

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Eletrônica Automotiva

CLEITON GONÇALVES DOS SANTOS
FERNANDO DE FRANÇA FERNANDES

UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO E
DESENVOLVIMENTO DO *CLUSTER AUTOMOTIVO*
RECONFIGURÁVEL

SANTO ANDRÉ
2012

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Eletrônica Automotiva

CLEITON GONÇALVES DOS SANTOS
FERNANDO DE FRANÇA FERNANDES

UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO E
DESENVOLVIMENTO DO CLUSTER AUTOMOTIVO
RECONFIGURÁVEL

*Monografia apresentada ao Curso de
Tecnologia em Eletrônica Automotiva da
FATEC Santo André, como requisito
parcial para conclusão do curso em
Tecnologia em Eletrônica Automotiva.*

Orientador: Prof. Weslley Medeiros Torres.

SANTO ANDRÉ
2012

S2373c

Santos, Cleiton Gonçalves dos
Uma contribuição ao estudo e desenvolvimento do *Cluster*
automotivo reconfigurável / Cleiton Gonçalves dos Santos,
Fernando de França Fernandes. - Santo André, 2012. – 62 f. il.

Trabalho de conclusão de curso – FATEC- Santo André.
Curso de Tecnologia em eletrônica automotiva, 2012.
Orientador: Weslley Medeiros Torres

1. Automóveis – eletrônica automotiva
 2. Cluster
 3. Sensores – Display - LCD
- I. Fernandes, Fernando de
França II. Título

CDD:626.2

CENTRO PAULA SOUZA



Faculdade de Tecnologia de Santo André “Dr. Newton da Costa Brandão”

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 15 de dezembro de 2012.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO
DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA “Uma Contribuição ao
Estudo do Cluster Automotivo Configurável” DOS ALUNOS DO 6º
SEMESTRE DESTA U.E

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. WESLEY MEDEIROS TORRES

MEMBROS:

PROF. LUIS KANASHIRO

CONVIDADO ENGº GUSTAVO OIOLI DE CAMPOS

Dedicamos esse trabalho a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a sua realização. Aos colegas de sala, aos professores, colaboradores da Fatec Santo André e nossos familiares que sempre estiveram aptos a nos ajudar.

Agradecimentos

Agradecemos a Deus pela perseverança na conquista de mais esse objetivo e pela paz espiritual encontrada nos momentos mais difíceis dessa caminhada. Os momentos de dificuldade e de alegria foram compartilhados e, em todos eles, a certeza da tua presença representou a calmaria dos dias de tormento.

Agradecemos as nossas famílias (pais, irmãos, filhos e namoradas), que caminharam ao nosso lado durante toda essa jornada de nossa graduação e sempre compreenderam os nossos esforços. Agradecimentos são pequenos gestos perto da dedicação e da paciência de nos ouvirem a cada dia tendo novas ideias, vontades, expectativas, vitórias e decepções. Ao sorriso nas conquistas, aos gestos de carinho para dividir e amenizar nossas preocupações, foram fundamentais para superar toda essa etapa.

Agradecemos a todo corpo docente da FATEC Santo André por todo o conhecimento, experiência de vida, ajuda extra aula e esforços por defenderem e divulgarem o nosso curso até então pioneiro na área automobilística.

Agradecemos também aos senhores Charles Viol da Rosa, Fabio Perkowitsch Mulero e Luciano Vicenzo Avona, por todas as sugestões e auxílios prestados durante o desenvolvimento do trabalho.

“Sempre que te perguntarem se
podes fazer um trabalho, responde que
sim e te ponhas em seguida a aprender
como se faz.”

Franklin Delano Roosevelt

Resumo

Este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo desenvolver um *cluster* automotivo com as seguintes funções: velocímetro, tacômetro, indicador de nível de combustível e indicador de temperatura do líquido de arrefecimento, oferecendo ao condutor a opção de reconfigurar o posicionamento dos componentes descritos acima. O *cluster* será desenvolvido em um *display* gráfico de *LCD* e será testado no veículo VW Gol CL 1995. Este equipamento possui uma importância relevante para o motorista, pois através dele o motorista consegue processar um fluxo intenso de informações essenciais para o funcionamento do veículo. As informações a que o motorista tem acesso são as mais diversas, tais como: velocidade, rotação do motor, temperatura do líquido de arrefecimento, quantidade de combustível, entre outras. Os primeiros *clusters* automotivos funcionavam com ponteiros acionados mecanicamente através de cabos, que eram ligados diretamente na roda e no motor. Atualmente estes sinais são fornecidos por sensores (digitais ou analógicos) e processados por microcontroladores, transformando o sinal do sensor em informação visual através de ponteiros que são movidos por pequenos motores de passo, garantindo uma maior precisão dos instrumentos e também eliminando a necessidade da ligação mecânica dos indicadores. O principal objetivo deste projeto é construir um *cluster* totalmente digital, fornecendo informações claras e precisas sobre o estado de funcionamento do veículo, além da facilidade de alternar entre diferentes configurações dos instrumentos para diversos modelos de veículos.

Palavras Chaves: *cluster*, instrumentos, sensores, *display*, *LCD*.

Abstract

This course conclusion work aims to develop an automotive cluster with the following features: Speedometer, speed, engine rotation, cooling liquid temperature, fuel measure, providing the driver with the option of reconfiguring the placement of the components described above. The cluster will be developed on a graphic LCD display and will be tested in the vehicle VW Gol CL 1995. This equipment has a great importance for the driver, because through it the driver can handle an intense flow of information essential to the operation of the vehicle. The information that the driver has access to, is very different, such as; speed, engine rotation, cooling liquid temperature, fuel measure, among others. The first automotive clusters been used pointers driven mechanically by cables that which connected directly to the wheel and the engine. Currently these signals are provided by sensors (digital or analog) and processed by microcontrollers, transforming the sensor signal on visual information through pointers that are addressed by small step motors, ensuring greater accuracy of instruments and also eliminating the need for indicators mechanical connection. The main objective of this project is to construct a fully digital cluster, providing clear and accurate information about the state of operation of the vehicle, besides that the easines of switching between configurations of different instruments for different types of vehicles.

Key-Words: Cluster, instruments, sensors, display, LCD.

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Réplica do Benz Patent Motorwagen – Primeiro automóvel a gasolina criado e patenteado por Karl Benz na Alemanha em 1886 | 19 |
| Figura 2: Ford T, produzido por Henry Ford entre 1908 e 1927 | 20 |
| Figura 3: Painel do Ford T, 1908..... | 20 |
| Figura 4: Mostrador de Combustível do Ford T, 1908..... | 21 |
| Figura 5: Princípio de Funcionamento do Velocímetro e Tacômetro..... | 22 |
| Figura 6: Conexão dos cabos de acionamento do Velocímetro e Tacômetro .. | 22 |
| Figura 7: Diagrama de blocos do acionamento do Velocímetro e Tacômetro .. | 22 |
| Figura 8: Velocímetro por Arrasto Magnético | 23 |
| Figura 9: Triângulo Retângulo formado pelos campos magnéticos..... | 24 |
| Figura 10: Instrumento Indutivo de Bobina Móvel e Imã Permanente..... | 25 |
| Figura 11: Componentes do Painel de Instrumentos | 25 |
| Figura 12: Esquema de um Circuito Magnético de um Motor de Passo..... | 27 |
| Figura 13: Efeito Hall..... | 29 |
| Figura 14: Distribuidor Equipado com Sensor de Efeito Hall..... | 29 |
| Figura 15: Configuração Interna de um Circuito Integrado Hall..... | 30 |
| Figura 16: Sensor de Velocidade do veículo VW Gol CL 1995 | 31 |
| Figura 17: Sensor de Temperatura NTC MTE4046, que equipa o Veículo VW Gol CL 1995 | 32 |
| Figura 18: Sensor de Nível de Combustível | 33 |
| Figura 19: Esquema elétrico do Sensor de nível de Combustível | 33 |
| Figura 20: <i>Display</i> de Sete Segmentos | 35 |
| Figura 21: Painel de Instrumentos Digital do Kadett GSI 1992 | 35 |
| Figura 22: Velocímetro do Honda Civic 2012, que utiliza <i>display</i> numérico para indicação da velocidade | 36 |
| Figura 23: Otto Lehmann (esquerda) e Friedrich Richard Kornelius Reinitzer (direita) Precursors no Estudo de Cristais Líquidos | 36 |
| Figura 24: Componentes internos de um LCD | 38 |
| Figura 25: Imagem sendo exibida no LCD | 39 |
| Figura 26: Painel Central de Mostradores do Honda Cívic 2006..... | 39 |
| Figura 27: Formação de um caractere no <i>display</i> LCD | 40 |
| Figura 28: Formação de um caractere no <i>display</i> gráfico | 40 |

| | |
|---|----|
| Figura 29: Computador de Bordo do Honda Civic 2012 | 41 |
| Figura 30: Diagrama em Blocos do Projeto..... | 42 |
| Figura 31: Veículo VW Gol CL 1.0 Litros 8 Válvulas | 42 |
| Figura 32: Diagrama em Blocos do <i>Hardware</i> | 43 |
| Figura 33: Diagrama em Blocos do funcionamento do ICL7660 | 44 |
| Figura 34: Amplificador Operacional na configuração seguidor de tensão | 45 |
| Figura 35: Diagrama em Bloco do Condicionador de Sinais | 45 |
| Figura 36: Encapsulamento do microcontrolador Pic18f4620 | 46 |
| Figura 37: Diagrama em blocos do display gráfico..... | 47 |
| Figura 38: Foto do <i>Display</i> SS24E12DLNW-E | 48 |
| Figura 39: Foto da Placa Desenvolvida..... | 48 |
| Figura 40: <i>Display</i> gráfico e circuito de controle instalados na caixa plástica .. | 49 |
| Figura 41: Vista traseira do <i>cluster</i> projetado..... | 49 |
| Figura 42: Comparação entre o <i>cluster</i> desenvolvido e o <i>cluster</i> que equipa o veículo VW Fox 2007 | 50 |
| Figura 43: Fluxograma de Inicialização do <i>Display</i> Gráfico..... | 51 |
| Figura 44: Fluxograma de execução do <i>software</i> | 51 |
| Figura 45: Diagrama em blocos da transformação de imagens do <i>software</i> GLCD | 52 |
| Figura 46: Regiões ativas do <i>display</i> | 53 |
| Figura 47: Reconfigurabilidade do <i>cluster</i> | 54 |
| Figura 48: Formas de onda do circuito de condicionamento de sinais | 56 |
| Figura 49: Teste do <i>display</i> gráfico | 56 |
| Figura 50: <i>Cluster</i> em funcionamento | 57 |
| Figura 51: Comparação entre o velocímetro do veículo e o protótipo desenvolvido | 57 |
| Figura 52: Teste da reconfigurabilidade do <i>cluster</i> | 58 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Componentes do Painel de Instrumento e suas funções | 26 |
| Tabela 2: Sequência de Polarização do motor de passo | 28 |
| Tabela 3: Relação rotação do motor e frequência do sinal PIP..... | 30 |
| Tabela 4: Variação da Resistência e Tensão do Sensor de Temperatura | 32 |
| Tabela 5: Relação entre Nível de Combustível e Nível de Tensão | 34 |

Lista de Abreviaturas

- CCS – *Custom Computer Services*
CL – *Custom Luxury*
ECT – *Engine Coolant Temperature*
ECU – *Electronic Control Unit*
EEPROM – *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*
I²C – *Inter-Integrated Circuit*
ITO – *Indium Tin Oxide*
LCD – *Liquid Crystal display*
LED – *Light Emitter Diode*
NTC – *Negative Temperature Coefficient*
PIP – *Power Ignition Pickup*
PTC – *Positive Temperature Coefficient*
RAM – *Random Access Memory*
RPM – Rotações Por Minuto
SD – *Secure Digital*
SPI – *Serial Peripheral Interface*
VSS – *Vehicle Speed Sensor*
VW – Volkswagen

Lista de Símbolos

A – Ampere

mA – mili Ampere

B – Campo Magnético

°C – Graus Celsius

d – Espessura

F – Força

Hz – Hertz

I – Corrente Elétrica

V / Vh – Tensão

w – largura

Ω – Ohm

Sumário

| | |
|---|----|
| Agradecimentos | 6 |
| Resumo | 8 |
| Abstract | 9 |
| Lista de Figuras | 10 |
| Lista de Tabelas | 12 |
| Lista de Abreviaturas | 13 |
| Lista de Símbolos | 14 |
| Sumário | 15 |
| 1 – Introdução | 17 |
| 1.1. Objetivos e motivação | 18 |
| 1.2. Desenvolvimento do Trabalho | 18 |
| 2 – Histórico do <i>Cluster</i> Automotivo | 19 |
| 2.1. Instrumentos Mecânicos | 21 |
| 2.1.1. Velocímetro e Tacômetro | 21 |
| 2.1.2. Indicadores de Temperatura e Combustível | 24 |
| 2.2. Instrumentos Acionados Eletronicamente | 25 |
| 2.2.1. Motores de Passo | 26 |
| 2.3. Sensores | 28 |
| 2.3.1. PIP e VSS – Sensores de efeito Hall | 28 |
| 2.3.2. ECT e Sensor de nível de Combustível | 31 |
| 2.4. <i>Displays</i> | 34 |
| 2.4.1. <i>Display</i> de Sete Segmentos | 34 |
| 2.4.2. Histórico do Cristal Líquido | 36 |
| 2.4.3. Características do Cristal Líquido | 37 |
| 2.4.4. Funcionamento dos <i>Displays</i> de Cristal Líquido | 37 |
| 2.4.5. <i>Display</i> de Caracteres Alfanuméricos | 39 |
| 2.4.6. <i>Display</i> Gráfico | 40 |

| | |
|---|----|
| 2.5 Considerações Finais | 41 |
| 3 – Metodologia | 42 |
| 3.1. Características do veículo..... | 42 |
| 3.2. Desenvolvimento do <i>Hardware</i> | 43 |
| 3.2.1. Fonte de Alimentação..... | 43 |
| 3.2.2. Condicionador de Sinais..... | 44 |
| 3.2.3. Microcontrolador | 46 |
| 3.2.4. <i>Display</i> Gráfico de LCD | 47 |
| 3.3. Detalhamento do <i>Software</i> | 50 |
| 3.3.1. Formação das Imagens | 52 |
| 3.3.2. Reconfigurabilidade | 53 |
| 3.4. Considerações Finais | 54 |
| 4 – Resultados Obtidos | 55 |
| 5 – Conclusão | 59 |
| 5.1. Propostas Futuras..... | 59 |
| 6 – Bibliografia..... | 61 |
| 7 – Anexos | 64 |

1 – Introdução

Desde a criação dos primeiros veículos pelo homem, uma das principais preocupações foi como fornecer ao condutor meios para se monitorar todas as condições de funcionamento dos equipamentos que constituem o veículo automotor, garantindo assim maior comodidade e segurança aos usuários. Como a indústria do setor automotivo vive em constante inovação tecnológica, a busca por novos métodos para transmissão de informações e que tenha fácil compreensão, vem crescendo a cada dia, buscando não somente uma maior comodidade para os consumidores, mas também, uma maior satisfação do cliente em termos de entendimento e *design* do conjunto de instrumentos.

Atualmente, o desenvolvimento de novos conjuntos de instrumentos (conhecido como *cluster*), aboliu todo o conjunto mecânico que fazia o acionamento dos componentes do *cluster*, dando espaço para os conjuntos eletrônicos microprocessados. A utilização desses tipos de componentes tem fornecido inúmeras vantagens, entre elas destacam-se: eliminação de cabos de aço que fazem o acionamento mecânico dos instrumentos e a substituição por sistemas de medição mais precisos, com a utilização de motores de passo para comandar os ponteiros indicadores.

O uso da eletrônica na instrumentação automotiva também está permitindo a utilização de novos dispositivos, como por exemplo, *displays* de LCD (*Liquid Crystal display*) e a introdução de *Leds* no sistema de iluminação do *cluster*, permitindo uma padronização da localização do *display*, porém com a interface gráfica totalmente diferente entre veículos distintos. Não há mais a utilização de indicadores mecânicos, mas sim uma representação gráfica gerada por um *software* e um maior contraste fornecido pela iluminação feita por *leds*. (BOSCH, 2005)

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho será possível demonstrar todos os passos que abrangem o desenvolvimento de um *cluster* automotivo, desde o tratamento e condicionamento dos sinais provenientes dos diversos sensores que são distribuídos pelo veículo, até o processamento e exibição das informações de forma adequada em um *display*.

1.1. Objetivos e motivação

Este trabalho tem por objetivo estudar as tecnologias utilizadas atualmente no conjunto de instrumentos que compõem um sistema de instrumentação automotivo, conhecido como *Cluster* ou *combimeter* e também todos os sensores que fazem parte deste sistema. Outro ponto que também será abordado é a aplicação experimental de uma interface gráfica reconfigurável com a utilização de um *display LCD*.

