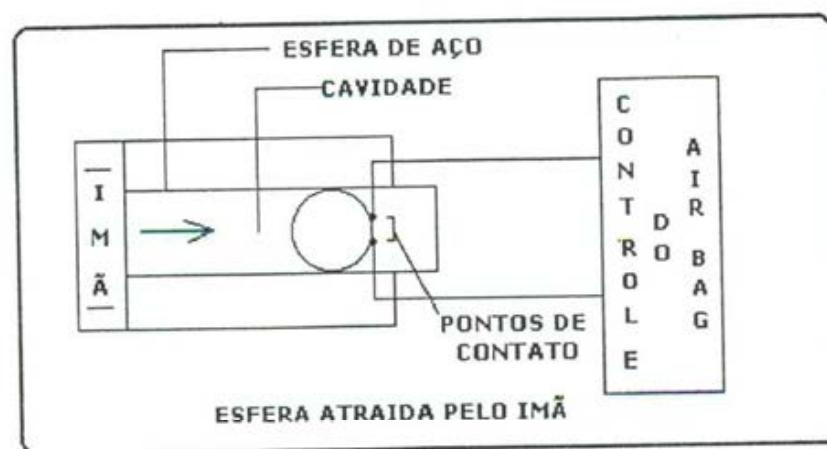
Nas destas condições, a leitura será zero volts na própria linha e não afetará a outra linha de sensoriamento.

## SENSORES DE CHOQUE E SEGURANÇA

Talvez o mais simples e de construção cuidadosa usados em aplicações automotivas onde requerem-se choque e segurança. Os sensores de segurança e choque são constituídos de uma cavidade na qual uma esfera revestida de ouro pode deslocar-se. No final da cavidade existe um imã e no outro lado um par de contatos.



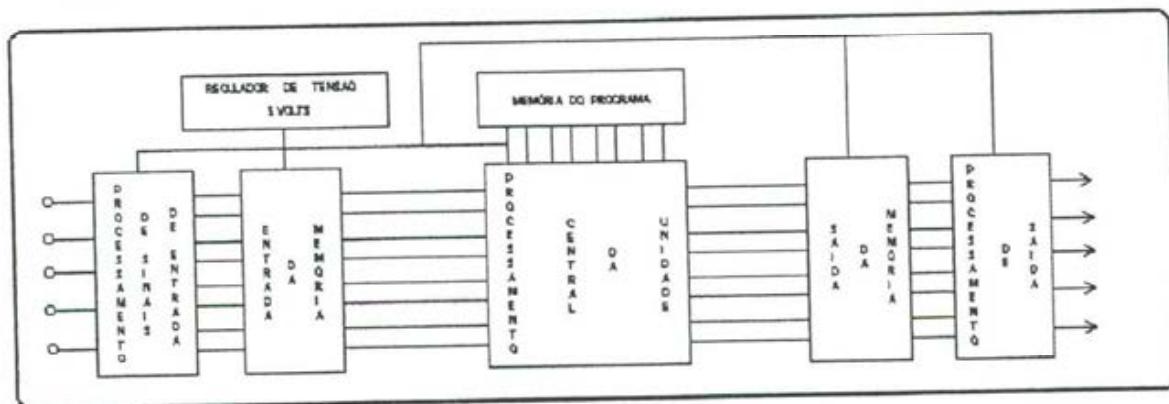
Sob circunstâncias normais, o imã prende a esfera. Durante o impacto em que há a desaceleração, a esfera desprende-se do imã, chega até o ao outro lado e fecha os contatos e aciona assim o airbag.



Embora o módulo a qual monitora os sensores não é microprocessado, ele contém circuitos lógicos. Esses circuitos comparam diretamente as entradas de vários sensores na frente e meio do veículo. Quando a combinação dos sinais recebidos dos sensores é correta, o circuito aplica tensão para o disparo da chave do airbag (bolsa inflável) e o dispositivo é ativado.

## MICROPROCESSADORES

### VISÃO GERAL DO SISTEMA



O diagrama em blocos, mostra um típico módulo microprocessado. No diagrama, distinguimos sete funções distintas e cada uma implementada determinada função. Elas são :

- O regulador de tensão
- Processamento do sinal de entrada
- Memória de entrada
- Unidade de processamento central
- Memória de programa
- Memória de saída
- Processamento do sinal de saída

Estas áreas estão conectadas entre si. Para entender cada uma destas partes, iremos discutir primeiramente o Regulador de tensão interno.

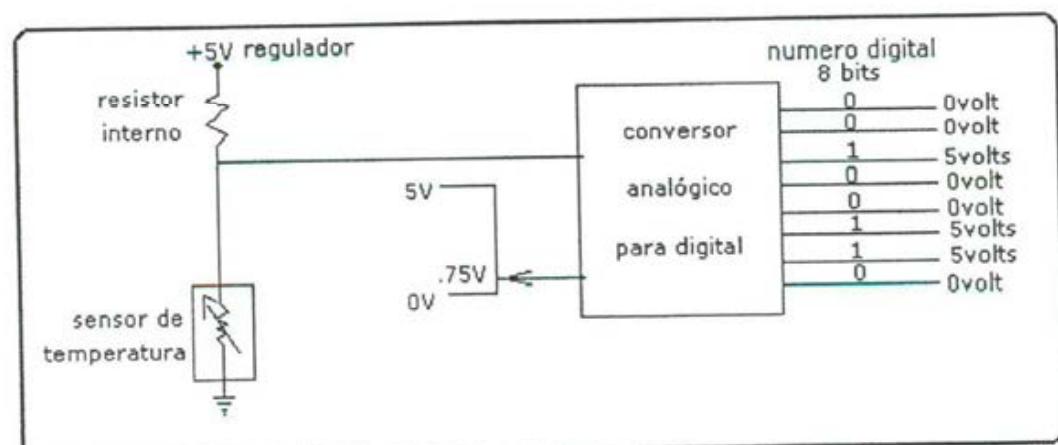
### REGULADOR DE TENSÃO INTERNO

O módulo de controle e os vários sensores, requerem uma alimentação muito estabilizada. O módulo de controle tem seu próprio regulador. Este regulador de tensão eletrônico alimenta o módulo de controle com uma precisão bastante grande e com um nível de tensão de 5 volts, que é usado como referência para muitos dos circuitos de entrada.

## PROCESSAMENTO DO SINAL DE ENTRADA

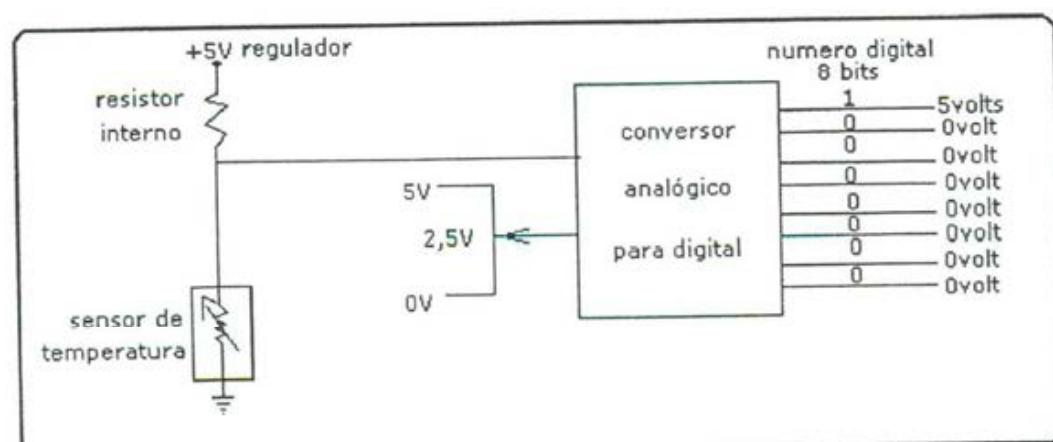
Há uma concepção enganosa sobre a função dos microprocessadores em um automóvel. Muitos técnicos acreditam que os sinais de entrada movem-se através do microprocessador e retornam como sinal de saída. Por causa da velocidade para o qual processador opera é muito fácil entender como aparece e o que acontece. Mas em realidade, os sinais recebidos pelo módulo de controle, não podem ser usados na forma que são recebidos. Entretanto, cada sinal é convertido para um número digital. Números digitais são nada mais que uma combinação de tensão ou não tensão, sendo que ter tensão significa nível 1 e não tensão 0. Isto é feito porque o módulo de controle não pode trabalhar com qualquer combinação que não seja 0 e 1.

qualquer combinação que não seja 0 e 1. Como cada tipo de sensor gera um diferente tipo de sinal, então são necessários diferentes métodos de conversão. Entretanto, é importante entender a operação básica dos diferentes conversores.

