

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**MEDIDOR DE CONSUMO “INSTANTÂNEO” DE COMBUSTÍVEL**

**Antonio Ferrasso Neto  
Marco Aurélio Lins Gomes**

**São Paulo  
2005**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

*Nota final  
8,0 (oitavo)*

*Horikawa*

**MEDIDOR DE CONSUMO “INSTANTÂNEO” DE COMBUSTÍVEL**

Trabalho de formatura apresentado ao  
Departamento de Engenharia Mecatrônica e  
Sistemas Mecânicos da Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo.

**Antonio Ferrasso Neto  
Marco Aurélio Lins Gomes**

**Orientador:  
Prof. Dr. Oswaldo Horikawa**

**Área de concentração:  
Engenharia Mecatrônica**

**São Paulo  
2005**

## **Agradecimentos**

Agradecemos primeiramente às nossas famílias que nos proporcionaram as condições de estarmos realizando mais um sonho.

Gostaríamos de agradecer também nossos colegas de turma que nos apoiaram a todo instante, aos técnicos Fernando e Adilson que participaram diretamente deste projeto e ao nosso orientador o Professor Dr. Oswaldo Horikawa.

## **Resumo**

Este trabalho apresenta uma alternativa aos sistemas medidores de consumo de consumo de combustível presente nos automóveis atuais. Considerando a teoria da Mecânica dos Fluidos referente à medidores de vazão e o sistema de injeção de combustível dos automóveis onde há fluxo do combustível do tanque para o motor e refluxo, do excedente, do motor para o tanque, será projetado, montado e testado um dispositivo que mede essa diferença de vazão, obtendo como resultado o consumo efetivo de combustível.

Parte integrante deste sistema é a interface homem-máquina composta por um display alfanumérico que transmite as informações processadas por um microcontrolador que adquire os sinais vindos do hodômetro do próprio veículo e do dispositivo medidor de diferença de vazão, informando assim o consumo para o condutor do veículo.

## **Abstract**

This work presents an alternative to the measuring systems of present fuel consumption in the current automobiles. Considering the theory of Mechanic of Fluid referring the measurers of flow and the system of fuel injection of the automobiles where it has flow of the fuel of the motor fuel tank for the engine and reflux, of the excess, the engine for the tank, a device will be developed to measure this difference of flow, getting as resulted the effective fuel consumption.

Integrant part of this system is the composed man-machine interface for an alphanumeric display that transmits the processed information for a microprocessor that acquire the come signals of the odometer of the proper vehicle and the measuring device of flow difference, thus informing the consumption for the conductor of the vehicle.

## Sumário

<b>1 Introdução.....</b>	<b>2</b>
<b>2 Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Parte Mecânica .....</b>	<b>6</b>
3.1 Definição do Problema.....	7
3.2 Estudo.....	7
3.3 Determinação da solução a ser adotada.....	15
3.4 Dimensionamento.....	18
3.5 Protótipos .....	20
3.6 Montagem dos protótipos.....	22
<b>4 Parte Eletrônica.....</b>	<b>25</b>
4.1 Definição do Problema.....	26
4.2 Estudo .....	26
4.3 Modelamento da solução.....	28
4.4 Definição da Solução Adotada.....	30
4.5 Montagem e Discussão do Sistema Eletrônico .....	31
4.6 Verificação de eficácia do sistema .....	33
<b>5 Integração e testes .....</b>	<b>36</b>
5.1 Proposta para instalação da bancada de testes .....	37
5.2 Testes dos protótipos.....	39
5.3 Sistema final.....	43
<b>6 Conclusões.....</b>	<b>44</b>
<b>7 Bibliografia .....</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE A – Desenhos de fabricação dos protótipos.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE B – Código Fonte dos programas utilizados neste projeto. ....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO A – Datasheet do Display LCD JHD162A .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO B – Esquema de pinagem do Microcontrolador MC68HC908QY4CP .....</b>	<b>62</b>

## 1 Introdução

Ultimamente, seja por questões de conveniência, comodidade ou mesmo necessidade, cada vez mais e mais carros entram em circulação nas cidades e estradas do mundo todo, o que representa um grande consumo de combustível e isto torna cada vez mais importante o estudo e desenvolvimento de técnicas e alternativas para a se evitar o desperdício de combustível . O uso racional do combustível, além de representar uma economia em dinheiro e em recursos limitados, representa também, um benefício com relação ao impacto ambiental quando são levados em conta grandes centros urbanos e seus gigantes congestionamentos.

Não somente órgãos de interesse público mas até mesmo a indústria automobilística tem voltado seu foco nos projetos atuais para a redução do consumo de combustível, mas vem buscando esse resultado através do desenvolvimento de carros mais leves, o que além de reduzir o consumo de combustível, também reduz o gasto com materiais para a construção do automóvel, reduz o desgaste dos freios, já que a massa a ser parada é menor, permite o aumento da carga útil dos veículos e acima de tudo, permite a utilização de motores de menor cilindrada, que com a atual tecnologia são capazes de desenvolver potência suficiente e de modo satisfatório para atender todas as necessidades do cotidiano do motorista sem gastar combustível em demasia.

As grandes montadoras constataram que mesmo investindo na técnica da redução do peso do veículo não consegue grandes resultados, no que se refere ao consumo de combustível, pois o maior responsável pelo desperdício é o motorista, que realiza acelerações e freadas bruscas e desnecessárias ao invés de promover uma

aceleração constante e moderada, que acarretaria num menor consumo de combustível. Assim, alguns modelos de autómeis vêm equipados com um computador de bordo que entre outras funções, mostra ao motorista, o consumo médio de combustível. Mas o computador de bordo, consiste numa solução ainda cara e disponível somente em veículos de luxo. Uma outra solução mais econômica é o medidor de vácuo no coletor de admissão. Esta solução, que será apresentada mais adiante, apesar de consistir numa solução simples, proporciona somente uma medida indireta do consumo instantâneo de combustível, carecendo ainda de precisão na sua medida.

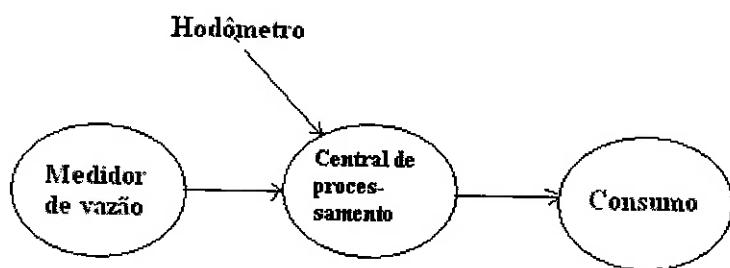
Por essas razões e com o intuito de oferecer uma alternativa adicional para se evitar o desperdício de combustível, foi tomada a iniciativa de desenvolver um sistema alternativo para medir o consumo instantâneo de combustível que seja ao mesmo tempo simples, de baixo custo e confiável, e para que possa atender ao maior número possível de motoristas e seus respectivos automóveis, seja possível de instalar em veículos já em circulação, não sendo, portanto, destinado apenas a veículos a serem fabricados.