A motivação para este trabalho veio do desafio em estudar todo o sistema que abrange a instrumentação automotiva e desenvolver um sistema microprocessado que forneça todas as informações de uma maneira clara e que permita a reconfiguração possibilitando dessa forma a utilização em veículos distintos, isto é, sem alteração física de *hardware*, somente modificações de *software*.

1.2. Desenvolvimento do Trabalho

No capítulo 2 apresenta-se um breve histórico dos *clusters* automotivos, a aplicação de diferentes tipos de tecnologia na instrumentação automotiva e a fase de migração entre essas tecnologias. Será apresentada a história da instrumentação automotiva, funcionamento das tecnologias adotadas nos primeiros veículos, além do funcionamento dos sensores e conjuntos mecânicos. Sêrão abordadas também as novas tecnologias adotadas e o período de migração entre os componentes mecânicos e os equipamentos eletrônicos.

No capítulo 3 são demonstradas todas as características do veículo usado no teste do *cluster*, o *hardware* projetado, o *display* utilizado, a forma como foram formadas as imagens dos componentes e uma breve explanação sobre o *software* desenvolvido para este projeto.

O capítulo 4 versa sobre os resultados obtidos, desde os testes de bancada no inicio do desenvolvimento do projeto até o teste final no veículo.

Já no capítulo 5 são descritas as conclusões de todo o projeto desenvolvido neste trabalho. Com o intuito de contribuir com estudantes, pesquisadores e profissionais da área que forem reproduzir e que tenham a intenção de implantarem melhorias neste projeto, são sugeridas algumas perspectivas de implementações neste mesmo capítulo.

2 – Histórico do *Cluster Automotivo*

Não há um consenso no meio automotivo de qual foi o primeiro automóvel construído, porém essa comunidade comprehende que os primeiros veículos com motor de combustão interna foram produzidos na Alemanha por Karl Benz e Gottlieb Daimler, em 1886 (BARBOSA, 2011).

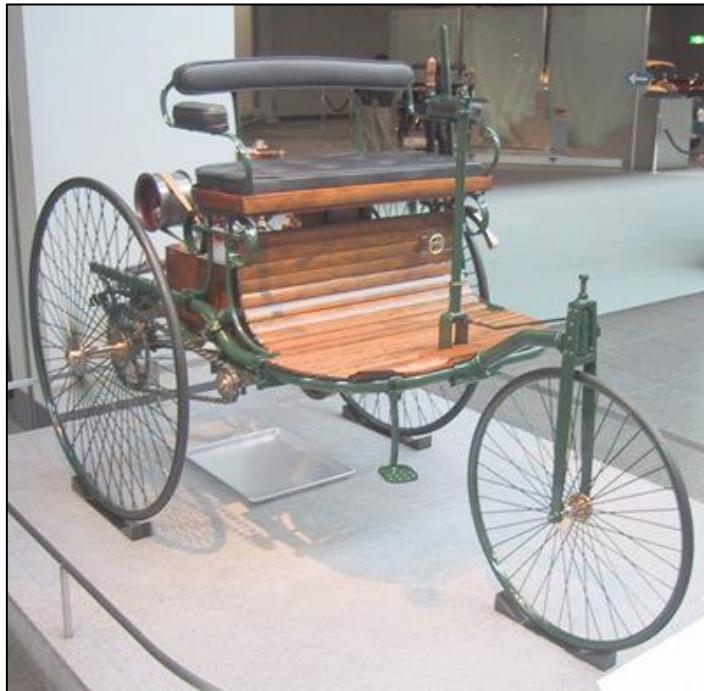


Figura 1: Réplica do Benz Patent Motorwagen – Primeiro automóvel a gasolina criado e patenteado por Karl Benz na Alemanha em 1886 (Extraído de BARBOSA, 2011).

A figura 1 ilustra o veículo produzido por Karl Benz e Gottlieb Daimler na Alemanha em 1886. Mesmo sendo um veículo moderno para a época, ele não possuía um painel de instrumentos. Essa tecnologia só foi introduzida em um veículo automotor no início do século XX nos Estados Unidos por Henry Ford.

A figura 2 ilustra o veículo Ford T ano 1908 produzido por Henry Ford, na qual foi introduzido o conceito de linha de montagem para produção de automóveis em larga escala, isto é, introduziu-se o conceito de produção em série (Barbosa, 2011).



Figura 2: Ford T, produzido por Henry Ford entre 1908 e 1927 (Extraído de BARBOSA, 2011).



Figura 3: Painel do Ford T, 1908 (Adaptado de BARBOSA, 2011).

A figura 3 ilustra o interior do Ford T já contemplando um painel de instrumentos composto apenas pelo indicador do nível de combustível, que está em destaque na figura 4.

Os instrumentos utilizados nos automóveis nessa época possuíam grande semelhança com os instrumentos utilizados em máquinas industriais. Isso se deve a tecnologia existente nessa época que era a referência funcional de produto (BARBOSA, 2011).



Figura 4: Mostrador de Combustível do Ford T, 1908 (Extraído de BARBOSA, 2011).

Com o rápido desenvolvimento da indústria automobilística no século XX houve uma preocupação por parte dos usuários e fabricantes em relação ao uso e aperfeiçoamento dos *clusters* automotivos, alcançando até os dias atuais um alto nível de desenvolvimento técnico e estético dos componentes que o compõem (BARBOSA, 2011).

2.1. Instrumentos Mecânicos

Antes de chegar à tecnologia atual de acionamento e funcionamento dos clusters automotivos serão abordados nas subseções seguintes os primórdios do acionamento e funcionamento do velocímetro, tacômetro, marcador de temperatura do líquido de arrefecimento e mostrador do nível de combustível.

O entendimento dos aspectos funcionais básicos dos instrumentos citados acima servirá como base para o entendimento do desenvolvimento deste trabalho.

2.1.1. Velocímetro e Tacômetro

Os primeiros velocímetros e tacômetros que equipavam os veículos automotores eram acionados mecanicamente através de cabos de aço flexível. Estes eram ligados diretamente no eixo da roda ou na caixa de transmissão do veículo e no motor e as outras extremidades dos cabos eram conectadas diretamente no painel de instrumentos, conforme ilustrado na figura 5.

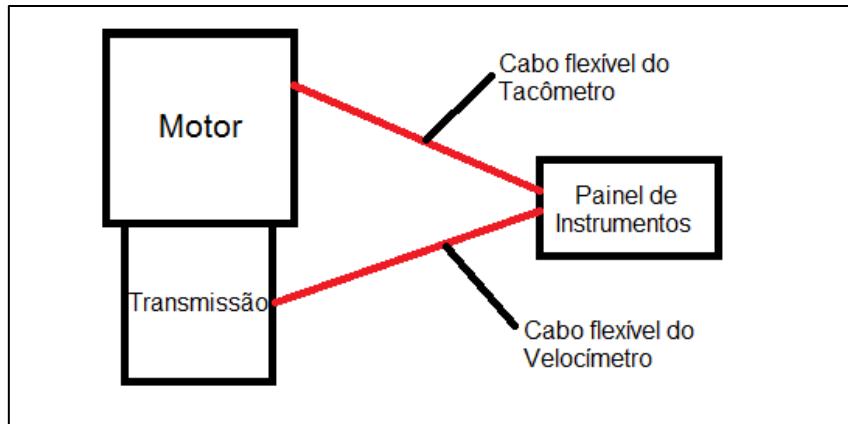


Figura 5: Princípio de Funcionamento do Velocímetro e Tacômetro (Figura elaborada pelos autores, 2012).

A figura 6(a) ilustra o local onde é conectado o cabo flexível de acionamento do tacômetro, que na maioria dos veículos que utilizam esse dispositivo mecânico, é no cabeçote do motor. A figura 6(b) ilustra o local de conexão do cabo do velocímetro, que na maioria dos veículos, é feito na saída da caixa de transmissão.

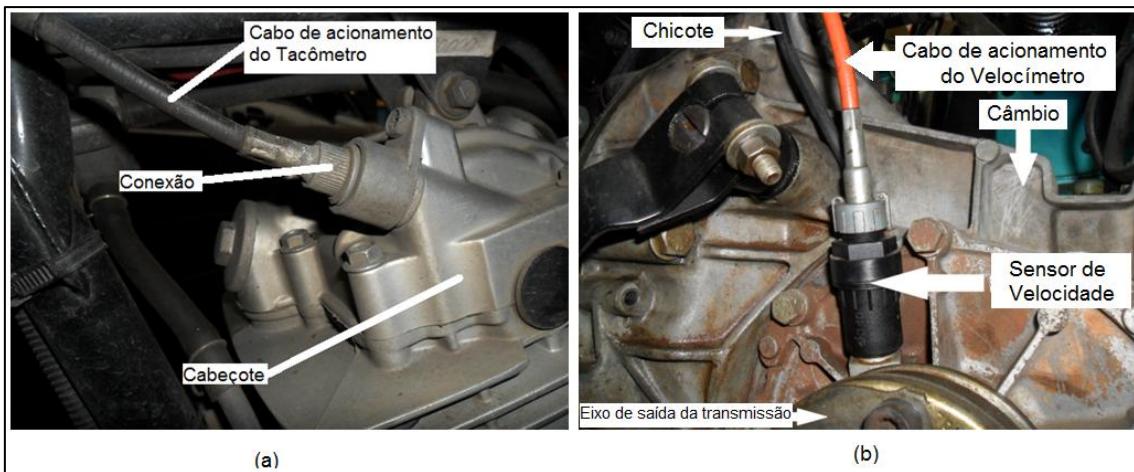


Figura 6: Conexão dos cabos de acionamento do Velocímetro e Tacômetro (Foto elaborada pelos autores, 2012).

O princípio de funcionamento do velocímetro e do tacômetro pode ser melhor compreendido nos diagramas da figura 7. A figura 7(a) ilustra o diagrama em blocos do funcionamento do velocímetro enquanto a figura 7(b) ilustra o diagrama em blocos do funcionamento do tacômetro.

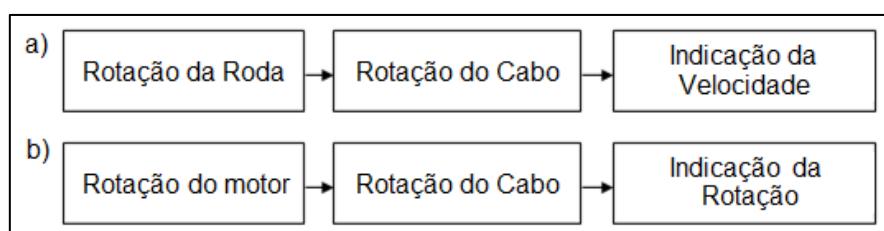


Figura 7: Diagrama de blocos do acionamento do Velocímetro e Tacômetro (figura elaborada pelos autores, 2012).

A primeira patente registrada para um velocímetro foi feita pelo inventor Otto Schulze de Estrasburgo em 1902. O velocímetro criado por Otto foi nomeado de velocímetro de Foucault, ilustrado na figura 8.

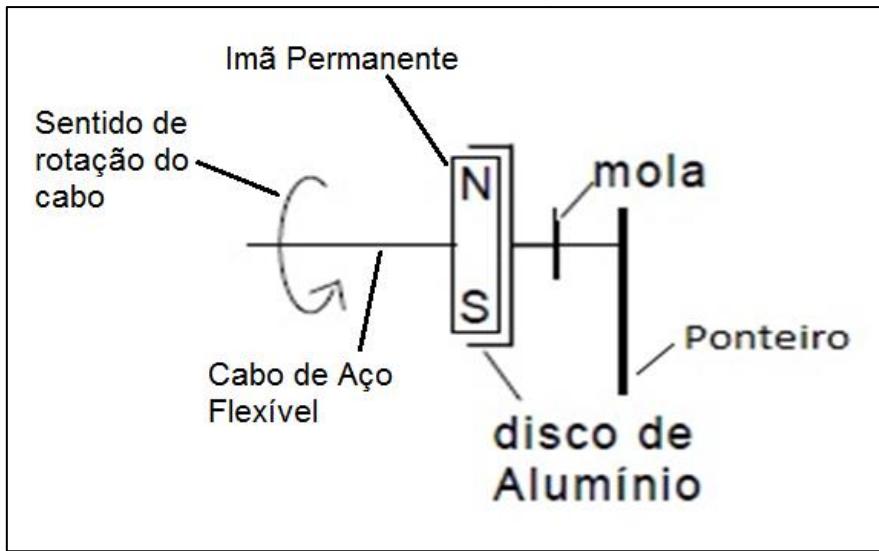


Figura 8: Velocímetro por Arrasto Magnético (Adaptado de AZINHEIRA, 2002).

Esse tipo de velocímetro é composto de um imã permanente que gira solidário ao cabo de acionamento frente a um disco de alumínio. Quando o veículo entra em movimento, o imã entra em movimento rotacional e induz correntes de Foucault no disco de alumínio.

A corrente de Foucault induzida no disco de alumínio cria um campo magnético que interage com o campo magnético produzido pelo imã permanente, essa interação faz surgir um campo magnético resultante que irá movimentar o ponteiro. Utilizando soma de vetores para determinar o campo resultante e consequentemente o ângulo que o ponteiro irá percorrer, obtém-se a seguinte relação:

$$\alpha = \arctan \left(\frac{x}{y} \right) \quad (1)$$

Sendo x o vetor do campo magnético do imã, y o vetor do campo magnético gerado pela corrente de Foucault, α o ângulo que o ponteiro irá percorrer e o ponteiro corresponde à hipotenusa do triângulo retângulo formado pelos campos magnéticos, ilustrado pela figura 9. Estabelecendo valores escalares para os campos magnéticos, é possível obter o valor em graus que corresponde à variação do ponteiro. Essa variação também é controlada por uma mola existente no eixo de acionamento do ponteiro (AZINHEIRA, 1996).

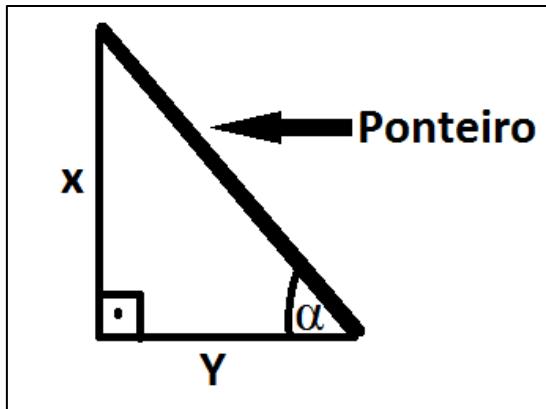


Figura 9: Triângulo Retângulo formado pelos campos magnéticos (Figura elaborada pelos autores, 2012).

2.1.2. Indicadores de Temperatura e Combustível

Diferentemente do velocímetro e do tacômetro, nesses instrumentos não há a transformação de movimento rotativo em movimento angular de um ponteiro. Estes instrumentos eram acionados por sensores analógicos (seja de temperatura ou de nível de combustível), que controlavam a corrente elétrica que era fornecida ao instrumento indicativo.

Ao longo da evolução dos *clusters* foram adotados diversos tipos de mecanismos de acionamento dos ponteiros, na qual podemos destacar os seguintes:

- **Instrumento Térmico:** É construído com fio aquecido, na qual a circulação de corrente provoca a dilatação do fio. Essa dilatação provoca o deslocamento do ponteiro;
- **Instrumento Bimetálico:** É constituído por dois metais diferentes que se deformam quando percorridos pela corrente elétrica, essa deformação provoca o deslocamento do ponteiro;
- **Instrumento de Indução:** É conhecido por galvanômetro e é baseado na indução eletromagnética para fazer o movimento do ponteiro. É composto por uma bobina móvel solidária ao ponteiro e um imã permanente. O movimento angular do ponteiro é proporcional a corrente que circula pela bobina móvel, isto é, quanto maior a corrente, maior a variação angular exibida pelo ponteiro.

Apesar de utilizarem princípios físicos diferentes, seja ele térmico, bimetalico ou indutivo, o funcionamento é semelhante: o sensor controla a quantidade de corrente que circula pelo instrumento, e consequentemente, varia o posicionamento do ponteiro indicativo (ZANCHET, 2010).

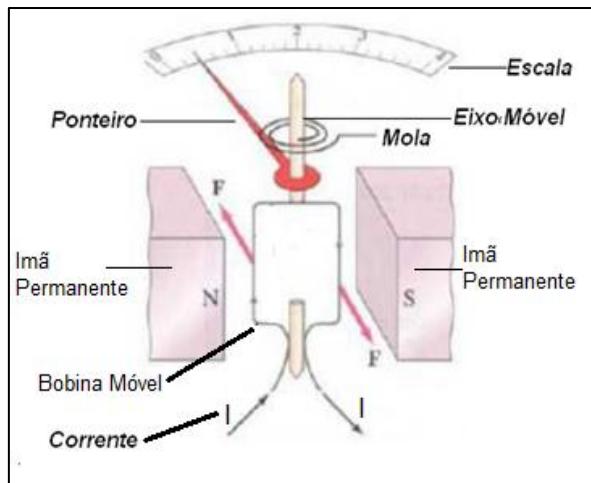


Figura 10: Instrumento Indutivo de Bobina Móvel e Imã Permanente (Adaptado de ZANCHET, 2010).