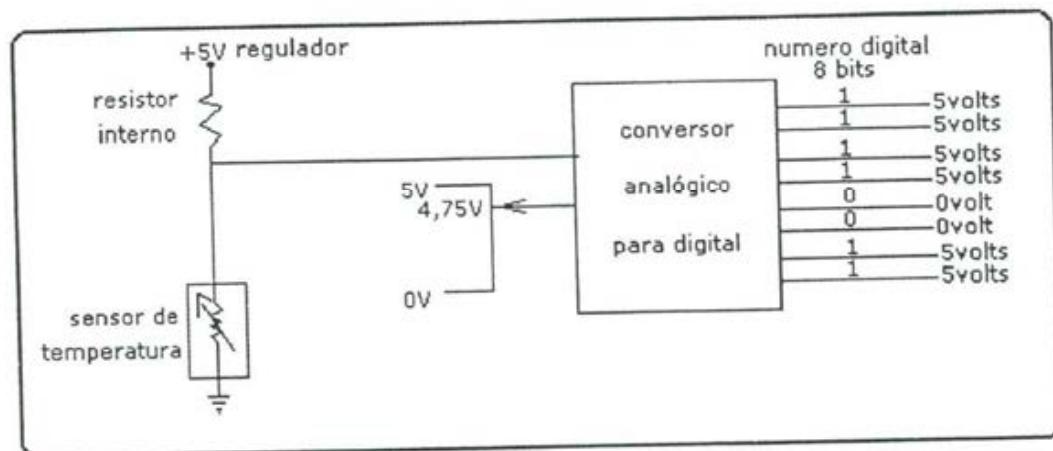


## CONVERSOR ANALÓGICO/DIGITAL

Um dos mais comuns processadores de sinais nos sistemas microprocessados é o conversor Analógico/Digital ou ADC (A/D). Estes dispositivos são usados para converter sinais com as mais diferentes amplitudes para um número digital (binário) correspondente que deverá ser usado pelo microprocessador.



A figura mostra um conversor ADC típico, consistindo de um simples terminal de entrada e que possui oito linhas de saída que são vinculadas à área de processamento para a memória. O ADC é bastante complexo e não entraremos em detalhes profundos sobre o circuito. Entretanto a coisa importante a entender, é que quando um sinal analógico é aplicado no ADC ele produz um sinal digital para a saída.



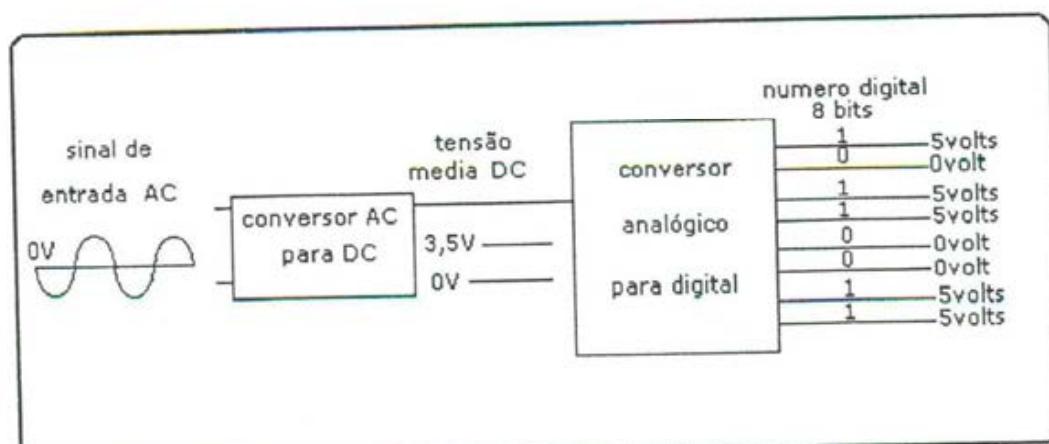
Em outras palavras, um ADC transforma um valor de tensão para um número binário correspondente, que poderá ser utilizado pelo microprocessador.

Um circuito ADC converte tensões analógicas DC para binário tão rapidamente que o processo parece ser instantâneo. Mas, mesmo assim a conversão leva cerca de microsegundos.

## CONVERSORES AC/DC

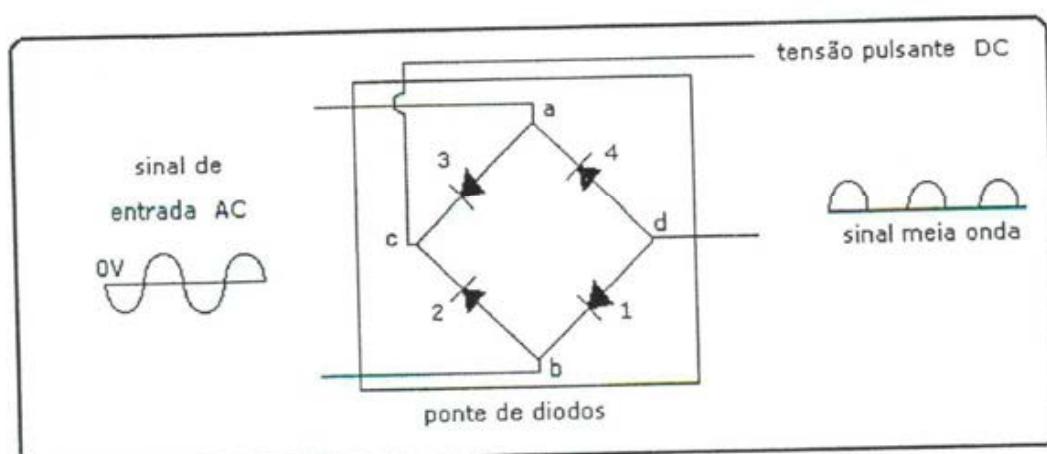
Muitos dos sensores usados em sistema eletronicamente controlados alimentam o módulo de controle com sinal alternado (AC) e não contínuo (DC). O sinal AC não pode ser aplicado diretamente no conversor ADC sem antes ter passado por um outro conversor chamado AC/DC.

O sensor de velocidade da roda, é um exemplo de dispositivo sensor que produz dado de entrada na forma alternada.

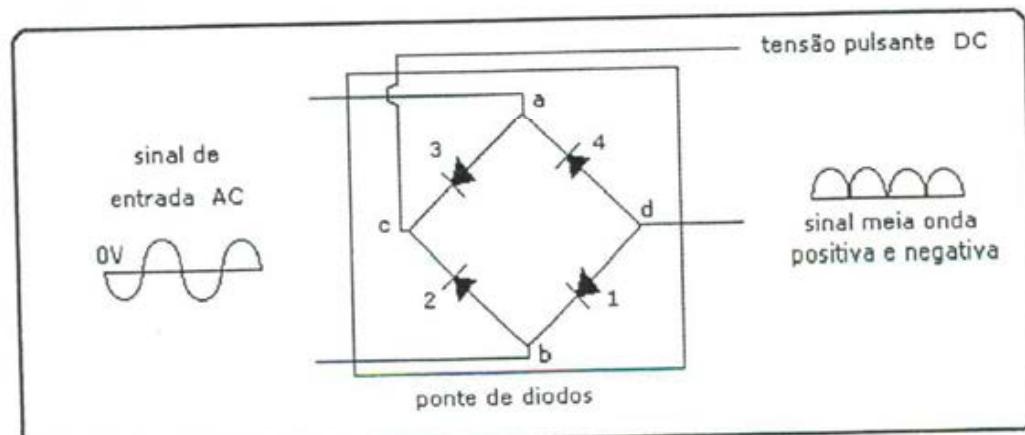


Embora não seja uma prática comum, há casos tal como o sistema ABS, onde o módulo necessita monitorar a amplitude de um sinal AC. Quando isso é necessário, o sinal AC precisa de pelo menos três conversões distintas antes de ser armazenado na memória como um número digital. Os dois primeiros são acompanhados por um dispositivo chamado conversor AC/DC que nada mais é do que um retificador. O terceiro passo toma lugar no conversor ADC.

Na primeira das três conversões, o sinal AC é mudado para uma sinal DC pulsado, pela passagem através de um simples retificador de onda completa em ponte.