O sistema a ser desenvolvido neste trabalho irá educar o motorista a dirigir de forma consciente sem acelerações bruscas desnecessárias e isso será feito através de um display ou algum sinal luminoso que indique ao motorista o elevado consumo naquele instante, o que o levará a reduzir a aceleração e assim perceber o desperdício que está gerando. Como o dispositivo terá apenas uma função educativa, não é necessário que o dispositivo indique de forma acurada o consumo de combustível em quilômetros por litro de combustível, de forma absoluta.. Mais do que isto, requer-se uma medição que permita ao motorista ter uma noção se o consumo está baixo ou

alto, de forma relativa, o consumo do veículo. Ou seja, basta que o dispositivo apresente uma repetibilidade e linearidade de resposta, aceitáveis.

## 2 Objetivos

Diante do exposto, este trabalho terá como objetivo projetar e desenvolver um sistema de medição de consumo de combustível que possa ser instalado tanto em veículos com injeção eletrônica de combustível quanto em veículos mais antigos que ainda utilizam carburador. Este sistema consistirá de um medidor de vazão e uma central de processamento, que, junto com o sinal proveniente do hodômetro do veículo informará ao condutor o consumo de combustível.



*Figura 1: Representação Geral do Dispositivo*

Assim, para o desenvolvimento deste projeto serão tomadas duas frentes, a primeira responsável pela **parte mecânica do sistema**, onde: será estudado o sistema de alimentação do automóvel, analisados os medidores de vazão conhecidos e será desenvolvido o medidor de vazão. Com relação ao medidor de vazão, ter-se-á como objetivo escolher uma solução viável, dimensionar o dispositivo e construí-lo. E a segunda frente, responsável pela **parte eletrônica do sistema**, a qual terá a finalidade

de analisar os dados obtidos pela parte mecânica e pelo desenvolvimento da interface entre automóvel e condutor. Aqui serão avaliados quais os tipos de sinal fornecido pelo medidor de vazão, para assim identificar qual a unidade de processamento mais adequada (microcontrolador ou microprocessador), selecionar o modo de visualização de resultados e desta forma, integrar estes dispositivos para criar um sistema eletrônico robusto que apresente uma resposta eficiente.

Após desenvolvidas as duas frentes, elas serão integradas e assim serão realizados os testes para calibração do sistema e obtenção das curvas de resposta com o intuito de confirmar a confiabilidade e viabilidade deste projeto. E desta forma, será avaliado o desempenho global do sistema.

# Parte Mecânica

### **3.1 Definição do Problema**

Desenvolvimento de um dispositivo capaz de identificar a quantidade de combustível consumida pelo motor de um automóvel e gerar sinais que sejam processados de forma a se obter o consumo efetivo.

### **3.2 Estudo**

Os motores que equipam os automóveis são ensaiados e daí são obtidas suas curvas características como potência x rotação, torque x rotação e consumo x rotação. Essas curvas são obtidas colocando-se o motor numa bancada de testes, um dinamômetro, e daí são extraídos os valores para a elaboração das curvas, o que mostra que esses ensaios não levam em conta as condições do automóvel, a condição do terreno onde o veículo se encontra trafegando, da relação de marchas do câmbio acoplado ao motor, já que o motor é testado em separado do restante do automóvel. Assim, não é raro vermos carros equipados com o mesmo motor, mas com desempenhos completamente diferentes, pois um automóvel pode ser mais pesado que outro, ter a área frontal maior que outro, o que aumenta o arrasto, ter a relação de marchas mais curta ou longa que outro, o que além de influenciar no desempenho também influencia no consumo, o que nos impede de adotar essas curvas para a calibração do medidor de consumo.

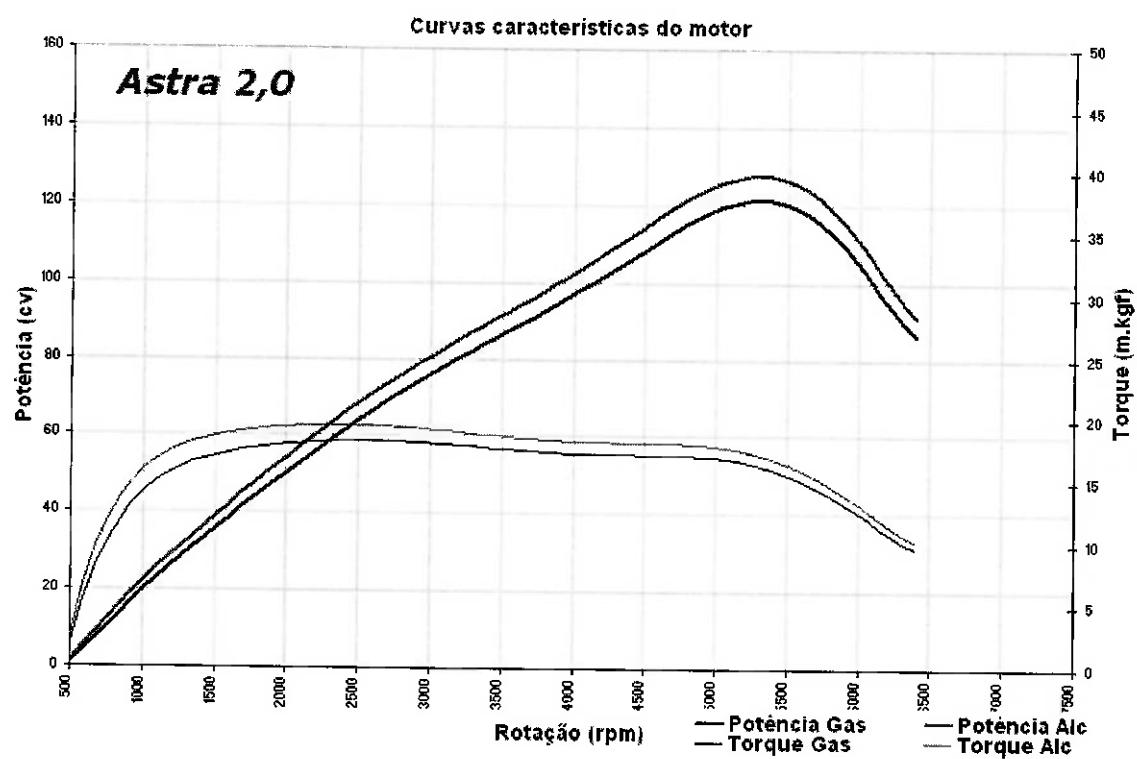


Figura 2: Curva de Torque e Potência do veículo analisado.