A figura 10 ilustra o funcionamento de um instrumento indutivo, na qual a corrente elétrica (I) controlada pelo sensor percorre a bobina móvel que é solidária ao ponteiro, gerando um campo magnético. Este campo gerado pela bobina reage com o campo magnético formado pelos imãs fixos produzindo uma força F , fazendo com que o ponteiro se movimente de acordo com a corrente proveniente do sensor (ZANCHET, 2010).

2.2. Instrumentos Acionados Eletronicamente

Em mais uma etapa do desenvolvimento dos instrumentos automotivos, houve a migração dos acionamentos mecânicos de precisão para o domínio da eletrônica. Isso devido à tecnologia dos microprocessadores, a utilização de sensores, motores de passo e o avanço das redes de comunicação automotiva (BOSCH, 2005).

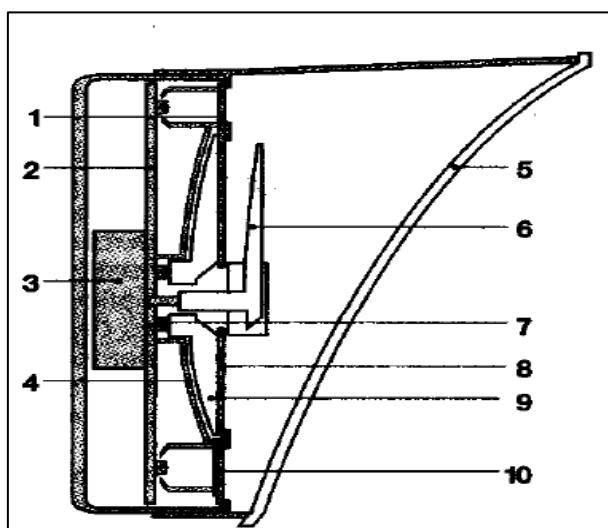


Figura 11: Componentes do Painel de Instrumentos (Extraído de BOSCH, 2005).

A figura 11 ilustra um painel de instrumentos automotivo construído com as novas tecnologias citadas, trazendo grandes benefícios, na qual se destacam: maior precisão dos ponteiros, quando comparados aos acionados mecanicamente, redução de espaço utilizado no painel do veículo devido ao tamanho reduzido dos motores de passo e a eliminação dos cabos de acionamento (BOSCH, 2005). A tabela 1 ilustra a função de cada elemento indicado na figura anterior:

Tabela 1: Componentes do Painel de Instrumento e suas funções

| Componente | Função |
|------------------------|---|
| 1 – Lâmpada Piloto | Informar que a ignição está acionada |
| 2 – Circuito Impresso | Faz a ligação elétrica entre todos os componentes |
| 3 – Motor de Passo | Movimentar os ponteiros angularmente |
| 4 – Refletor | Refletir a luz emitida |
| 5 – Placa de Cobertura | Proteção do painel |
| 6 – Ponteiro | Indicar |
| 7 – LED | Iluminar o painel |
| 8 – Display | Indicar a distância percorrida |
| 9 – Guia de Luz | Direcionar o feixe de luz |
| 10 – LCD | Exibir caracteres |

(Tabela elaborada pelos autores, 2012).

Um dispositivo que contribuiu para a compactação e precisão no acionamento dos ponteiros do painel de instrumentos foram os motores de passo, que serão estudados a seguir.

2.2.1. Motores de Passo

Os motores de passo são componentes que substituíram o acionamento dos ponteiros do *cluster* automotivo, que antes eram acionados mecanicamente e passaram a ser acionados por esses micromotores. Esses dispositivos convertem uma determinada sequência de pulsos elétricos em pequenos movimentos angulares discretos. Esses pequenos movimentos angulares são denominados “passos”.

A sequência e frequência que os pulsos elétricos são aplicados nos terminais do motor refletem diretamente na direção e na velocidade que o eixo do motor gira (BRITES, 2008). Esses motores possuem um tamanho extremamente reduzido, isso se deve ao compacto circuito magnético por ele utilizado. Ou-

tra vantagem que também deve ser exaltada é o acionamento preciso dos ponteiros dos instrumentos (BOSCH, 2005).

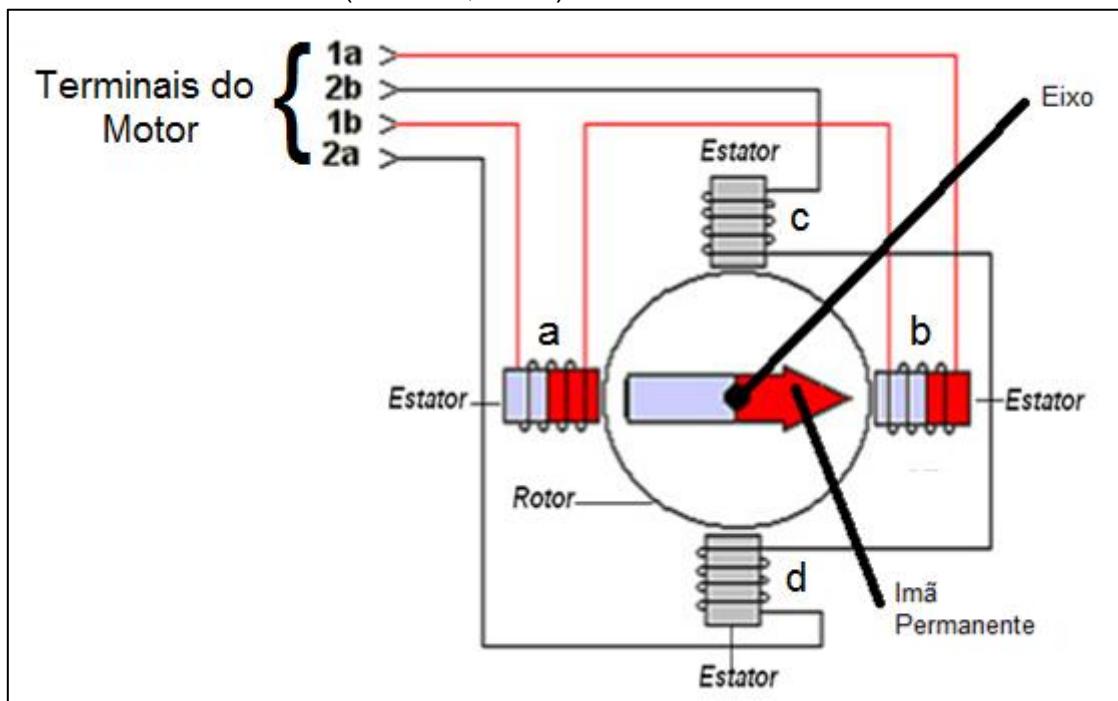


Figura 12: Esquema de um Circuito Magnético de um Motor de Passo
(Adaptado de QUEIROZ, 2002).

A figura 12 ilustra o esquema de um circuito elétrico de um motor de passo, na qual dois componentes são essenciais para seu funcionamento: o estator, que é a parte fixa onde são enroladas as bobinas (denominadas também como solenoides) e o rotor, que é a parte móvel composta pelo eixo e por um imã permanente. Basicamente, o funcionamento do motor de passo é dado pela polarização de duas bobinas simultaneamente, que atraem o imã do rotor, isto faz com que o campo magnético deste se alinhe com o campo magnético das solenoides energizadas, causando uma pequena variação no ângulo do motor (BRITES, 2008). No exemplo da figura 12, as solenoides A e B estão energizadas, fazendo com que o imã do rotor seja atraído e se alinhe ao campo magnético gerado por elas.

A tabela 2 exemplifica a sequência de polarização para movimentar o eixo do motor de passo no sentido horário. Para que o eixo gire no sentido anti-horário a energização das bobinas ocorre inversamente, isto é, a polarização dos terminais do motor ocorrerá na seguinte ordem: 4-3-2-1 (QUEIROZ, 2002).

Tabela 2: Sequência de Polarização do motor de passo

| Número do Passo | Polarização dos Terminais | | | |
|-----------------|---------------------------|----------|----------|----------|
| | 1a | 2a | 1b | 2b |
| 1 | Positivo | Neutro | Neutro | Neutro |
| 2 | Neutro | Positivo | Neutro | Neutro |
| 3 | Neutro | Neutro | Positivo | Neutro |
| 4 | Neutro | Neutro | Neutro | Positivo |

(Tabela elaborada pelos autores, 2012).

Apesar de possuir uma série de vantagens em aplicações que exigem precisão, o motor de passo possui algumas desvantagens nas quais podemos destacar: o baixo desempenho em altas velocidades e a maior complexidade de controle desse dispositivo, que quando operado inadequadamente pode causar desde oscilações inesperadas entre os passos do motor até o superaquecimento do dispositivo (BRITES, 2008).

2.3. Sensores

Devido a grande variedade de sensores existentes para diferentes tipos de veículos, neste trabalho serão estudados somente os sensores embarcados do veículo VW Gol CL 1995.

Para a aquisição dos dados de rotação, velocidade, temperatura e combustível, este veículo utiliza os sinais PIP (*Profile Ignition Pickup*), VSS (*Vehicle Speed Sensor*), ECT (*Engine Coolant Temperature*) e sensor do nível de combustível, respectivamente. O funcionamento dos sensores de rotação e velocidade são baseados no sensor de efeito Hall, enquanto os sensores utilizados para medir o nível de combustível e temperatura funcionam com a variação da resistência elétrica conforme o nível de combustível e temperatura obtidos (BOSCH, 2005).

2.3.1. PIP e VSS – Sensores de efeito Hall

Como citado anteriormente, os sinais PIP e VSS são obtidos através de sensores de efeito Hall e serão descritos a seguir.

2.3.1.1 – PIP

Antes de explicar o funcionamento do sinal PIP será dada uma explicação do fenômeno Hall.

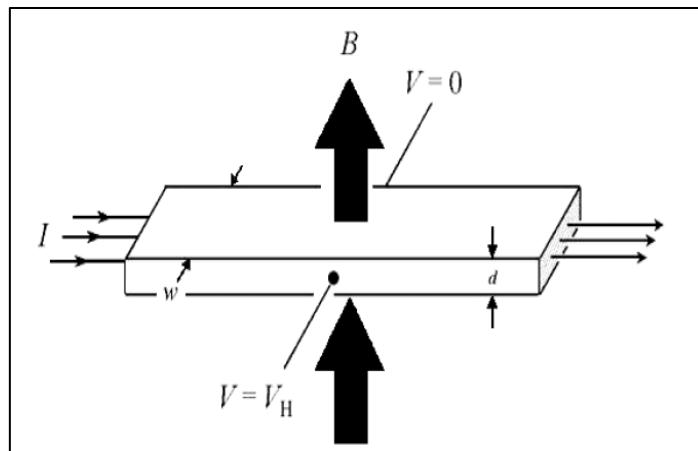


Figura 13: Efeito Hall (Extraído de MILHOR, 2002).

Na figura 13 é ilustrada uma célula Hall sendo percorrida por uma corrente elétrica I . À medida que a célula é submetida a um campo magnético transversal B , é gerado o fenômeno Hall, na qual surge uma diferença de potencial V_H em direção perpendicular à corrente I e ao campo magnético B (MILHOR, 2002).

Usualmente, o campo magnético é gerado por um imã enquanto a corrente elétrica I deverá ser fornecida à célula. A condição de circuito aberto ou fechado é obtida através de uma armadura em forma de um copo com “janelas” ao longo do seu perímetro, conforme ilustrado pela figura 14 (MILHOR, 2002).

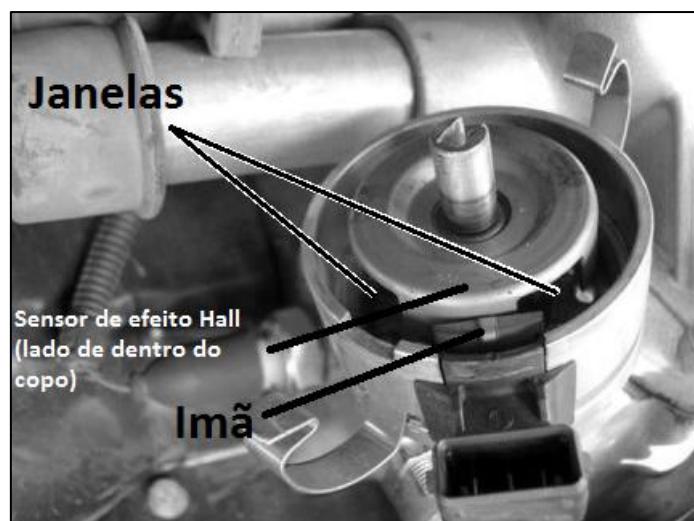


Figura 14: Distribuidor Equipado com Sensor de Efeito Hall (Foto elaborada pelos autores, 2012).

Por se tratar de um sinal de pequena amplitude, nos circuitos integrados comerciais, a tensão de Hall passa por um amplificador de tensão, conforme ilustrado na figura 15 (MILHOR, 2002).

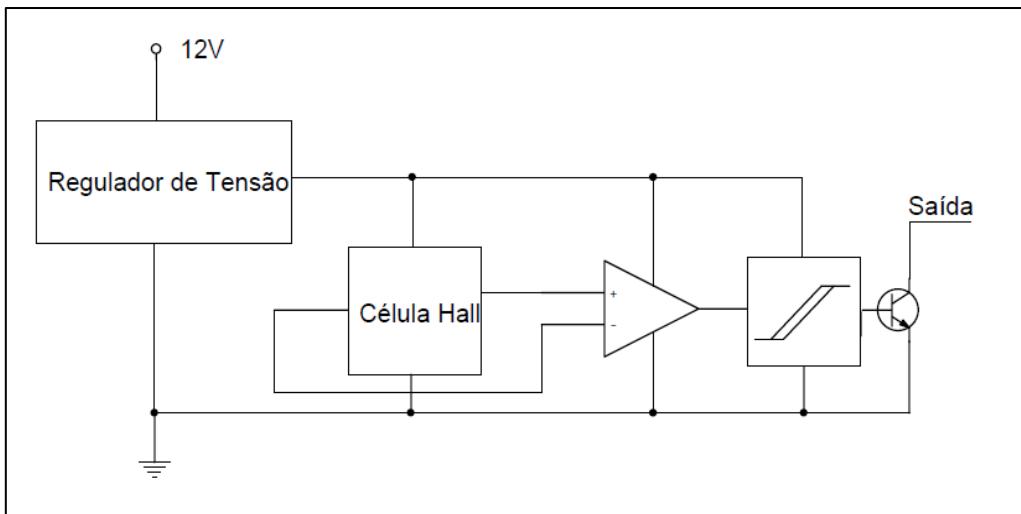


Figura 15: Configuração Interna de um Circuito Integrado Hall (Extraído de MILHOR, 2002).

No veículo VW Gol CL 1995, o sensor de efeito Hall que fornece o sinal PIP é instalado no interior do distribuidor, este que foi ilustrado na figura 14. O sinal PIP é utilizado pela central de controle do sistema de injeção para identificar o posicionamento da árvore de manivelas e para calcular a rotação do motor.

A partir de dados coletados no veículo VW Gol CL 1995, foi possível construir a tabela 3, na qual é possível estabelecer a relação entre a rotação do motor e a frequência do sinal PIP.

Tabela 3: Relação rotação do motor e frequência do sinal PIP

| RPM | 300 | 600 | 900 | 1200 | 1500 | 3000 | 6000 |
|-----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Frequência (Hz) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 100 | 200 |

(Tabela elaborada pelos autores, 2012).

| | |
|--|-----|
| $\text{Relação} = \frac{RPM}{Freq. PIP}$ | (2) |
|--|-----|

Aplicando a equação 1 nos dados da tabela, é possível obter a relação entre a rotação do motor e a frequência do sinal PIP:

$$\text{Relação} = \frac{6000RPM}{200Hz} = \frac{30RPM}{Hz}$$

Portanto, a cada 30 RPM de variação do motor, ocorre a variação de 1Hz no sinal PIP.

2.3.1.2 – VSS

Conforme citado anteriormente, o sinal VSS é utilizado pela central de comando de injeção para calcular a velocidade do veículo. Semelhante ao PIP, o sinal VSS também é obtido através de um sensor de efeito Hall, na qual o sensor é instalado na saída da caixa de transmissão, conforme ilustrado pela figura 16, e possui uma relação direta entre a velocidade do veículo e a frequência do sinal VSS. A cada metro percorrido pelo veículo, o sensor de velocidade emite 6 pulsos de sinal digital de 12V para a ECU (*Electronic Control Unit*) do veículo, esta faz o cálculo da velocidade e utiliza essa informação para gerenciar as estratégias de funcionamento do motor (MARELLI, 2003).