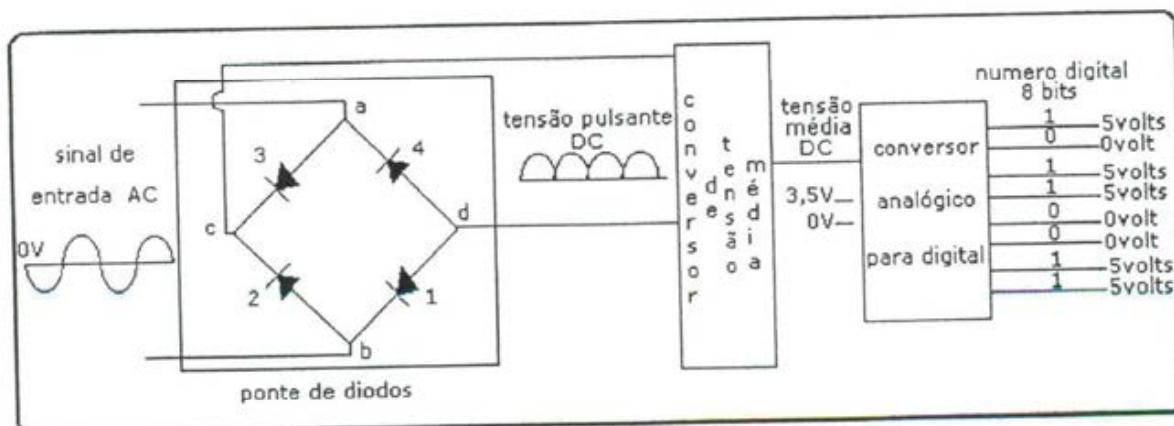
O sinal AC do circuito sensor é aplicado na ponte nos pontos A e B e a saída é tomada nos pontos C e D. Durante o ciclo positivo do sinal AC, os diodos 1 e 3 conduzem enquanto que 2 e 4 não. Podemos observar que a polaridade positiva do sinal estará no ponto C e a negativa no ponto D. Durante a porção negativa do sinal de entrada, os diodos 2 e 4 conduzem, enquanto que 1 e 3 não. Uma vez mais, a polaridade positiva aparece no ponto C e negativa no ponto D, podemos observar o



resultado.

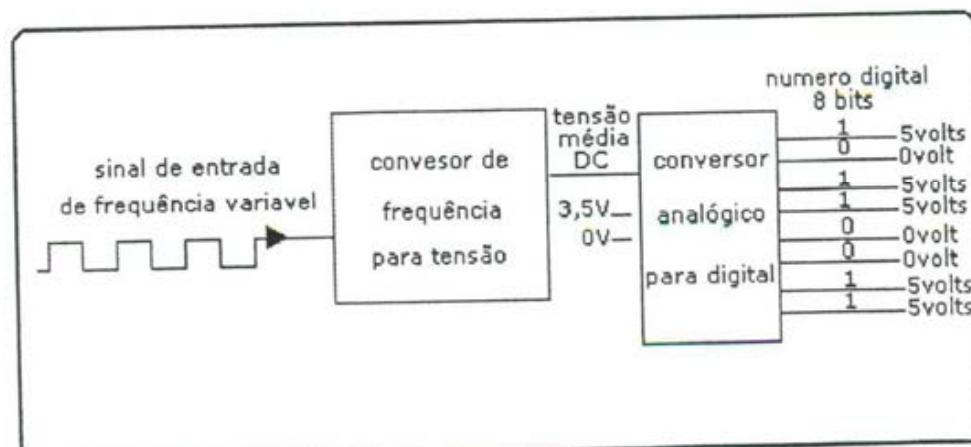
Após a retificação do sinal, ele precisa ser convertido em um sinal analógico de tensão. Esta segunda conversão necessita de um circuito para converter o sinal em um valor médio. Neste circuito, a pulsação DC é convertida em um valor analógico diretamente proporcional à pulsação trabalhada.

Após a retificação do sinal de entrada estar feita e convertida para uma tensão média correspondente, tem-se então a terceira fase final que é conversão do sinal analógico em um binário correspondente, feito pelo conversor ADC.



## CONVERSOR FREQÜÊNCIA/TENSÃO

O sensor MAP (sensor de pressão absoluta de ar), e o BPS (sensor barométrico de pressão), são exemplos de sensores que produzem sinais de freqüências variáveis. No caso do MAP, o sensor é projetado para detectar a pressão absoluta e a saída possui uma forma de onda o qual representa uma leitura média. Antes que o sinal possa ser utilizado pela CPU será necessário obtermos uma tensão DC correspondente com esta freqüência. Então utilizaremos um conversor freqüência tensão (FDC), onde o nível de tensão DC produzida é diretamente proporcional ao sinal da freqüência. Um sinal de baixa freqüência fará com que o FDC produza uma baixa tensão ou vice-versa. Após a conversão, o ADC converte o sinal DC em um número binário correspondente e a seguir são armazenados na memória.



## MEMÓRIA

Como podemos observar, os sinais detectados são armazenados e logo após é que serão processados. Desta forma são enviados para a memória, onde ficarão armazenados até um momento oportuno. Para facilitar o raciocínio, vamos considerar o que acontece com um bit (zero 0 ou um 1) após deixar o conversor.

A memória do conversor é feita de milhares de posições, todas contendo um número de pequenos chips dentro do módulo. Cada célula de memória é composta de um circuito eletrônico que retém a

informação e é chamado LATCH. Um LATCH tem a capacidade de armazenar um bit (0 ou 1). Para entender como a memória trabalha, é necessário conhecer como opera um LATCH.

No similar elétrico, cada bobina atua no contato em diferentes direções quando energizados. O acionamento das bobinas é controlado por duas chaves. Fechando a chave A, energizamos o relé A, o qual leva a chave para a posição ZERO sendo aplicada tensão na saída. Abrindo a posição A e fechando a posição B, energizamos a bobina B que por sua vez leva o contato para a posição B que é a posição 1 (um). Cada vez uma bobina é energizada e a contato move-se para uma das posições onde queremos armazenar o valor 1 ou 0 e permanece nesta posição.

O acesso à memória é controlada pela CPU com o objetivo de gerencias os dados para evitar a perda de um dado antes que ele possa ser atualizado. Podemos controlar os dados de um modelo de LATCH com relês. Neste circuito o LATCH é conectado em série com dois relês. O conjunto é controlado por três chaves existentes na Unidade Central de Processamento (CPU). As três chaves são chamadas de RESET, WRITE e READ.

## MEMÓRIA DE ACESSO ALEATÓRIO

O microprocessador começa o ciclo de memória, fechando a chave RESET, que energiza a bobina B que por sua vez move a chave do LATCH para a posição 0. Resetando o LATCH sempre teremos a chave de retenção na posição 0 e nesta posição permanece. O LATCH desta forma, estará pronto para receber os dados a serem armazenados se um comando da CPU (WRITE) fechar o relê de entrada (INPUT RELAY), ficando assim a entrada de dados (DATA IN) disponível para o armazenamento. Caso seja 0, a bobina A não energizará, e portanto, a chave permanecerá na posição de reset (0). Se DATA IN for 1 (5 volts), então a bobina A será energizada e trocará a posição da chave de retenção de 0 para 1 e a partir desta análise, o dispositivo já está pronto para a leitura.

Se desejarmos uma leitura no LATCH, dar-se-á um comando para a CPU, que por sua vez fechará a chave que aciona o relê de saída (OUTPUT RELAY) e que por sua vez acionará a chave para a leitura do dado armazenado que poderá ser 0 ou 1 (DATA OUT). As memórias atuais são fabricadas com circuitos digitais e providas de uma alimentação própria. Neste dispositivo, como podemos fazer uma leitura ou armazenamento em qualquer célula, é chamado de memória de acesso aleatório (RAM).

## MEMÓRIA PROGRAMÁVEL SOMENTE DE LEITURA (PROM)

Certas informações como sistema de programação e teste de parâmetros de componentes, necessitam ser armazenados numa célula de memória que não pode ser apagada ou escrita com novos dados. Estas informações são armazenadas em uma seção separada de memória conhecida por Memória Programável somente de leitura (PROM). Embora muito similar a RAM, a PROM tem o relê de escrita trocado por uma chave que trabalha de forma permanente na posição 0 (terra) ou na posição 1 (5 volts). Pelo chaveamento da linha de WRITE para 5 volts, o LATCH é programado para permanentemente estar armazenado o número digital 1, ou caso queiramos o valor 0, que permanecerá retido no LATCH.

Pelo motivo de armazenarmos uma só vez e o microprocessador não fazer um comando de leitura (só escrita) esta memória é conhecida como Memória Somente de Leitura (ROM).

## MEMÓRIA MANTIDA ATIVA

Existem certas memórias que normalmente são mantidas ativas (com energização própria), mesmo desligando a ignição, e desta forma, esta área de RAM é mantida ativa e pode ser atualizada e as informações não serão apagadas quando a partida for novamente dada.