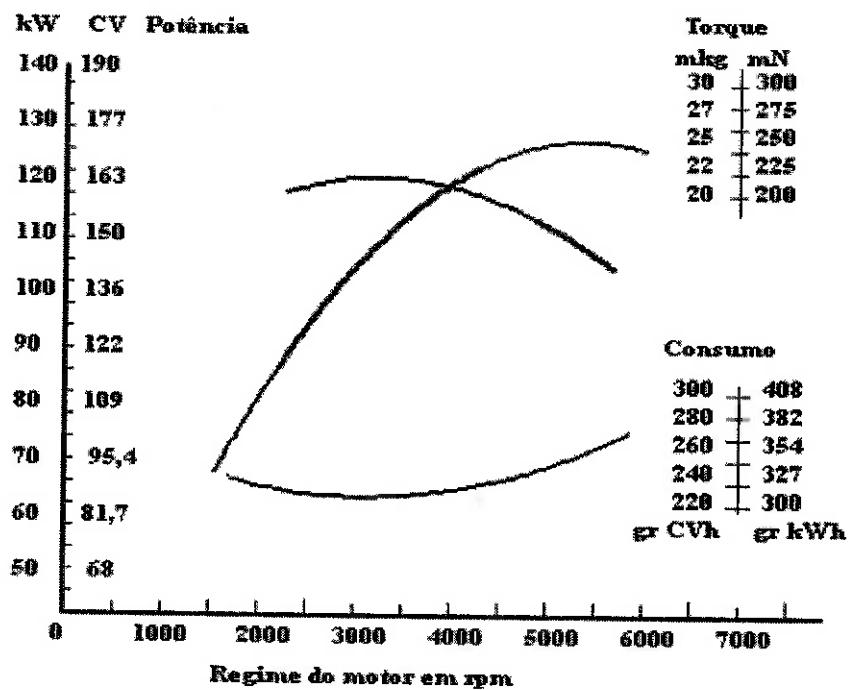


Figura 3: Curvas ilustrativas de Torque, Potência e Consumo.

Estudando o funcionamento dos computadores de bordo dos automóveis atuais, foi verificado que os resultados ali exibidos são oriundos do sensor de pressão presente após o bico injetor, quando se trata de um sistema de injeção monoponto, ou do sensor de pressão presente antes dos bicos injetores, no sistema de injeção multiponto de combustível, que passa por uma calibração para assim ter um resultado muito próximo do real.

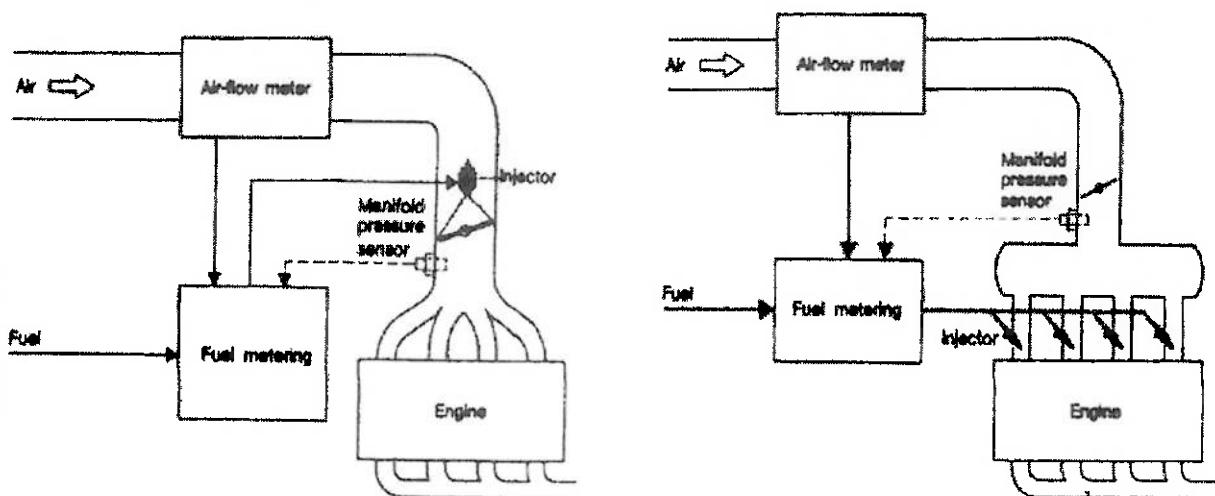
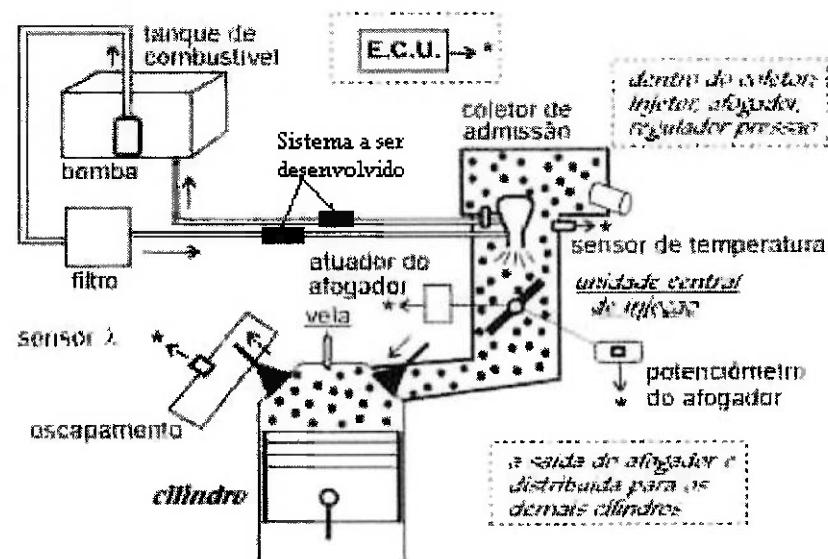


Figura 4: Ilustração de Sistemas de Injeção Monoponto e Multiponto.

Considerando o fato de não ser um dispositivo de fácil acesso, e que provavelmente não seja possível realizar a calibração desse sensor em uma bancada de testes simples e, juntando-se a isso o fato de os automóveis que utilizam carburador não utilizarem esse sensor em seu sistema de alimentação, o que acabaria reduzindo o público alvo deste trabalho, constata-se não ser interessante focar o estudo diretamente neste sensor de pressão.

Como o sistema de alimentação dos automóveis, incluindo os com carburador, trabalha baseado no fluxo de combustível do tanque para o motor e num refluxo, do excedente, do motor para o tanque, a idéia deste sistema será medir o consumo de combustível através da diferença entre o fluxo e o refluxo de combustível, que será o que realmente foi consumido pelo motor.