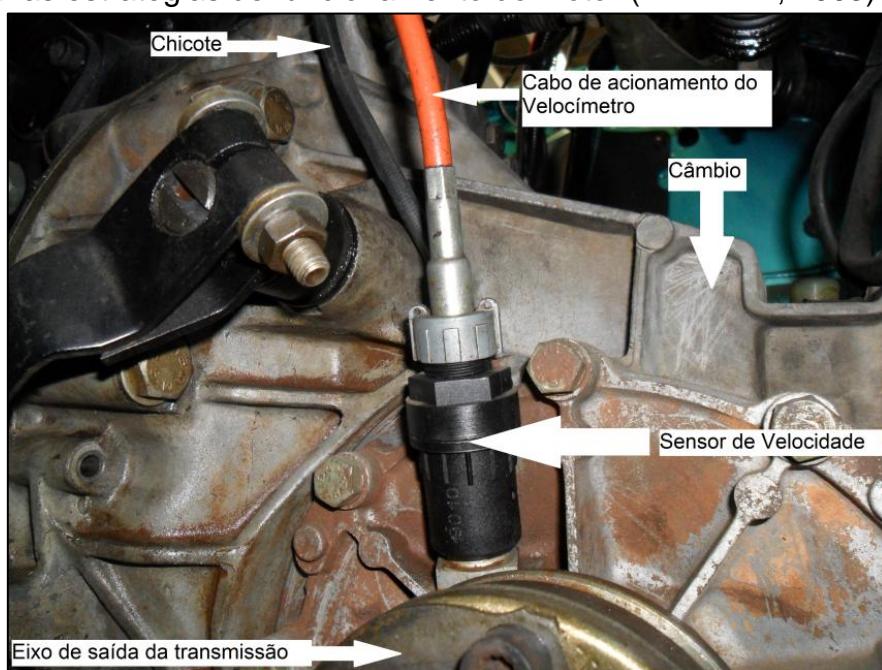


Figura 16: Sensor de Velocidade do veículo VW Gol CL 1995 (figura elaborada pelos autores, 2012).

No veículo VW Gol CL 1995, o sinal VSS é utilizado somente pela central de controle de injeção, pois o painel de instrumentos deste veículo ainda utiliza cabo flexível e velocímetro de Foucault, já estudados anteriormente. No projeto desenvolvido, a velocidade será calculada baseada nos sinais disponibilizados por este sensor.

2.3.2. ECT e Sensor de nível de Combustível

São sensores que possuem o mesmo princípio de funcionamento, isto é, operam variando a suas resistências elétricas, porém a maneira que esta variação ocorre é distinta e serão abordados a seguir.

2.3.2.1 – ECT

O sensor ECT é responsável por fornecer ao painel de instrumentos e ao sistema de controle da injeção eletrônica a temperatura do líquido de arrefecimento do motor (MILHOR, 2002).

Existem dois tipos de sensores de temperatura mais utilizados: o NTC (*Negative Coeficient Temperature*) e o PTC (*Positive Temperature Coeficient*), que variam a sua resistência elétrica conforme a variação da temperatura.

A diferença entre esses dois tipos de sensores está no comportamento que eles apresentam quando submetidos a diferentes temperaturas: em temperaturas elevadas, o sensor NTC possui uma resistência elétrica baixa, enquanto o PTC possui uma alta resistência elétrica. Em temperaturas baixas, o comportamento é o inverso: o sensor NTC possui resistência elétrica alta, enquanto que o PTC possui baixa resistência elétrica (MILHOR, 2002).

A figura 17 a seguir, ilustra o sensor de temperatura NTC da MTE-Thomson que equipa o veículo VW Gol CL 1995.

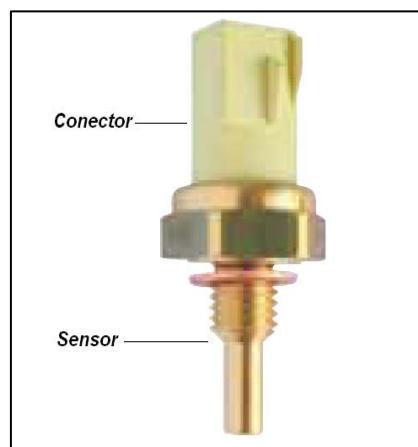


Figura 17: Sensor de Temperatura NTC MTE4046, que equipa o Veículo VW Gol CL 1995
(Adaptado do Catálogo de Produtos MTE-THOMSON).

Tabela 4: Variação da Resistência e Tensão do Sensor de Temperatura

| Temperatura (°C) | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Tensão (V) | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,5 |
| Resistência (kΩ) | 2,1 | 2,8 | 3,8 | 5,4 | 7,7 | 11,0 | 16,2 | 24,3 | 37,3 | 58,7 |

(Tabela elaborada pelos autores, 2012).

A partir de testes experimentais, foi possível construir a tabela 4 que ilustra a relação entre a resistência elétrica e a tensão do sensor quando submetido a diferentes níveis de temperatura.

2.3.2.2 – Sensor de Nível de Combustível

O sensor de nível de combustível é composto por uma boia e um potenciômetro, na qual, existe um contato móvel que desliza sobre uma resistência fixa em forma de espiral.

Conforme ocorre a variação do nível da boia, o movimento é transmitido para o potenciômetro através de uma haste, fazendo o contato móvel deslizar sobre a resistência e variando a resistência elétrica do sensor (LIMA, 2009).

A figura 18 ilustra um sensor de nível de combustível, na qual é possível identificar os componentes descritos anteriormente. Em alguns modelos de veículos, o sensor é composto por um tubo de sucção de combustível, como o exemplo ilustrado na figura 18, que é responsável por fazer a captação do combustível no interior do tanque. Em veículos mais modernos, o sensor de combustível é integrado à bomba de combustível do veículo.

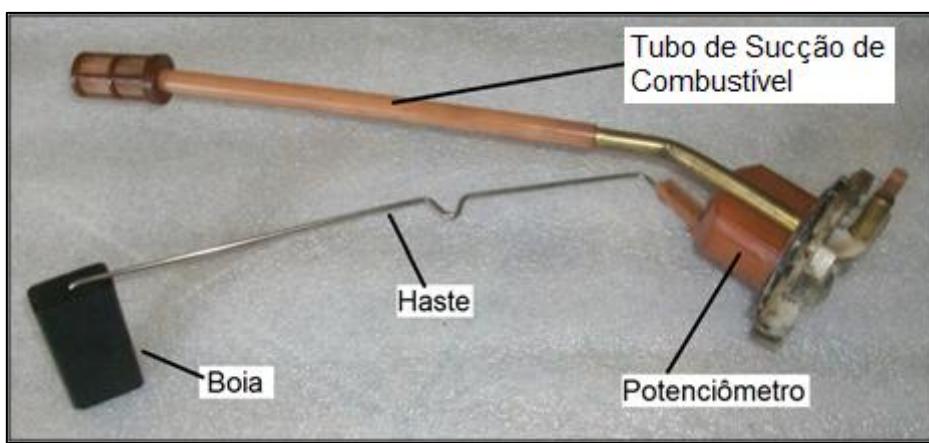


Figura 18: Sensor de Nível de Combustível (Foto elaborada pelos autores, 2012).

Na grande maioria, o sistema requer somente dois terminais externos, sendo um conectado ao terra elétrico do veículo e o outro conectado ao painel de instrumentos, o qual é submetido à variação da resistência do sensor.

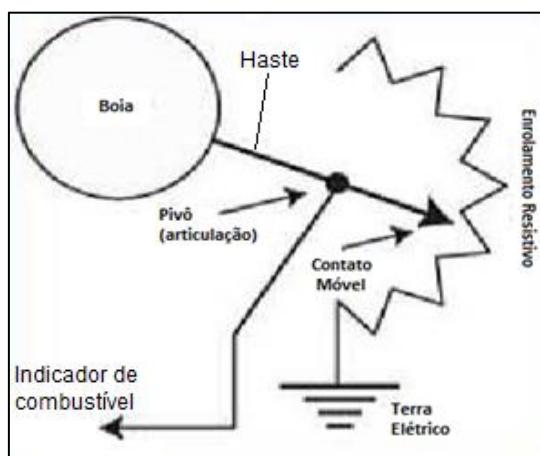


Figura 19: Esquema elétrico do Sensor de nível de Combustível (Adaptado de LIMA, 2009).

A figura 19 ilustra o esquema elétrico do sensor de nível de combustível, na qual é possível observar que uma das extremidades do enrolamento resistivo é conectado ao terra elétrico do veículo, conforme citado anteriormente, enquanto a outra extremidade não recebe nenhuma conexão. O indicador de combustível é conectado ao contato móvel do sensor. Quando ocorre a variação do nível da boia, o movimento é transmitido pela haste e faz com que o contato móvel deslize sobre o enrolamento resistivo, variando a resistência elétrica do sensor e consequentemente, altera o valor indicado pelo painel de instrumentos (LIMA, 2009).

A partir de levantamentos experimentais efetuados no veículo, foi possível construir a tabela 5, que demonstra a relação entre a quantidade de combustível no interior do tanque e o nível de tensão indicado pelo sensor de nível de combustível.

Tabela 5: Relação entre Nível de Combustível e Nível de Tensão

| Nível de Combustível | Cheio | $\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | Vazio |
|----------------------|-------|---------------|---------------|---------------|-------|
| Tensão (V) | 1,65 | 2,40 | 3,64 | 4,60 | 6,00 |

(Tabela elaborada pelos autores, 2012).

2.4. *Displays*

Após inúmeros avanços tecnológicos do setor eletrônico, a indústria do setor automotivo vem progressivamente substituindo os componentes do painel de instrumentos por novas tecnologias mais precisas e ainda mais compactas, a fim de baratear os custos de produção e tornar o painel de instrumentos cada vez mais robusto e confiável, na qual podemos destacar o uso do *display LCD* no *cluster* (TAVARES, 2006). Dentre os diversos tipos de *displays* existentes, os principais tipos utilizados no painel de instrumentos foram: *display* de sete segmentos, *display* de caracteres alfanuméricos e o *display* gráfico, que serão estudados a seguir.

2.4.1. *Display* de Sete Segmentos

Desde os anos 80 a indústria busca introduzir o uso de *displays* nos veículos automotores, e um dos principais propulsores para implantação desta tecnologia foram os *displays* de sete segmentos, por proporcionarem uma maior facilidade de uso.

O *display* de sete segmentos, ilustrado na figura 20, é constituído de sete ou oito *leds* encapsulados em uma carcaça plástica. Para fazer o aciona-

mento deste tipo de *display*, basta apenas fazer a polarização dos *leds*, no qual o conjunto de vários *leds* acesos formam o caractere numérico desejado.

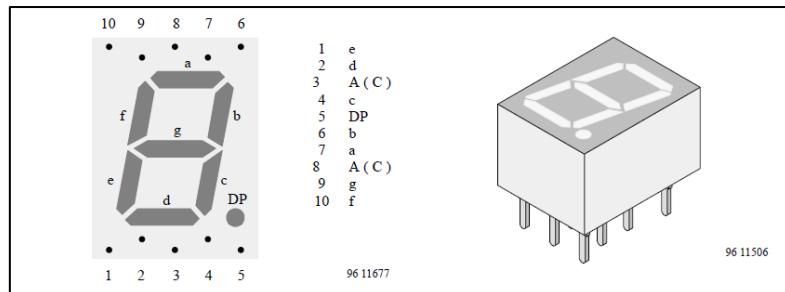


Figura 20: *Display* de Sete Segmentos (Extraído de VISHAY, 2000).

Um grande inconveniente para este tipo de *display* está na quantidade de pinos que é necessário para fazer o controle de vários *displays* ao mesmo tempo, isto é, como este *display* não possui nenhum controlador, há a necessidade do emprego de um microcontrolador que possua um controlador de *display* integrado, o que deve ser levado em consideração, pois eleva os custos de produção do produto, e ainda será um limitante do projeto quando se trata de reconfigurabilidade.

A figura 21 ilustra o painel de instrumentos digital do Kadett GSi 1992, sendo possível observar que o velocímetro já utilizava *displays* de sete segmentos, enquanto os demais instrumentos utilizam mostradores do tipo barra de *leds*.



Figura 21: Painel de Instrumentos Digital do Kadett GSi 1992
(Adaptado de MERCADO LIVRE, 2012).

Devido às dificuldades e a falta de adaptação por parte dos usuários, a utilização de *displays* numéricos para indicação da velocidade, nessa época, foi descontinuada pela grande maioria das montadoras (LEITE, 2006). Porém, atualmente a indústria automotiva retomou a utilização de *displays* numéricos nos *clusters* automotivos e têm sido bem aceito pelos atuais usuários, equipando diversos veículos da atualidade, como por exemplo, o Citroen C3 e o Honda Civic, ilustrado na figura 22, a seguir.



Figura 22: Velocímetro do Honda Civic 2012, que utiliza *display* numérico para indicação da velocidade (Figura elaborada pelos autores, 2012).

Antes de descrever a introdução e aplicação dos *displays* de LCD no *cluster* automotivo será dada uma breve explicação sobre seu histórico, suas principais características e seu funcionamento.

2.4.2. Histórico do Cristal Líquido

Por volta de 1850 estudando gorduras naturais o químico austríaco Friedrich Richard Kornelius Reinitzer notou que aquecendo a substância estearina a uma temperatura de 52°C ela ficava nebulosa, em 58°C totalmente opaca, e a 62,5°C ela tornava-se clara. Em 1877 o físico alemão Otto Lehmann estudando transições de fases de várias substâncias, observou que algumas delas antes da cristalização tinham seu aspecto alterado de um líquido claro para nebuloso.

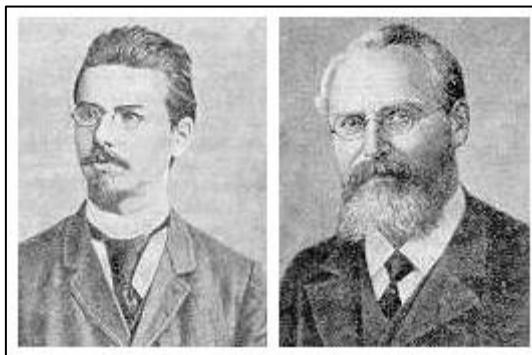


Figura 23: Otto Lehmann (esquerda) e Friedrich Richard Kornelius Reinitzer (direita) Precursors no Estudo de Cristais Líquidos (Extraído de DIAS, 2006).

Lenhmann e Reinitzer, ilustrados na figura 23, observaram semelhanças entre seus estudos e passaram a trocar informações. Em 1888 após varias observações e estudos, Lenhmann achou ter descoberto um novo estado da matéria ao qual denominou cristal líquido. Dando continuidade aos estudos dos cristais líquidos Lenhmann notou que quando em contato com uma superfície sólida, os cristais se reorientavam para uma determinada direção. Essa descoberta foi de grande importância para a primeira aplicação de cristais líquidos em um *display* (DIAS, 2009).

2.4.3. Características do Cristal Líquido

Sólido, líquido, gasoso, plasma, condensados de *Bose-Ainsten* e condensados fermiônicos, estes são os estados da matéria conhecidos atualmente. Para descrever as principais características dos cristais líquidos não serão abordados todos os estados da matéria, somente o estado sólido e o líquido já serão suficientes para descrevê-las. No estado sólido os átomos estão arranjados rigidamente em torno de uma posição fixa formando um corpo rígido. Nesse estado os átomos não possuem energia cinética suficiente para vencer as forças de atração que agem sobre eles. Estes são denominados anisotrópicos, ou seja, suas propriedades variam conforme a direção segundo a qual as medimos.

No estado líquido a energia cinética dos átomos é maior que as forças de atração a qual eles estão submetidos. Diferentemente do estado sólido onde os átomos ocupavam posições fixas, agora eles podem vagar pela estrutura ao qual fazem parte. Eles são denominados isotrópicos, ou seja, suas propriedades não variam qualquer que seja a direção a qual medimos. Na transição do estado sólido para o líquido, certos materiais orgânicos possuem estados intermediários da matéria não tendo uma transição direta. Essas transições intermediárias são denominadas cristais líquidos (DIAS, 2009). Eles possuem algumas características do estado sólido e outras do estado líquido, encontrando-se mais próximo do estado líquido. Essa característica explica a sua sensibilidade a altas temperaturas, pois uma pequena quantidade de calor que lhe é fornecido já é suficiente para que ele adquira características puras de um líquido. Por possuírem características anisotrópicas os cristais líquidos possuem importantes aplicações tecnológicas. Com a aplicação de campos magnéticos ou elétricos as suas propriedades ópticas sofrem mudanças que são usadas para modular a luz. As aplicações tecnológicas dos cristais líquidos baseiam-se nesse efeito (KROIN, 1985).