## MICROPROCESSADORES

Os microprocessadores são capazes de executar multitarefas. Ele busca e trás os dados, controla o seqüenciamento dos eventos usando um circuito de sincronismo, fazendo decisões baseado nos resultados de cálculos matemáticos.

Quando usamos uma calculadora matemática, colocamos os dados apertando botões no teclado da calculadora. Podemos também operar as funções que existam nela. Podemos pensar, que um microprocessador pode apertar seus próprios botões, por intermédio de uma programação interna feita pelo projetista da máquina.

O programa interno do microprocessador que executa uma soma de números binários, sendo um deles na célula 11 com o número da célula 12 e a seguir armazenando o resultado na célula 30. O resultado da célula 30, será usado para controlar um dispositivo de saída. Poderemos trocar os dados para um novo resultado, mas o programa não pode ser trocado. Em outras palavras, o microprocessador não pensa, somente executa o que foi programado para fazer. Ele sempre trabalhará com os conteúdos das células 11 e 12 e armazenará o resultado na célula 30.

Numa aplicação similar, o microprocessador utilizado em eletrônica automotiva, calcula e controla a operação do sistema através de um programa pré-escrito, que descreve todas as possibilidades que o sistema deve trabalhar.

## SISTEMA DE AUTO-TESTE

Muitos sistemas eletrônicos controláveis atuais, possuem capacidade de AUTO TESTE. A função de AUTO-TESTE é na verdade um programa que está armazenado no memória permanente, no lado do módulo de controle. Este programa permite o controle do módulo para manter os vários sinais de entrada e saída usados no sistema. Num certo instante que o sinal monitorado fica fora da escala

normal, o controlador armazena um código de falha na memória que deverá ser enviado para o equipamento de teste ou o operador. Alguns destes módulos acionam, automaticamente uma indicação, por exemplo: sinal luminoso ou sonoro se a falha for detectada. Outros sistemas requerem que o operador acione um display que mostra os códigos de falha, via um simples procedimento. A forma pela qual serão obtidos os códigos de falha dependerá do sistema envolvido. Por exemplo, o Sistema de Controle Eletrônico de Motores, pode detectar se todas as condições forma satisfeitas para que o veículo pudesse dar a partida.

Embora as características de AUTO-TESTE sejam extremamente úteis para localizar falhas em sistemas eletronicamente controlados, ele tem limitações para falhas intermitentes, pois o sistema é do tipo passo a passo para a verificação dos parâmetros.

Quando o controlador necessita reter e comparar muitos sinais, o tempo aumenta. Isso significa que a operação torna-se lenta entre checar uma leitura e um re-checar esta mesma leitura. Este intervalo de tempo é o que impede a função de AUTO-TESTE de pegar falhas intermitentes ou de curta duração no sistema.

Por exemplo, se o controlador foi programado para varrer os dispositivos de entrada como também mostrar seu programa retido, o controlador deveria primeiro segurar a entrada do circuito 1 então compara-la com o valor de memória. Se o valor monitorado combinou com o esperado, o controlador deveria mover mantendo o sinal no circuito 2.

Após decidir se armazena ou não um código para este sinal, ele moveria para o teste o dado na linha 3. Após a linha 3, deveria testar o sinal na linha 4 e então até ter testado todas as 7 linhas. Após testar todas as 7 linhas, deveria começar na linha 1.

Agora se cada teste leva 10 microsegundos, o intervalo total entre o primeiro passo da linha 1 e o momento de retorno, teríamos 70 microsegundos. Entretanto, qualquer anormalidade ou troca de sinal na linha 1, que existiu na primeira retenção de dados após a auto-teste, não deveria ser detectado por este programa de AUTO-TESTE.

Um outro inconveniente para a função AUTO-TESTE, é que ele tem sido programado para armazenar o código de falha somente após a mesma ter sido ocorrida por vários ciclos de teste consecutivos. Isto é feito para evitar fixar um código de falha para a condição que ocorreu somente uma vez.

## MEMÓRIA DE SAÍDA

Após a CPU ter executado os cálculos necessários, o resultado é armazenado numa área de memória que é reservada especialmente para dados de saída. Esta área de memória é usualmente localizada na mesma seção da RAM usada como memória de entrada. Pode até mesmo ser alocada no mesmo chip. A memória de entrada, é semelhante à uma folha de rascunho, onde os dados são temporariamente armazenados. A CPU usa a memória de saída como um lugar para armazenar números digitais que serão usados pelo sinal de saída para gerar vários controles.

## FUNÇÕES DE SAÍDA

A CPU (*unidade central de processamento*) não aciona diretamente os dispositivos de saída. Ao contrário, cálculos feitos pela CPU resultam em soma, o qual são armazenados na memória e que mais tarde será usada pelo processador de sinal de saída para gerar o sinal de controle. Os tipos de sinais de saída gerados dependem das necessidades dos dispositivos. Como o processamento do sinal de

entra, o de saída é composto de vários dispositivos diferentes, o qual só, ou combinado, produz o sinal de saída.

## CONVERSOR DIGITAL/ANALÓGICO

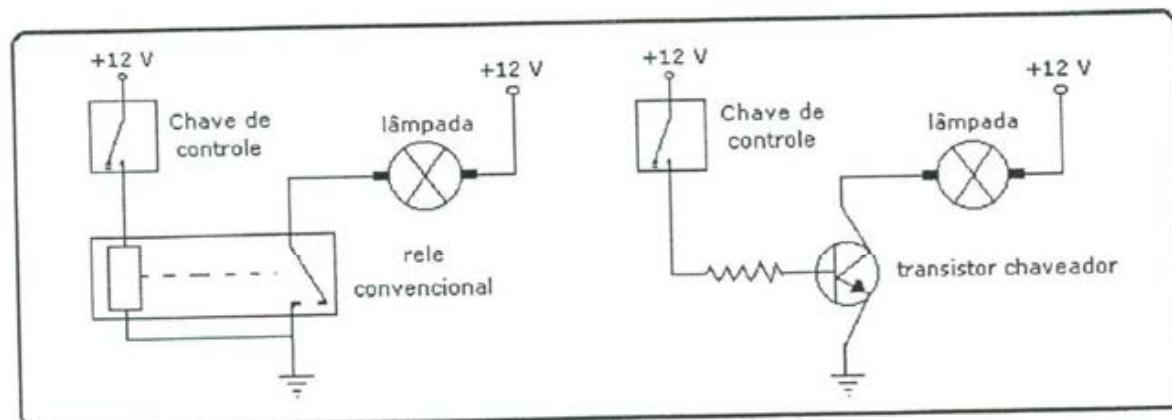
O dispositivo de saída mais comum é o conversor Digital/Analógico. Encontra-se na área de processamento do sinal de saída do módulo de controle e também pode ser conhecido por DAC. Um DAC é exatamente o oposto de um ADC, ou seja, converte sinais digitais em uma tensão DC equivalente para acionar o dispositivo de saída.

Num conversor DAC, quanto menor o número digital menor será a tensão convertida, ou vice-versa. Nas figuras 60, 61 e 62, ilustram o relacionamento entre o sinal de entrada e o de saída.

Na área de processamento do sinal de saída, o DAC é o primeiro dispositivo a receber os dados da memória de saída.

## CHAVEAMENTO DE TRANSISTORES

O segundo dispositivo mais comum para o comando na área de processamento do sinal de saída é o Transistor. O chaveamento de um transistor assemelha-se em muito com um relé, pois possui dois estados (0 e 1). A figura mostra a similaridade entre as aplicações de um relé e um transistor, e observe que em ambos os casos, a corrente de controle é pequena, pois a bobina do relé e a base do transistor consomem pouca potência.



Vemos que ao fecharmos a chave que aciona a base do transistor uma pequena corrente polariza o dispositivo diretamente, fazendo com que este conduza e como consequência uma corrente muito maior no coletor e como consequência aparece uma tensão quase que nula entre coletor/emissor. Desta forma o transistor funciona como uma chave fechada e aciona o motor. Caso a chave da base esteja aberta, não fluirá corrente pela base, e o transistor fica sem polarização direta e não circula corrente de coletor, então o transistor funcionará como uma chave aberta e o motor não será acionado. A principal vantagem do transistor sobre o relé é a velocidade de resposta quando acionado. No caso do relé, o sistema mecânico de acionamento é bastante lento. Em algumas situações, utilizamos um transistor acionando um relé e que por sua vez acionará outra carga. A diferença de velocidade é muito importante onde os dispositivos de saída precisam ser ligados ou não de forma rápida, tal como o injetor de combustível ou as válvulas de freios ABS.