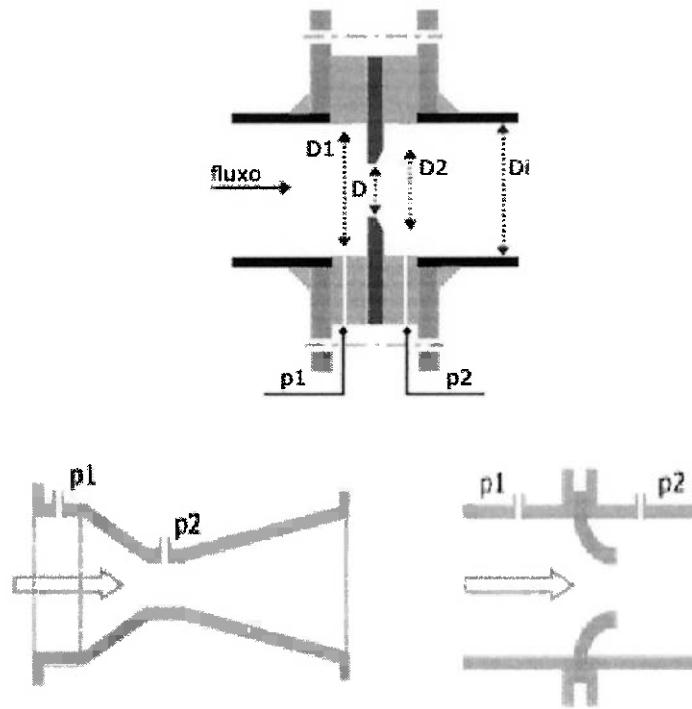


*Figura 5: Sistema de injeção em um automóvel e localização do sistema a ser desenvolvido.*

Para esse tipo de medição são encontradas várias alternativas, como:

- **Placas de orifício**
- **Bocal**
- **Venturi**

Estes medidores operam sob o mesmo princípio: a diminuição da seção transversal do escoamento provoca um aumento na velocidade que é acompanhada por uma diminuição na pressão e a correlação da diferença de pressão com a velocidade fornece um meio para medir a vazão volumétrica.



*Figura 6: Medidores do tipo Placas de Orifício, Venturi e Bocal.*

- **Rotâmetro ou medidor de área variável:** Neste dispositivo, há um marcador inserido num tubo transparente e com escala que está conectado verticalmente na tubulação. Conforme o fluido escoa através do medidor (entrando por baixo), o marcador sobe dentro do tubo e atinge uma altura de equilíbrio (que é função da vazão). Esta altura corresponde a uma condição de equilíbrio na qual a força resultante (empuxo, peso do marcador e arrasto do fluido) é nula, se não há fluxo, o flutuador está na posição inferior 0. Na existência de fluxo, o flutuador sobe até uma posição tal que a força para cima resultante da pressão do fluxo se torna igual ao peso do mesmo. Uma escala de calibração no tubo fornece a relação entre a posição do marcador e a vazão.

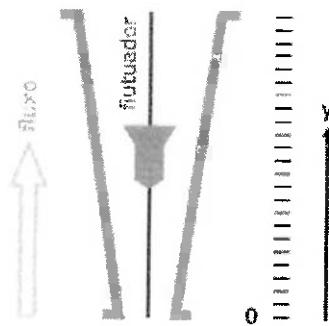
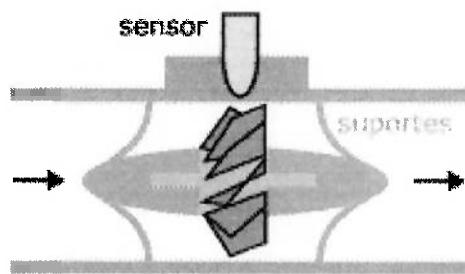


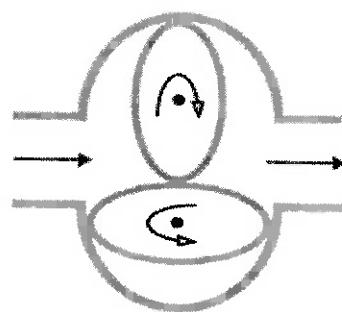
Figura 7: Medidor de área variável ou Rotâmetro

- **Turbina:** Dentro do medidor há um propulsor rotativo ou pequena turbina que gira livremente com uma velocidade angular que é proporcional à velocidade média do fluido no tubo. Esta velocidade angular é medida magneticamente e é calibrada para fornecer uma medida precisa da vazão no medidor. Um sensor capta os pulsos, cuja freqüência é proporcional à velocidade e, portanto, à vazão do fluido. Estes pulsos podem ser contados e totalizados por um circuito e o resultado dado diretamente em unidades de vazão.



*Figura 8: Representação de um medidor do tipo Turbina*

- **Medidor de Deslocamento Positivo:** Operam de forma contrária a bombas de mesmo nome: enquanto nas bombas um movimento oscilante ou rotativo produz o fluxo, no medidor o fluxo produz o movimento. O movimento rotativo pode acionar um mecanismo simples de engrenagens e ponteiros ou até mesmo dispositivos eletrônicos mais sofisticados. Algumas de suas desvantagens são: a alta perda de carga devido à transformação do fluxo em movimento rotativo e a ineficiência para baixas vazões.



*Figura 9: Representação de um Medidor de Deslocamento Positivo*

Montando uma tabela que contenha as características de operação de cada medidor acima citado que auxilie na determinação da melhor alternativa tem-se:

Tipo	Utilização	Perda de pressão	Precisão aprox %	Comprim prévio diam	Sensib à viscosid	Custo relativo
Bocal	Líquidos comuns.	Média	$\pm 1/\pm 2$ da escala	10 a 30	Alta	Médio
Deslocamento positivo	Líquidos viscosos sem suspensões.	Alta	$\pm 0,5$ da proporção	Não há	Baixa	Médio
Placa de orifício	Líquidos comuns. Alguma suspensão.	Média	$\pm 2/\pm 4$ da escala	10 a 30	Alta	Baixo
Rotâmetro	Líquidos comuns.	Média	$\pm 1/\pm 10$ da escala	Nenhum	Média	Baixo
Tubo de Venturi	Líquidos comuns. Alguma suspensão.	Baixa	$\pm 1$ da escala	5 a 20	Alta	Médio
Turbina	Líquidos comuns. Pouca suspensão.	Alta	$\pm 0,25$ da proporção	5 a 10	Alta	Alto