2.4.4. Funcionamento dos *Displays* de Cristal Líquido

A figura 24 a seguir, ilustra os componentes internos de um LCD que ajudarão no entendimento da explicação que será dada sobre o seu funcionamento.

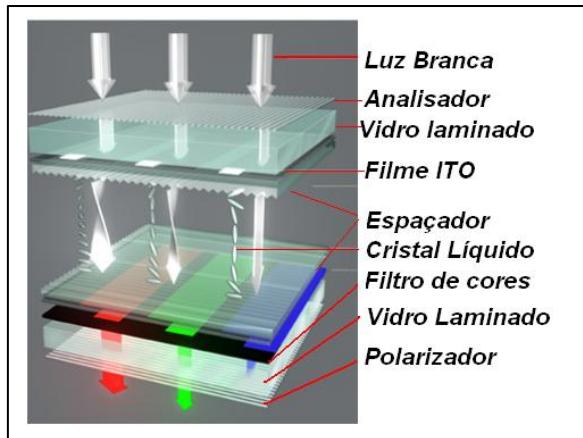


Figura 24: Componentes internos de um LCD (Adaptado de ANDRIENKO, 2006).

O LCD é composto de várias placas e iniciando a descrição de seus componentes de cima para baixo tem-se: A luz branca não polarizada incidindo sobre o analisador que está aderido a placa de vidro laminado. Em contato com o vidro laminado está o filme de ITO (*Indium Tin Oxide*) agregado ao TFT (*Thin Film Transistor*). Em seguida temos os espaçadores que servem de substrato para as moléculas do cristal líquido, o filtro de cores, o vidro laminado e o polarizador. A imagem formada na tela é representada pelas setas na parte inferior da figura. Nas superfícies da placa de vidro estão os polarizadores e analisadores laminados um a 90° do outro. Este tipo de montagem faz com que não haja passagem de luz para a tela sem a devida polarização (DIAS, 2009)

A figura 25(a) ilustra alguns *pixels* que ficam localizados na matriz. A matriz está localizada no interior do LCD. Ela é formada por linhas e colunas e possui um transistor de película fina ou TFT que distribui pequenos transistores e capacitores em seus *pixels*. Para selecionar um *pixel* específico a linha de leitura em questão é açãoada e uma carga é enviada para a coluna correta. Como todas as outras linhas que a coluna intercepta estão desligadas somente o capacitor no *pixel* designado recebe uma carga. O capacitor é capaz de reter a carga até o próximo ciclo de atualização

A figura 25(b) ilustra uma imagem sendo formada em um LCD. Quando um *pixel* que está localizado na matriz está desligado, a luz de fundo que incide no analisador é bloqueada pelo cristal líquido não atravessando o filtro de cor e o polarizador. Quando um *pixel* é ligado, o cristal líquido se reorienta provocando a refração da luz, isso permite a passagem dela para o filtro de cores e o polarizador e consequentemente a visualização da imagem (MARIN, 2010).

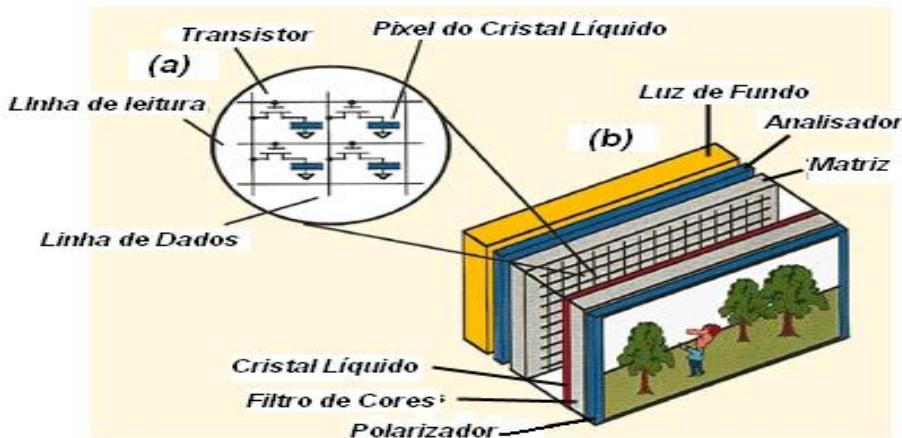


Figura 25: Imagem sendo exibida no LCD (Adaptado de ANDRIENKO, 2006).

2.4.5. *Display de Caracteres Alfanuméricicos*

Com a popularização do *display* de cristal líquido, o custo de produção deste componente reduziu-se significativamente contribuindo para que a indústria automobilística introduzisse os *displays* alfanuméricicos nos veículos. Uma aplicação bastante comum para este *display* está no computador de bordo de alguns veículos, transmitindo ao motorista diversas informações na forma escrita.

A grande vantagem da aplicação desse *display* em relação ao estudo anteriormente está na grande quantidade de caracteres que podem ser exibidos simultaneamente sem a necessidade de se fazer a multiplexação de dados entre vários *displays*, como acontece com o *display* de sete segmentos.

A figura 26 ilustra o computador de bordo do Vectra 2011, que utiliza *display* alfanuméricico para fornecer informações para o motorista, confirmando a tendência do uso dos *displays* nos automóveis (BARBOSA, 2011).



Figura 26: Painel Central de Mostradores do Honda Cívic 2006 (Extraído de BARBOSA, 2011).

Segundo (TAVARES, 2006), o princípio de funcionamento do *display* LCD é baseado na polarização dos cristais líquidos, permitindo ou não a passagem de luz. A partir de um conjunto de pontos devidamente polarizados é formada a imagem. Este tipo de *display* possui uma matriz gráfica, que possui coordenadas no eixo X e Y. Dependendo da forma em que os bits são setados

ou resetados, ocorre a formação do caractere. A figura 27 ilustra a formação de um caractere no *display LCD*, na qual cada quadrado da matriz é denominado *pixel* e a forma como eles foram polarizados formaram o número quatro.

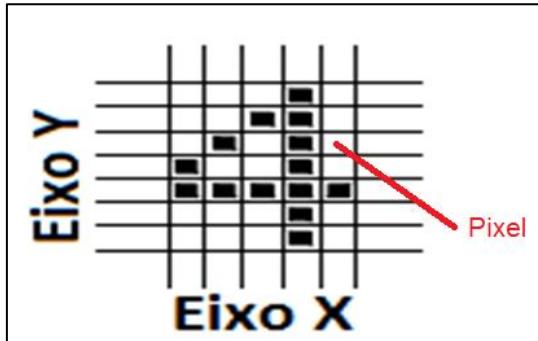


Figura 27: Formação de um caractere no *display LCD* (adaptado de VISHAY, 2000).

Após o *display* alfanumérico o uso do *display* gráfico no automóvel foi a próxima inovação das montadoras de veículos.

2.4.6. *Display Gráfico*

O uso do *display* gráfico nos automóveis vem crescendo rapidamente. A grande vantagem para este tipo de *display* com relação aos estudados anteriormente está em poder representar qualquer tipo de figura ou caractere do tamanho, forma, desenho ou estilo desejado.

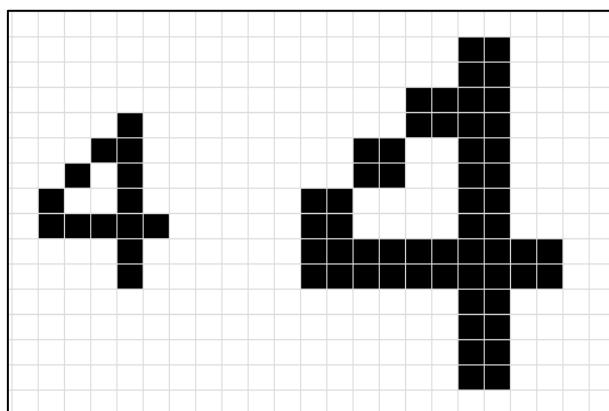


Figura 28: Formação de um caractere no *display* gráfico (adaptado de VISHAY, 2000).

A figura 28 ilustra como é a formação de um caractere no *display* gráfico, exemplificando que um mesmo caractere pode ser apresentado de várias formas, estilos e tamanhos diferentes. Este *display* também é formado por uma matriz gráfica, cabendo ao circuito de controle especificar os *pixels* que deverão ser polarizados. Um conjunto de *pixels* devidamente polarizados formará o caractere ou a imagem desejada.

A figura 29 ilustra a tela de um computador de bordo de um Honda Civic 2012, que é dotado de um *display* gráfico. É possível observar que o uso do *display* gráfico fornece a grande vantagem de fornecer ao motorista uma grande quantidade de informações do veículo por meio de palavras e também pelo uso de símbolos, como por exemplo, o desenho da bomba de combustível, o que não era possível no *display* de caracteres alfanumérico, facilitando a visualização por parte do condutor.



Figura 29: Computador de Bordo do Honda Civic 2012 (Adaptado de Quatro Rodas, 2012).

2.5 Considerações Finais

Concluído o capítulo 2, onde foi descrito todo o histórico do *cluster* automotivo e a sua evolução desde os primeiros veículos fabricados pelo homem. Também foram abordados todos os componentes que fazem parte do seu acionamento, desde os componentes com acionamento mecânico, passando pelos acionados eletronicamente e por fim chegando aos *displays*. Foi descrito o surgimento do LCD, suas principais características, seu funcionamento e as suas aplicações, desde os *displays* de sete segmentos, passando pelos *displays* alfanuméricos e por fim os *displays* gráficos. Com essa abordagem é possível obter uma base para o entendimento do próximo capítulo que abordará o desenvolvimento de um *cluster* automotivo reconfigurável em um *display* gráfico de LCD.

3 – Metodologia

Neste capítulo serão descritas todas as etapas do desenvolvimento do *cluster* automotivo, desde as características do veículo que será utilizado no teste de funcionamento do *cluster*, o desenvolvimento do *hardware*, as estratégias de *software* e as características do *display*.

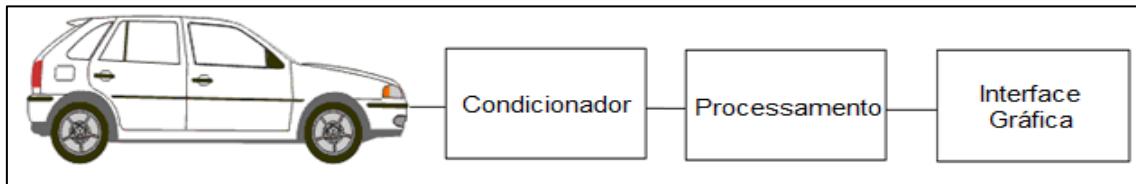


Figura 30: Diagrama em Blocos do Projeto (adaptado de ROLANSKI, 2005).

A figura 30 ilustra o diagrama em blocos de funcionamento do projeto, no qual o veículo ao entrar em funcionamento passa a enviar os dados de velocidade, temperatura do líquido de arrefecimento do motor, quantidade de combustível e RPM do motor. Esses sinais são condicionados e processados pela unidade de controle, e após o processamento essas informações são exibidas no *display*. O usuário poderá também escolher entre duas configurações diferentes de exibição dos instrumentos no *display*.

3.1. Características do veículo

O veículo que será utilizado para o teste do *cluster* é um VW Gol CL 1995, equipado com motor de 1.0 litro. Este veículo é utilizado para testes e experimentos no laboratório da FATEC Santo André e está ilustrado na figura 31 a seguir.



Figura 31: Veículo VW Gol CL 1.0 Litros 8 Válvulas (Foto elaborada pelos autores, 2012).

Como já estudado anteriormente, este veículo é equipado com sensores de efeito Hall na caixa de transmissão e no distribuidor, que fornecem respectivamente, a velocidade e a rotação do motor. O sensor de nível de combustível está localizado no interior do tanque de combustível e o sensor de temperatura está localizado na parte traseira do cabeçote do motor.

Os sinais fornecidos pelos sensores do veículo passam por um circuito de condicionamento de sinais, esses sinais são processados e após isso, são transformados em informações visuais através do *display* de LCD. A próxima subseção é dedicada à descrição deste *hardware*.

3.2. Desenvolvimento do *Hardware*

O desenvolvimento do *hardware* foi dividido em quatro blocos principais: Fonte de Alimentação, condicionamento de sinais, microcontrolador e LCD. O diagrama em blocos ilustrado na figura 32 demonstra os blocos que fazem parte do projeto.

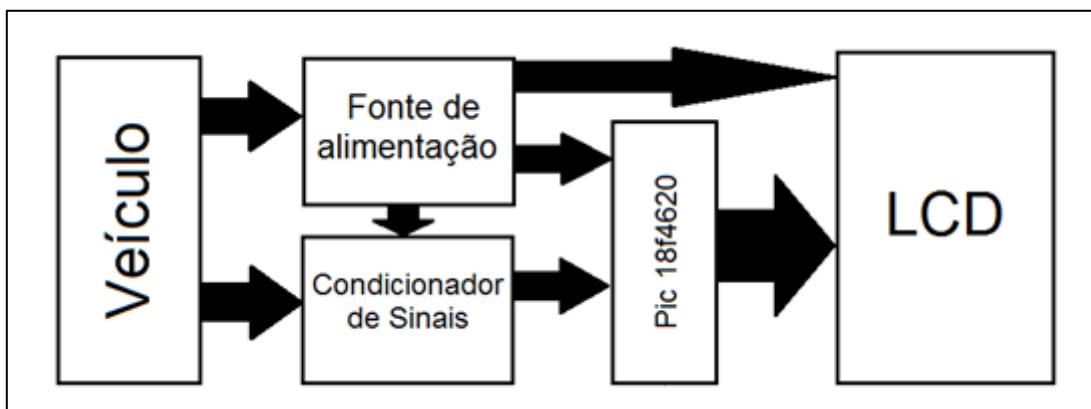


Figura 32: Diagrama em Blocos do *Hardware* (Figura elaborada pelos autores, 2012).

A seguir serão descritas as características de cada bloco do *hardware* desenvolvido.

3.2.1. Fonte de Alimentação

Devido a requisitos de *hardware*, a fonte foi constituída de modo a fornecer dois níveis de tensões diferentes: +5V e -8V, que são utilizadas para alimentação dos circuitos de controle e do *display* gráfico. A fonte de alimentação foi projetada para o fornecimento desses níveis de tensão quando alimentada pelo circuito elétrico do veículo, isto é, quando alimentada por uma fonte de tensão de 12V.

A tensão negativa é utilizada pelo circuito lógico do *display* gráfico e devido ao baixo custo do componente, foi utilizado o circuito integrado ICL7660, que converte a tensão positiva que é injetada na sua entrada, em tensão negativa, conforme ilustrado no diagrama em blocos da figura 33.

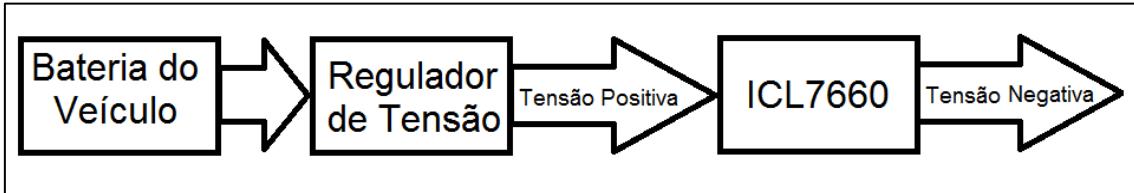


Figura 33: Diagrama em Blocos do funcionamento do ICL7660 (figura elaborada pelos autores, 2012).

O conversor de tensão ICL7660 é capaz de converter a tensão positiva no range de +1,5V até +10V em -1,5V e -10V, respectivamente, e possui uma eficiência de 98%, com corrente típica de saída de 20mA (INTERSIL, 2005), o que segundo a (UNIWORLD, 2003), é suficiente para se fazer a alimentação do *display*, pois este necessita de somente 2mA de corrente na alimentação negativa.

3.2.2. Condicionador de Sinais

Os critérios adotados para o desenvolvimento do condicionador de sinais foram: proporcionar isolamento elétrico entre o circuito elétrico do veículo e o circuito de controle do *cluster* desenvolvido, possibilidade de se fazer o condicionamento de todos os sinais em único circuito integrado. A partir destes critérios, foi escolhido o circuito integrado LM324.

O LM324 é composto por quatro amplificadores operacionais independentes intrínsecos em um só encapsulamento, sendo possível alimentá-lo entre 3V e 32V e pode fornecer até 40mA de corrente de saída (INSTRUMENTS, 2004).

Os amplificadores foram utilizados na configuração de seguidor de tensão, proporcionando somente a isolação elétrica entre o circuito elétrico do veículo e o circuito elétrico do *cluster* desenvolvido (INSTRUMENTS, 2004).