## CONTROLE DE SAÍDA DA TENSÃO ANALÓGICA

O processamento da saída do microprocessador pode também criar uma saída de tensão analógica direta. No circuito mostrado, o número armazenado na memória vai para um DAC o qual cria uma tensão correspondente que é proporcional ao número digital armazenado na memória. A saída do DAC alimenta um amplificador de tensão, o qual é usado para que possa suprir uma potência maior solicitada pelo motor.

### MODULAÇÃO NA LARGURA DO PULSO (PWN)

Muitas das funções em veículos controlados eletronicamente, são executadas por solenóides. Exemplos para isso, temos a injeção eletrônica, EGR, controle de transmissão, ABS, etc. Na maior parte dos casos, um sinal quadrado controla o solenóide e cujo estado LIGADO (ON) pode ser variado em relação ao estado DESLIGADO (OFF). A forma de controle é feita por um PWN, que pode controlar os tempos ON/OFF.

Neste tipo de sinal quadrado, somente a relação (em percentagem) do estado ON por OFF troca, então, a freqüência do sinal permanece constante. Estes sinais são usados em dispositivos tais como válvulas de freio, controle de velocidade de marcha lenta, etc.

Em outras aplicações tais como injetores de combustível seqüencial não somente faz o ciclo de trabalho mudar como também a freqüência do sinal. Isto é necessário porque como a rotação do motor aumenta e desse modo faz aumentar o volume de combustível injetado.

A figura ilustra um sinal de onda quadrada de freqüência variável e o ponto de troca do valor da freqüência. Note que mesmo o sinal com outro valor de freqüência, o ciclo de trabalho continua o mesmo. Ilustra também um sinal de freqüência variável em que ambos trocam de valor, ou seja, freqüência e ciclo de trabalho.

Em seqüência, para criar um controle de ciclo de trabalho, variável, a CPU faz o transistor abrir e fechar (ON/OFF) à partir de um sinal digital de oito bits e, passado por um conversor DAC converte-o num sinal DC correspondente e que a seguir é aplicado num ciclo conversor tensão para ciclo de trabalho correspondente.

O tempo ON/OFF do sinal de saída é determinado pelo nível de tensão DC fornecida ao conversor. A mais alta tensão DC produz o mais longo tempo ON e o mais curto para o OFF. Nos menores valores de tensão produz o mais curto tempo ON e o mais longo OFF. O sinal de saída do conversor é usado para acionar o chaveamento do transistor ON/OFF.

O transistor funciona como chave quando uma tensão é aplicada a base. Este fechamento de circuito entre coletor/emissor, permite fluir corrente para o circuito de saída. Este circuito com um simples transistor pode ser usado em situações em que a corrente de carga não exceda a capacidade do transistor.



## TRANSISTORES CONTRÓLANDO RELÉS

Para situações de alta corrente e baixa freqüências, onde o chaveamento não é crítico, como a bomba de combustível por exemplo, um transistor de baixa corrente é usado para energizar a bobina de um relê, permitindo que este alimente 12 volts na bomba. Uma desvantagem para este tipo de chaveamento é que as bobinas levam um certo tempo para energizar, então este tipo de circuito pode somente ser usado em circuito de baixa velocidade.

## MULTIPLEXAÇÃO

Multiplexação nos sistemas automotivos, é uma nova tecnologia de comunicações de dados. Nesta seção daremos uma noção sobre estes sistemas e algumas aplicações específicas para esses sistemas bem como benefícios e desvantagens.

### DEFINIÇÃO DE MULTIPLEXAÇÃO

Basicamente é a capacidade de enviar várias informações de diversos pontos, através de um único canal de transmissão. Isto elimina a necessidade de fiação com volume muito grande. Num sistema de multiplex, todos os sensores são conectados para as entradas e o outro lado para o módulo de controle. Isto toma o circuito com pouca fiação, reduz o número de conexões, fazendo mais fácil o gerenciamento e muito fácil o diagnóstico.

### TRANSMISSÃO SERIAL VERSUS PARALELA

Em seqüência, para entender como a multiplexação trabalha, primeiro necessitamos entender a diferença entre SERIAL e PARALELO numa transmissão de dados binários. Esses são os dois tipos usados em sistemas eletrônicos automotivos.

A via expressa de 8 faixas mostrada, ilustra o princípio de transmissão paralela. Oito carros estão circulando ao mesmo tempo num único sentido por esta via expressa. Na transmissão binária paralela, um código de 8 bits é habilitado para circular na via.

Uma auto-estrada com uma pista única, ilustra o princípio da transmissão serial. Como os carros são forçados a circular por uma simples via, na transmissão serial um código de oito bits é transmitido por um único fio com um bit de cada vez. Num sistema de transmissão serial os dados podem ser recebidos e transmitidos entre o módulo de controle e os sensores.

Como já foi visto em sensores automotivos, em código binário, o número 1 representa uma leitura ALTA, enquanto que o 0 representa uma leitura BAIXA. Então o código 1001, significa que a linha enxerga uma leitura durante um segundo (atualmente este tempo é bem menor) e logo após lê outro valor, então poderemos dizer que o sistema fará uma leitura de um valor 1 durante um segundo, a seguir 0 no mesmo tempo, outro 0 e em seguida 1.

Na transmissão serial um código de oito bits é transmitido um bit por vez, ao longo de um fio. Na transmissão paralela, os códigos são transmitidos ao mesmo tempo ao longo de oito fios distintos.

Normalmente as memórias de computadores podem aceitar dados somente na forma paralela, mas códigos binários seriais podem ser transmitidos na forma serial por sistemas de multiplexação.

## OPERAÇÃO DE SISTEMAS NÃO MULTIPLEXADOS

Sistemas de sensoriamento convencionais usam sensores analógicos para captar dados do motor. Num veículo típico, encontramos de 2 a 15 sensores deste tipo, os quais são usados para monitorar várias condições do motor. Os sensores são conectados para o módulo de controle por fios separados e estarão enviando sinais não convertidos para os módulos de controle.

Vamos brevemente rever um sistema controlado a microprocessador operando o uso de um sensor que mede o fluido refrigerante do motor (ECT). O ECT é um sensor analógico o qual continuamente fornece ao módulo de controle, um sinal analógico de tensão que é proporcional à temperatura do motor. Esta tensão analógica é diretamente monitorada pelo módulo numa linha dedicada ao sinal do ECT.

O módulo de controle contém um ADC o qual troca um sinal de 4,5 volts do sinal analógico por um código binário de oito bit. Isto habilita o computador para aceitar o código na memória. Todos os oito bits do código são aplicados na memória do computador ao mesmo tempo. O módulo de controle recebe constantemente sinais de diferentes sensores, os quais são alimentados pelos próprios fios que alimentam o módulo. O módulo de controle converte esses sinais dos sensores analógicos para oito bits e armazena-os, esperando pelos cálculos do microprocessador.

## OPERAÇÃO DE SISTEMA MULTIPLEXADO

Embora Sistemas Multiplexados também usem módulos de controle e sensores, eles trabalham diferentemente. No MUX, todos os sensores são parte de uma linha de sinal de sensor, o qual é conectado em uma linha atrás do módulo de controle. Sinais são transmitidos e recebidos do mesmo fio.

A maior diferença entre o sistema multiplexado e o não multiplexado está no ajuntamento e processamento dos dados. Num sistema não multiplexado, o sinal de saída do sensor é enviado numa forma analógica no fio dedicado para o microprocessador na forma de um número binário, e cada sensor requer uma linha própria e portanto o sistema requer um número grande de fios. No sistema multiplexado, o sensor incorpora o próprio circuito sensor, o sinal de processamento e o sinal transmitido pelo sensor. Isto permite que cada sensor monitore a condição apropriada e alimente um número digital para o módulo de controle quando requisitado.

Relembre, o microprocessador em qualquer sistema pode somente manter um sinal de entrada por vez. Entretanto, pela temporização da transmissão de dados do sensor para o módulo de controle uma simples linha de dados poderá ser usada para ligar todos os outros componentes. Durante o intervalo entre envio de dados, cada sensor é eletronicamente desconectado da linha de sinal. Novamente, a grande diferença aqui, é que convertendo o sinal analógico para um número digital, é pego um sensor por vez num determinado lugar.

## TECNOLOGIA DE MULTIPLEXAÇÃO ATUAL

A última tecnologia em MUX são os sensores inteligentes. Esses sensores são implementados com circuitos de processamento digital. Sensores inteligentes fazem muito mais que simplesmente converter sinais analógicos em digitais. Eles são construídos com circuitos que corrigem as próprias variações e desgastes.