*Tabela 1: Características de operação dos medidores de vazão analisados.*

### 3.3 Determinação da solução a ser adotada

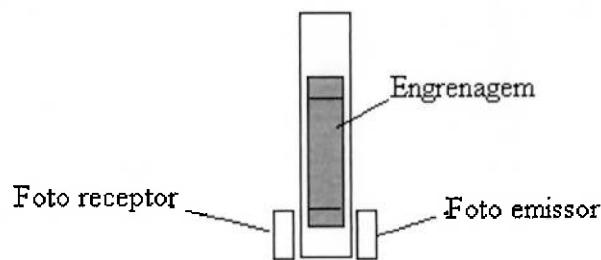
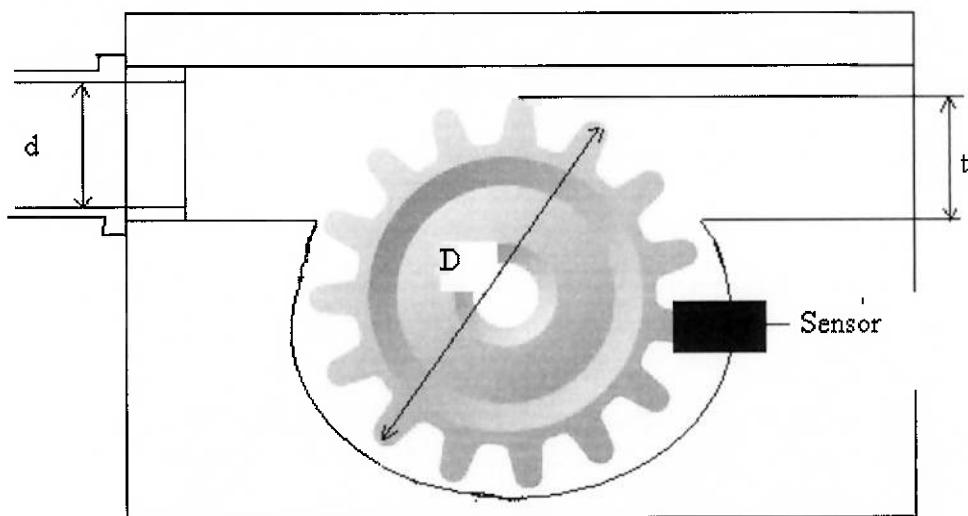
Analisando cada uma das alternativas acima citadas podemos justificar a escolha da alternativa mais viável. Estudando o princípio de funcionamento das três primeiras alternativas, placas de orifício, bocal e Venturi, teríamos que medir a pressão do escoamento antes e depois medidor, e também a velocidade do fluido para se estabelecer a correlação que possibilite a determinação da vazão, portanto devemos ter três medidas para podermos chegar ao resultado desejado, a vazão de combustível. Já a quarta alternativa, o rotâmetro, seria uma ótima alternativa, já que se trata de um dispositivo de fácil construção, operação e de custo reduzido, mas ele deve funcionar na posição vertical ou em uma inclinação fixa, o que não ocorre nos automóveis, que além de passarem por subidas e descidas ainda enfrentam buracos, lombadas e outros tipos de perturbações que acabariam interferindo na medição, por isso essa solução não é adequada. Já analisando a turbina, verificamos que através dela é possível se obter a vazão de uma correlação direta com a rotação, sua velocidade angular, sendo apenas necessária a sua calibração. Por último, analisando o caso de medidores de deslocamento positivo e considerando as suas desvantagens, como citadas acima, a alta perda de carga e a ineficiência para medição de baixas vazões, o que levando em conta a primeira desvantagem tornaria necessário adotar um sistema do tipo “by-pass” para não obstruir o fluxo de combustível e a segunda desvantagem acabaria prejudicando principalmente a medição no refluxo de combustível do “motor” para o tanque onde, com o consumo elevado, espera-se uma vazão bastante reduzida.

Assim, após esta análise verifica-se que o dispositivo que melhor atende às necessidades do projeto é o do medidor tipo **turbina**.

Como se pode constatar, a modelagem e principalmente a construção de um protótipo de uma turbina seria muito custoso, para contornar este problema resolvemos adotar um mecanismo que segue o mesmo princípio de funcionamento deste dispositivo, que é o caso de mecanismo parecido com uma roda d'água, de modo que o fluxo de combustível acionaria este mecanismo, no caso uma engrenagem, gerando assim um movimento rotativo.

Para identificar a rotação da engrenagem tem-se a opção de usar sensores magnéticos ou fotoelétricos posicionados na altura dos dentes da engrenagem. No caso do primeiro sensor, seria necessário cromar os dentes da engrenagem para que o sensor pudesse detectar o giro da engrenagem, mas como a engrenagem tem pequeno diâmetro e dentes muito próximos, provavelmente o sensor não seria capaz de identificar a passagem de apenas um dente. Já com a adoção do sensor fotoelétrico, o foto emissor seria posicionado de um lado do dispositivo e em sua frente, mas do outro lado do dispositivo, seria posicionado o foto receptor, recebendo diretamente a luz proveniente do foto emissor, e essa luz seria bloqueada/liberada pela passagem dos dentes da engrenagem, o que geraria os pulsos captados pela central eletrônica.

Por esses motivos, foi decidido adotar os fotodetectores para a geração do sinal do medidor de vazão.



*Figura 10: Representação do protótipo a ser desenvolvido.*

Daí, tem-se as variáveis de projeto:

$d$ : diâmetro do duto condutor de combustível.

$D$ : diâmetro primitivo da engrenagem.

$t$ : ‘altura’ ocupada pela engrenagem no duto condutor de combustível.

### 3.4 Dimensionamento

Para que a realização do dimensionamento deste dispositivo fosse a mais eficaz possível, para a proposta deste trabalho, o ideal seria termos a curva de consumo de um motor comercial, o que não é encontrado, pois o que está disponível são apenas as curvas de potência e torque por rotação, já que o consumo está relacionado ao grau de abertura da “borboleta” no motor, que representa o quanto o acelerador está sendo pressionado, o que mostra que é possível se obter inúmeras curvas de consumo para um só motor.

Assim, para o dimensionamento do medidor, serão usados valores de consumo e velocidade referentes ao modelo Astra 2.0 da General Motors do Brasil, obtidos da seguinte tabela:

Potência máxima	121,0 cv	Rotação de troca de marcha da 3a-4a	5.950 rpm
Rotação de potência máxima	5.200 rpm	Rotação de troca de marcha da 4a-5a	5.800 rpm
Torque máximo	18,3 m.kgf	Velocidade de troca da 1a-2a	52 km/h
Rotação de torque máximo	2.600 rpm	Velocidade de troca da 2a-3a	94 km/h
Velocidade máxima	200 km/h	Velocidade de troca da 3a-4a	137 km/h
Rotação à velocidade máxima	5.000 rpm	Velocidade de troca da 4a-5a	185 km/h
Marcha de velocidade máxima	5 <sup>a</sup>	Tempo de patinagem na arranque de 1a	0,0 s
Velocidade máxima possível	200 km/h	Tempo de patinagem na troca da 1a-2a	0,0 s
Aceleração de 0 a 100 km/h	11,4 s	Tempo de patinagem na troca da 2a-3a	0,0 s
Aceleração de 0 a 400 m	17,9 s	Tempo de patinagem na troca da 3a-4a	0,0 s
Velocidade em 400 m	128 km/h	Tempo de patinagem na troca da 4a-5a	0,0 s
Marcha em 400 m	3 <sup>a</sup>	Velocidade máxima para 1a	52 km/h
Aceleração de 0 a 1000 m	32,7 s	Velocidade máxima para 2a	99 km/h
Velocidade em 1000 m	162 km/h	Velocidade máxima para 3a	147 km/h
Marcha em 1000 m	4 <sup>a</sup>	Velocidade máxima para 4a	191 km/h
Aceleração no interior do veículo	0,46 g	Velocidade máxima para 5a	200 km/h
Aceleração lateral	0,72 g	Rotação de troca para força da 1a-2a	3.400 rpm
Retomada 80 a 120 km/h em 5a	15,6 s	Rotação de troca para força da 2a-3a	3.050 rpm
Retomada 60 a 100 km/h em 4a	11,5 s	Rotação de troca para força da 3a-4a	2.950 rpm
Rotação a 120 km/h	3.000 rpm	Rotação de troca para força da 4a-5a	2.800 rpm
Potência a 120 km/h	26,1 cv	Velocidade de troca para força da 1a-2a	27 km/h
Velocidade por 1000 rpm para 1a	8 km/h	Velocidade de troca para força da 2a-3a	47 km/h
Velocidade por 1000 rpm para 2a	15 km/h	Velocidade de troca para força da 3a-4a	68 km/h
Velocidade por 1000 rpm para 3a	23 km/h	Velocidade de troca para força da 4a-5a	90 km/h
Velocidade por 1000 rpm para 4a	32 km/h	Potência máxima nas rodas	81 cv
Velocidade por 1000 rpm para 5a	40 km/h	Temperatura de saída do sobrealimentador	
Eficiência volumétrica à potência máxima	85,7%	Temperatura de saída do resfriador de ar	
Eficiência volumétrica ao torque máximo	94,1%	Capacidade de fluxo das borboletas	423 cfm
Potência específica	60,6 cv/l	Volume realmente aspirado no motor em cfm	157 cfm
Torque específico	9,2 m.kgf/l	Volume realmente passante pelo filtro em cfm	157 cfm
Alteração na relação final (em % mais longo)	0,0%	Alteração no diâm. escapamento recomendada	0,0%
Alteração recomendada (em % mais longo)	-3,2%	Consumo de combustível na cidade	8,6 km/l
Relação do diferencial recomendada	4,071	Consumo de combustível na estrada	12,6 km/l
Rotação de troca de marcha da 1a-2a	6.400 rpm	Consumo de combustível à velocidade máxima	→ 6,6 km/l
Rotação de troca de marcha da 2a-3a	6.100 rpm		