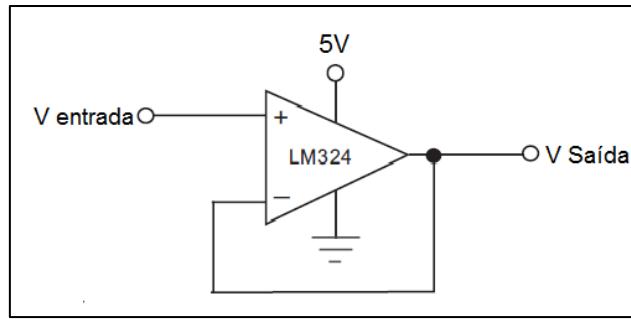


Figura 34: Amplificador Operacional na configuração seguidor de tensão (adaptado de INSTRUMENTS, 2004).

A figura 34 ilustra o amplificador operacional na configuração seguidor de tensão, na qual a tensão aplicada na entrada do amplificador será a mesma que a tensão de saída, com exceção somente nos casos em que a tensão aplicada na entrada do amplificador operacional for maior que a tensão de alimentação do circuito integrado, neste caso, a tensão de saída ficará limitada à tensão de alimentação do integrado, que neste projeto, utiliza 5V.

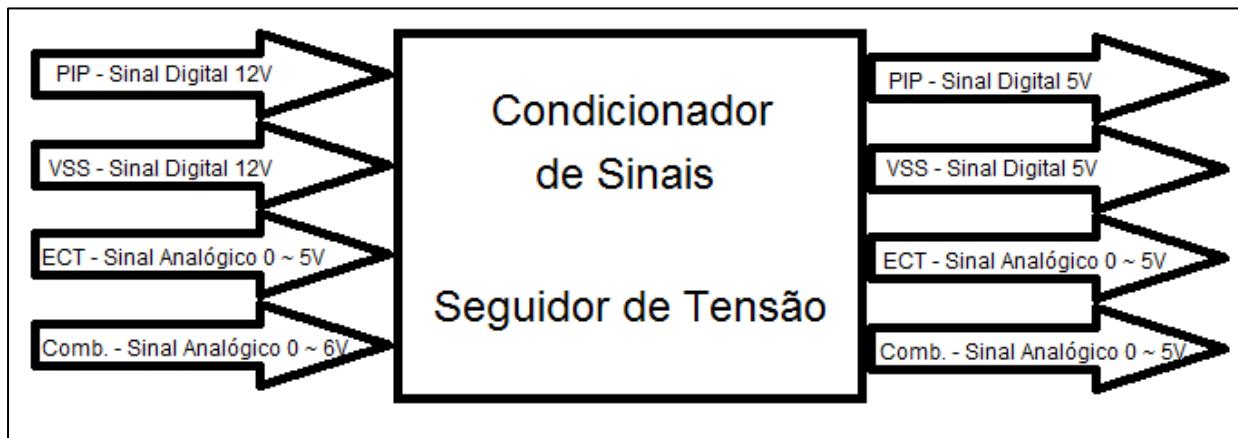


Figura 35: Diagrama em Bloco do Condicionador de Sinais (elaborado pelos autores, 2012).

A figura 35 ilustra o diagrama em bloco do condicionador de sinais, na qual é possível observar que os sinais PIP e VSS antes de entrarem no condicionador de sinais, possuem amplitude máxima de 12V, após o condicionamento, esses sinais passam a ter uma amplitude máxima de 5V. Os sinais analógicos de combustível e temperatura também são condicionados e passam a ter uma amplitude máxima de 5V. Como citado anteriormente, o condicionador de sinais possui apenas a finalidade de isolar o circuito de controle do painel de instrumentos do circuito eletrônico do automóvel, evitando danos aos componentes eletrônicos utilizados no projeto.

3.2.3. Microcontrolador

Devido ao fato do projeto requerer uma grande quantidade de memória de programa, alta capacidade de processamento e baixo custo, foi utilizado no projeto o Pic18F4620, que possui as funções de capturar os sinais provenientes do condicionador de sinais, processa-los e fazer a atualização do *display* gráfico.

Este microcontrolador é dotado de 64k *bytes* de memória de programa, 3986 *bytes* de memória RAM (*Random Access Memory*), 1024 *bytes* de memória EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*), além de 36 pinos de entradas e saídas digitais, 13 entradas analógicas, módulo PWM e 3 *timers* distintos. Este componente também é capaz de se comunicar com outros dispositivos através dos protocolos SPI (*Serial Peripheral Interface*) e I²C (*Inter-Integrated Circuit*). (MICROCHIP, 2004).

Outra característica deste microcontrolador está na sua arquitetura interna, nomeada como Harvard, que utilizam barramentos de comunicação separados para a memória RAM e a memória de programa, o que permite o acesso simultâneo nas memórias durante a execução do programa.

A figura 36 ilustra o encapsulamento do PIC utilizado, no qual é possível observar que a maioria dos pinos do PIC possuem mais de uma função, na qual a função desejada é determinada pela configuração do software.

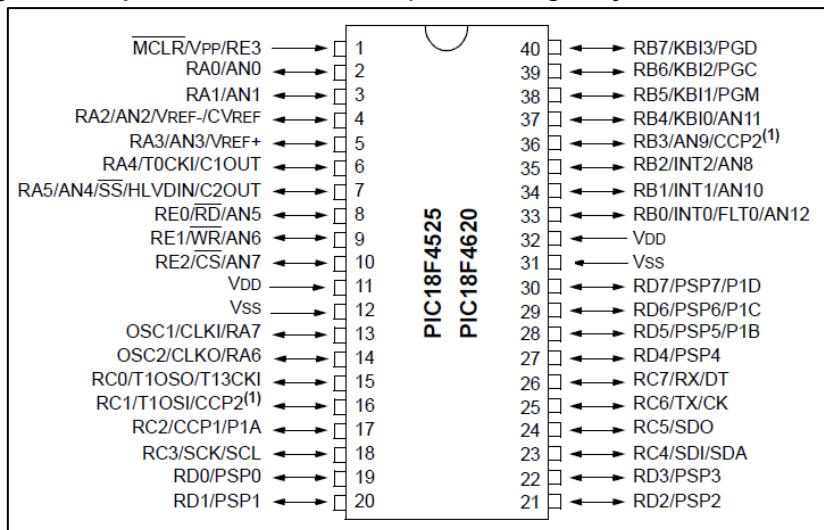


Figura 36: Encapsulamento do microcontrolador Pic18f4620 (Extraído de MICROCHIP, 2004).

O controle do *display* gráfico é efetuado através de um software desenvolvido em linguagem de programação C. Além do processamento das infor-

mações do veículo, o microcontrolador também disponibiliza ao usuário a opção da reconfigurabilidade do *cluster*, através de uma chave seletora.

3.2.4. Display Gráfico de LCD

Os requisitos adotados para a escolha do *display* foram: resolução que permitisse a exibição de várias imagens simultaneamente, cores que proporcionassem alto contraste quando submetido a pouca luminosidade e baixo custo. A partir destes requisitos, o *display* que atendeu a essas necessidades foi o modelo SS24E12DLNW-E da *Uniworld Technology Corporation*, que possui uma tela de 4,7" e resolução de 128x240 pixels, isto é, a matriz gráfica deste *display* possui 30720 bits ou 3840 bytes (UNIWORLD, 2003).

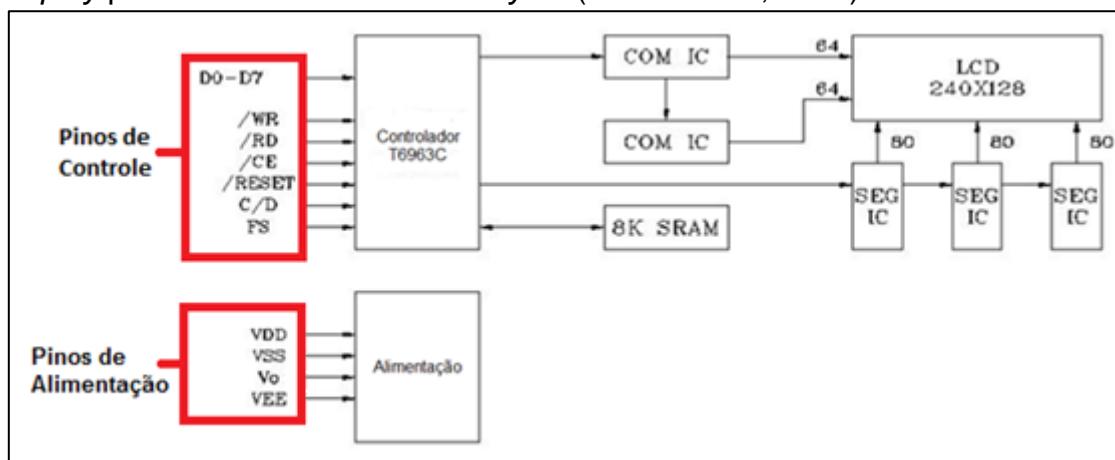


Figura 37: Diagrama em blocos do display gráfico (Adaptado de UNIWORLD, 2003).

A figura 37 representa o diagrama em blocos do *display* gráfico, no qual é possível observar que ele é dotado de um bloco de alimentação, que é responsável por distribuir as tensões corretamente entre todos os componentes, um controlador principal Toshiba T6963C, que recebe os comandos do microcontrolador, processa as informações e comanda os controladores auxiliares COM IC e SEG IC. Os controladores auxiliares COM IC fazem o controle das linhas do *display*, enquanto os controladores auxiliares SEG IC fazem o controle das colunas. A memória SRAM é utilizada para armazenar as configurações de funcionamento e os estados dos bits que compõem a matriz gráfica do *display*. Conforme ilustrado no diagrama de blocos, este *display* possui pinos de alimentação e pinos de controle. O envio dos dados para o *display* é feito de forma paralela utilizando os pinos D0 à D7. Nos anexos A e B é possível consultar o esquema elétrico e o layout, respectivamente, utilizados neste projeto.

A figura 38 ilustra o *display* gráfico utilizado.



Figura 38: Foto do *Display SS24E12DLNW-E* (foto elaborada pelos autores, 2012).

Concluída a descrição das principais características do *hardware*, a figura 39 ilustra a placa desenvolvida integrando todos os circuitos estudados nos tópicos anteriores.

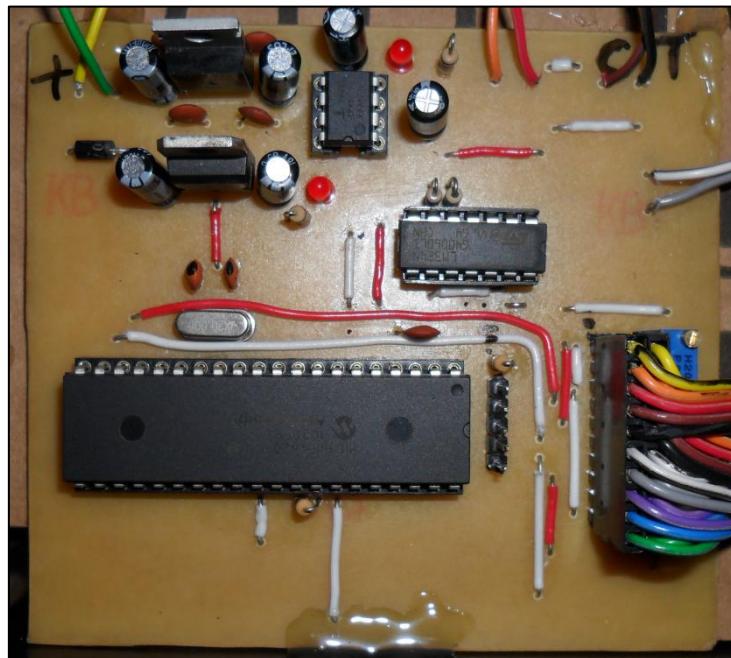


Figura 39: Foto da Placa Desenvolvida (foto elaborada pelos autores, 2012).

Para aumentar a resistência mecânica e a apresentabilidade do projeto, o circuito de controle e o *display* gráfico foram instalados no interior de uma caixa plástica, ilustrado pela figura 40.



Figura 40: *Display* gráfico e circuito de controle instalados na caixa plástica (foto elaborada pelos autores, 2012).

Para melhorar o acabamento do projeto e facilitar os testes no veículo, foram instalados bornes de conexão e a chave seletora, utilizada na reconfigurabilidade do *cluster*, na parte traseira da caixa, ilustrados pela figura 41.

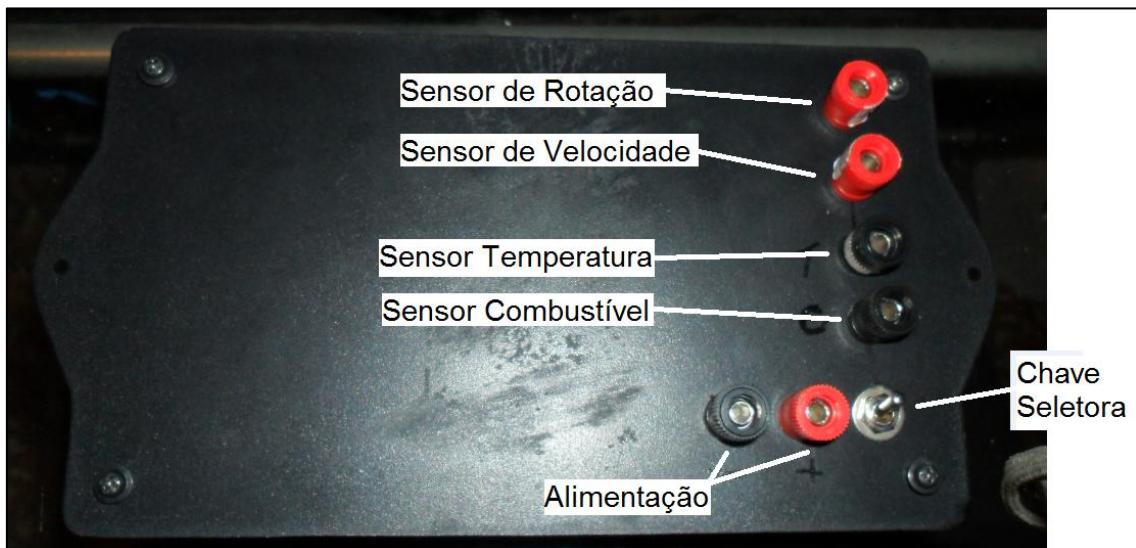


Figura 41: Vista traseira do *cluster* projetado (foto elaborada pelos autores, 2012).

Instalando o conjunto dentro da caixa plástica, foi possível observar uma das grandes vantagens que a aplicação do *display* gráfico proporciona: redução do tamanho ocupado pelo conjunto de instrumentos, ilustrado pela figura 42. A figura 42(a) ilustra o *cluster* desenvolvido neste trabalho, enquanto a figura 42(b) ilustra o *cluster* que equipa o veículo VW Fox 2007. O *cluster* desenvolvido é 53,6% menor que o *cluster* que equipa o veículo VW Fox.

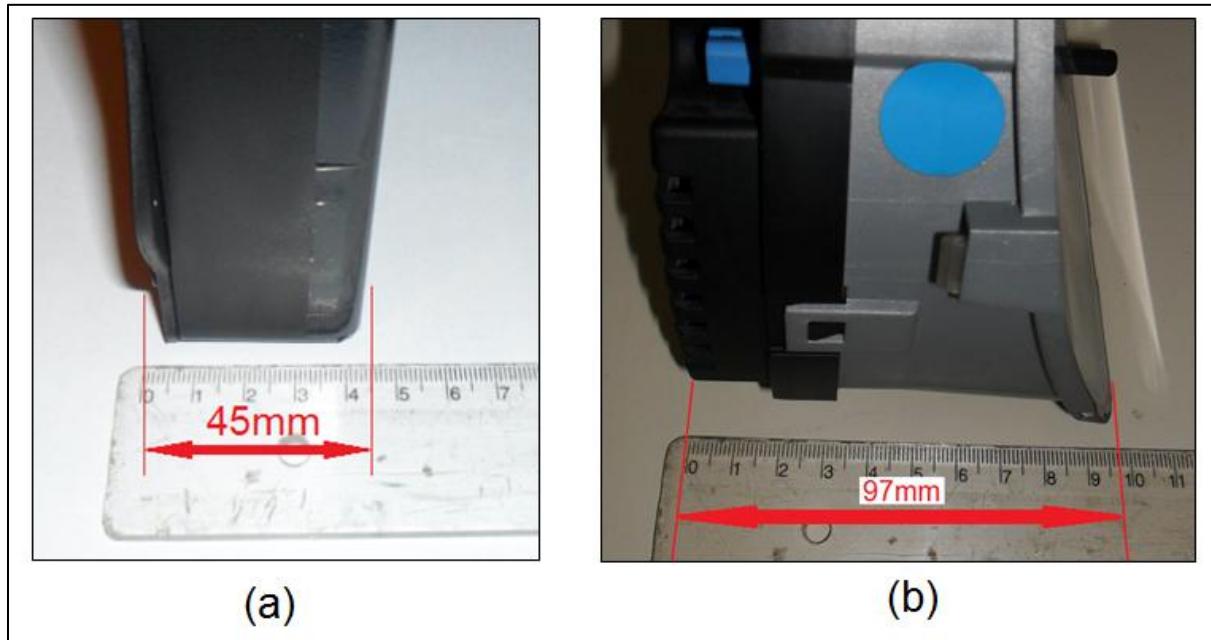


Figura 42: Comparação entre o *cluster* desenvolvido e o *cluster* que equipa o veículo VW Fox 2007 (foto elaborada pelos autores, 2012).