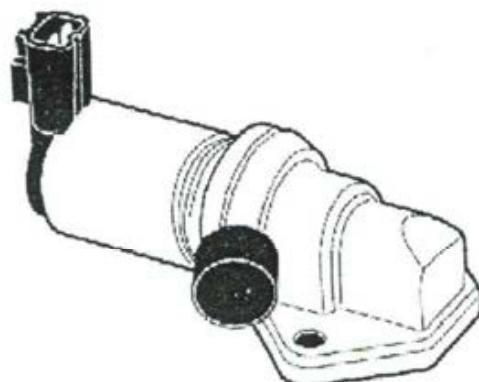
## RESULTADO DO MUX EM DIAGNÓSTICO EM VEÍCULOS

A indústria automobilística em geral está apoiando a Multiplexação. É uma tendência a padronização de conexões multiplexadas. Um exemplo é que todos os microprocessadores automotivos possuem um canal serial de comunicação que raramente é usado. O sistema permite, através de uma varredura acessar todo o sistema através desta porta padronizada. O sistema multiplexado normalmente fica menos complexo, com menores custos, montagem mais simples e com melhor desempenho com relação ao diagnóstico.

## MOTORES COMO ATUADORES

### Motor DC

Os motores DC com imã permanente são usados em várias aplicações automotivas. Eles acionam ventoinhas, podem operar cintos, janelas, trava de portas, antenas, limpadores de pára-brisa, bombas elétricas de combustível, sistemas de bombas em ABS, e muitas outras unidades. Os motores DC usados, são basicamente máquinas rotativas usadas para converter energia DC em energia mecânica com algum tipo de movimento.

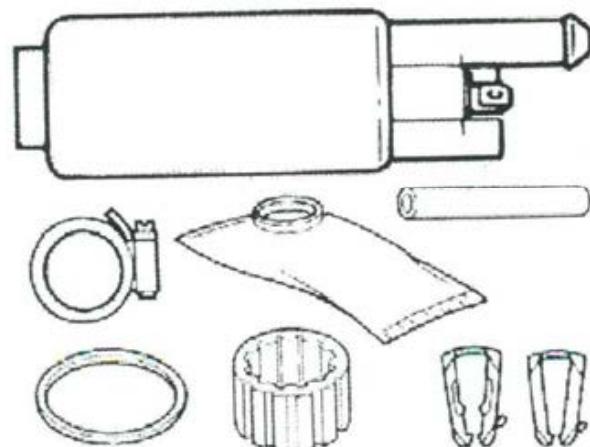


Motores DC usam energia elétrica para criar rotação, e geralmente operam através de mecanismo de engrenagens. Podem ser uma ou duas velocidades, velocidade variável e podemos controlar a direção de rotação. Alguns podem ser projetados para produzir alto torque para curtos períodos de tempo. Pode também girar em uma ou ambas as direções. Os motores diferem no projeto pelo campo magnético, o tamanho dos condutores no motor, e método usado para o chaveamento.

O motor de partida é um exemplo de um tipo padrão utilizado em todos os tipos de veículos. Este motor tem um pinhão na montagem do acionador que encaixa os dentes, quando acionado no volante do motor, sendo que o volante possui dentes e desta forma o motor gira. Pequenos motores são conectados diretamente a alimentação diretamente por chaves, se a corrente for alta, podem ser acionados por circuitos com relés. Em casos especiais, podemos também variar a alimentação do motor e controlar sua velocidade.

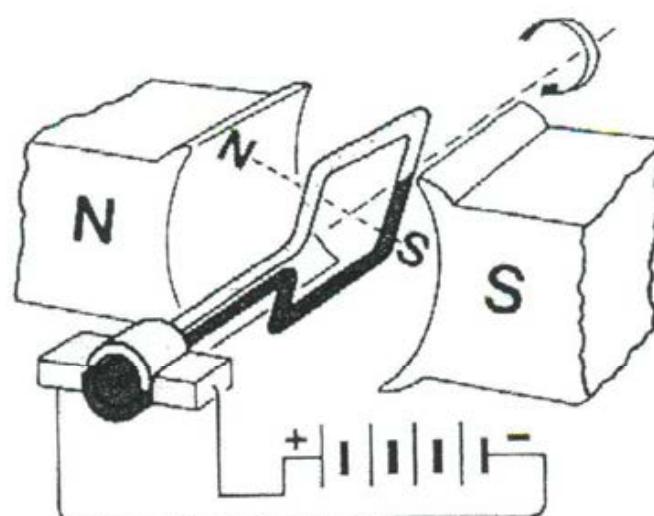
Podemos produzir um movimento rotatório num motor. Um imã permanente é montado num pivô devendo ele estar livre para girar entre os pólos de uma eletroímã.

A bobina conectada em série com a bateria e entre uma chave com dois pólos e três posições. Se considerarmos a chave numa posição teremos as polaridades da bobina e imã. Neste caso o imã tende a executar um movimento rotatório e teremos assim à posição intermediária. A seguir comuta-se a chave para a posição oposta e teremos as novas posições do imã e a polaridade do eletroimã. Neste caso teremos novamente um movimento de rotação que na realidade é a continuação do movimento anterior.



## COMUTADORES

Podemos observar que a ação das chaves poderá ser substituída por um sistema automático de mudança de polaridade no eletroimã chamada de comutador instalado num sistema como mostra a figura.

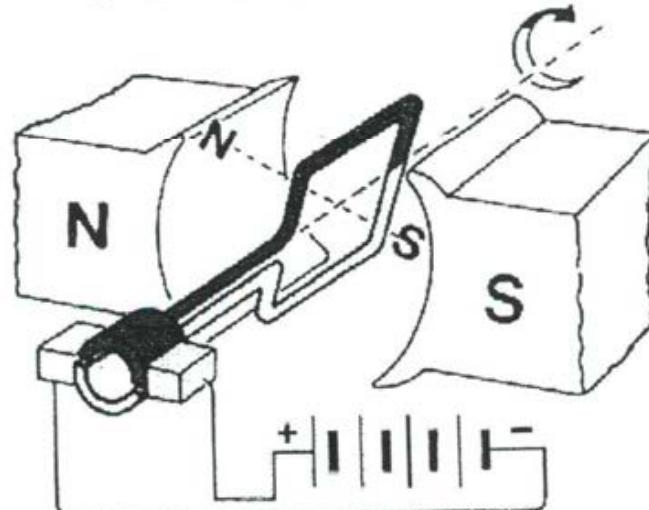


A ação de um comutador é simples, e podemos notar que o imã permanente e o eletroimã estão em posições diferentes.

Neste motor numa bobina, chamada de armadura é montada numa haste. É colocado entre os pólos um imã permanente. Como a bobina gira, é chamada de rotor. Cada terminal da bobina do rotor é

conectado em uma das partes do coletor, o qual é montado sobre a haste. Os segmentos entre os comutadores são isolados da haste e um com relação ao outro. O conjunto é alimentado por uma bateria que é conectado à armadura, e esta conexão é feita via um dispositivo chamado escovas que permite a rotação do rotor e ao mesmo tempo mantém a armadura alimentada.

Na figura, o segmento 1 do comutador é conectado para o terminal negativo da bateria via escova 1, enquanto que o segmento 2 é conectado com o terminal positivo da bateria. Nesta condição, o rotor é repelido pelos pólos do imã permanente e o rotor começa a girar no sentido horário. A polaridade da armadura não troca e continua o giro para a posição mostrada na figura.



Na figura, os pólos são atraídos pelos pólos do imã permanente. Quando o rotor encontra-se na posição mostrada pela figura, a ação do comutador reverte as conexões com a bateria. O segmento 1 é conectado no terminal positivo da bateria enquanto que o segmento 2 vai ao negativo. Isto muda a direção da corrente através da bobina do rotor e inverte a polaridade. Como os pólos magnéticos estão novamente perto um do outro, temos novamente o mesmo efeito de rotação já analisado anteriormente e o movimento continua no sentido horário.

### MOTOR DE PASSO

Num motor DC, observamos que poderemos ter uma ou mais velocidades, porém isto pode não ser suficiente para todas as aplicações. O motor de passo pode ser controlado por posições ou graus. Podemos citar como aplicações em direcionamento das aletas para ar-condicionado. Um motor de passo é ilustrado na figura.