Tabela 2: Dados do modelo Astra 2.0 da General Motors do Brasil.

Assim, considerando os dados de velocidade máxima (200 km/h) do modelo e de consumo de combustível à velocidade máxima (6,6 km/l) pode-se obter um valor de vazão que seja próximo ao de consumo máximo, pois os maiores gastos de combustível ocorrem principalmente nas retomadas de velocidade. Daí tem-se que em uma hora o carro percorre, em velocidade máxima constante, 200 km e sabendo que a cada 1 (um) litro ele percorre 6,6 quilômetros fazendo uma simples regra de três obtém-se o consumo de combustível nessa hora, que é de 30,3 litros.

Considerado o fato citado acima de que o maior consumo combustível ocorre nas retomadas de velocidade é mais cauteloso adotar um coeficiente de segurança que nesse caso, por falta de experiência, seria de 1,8, o que levaria o consumo a 54,54 l/h,

que corresponde à 0,91 l/min. Assim tem-se que a faixa de operação deste sistema deve ir desde valores próximos à zero até 0,91 l/min.

Como não foi encontrada em nenhum dos livros de Mecânica dos Fluidos consultados alguma formulação, ao menos próxima, que pudesse ser adotada neste projeto, foram construídos vários protótipos onde será variado o valor de  $t$ , que representa a variação na altura por onde o fluido escorre livremente.

### 3.5 Protótipos

Serão construídos seis protótipos diferentes, nos quais serão utilizadas engrenagens de três diâmetros diferentes e para cada diâmetro de engrenagem serão considerados dois níveis de interferência no fluxo de combustível. Para que se possa determinar a influência destes parâmetros (diâmetro da engrenagem e interferência no fluxo) na curva de calibração dos protótipos e até mesmo estabelecer uma relação empírica entre essas variáveis.

***Protótipo 1:***

Diâmetro da engrenagem: 19 mm

Interferência no fluxo: 1 mm

***Protótipo 2:***

Diâmetro da engrenagem: 19 mm

Interferência no fluxo: 2,5 mm

***Protótipo 3:***

Diâmetro da engrenagem: 25 mm

Interferência no fluxo: 2 mm

***Protótipo 4:***

Diâmetro da engrenagem: 25 mm

Interferência no fluxo: 5 mm

***Protótipo 5:***

Diâmetro da engrenagem: 34 mm

Interferência no fluxo: 3,5 mm

***Protótipo 6:***

Diâmetro da engrenagem: 34 mm

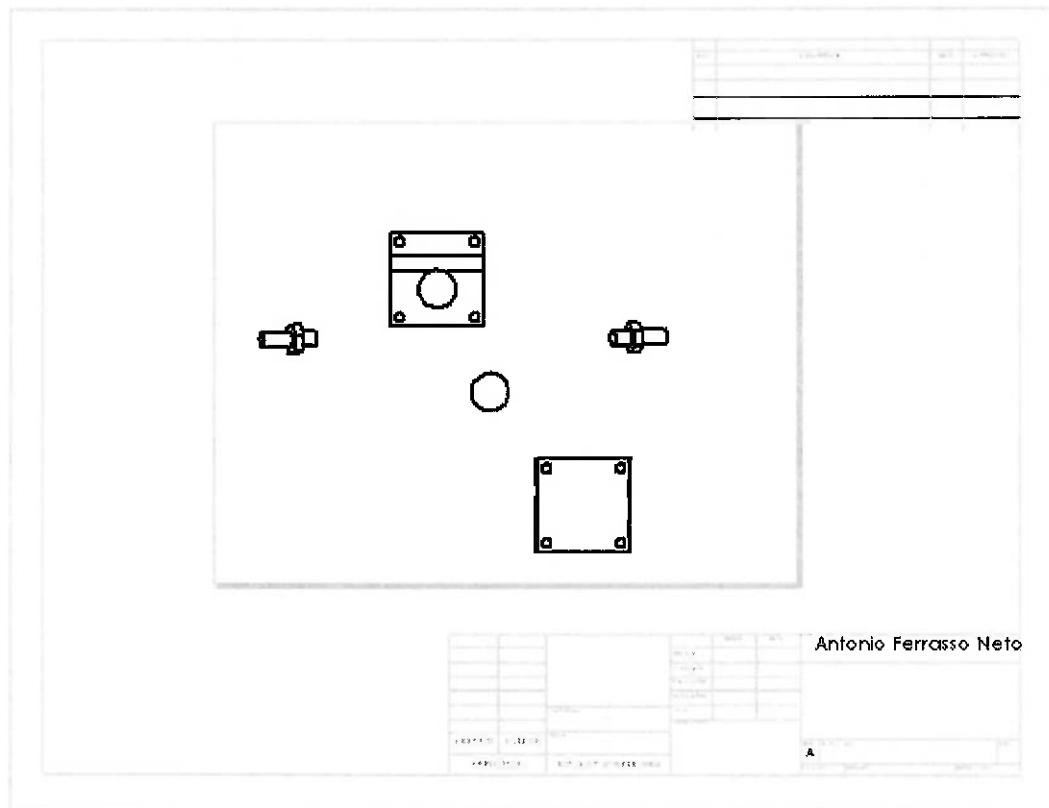
Interferência no fluxo: 6,5 mm

Segue no Apêndice A os desenhos de fabricação das bases dos protótipos.