3.3. Detalhamento do Software

O software foi desenvolvido em linguagem de programação C, uma linguagem de nível médio comparada com outros tipos de linguagens, tais como, BASIC e PASCAL. Ela permite a manipulação de *bits*, *bytes* e endereços que são os elementos básicos com os quais um computador funciona (SCHILDT, 1996).

Para elaboração do código fonte, foi utilizada a ferramenta PCWHD *Compiler* da CCS (*Custom Computer Services, Inc.*), que é utilizada nos laboratórios da Fatec Santo André, proporcionando uma maior familiaridade com este software e também facilidade de utilização.

O desenvolvimento do software foi realizado em duas etapas, que consistem em fazer a inicialização do *display* gráfico e em seguida, fazer a exibição das informações desejadas. A figura 43 ilustra o fluxograma de inicialização do *display*, na qual é possível observar que é realizado o *reset* do *display*, em seguida é configurado o modo de funcionamento, o *pixel* inicial onde a imagem será exibida, o tamanho da área gráfica e por fim, faz-se a ativação do *display*. Ao encerrar a rotina de inicialização, o *display* já está apto a fazer a exibição das imagens desejadas.

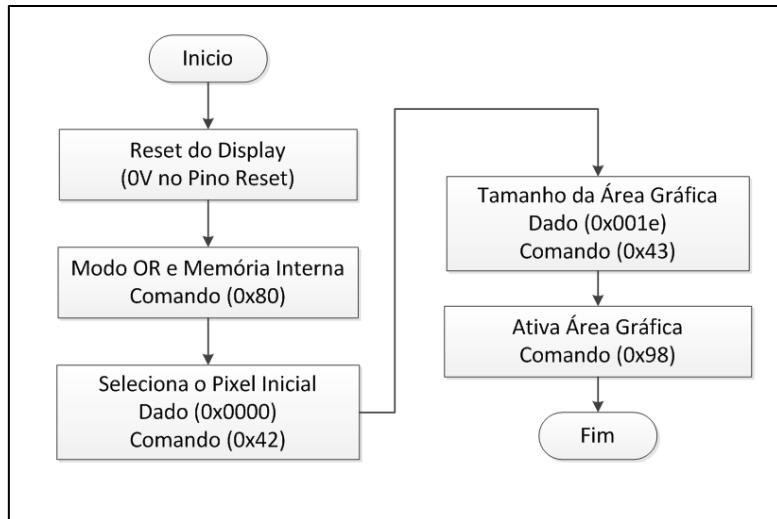


Figura 43: Fluxograma de Inicialização do *Display Gráfico* (figura elaborada pelos autores, 2012).

O fluxograma ilustrado pela figura 44 representa a forma na qual o programa principal é executado. É possível notar que o programa verifica continuamente o *layout* selecionado pelo usuário, calcula a velocidade, o RPM, o combustível e a temperatura, após efetuar os cálculos o *software* faz atualização do *display*. Através de testes empíricos efetuados no circuito de controle, foi verificado que a taxa de atualização do *display* é de aproximadamente 10Hz.

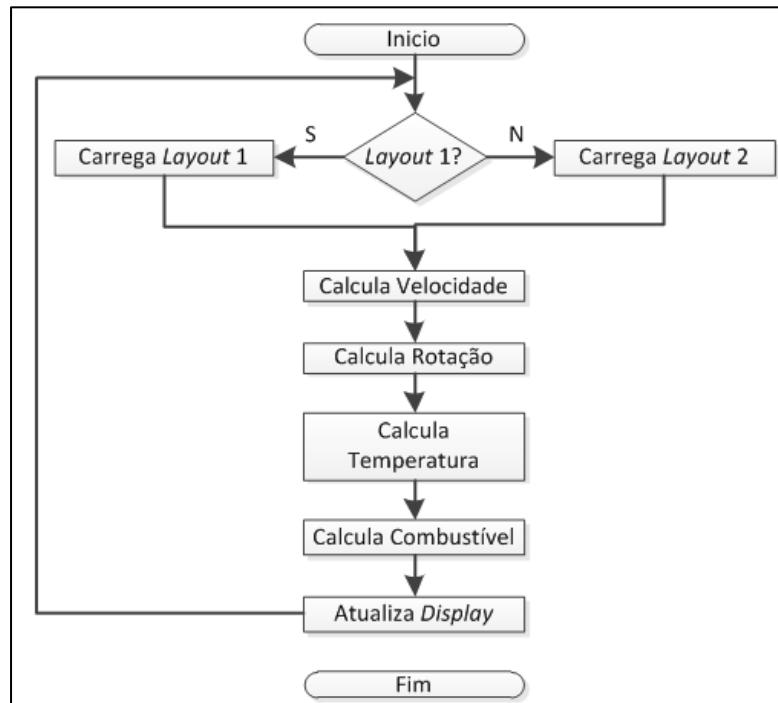


Figura 44: Fluxograma de execução do *software* (figura elaborada pelos autores, 2012).

As estratégias utilizadas para desenvolvimento e processamento das imagens exibidas nos *display* gráfico serão estudadas nos próximos tópicos.

3.3.1. Formação das Imagens

A formação de imagens para exibição no *display* gráfico é uma tarefa extremamente complicada quando efetuada manualmente, isto é, quando são configurados *bit a bit* os *pixels* que irão formar a imagem a ser exibida no *display*. Para facilitar esta tarefa, foi utilizado um *software* pago denominado GLCD Bitmap Editor desenvolvido pela MikroElektronika, que faz a transformação de imagens no formato Bitmap em vetores (IBRAHIM, 2011).

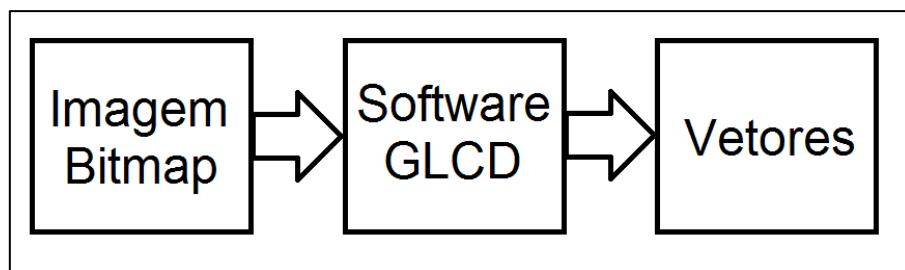


Figura 45: Diagrama em blocos da transformação de imagens do software GLCD (figura elaborada pelos autores, 2012).

A figura 45 ilustra o diagrama em blocos da transformação efetuada pelo software GLCD, na qual a imagem gerada por um editor de imagens no formato bitmap é convertida em um único vetor. O vetor formado pelo software é composto por 30720 *bits* ou 3840 *bytes*, que correspondem aos *pixels* que integram a matriz gráfica do *display* gráfico, já estudada anteriormente.

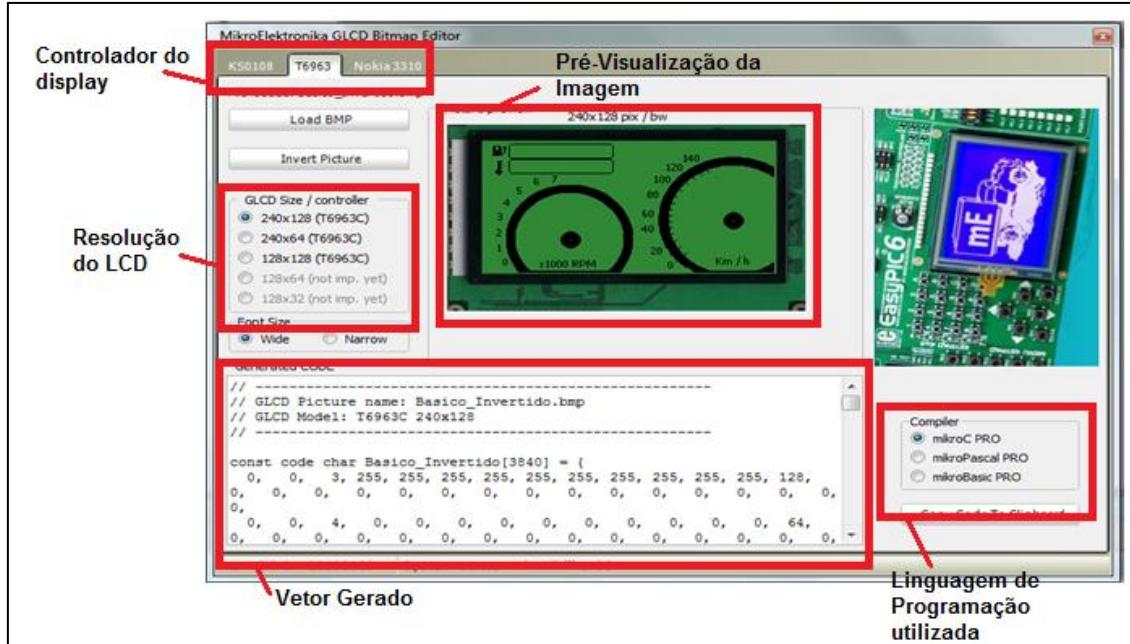


Figura 46: Interface Gráfica do Software GLCD (figura elaborada pelos autores, 2012).

A figura 46 ilustra a interface gráfica do software GLCD, no qual é possível observar que o programa oferece diferentes opções de controladores de display, resoluções e linguagem de programação. Após carregar a imagem no formato Bitmap no Software GLCD, ele faz a pré-visualização da imagem no display e já fornece o vetor gerado pela imagem, este que pode ser copiado e colado no compilador utilizado pelo desenvolvedor do projeto.

Devido ao fato do microcontrolador possuir memória ROM interna limitada em 64k *bytes*, o *software* desenvolvido utiliza uma estratégia que consiste em atualizar somente as áreas ativas do *display*, isto é, a atualização ocorre somente na área de movimentação dos indicadores. A adoção dessa estratégia foi essencial para que o programa desenvolvido não ultrapassasse o limite de memória do microcontrolador. As regiões que estão destacadas em vermelho na figura 47 ilustram as regiões ativas do *display*, e conforme citado anteriormente, a atualização do *display* só ocorre nessas áreas.

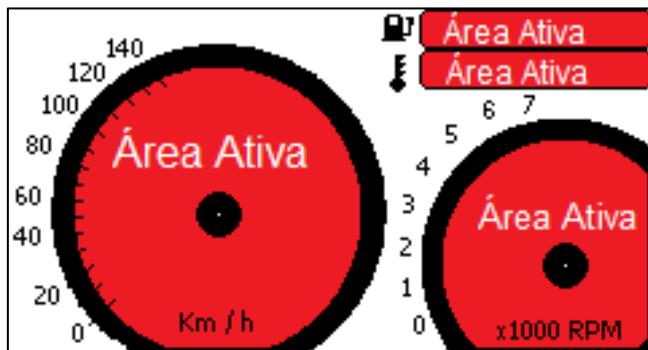


Figura 47: Regiões ativas do *display* (figura elaborada pelos autores, 2012).

3.3.2. Reconfigurabilidade

Um dos principais requisitos para o *software* desenvolvido foi a reconfigurabilidade do sistema, pois segundo Leite (LEITE, 2006), o posicionamento e os componentes que compõem um painel de instrumentos automotivos podem influenciar na hora da aquisição de um veículo. Aplicando a estratégia de reconfigurabilidade do *cluster*, este inconveniente é eliminado.

O *software* desenvolvido contempla duas opções de reconfigurabilidade, que são ilustradas pela figura 48. É possível notar que na figura 48(a), o tacômetro e os mostradores de combustível e temperatura estão do lado esquerdo do velocímetro, enquanto na figura 48(b), esses componentes estão do lado direito do velocímetro.

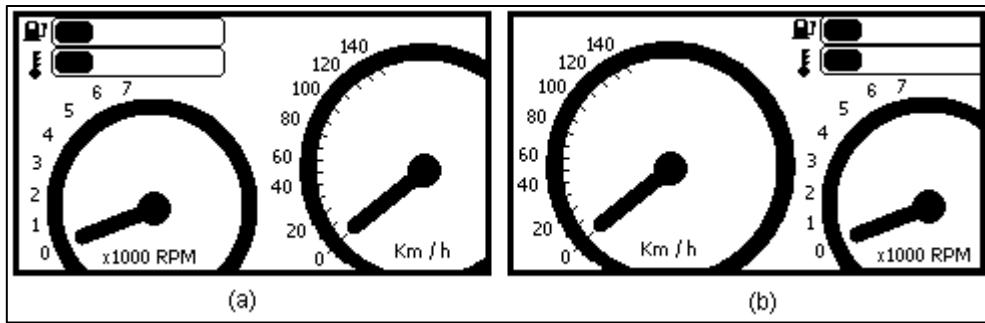


Figura 48: Reconfigurabilidade do *cluster* (figura elaborada pelos autores, 2012).

3.4. Considerações Finais

Até então foram apresentadas as etapas julgadas necessárias ao desenvolvimento de um *cluster* automotivo com a utilização de um *display* gráfico, desde a especificação de sensores, componentes de *hardware* e estratégias de *software*. As metodologias utilizadas nesse trabalho visam disponibilizar uma ferramenta para o desenvolvimento de um protótipo de um *cluster*. No próximo capítulo serão apresentados os resultados obtidos no teste do protótipo no veículo.

4 – Resultados Obtidos

Este capítulo tratará dos resultados obtidos na realização dos testes do *cluster* no veículo VW Gol CL 1995.

Após a construção do *hardware* foram efetuados testes de bancada para cada bloco dos circuitos desenvolvido, esta etapa foi essencial para verificar o funcionamento adequado do projeto e para não causar danos ao circuito elétrico do veículo e também ao circuito de controle do protótipo. Para os testes foram utilizados os seguintes equipamentos:

- ✓ Fonte de tensão de bancada;
- ✓ Osciloscópio;
- ✓ Multímetro;
- ✓ Gerador de sinais.

O teste inicial foi efetuado na fonte de alimentação para garantir que as tensões de saída não atingissem valores diferentes dos que foram calculados. Foi utilizada a fonte de tensão de bancada com a tensão regulada para 12 volts e o multímetro para efetuar o teste. Ao ligar a fonte na entrada do circuito desenvolvido, obtiveram-se os valores que foram previamente calculados, sendo eles: +5V e -8V.

A tensão +5V é utilizada para fazer a alimentação do circuito de condicionamento de sinais, microcontrolador e a alimentação do *display* gráfico. A tensão negativa da fonte, -8V, é uma tensão auxiliar utilizada somente pelo *display* gráfico.

Para o teste do circuito do condicionador de sinais foi utilizado o gerador de sinais, fonte de tensão e osciloscópio. O gerador de sinais foi configurado de forma a fornecer sinais de onda quadrada com amplitude de 12V. Ao inserir os sinais nas entradas do condicionador de sinais, foram obtidas na saída do circuito ondas quadradas com amplitude máxima de 5V.

A figura 49 ilustra o sinal captado pelo osciloscópio, na qual o canal 1 do equipamento está conectado na entrada do circuito do condicionador, enquanto o canal 2 está conectado na saída do circuito. É possível verificar que a amplitude do sinal da entrada é em torno de 12V e o sinal de saída é de aproximadamente 5V.