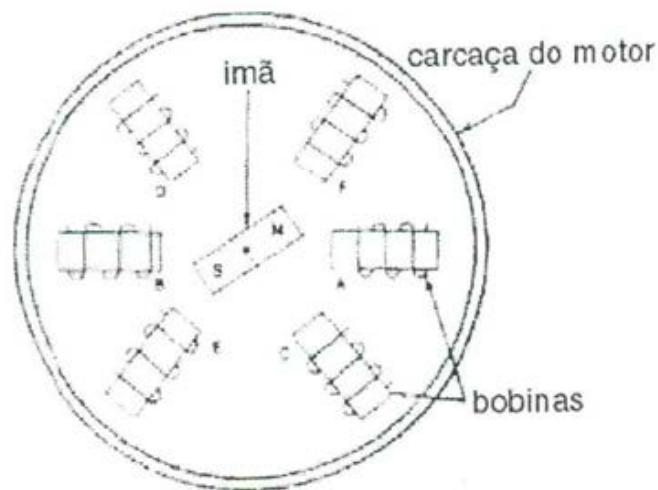


Similar a construção de um motor DC, um motor de passo contém um imã permanente numa armadura cercado por janelas e ranhuras e montada no alojamento do motor. A diferença entre os dois tipos de motores é que as bobinas são construídas por pares e são opostas em 180 graus uma da outra. No exemplo da figura, há três pares de bobinas. Em geral, podemos ter a precisão do motor de passo ligado ao número de ranhuras que ele possui.

Ao energizarmos as bobinas, faremos sempre de maneira que duas opostas sejam acionadas, por exemplo: as bobinas, faremos sempre A e B, ou C e D, etc. somente um par é energizado ao mesmo tempo. Quando elas são energizadas, aparecem campos opostos. Se for norte em A, B será sul e assim por diante.

Em termos de controle um motor de passo é tratado como um componente separado. Todos os fios são conectados para o módulo de controle. O módulo de controle usa sinais binários para acionar transistores e com um acionamento individual para cada eletroímã. A figura mostra como o motor de passo pode ser controlado, usando dois bancos de chaves que são alimentadas com os potenciais que as bobinas deverão serem alimentadas de forma individual.

Para ilustrar como o motor de passo é controlado para produzir um movimento horário. Vamos seguir a rotação do eixo em 180 graus do ciclo. Vamos assumir que o eixo está alinhado com o eletroímã energizado AB e logo a seguir estaremos desligando AB e acionando CD, inicialmente o módulo de controle desenergiza as bobinas A e B e logo a seguir energiza as bobinas C e D, com polarização magnética normal. Isto cria campos magnéticos opostos e as polaridades acabam por uma atração entre um e outro.



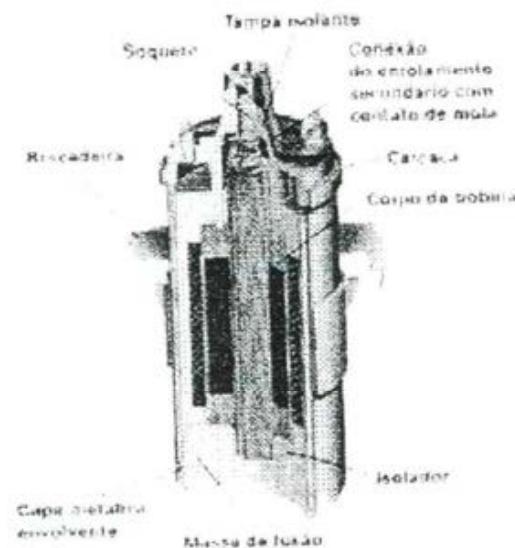
O dispositivo gira 60 graus e alinha-se com CD, onde permanece. Se o microprocessador decide girar o eixo para a próxima posição, o sistema desliga o conjunto CD e aciona o EF, ficando alinhado com esta posição 60 graus com relação ao posicionamento anterior e se procedermos desta forma completaremos no próximo comando os 180 graus de rotação.

Entretanto, quando o conjunto gira 180 graus, as polaridades, aparecerão no rotor de forma contrária ao momento de início (zero graus). O módulo pode também mudar a alimentação das bobinas, fazendo

com que o conjunto gire em sentido contrário. Para tanto é necessário tão somente fornecer os mesmos comandos, porém de forma inversa.

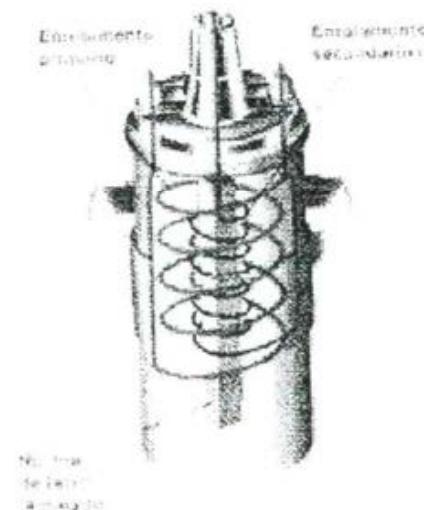
## BOBINAS

Bobinas são dispositivos elétricos o qual, são usados quase que exclusivamente em sistema de ignição do veículo. Um transformador é usado para alterar o valor de tensão e corrente em muitos tipos de circuitos. Um transformador pode aumentar, diminuir ou manter uma tensão. A bobina de ignição num sistema de ignição de um automóvel que alimenta as velas, é um transformador que aumenta em muito o sinal de tensão.



## CIRCUITO PRIMÁRIO

A operação de um transformador é mostrada na figura. Nesta figura tem-se uma bateria alimentando o primário do transformador através de uma chave. Quando a chave fecha, aparece um campo magnético no núcleo ferromagnético que por sua vez induz tensão na bobina chamada campo magnético secundária.

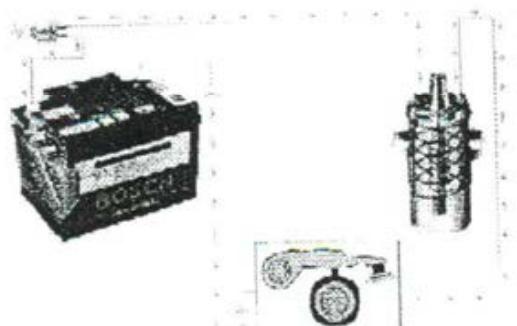


A tensão que aparece na bobina secundária depende da relação de espiras que a bobina possui e da tensão aplicada no secundário. Por exemplo se ambas as bobinas tiverem uma relação 1:1, significa que o secundário e o primário tem o mesmo número de espiras e as tensões serão iguais. Se o primário tiver 100 espiras e o secundário 1000 espiras, então a relação será 10:1. Nesse caso, a tensão no secundário será dez vezes maior que a do primário, ou seja, se o primário for 12 volts, o secundário será 120 v.

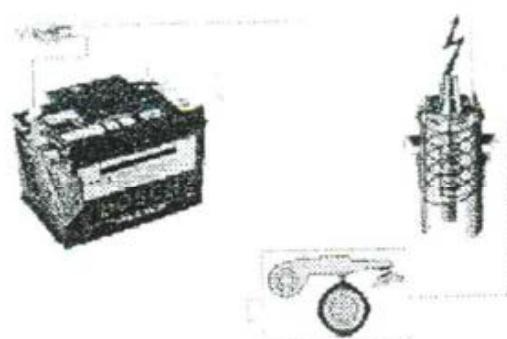
Os transformadores do sistema de ignição (bobina de ignição) produzem tensões de 20kVolts na saída com uma alimentação de 12 volts.

### IGNIÇÃO DE PONTO DE RUPTURA (PLATINADO)

O chaveamento da alimentação elétrica é um dos fatores de maior importância no processo de indução. Nos sistemas antigos, o chaveamento era feito com um sistema ponto de ruptura (platinado), que nos dias atuais é muito obsoleto. Este sistema antigo é mostrado na figura.



Quando o virabrequim começa a girar, o platinado no distribuidor abre e fecha. Isto interrompe o circuito primário da bobina de ignição. Durante os intervalos em que o platinado está fechado, a corrente DC flui através da bobina. Induz o secundário com um campo magnético constante.



Após o tempo de indução, qualquer corrente que circule através da bobina, só irá criar aquecimento, pois quando o campo não varia não há tensão induzida, portanto a chave deverá permanecer fechada o tempo suficiente para que haja a ignição. Esse período de ruptura ou disparo é conhecido como dwell.

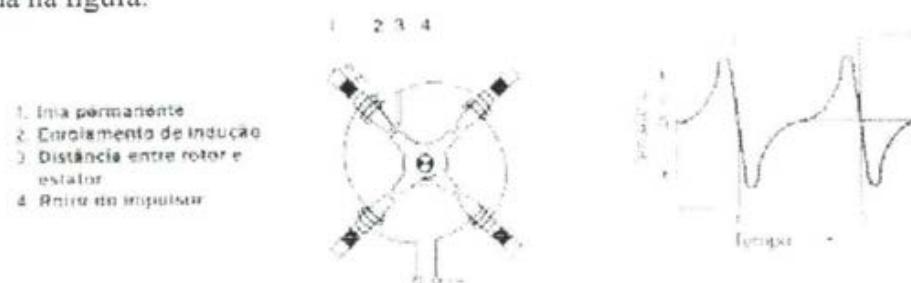
A corrente no primário aumenta com o tempo após o ponto de fechamento. No instante da abertura, esta corrente começa a cair rapidamente. É durante esta rápida queda na corrente do primário que a alta tensão no secundário ocorre.