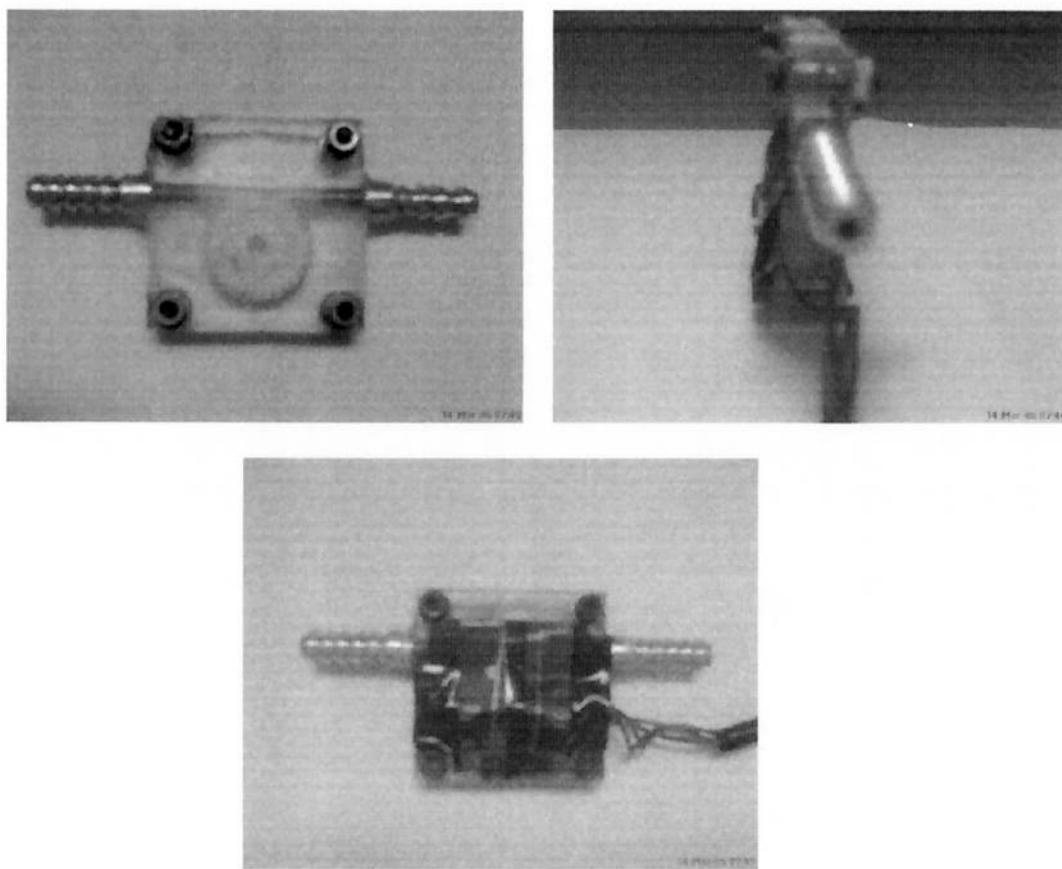
### 3.6 Montagem dos protótipos

Cada protótipo é constituído por duas bases, uma engrenagem, duas conexões (nips) para permitir a conexão das mangueiras de combustível, um foto emissor e um foto detector.

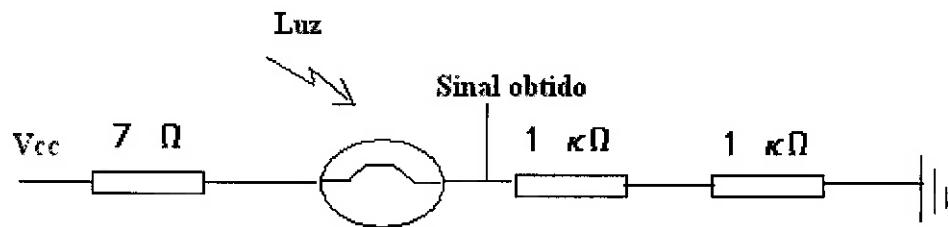
A engrenagem fica entre as duas bases, que são unidas por quatro parafusos (M8×12), após a união das bases, são rosqueadas as duas conexões. Depois disso, são fixados os fotos emissor e receptor, um posicionado em frente ao outro. Assim, o protótipo pode ser testado na bancada de testes.



*Figura 11 : Montagem dos protótipos*



*Figura 12: Protótipo montado*



*Figura 13: Esquema elétrico de alimentação e obtenção de sinal do foto detector.*

Durante a montagem dos protótipos foram encontradas duas dificuldades. A primeira está relacionada à vedação, pois como é necessário unir uma “base” à outra para que entre elas fique a engrenagem é difícil conseguir uma vedação perfeita, sem

nenhum vazamento, ainda mais por se tratar de um sistema por onde passa fluido sob pressão de 3 a 3,5 bar. A tentativa de solucionar este problema foi adotar silicone entre as “bases”, na intenção de que quando o silicone vulcanizasse, ele realizasse a função de um anel de vedação, mas ao fazer isso, se fosse colocado além de uma fina camada próxima às bordas do protótipo, juntando uma “base” à outra, o silicone invadiu o espaço da engrenagem, e por consequência acabou travando-a. Portanto, foi necessário colocar uma fina camada próxima às bordas do protótipo para tentar realizar a vedação, complementado com uma camada mais espessa já na parte externa do protótipo, assim, o resultado obtido foi satisfatório. A segunda dificuldade encontrada foi na fixação dos foto emissor e foto receptor, pois quando o foto emissor era ligado, a luz emitida por ele difratava, se espalhando pelo acrílico, fazendo com que o foto receptor detectasse a presença de luz mesmo com o dente da engrenagem entre o emissor e o receptor. Para solucionar esse problema, foram adotadas limitações para as áreas de abrangência do emissor e do receptor, funcionando como uma janela. Essas limitações foram posicionadas empiricamente, utilizando fita adesiva opaca, até que se conseguisse o resultado desejado.

# Parte Eletrônica

#### **4.1 Definição do Problema**

O Sistema Eletrônico deverá ser capaz de ler os sinais gerados pelo dispositivo mecânico nos seguintes aspectos: intensidade do sinal recebido, freqüência do sinal e a devida proteção contra sobrecargas, mau contato e até mesmo possíveis interferências.

#### **4.2 Estudo**

O Sistema Eletrônico, para apresentar o “Consumo Instantâneo” ao condutor do veículo, deve obter os sinais vindos do Sistema Mecânico, cuja função é a de medir o volume do fluxo de combustível do tanque de combustível para o motor do veículo, e medir o volume do refluxo de combustível do motor do veículo para o tanque de combustível. Como temos apenas o valor de volume, necessitamos de um sinal que represente a distância percorrida pelo veículo durante a medição de volume de fluxo de combustível. O próprio veículo possui um sistema que realiza essa medição através do hodômetro.

O hodômetro é um dispositivo capaz de medir distâncias percorridas nas mais variadas situações, sendo as mais aplicadas em veículos automotores. Antigamente, o dispositivo media analogicamente o sinal no eixo do veículo e hoje em dia, adquire o sinal de forma digital. Na medição digital, temos um sensor do tipo “pick-up”, que fornece um pulso no momento em que as duas partes do sensor (agente emissor de sinal e agente receptor) se encontram, e indicam uma volta completa das rodas do

veículo. Os pulsos então são convertidos para o valor de quilometragem percorrida e divulgados ao condutor do veículo.

O Sistema Mecânico possui um sistema de medição de volume de fluxo através de sensores de características semelhantes à um encoder, onde são gerados pulsos nos momentos em que os sensores, compostos de um foto diodo e um foto transistor não possuem obstáculos entre si, neste caso, os dentes da engrenagem interna do Sistema Mecânico.