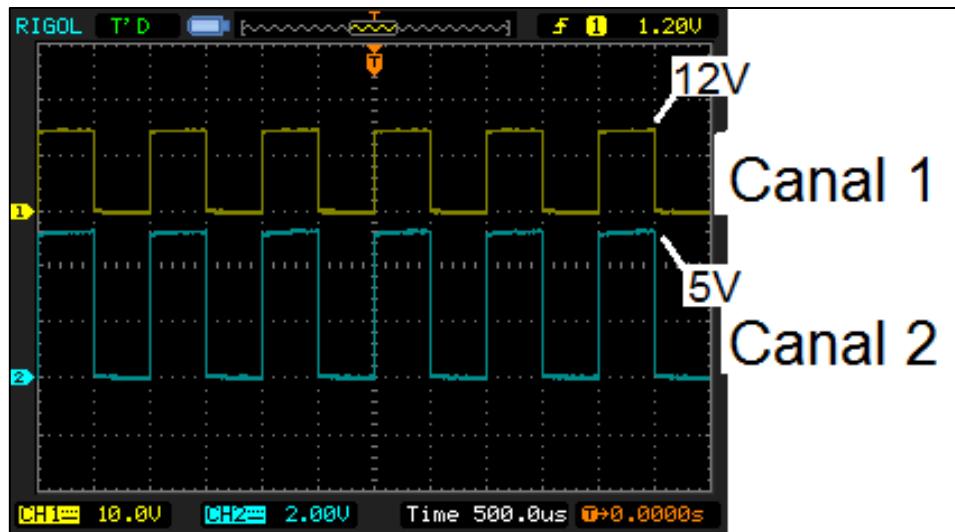


Figura 49: Formas de onda do circuito de condicionamento de sinais (figura elaborada pelos autores, 2012).

O *hardware* apresentou o comportamento adequado, não sendo necessária nenhuma modificação no circuito. O próximo teste realizado foi o do *display* gráfico.

Após ligá-lo ao circuito de controle, foi desenvolvido um *software* para testar seu funcionamento e exibir as primeiras imagens. Nesta parte do projeto foram encontradas dificuldades com a interpretação do *datasheet* do *display*, pois este não apresentava clareza suficiente com relação às conexões dos pinos do *display*. Por este motivo, o teste do *display* levou um tempo considerável para ser concluído. Depois de solucionado o problema com relação às ligações elétricas do *display* gráfico, foi possível construir as primeiras imagens no LCD que está ilustrada na figura 50.



Figura 50: Teste do *display* gráfico (Foto elaborada pelos autores, 2012).

Finalizado os testes de bancada do *hardware* e do *display*, foi desenvolvido o *software* responsável por processar as informações dos sensores do veículo. Após isso, o *cluster* foi instalado no veículo para verificar a funcionalidade do projeto.

Para a realização deste experimento, foram utilizados o veículo VW Gol CL e o dinamômetro disponibilizado pelo laboratório da FATEC Santo André. Ao ligar a ignição do veículo, o *cluster* é energizado e entra em regime de funcionamento, exibindo os instrumentos e seus respectivos valores, ilustrados na figura 51, a seguir.

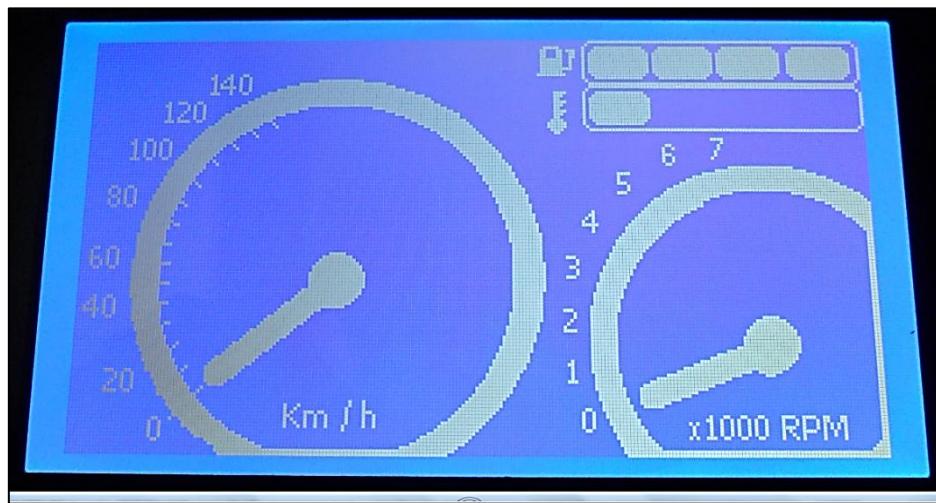


Figura 51: *Cluster* em funcionamento (Foto elaborada pelos autores, 2012).

Para verificar se o *cluster* desenvolvido apresentava coerência nos valores apontados, foi efetuada a comparação entre o velocímetro do *cluster* original do veículo, ilustrado pela figura 52(a), e o velocímetro do protótipo, ilustrado pela figura 52(b), podendo ser observado que os valores apontados em ambos os instrumentos são semelhantes. Devido ao fato do veículo utilizado nos testes não possuir tacômetro, não foi possível comparar os valores de rotação do motor.

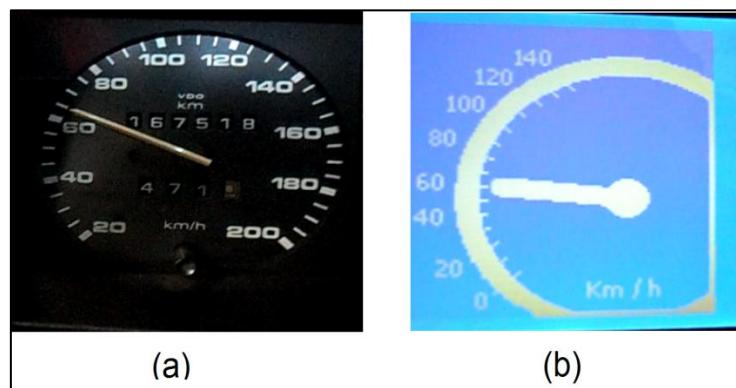


Figura 52: Comparação entre o velocímetro do veículo e o protótipo desenvolvido (Foto elaborada pelos autores, 2012).

O último teste efetuado foi a reconfigurabilidade do *cluster*. Com o veículo em funcionamento a chave seletora foi acionada e o *cluster* teve o seu *layout* alterado e manteve os indicadores em funcionamento, conforme ilustrado na figura 53.

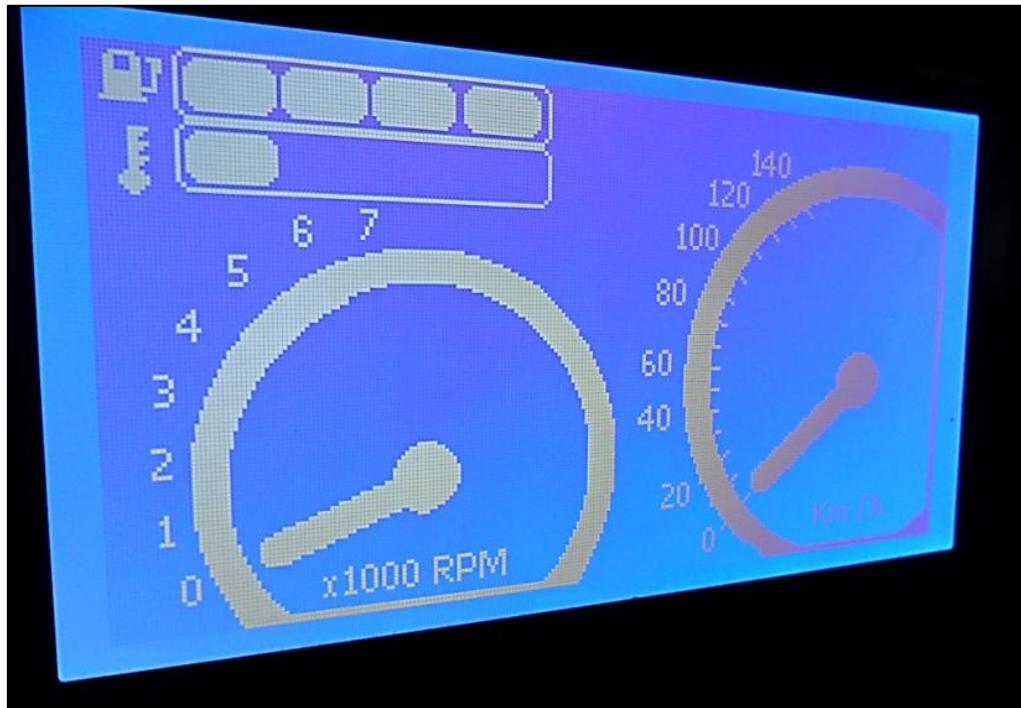


Figura 53: Teste da reconfigurabilidade do *cluster* (Foto elaborada pelos autores, 2012).

Finalizados os testes do protótipo, foram elaboradas as conclusões obtidas em todo o desenvolvimento do projeto, que serão apresentadas no próximo capítulo.

5 – Conclusão

Os objetivos propostos no início do projeto foram alcançados com êxito. Objetivos esses que foram o desenvolvimento de um *cluster* automotivo contemplando as funções: velocímetro, tacômetro, mostrador do nível de combustível e de temperatura do líquido de arrefecimento e a proposta da reconfigurabilidade do posicionamento dos componentes descritos acima. Os resultados obtidos nos testes práticos efetuados no veículo foram extremamente satisfatórios.

Compreender e relatar as etapas do desenvolvimento de um *cluster* automotivo, do condicionamento de sinais à exibição das informações em um *display* gráfico, além da opção de reconfigurabilidade dos componentes e de todo o contexto histórico apresentado neste trabalho, possibilitam um conjunto de informações que podem ser úteis e servir de referência para consulta de profissionais e estudantes da área do setor automotivo.

Também é notório que a migração dos *clusters* com sistemas mecânicos para os sistemas eletrônicos trouxeram uma maior complexidade para sua manutenção e aumento nos custos na fase de desenvolvimento do projeto, porém os benefícios que estas tecnologias agregam ao veículo, juntamente com a economia de recursos financeiros apresentado quando o veículo já está em produção, fazem valer a aplicação destas novas tecnologias.

É fato também ressaltar que essa migração da mecânica de precisão para a eletrônica trouxe uma melhor estética aos veículos, maior precisão das informações, compactação do painel de instrumentos e uma localização mais confortável para visão do motorista. A reconfigurabilidade dos componentes do *cluster* representa um grande avanço para a indústria automobilística, pois, proporcionam aos usuários a autonomia de escolha do *layout* do painel de instrumentos que melhor lhe agrada, podendo satisfazer o gosto dos mais variados tipos de clientes.

5.1. Propostas Futuras

Como o projeto desenvolvido contempla apenas quatro funções fica como sugestão de proposta futura a implementação das seguintes funções que o *cluster* contempla, tais como:

- ✓ Odômetro total e parcial;
- ✓ Relógio digital;
- ✓ Consumo médio;
- ✓ Autonomia restante;
- ✓ Substituição da chave de reconfigurabilidade por um sistema de *bootloader*.

Outra sugestão de implementação é acrescentar ao projeto a utilização de um cartão SD (*Secure Digital*), na qual, através de um programa instalado no computador do proprietário do veículo, ele possa escolher o posicionamento de todos os componentes do *cluster* e gravar essas informações no cartão SD. Após, o cartão SD é inserido no *cluster* e ao acionar a ignição do veículo, o *layout* dos componentes gravados no cartão de memória são carregados para o *display*, apresentando as informações de acordo com o gosto do proprietário.

6 – Bibliografia

ANDRIENKO, D. (2006). *Introduction to liquid crystals*. International Max Planck Research School.

AZINHEIRA, J. R. (1996). *Sensores e Actuadores*. Instituto Superior Técnico.

BARBOSA, S. B. (2011). *Painel Central de Mostradores para Automóveis: análise histórica e tendências futuras do produto*. Universidade Federal de Santa Catarina.

BOSCH. (2005). *Manual de Tecnologia Automotiva 25ª Edição*. São Paulo: Edgard Blucher.

BRITES, F. G. (2008). *Motor de Passo*. Universidade Federal Fluminense.

DIAS, J. C. (2009). *Cálculo de constantes elásticas e efeitos de reorientação molecular em cristais líquidos nemáticos*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá.

IBRAHIM, P. D. (2011). *Using Graphics LCDs In Embedded Applications*. Electronics World.

INSTRUMENTS, T. (2004). *Datasheet LM324 Low Power Quad Operational Amplifiers*. Texas Instruments Incorporated.

INTERSIL. (2005). *ICL7660 Data Sheet*.

KROIN, T. (1985). *Cristais Líquidos*. Florianópolis - SC: Departamento de Física UFSC.

LEITE, R. P. (2006). *Painel de automóveis populares: o design do cluster de direção sob o aspecto da ergonomia informacional*. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

LIMA, L. B. (2009). *Sensores de Nível Resistivos*. Universidade Federal de Minas Gerais.

MARELLI, M. (2003). *Treinamento: Sistema de Injeção e Ignição Eletrônica*.

MARIN, R. (2010). *Historia, Evolução e Tecnologia dos Monitores*. Universidade Estadual de Campinas.

MERCADO LIVRE. Acesso em 02 de 12 de 2012, disponível em : http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-216367322-kadett-gsi-monza-classic-painel-digital-velocimetro-lcd-_JM

MICROCHIP. (2004). *PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Sheet*.

MILHOR, C. E. (2002). *Sistema de Desenvolvimento Para Controle Eletrônico dos Motores de Combustão Interna Ciclo Otto*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

MTE-THOMSON. (2009). *Catalogo de Produtos MTE-Thomson*.

QUATRO RODAS. Acesso em 13 de 9 de 2012, disponível em <http://quatrorodas.abril.com.br/galerias/honda/civic-650481.shtml#foto7>

QUEIROZ, R. A. (2002). *Motores de Passo*. Universidade Salvador - Unifacs.

ROLANSKI, S. V. (2005). *Painel Reconfigurável Aplicado à Industria Automotiva*. Curitiba: Centro Universitário Positivo.

SCHILDT, H. (1996). *C Completo e Total*. São Paulo: Makron Books Ltda.

TAVARES, V. (2006). *Caracterização e processamento de telas de cristal líquido visando a reciclagem*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

UNIWORLD. (2003). *LCD Module Specifications SS24E12DLNW-E*.

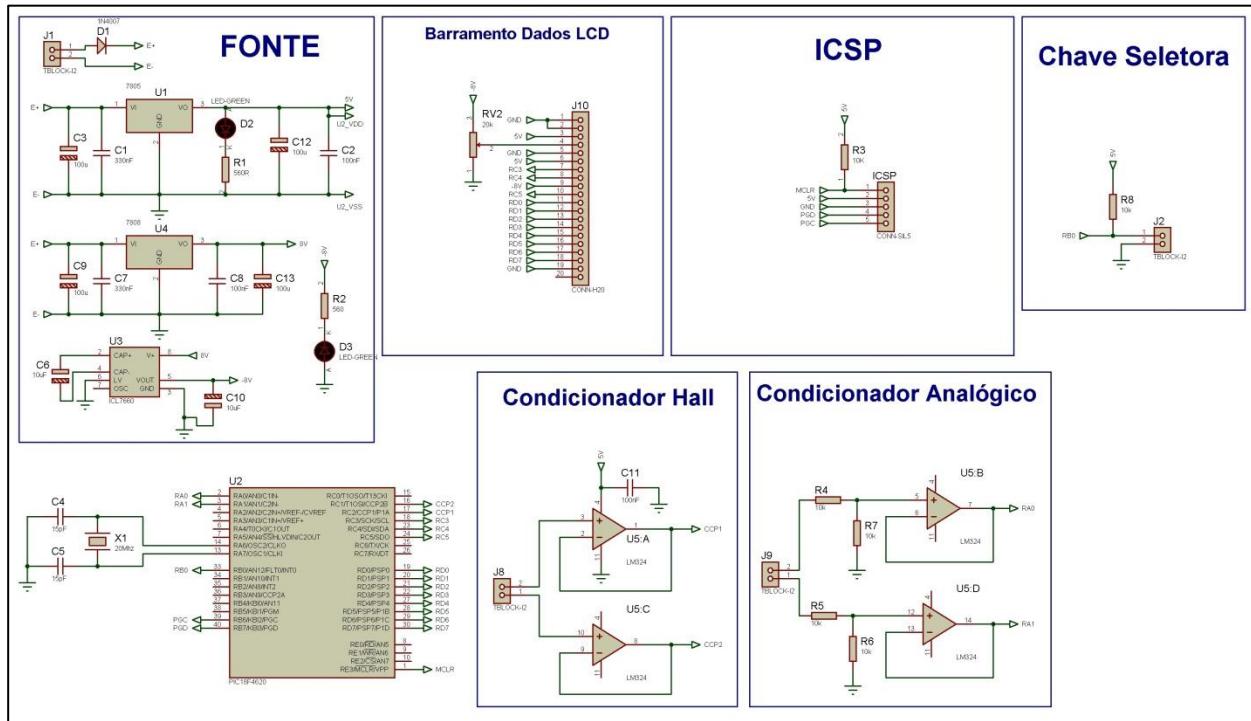
VISHAY. (2000). *Standard 7 – Segment Display 7 mm.*

VISHAY. (2002). *16 x 2 Character LCD.*

ZANCHET, E. (2010). *Instrumentos de Medida.* Cascavel: FAG - Faculdade Assis Gurgacz.

7 – Anexos

Anexo A – Esquema Elétrico



Anexo B – Layout da Placa de Controle