Para o instante da centelha, o platinado está aberto, interrompendo o circuito primário, ocasionando um campo na bobina primária que causa uma alta tensão na bobina secundária e que é passada ao distribuidor que está conectado com as velas. Há um sincronismo entre o desligamento do platinado e o instante que o distribuidor está conectado com uma das velas. Como o rotor no distribuidor gira ele conectará a saída da bobina com as velas numa determinada seqüência.

A alta tensão causará um arco no platinado, que então é protegido por um capacitor que absorve o arco com corrente abaixo de 2 A. Uma falha ou fuga no capacitor, causará uma ignição pobre ou ponto de queima, ou poderemos até não ter a ignição.

## SISTEMAS DE IGNIÇÃO SEM PLATINADO

Os sistemas de ignição mais modernos não possuem platinado. Uma cápsula magnética é montada sobre a haste do distribuidor e contém um imã permanente de forma circular e dentada, uma bobina, como mostrada na figura.



Como o rotor do distribuidor gira, os dentes movem-se na frente do pick-up e como resultado induz tensão na bobina a qual é aplicada ao amplificador no módulo de controle eletrônico. O amplificador de saída é conectado às esperas do primário da bobina de ignição. Os transistores são usados para abrir e fechar o circuito primário. Quando o circuito primário é aberto, como resultado do processo de chaveamento transistorizado, a alta tensão é induzida através das espiras da bobina secundária. A alta tensão é aplicada para as velas através do distribuidor.

As principais vantagens do sistema transistorizado é que são poucas partes em movimento e o chaveamento do transistor não possibilita o aparecimento de arco e geralmente não requerem manutenção ou ajustes. Também, transistores e SCR's são capazes de suportar muito mais corrente que os platinados. Esta capacidade extra é importante quando queremos aumentar a tensão no secundário da bobina de ignição.

Para aumentar a tensão no secundário, podemos aumentar a tensão de entrada para o dobro da tensão por exemplo, ou aumentar a corrente da bobina primária. É muito mais fácil e barato aumentar a corrente. Usando transistores de alta capacidade podemos ultrapassar o valor normal controlado e poderemos dobrar efetivamente a corrente. Isto feito é possível um centelha muito forte para as velas devido ao aumento de corrente.

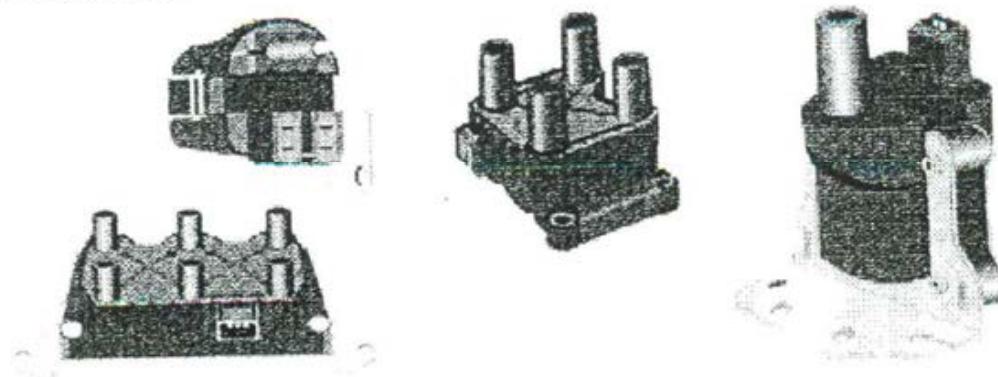
Devido a alta tensão usada, sistemas de ignição sem platinado, podem utilizar velas com aberturas maiores que o convencional. Uma abertura maior produz uma faísca maior, e muito mais quente

resultando num processo eficiente e limpo de combustão. Isto ajuda o motor, aproveitando mais potência com este resultado.

Versões anteriores deste sistema usavam centrifugação e avanço mecânicos, enquanto versões atuais estas configurações são implementadas eletronicamente. Nas versões mais antigas, o sistema era controlado por um simples transistor no chaveamento e atualmente podem controlar o acionamento nas velas.

## IGNIÇÃO SEM DISTRIBUIDOR

A figura, mostra como podemos ter um sistema de ignição eletrônico sem o distribuidor. A maior diferença está no fato de que existe uma bobina de ignição para cada vela e estas bobinas de ignição serão chaveadas por diversos transistores e que deverão ser controlados por um sistema de chaveamento comandado por um circuito que é chamado módulo de ignição eletrônica. Este sistema tem como resultado um alto grau de precisão no controle de centelha, menos calor nos circuitos eletrônicos e nas bobinas.



Os sistemas eletrônicos de ignição utilizam sensores para monitorar o virabrequim e eixo das válvulas. Após o reconhecimento, estas informações são usadas para fazer a temporização e as decisões de centelhamento.

A abertura e fechamento do circuito da bobina primária é eletronicamente controlada, usando-se o chaveamento para o terra. O tempo de disparo para cada bobina também foi incorporado ao sistema de controle eletrônico.

## SISTEMA WASTE-SPARK

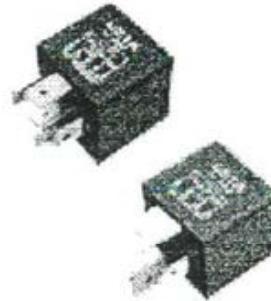
Embora o sistema de bobinas separadas pode ser usado, este é um método que não é muito prático. Um outro método de ignição sem distribuidor o qual é mais prático e econômico é o sistema WASTE-SPARK.

Neste sistema, a grande vantagem é que é usada uma bobina para acionar dois terminais. Na figura, podemos ver que uma vela é conectada para cada terminal do enrolamento secundário. O chaveamento do circuito primário é implementado por transistores. O controle da centelha é essencialmente o mesmo que em outros sistemas sem distribuidores, exceto que somente metade das bobinas são usadas.

A tensão da bobina é aplicada à duas velas através de um circuito série criado pelo secundário da bobina e os terminais. A resistência no cilindro que está em exaustão dos gases é muito baixa, enquanto que dos gases em combustão é alta, portanto as velas detonarão, porém como o cilindro de exaustão tem gases já queimados a centelha será fraca, enquanto que o de combustão possui a mistura não queimada e com alta resistência receberá um centelhamento que detonará com maior intensidade. Podemos simplificar a idéia supondo as velas como resistores, e a bobina o elemento que supre momentaneamente a tensão. Usando a lei de OHM, podemos determinar a tensão entre os espaços em ambas as posições onde estão as velas e considerando a corrente como fluindo em série no circuito, as tensões cairão de forma desigual no circuito, sendo que a maior recai sobre o elemento de maior resistência e a menor para a menor resistência.

## RELÉS

É um dispositivo eletromagnético que pode ser controlado remotamente pelo chaveamento de uma transistor ou manualmente operado diretamente por uma chave. São empregados em circuitos onde deveremos acionar altas correntes à partir de uma baixa potência, tal como a partida, buzina, desembaçador de vidro traseiro, etc. Normalmente estes elementos consomem uma corrente excessiva para chaves comuns. Neste caso o relê é colocado entre a bateria e a carga elétrica que queremos acionar. A figura ilustra o circuito básico de uma buzina.



Os relês são usados em aplicações onde a corrente é alta e não é necessário rapidez no acionamento. O campo magnético nas bobinas dos relês não podem ser usadas com uma rápida interrupção como os transistores, porque o sistema mecânico do conjunto não consegue responder. Por exemplo, eles não podem ser aplicados no injetor de combustível. Podem ser aplicados nos locais em que o período de liga/desliga é bastante longo.

Como o dispositivo é feito com espiras envolvidas num núcleo, ocorre uma força-contra-eletromotriz que aparece quando desligamos a corrente. Normalmente esta força-contra-eletromotriz pode danificar o elemento controlador do seu acionamento. Nesta situação podemos colocar um diodo em paralelo com a bobina para limitar o valor desta tensão. São usados nos solenóides com o mesmo propósito. A figura mostra um relê com contato normalmente aberto (NA). Isto quer dizer que o contato está aberto quando o relê está desligado. Quando a chave de controle é fechada, uma pequena corrente flui através da bobina, forma o campo magnético. Este campo puxa um braço para fechar os pontos de contato. Os pontos de contato, por sua vez, conduzem corrente para a carga que estamos querendo alimentar (buzina, luzes, etc).