Observando estas características, compreendemos que os sinais que alimentam o Sistema Eletrônico são pulsos elétricos de freqüência da ordem de grandeza de kHz, como podemos realizar dimensionamento de algumas características do Sistema Mecânica, nele podemos especificar a tensão gerada pelo sensor a cada pulso. Essa tensão deve ter um valor semelhante ao valor de tensão gerada pelo pulso do hodômetro, para que possamos ter uma coerência dos sinais de entrada, e sem necessidade de redimensionamento dos sinais de entrada.

De posse dos sinais de entrada, temos que saber como processar esse sinal. Basicamente, após a coleta do sinal, temos uma operação de subtração dos sinais de volume de fluxo e refluxo de combustível, seguida de uma operação de divisão do sinal do hodômetro com a diferença dos sinais de fluxo. Espera-se que esse sinal seja processado o mais rápido possível para evitar defasagens entre o sinal lido e o consumo efetivamente obtido no momento.

Outro quesito considerado no projeto do Sistema Eletrônico, é a forma de apresentar o resultado processado. Tal forma deve ser rápida, e deve conter informações que facilitem o entendimento do condutor. O resultado deve ser

transmitido ao condutor de uma forma que não prejudique o processamento do valor de consumo, nem a leitura dos sinais.

Portanto, entendemos que as alternativas para aquisição e processamento do sinal são um microcontrolador ou microprocessador. O Microprocessador, a princípio, tem como função apenas o processamento dos sinais de entrada, e a respectiva publicação dos resultados processados, através dos pinos de entrada e saída, de acordo com as características dos pinos de entrada e saída do microprocessador em questão. Um microcontrolador, além das características apresentadas, oferece também a integração de dispositivos externos a microprocessadores, compactando um circuito eletrônico e evitando assim, problemas de maus contatos, ou outras questões inerentes à projeto de circuitos eletrônicos.

A forma de apresentação dos resultados podem ser feitas através de displays. Existem diversos tipos de displays; displays numéricos, displays alfa-numéricos; sendo estes últimos com diversas características: Display de Cristal Líquido (LCD); Display de Matriz de Leds, como os existentes em estádios, e os displays mecânicos, onde uma célula quadriculada de pequena espessura, com cores diferenciadas entre seus lados quadriculados, se movimentam de acordo com a necessidade e o conjunto de células formam um caractere.

#### **4.3 Modelamento da solução**

Após o estudo das características e necessidades do Sistema Eletrônico como um todo, concluímos que:

Para a aquisição e processamento do sinal, acreditamos que o melhor dispositivo a ser utilizado deve ser um microcontrolador, pois este apresenta a facilidade de possuir a integração de dispositivos que podem ser úteis no processamento do sinal. E para a apresentação do resultado, escolhemos o display LCD, pois é funcional, ao apresentar caracteres alfa numéricos, é mais portável que um dispositivo display mecânico, e mais confiável que um display por matriz de Leds. Logo, nosso sistema tem o seguinte aspecto:



Figura 14: Diagrama de blocos do sistema eletrônico.

#### 4.4 Definição da Solução Adotada

Dentre os microcontroladores existentes, optamos por utilizar o Microcontrolador MC68HC908QY4CP, conhecido popularmente como HC08, da Motorola, por apresentar diversas características, entre elas um conversor analógico-digital, um oscilador interno, sistema de clock próprio e um contador interno de até 32 bits. Este microcontrolador possui 16 pinos, que oferecem 14 portas de comunicação no total, sendo 8 portas exclusivas para operação de E/S de dados, e as 6 demais tem funções mistas com a função de E/S de dados. No Anexo B, apresentamos o esquema de pinagem deste microcontrolador.

Para o display LCD, utilizamos um Display de 16 colunas por 2 linhas, que se comunica com seu driver através de uma porta de comando de tamanho 1 byte, possui 3 bits de controle de modo de leitura/escrita, controle de envio de código ou dado e por fim o bit de enable, que permite a leitura ou escrita no LCD. No Anexo A, apresentamos o Datasheet deste Display LCD.

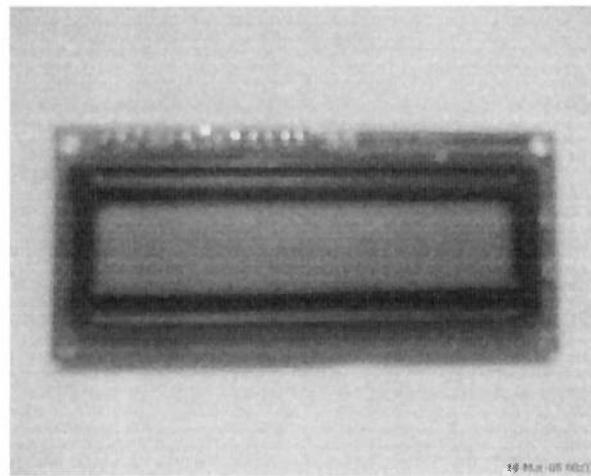
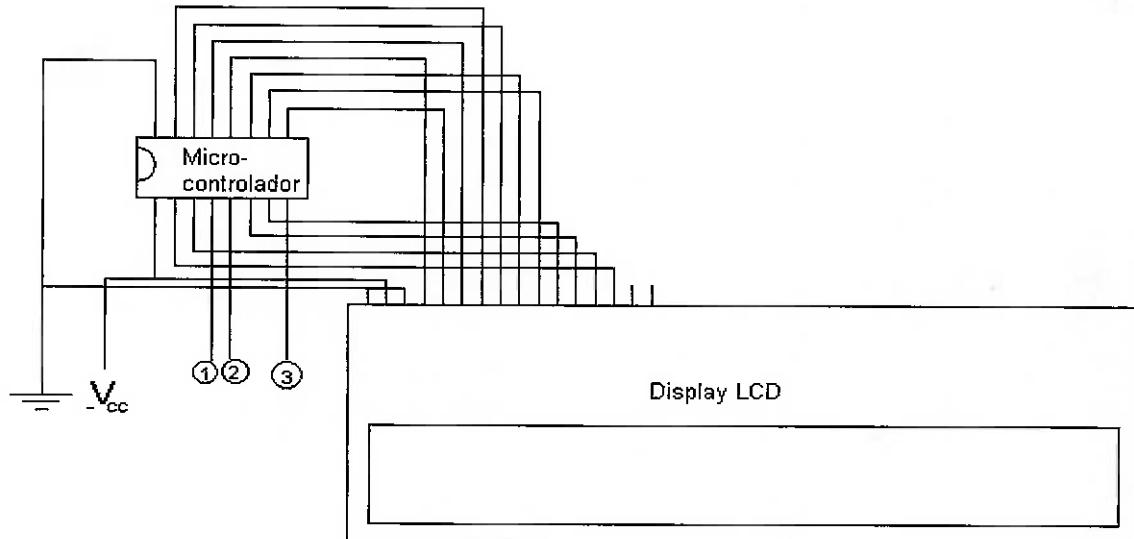


Figura 15: Display LCD

Com todas essas características, temos que o seguinte esquema eletrônico:



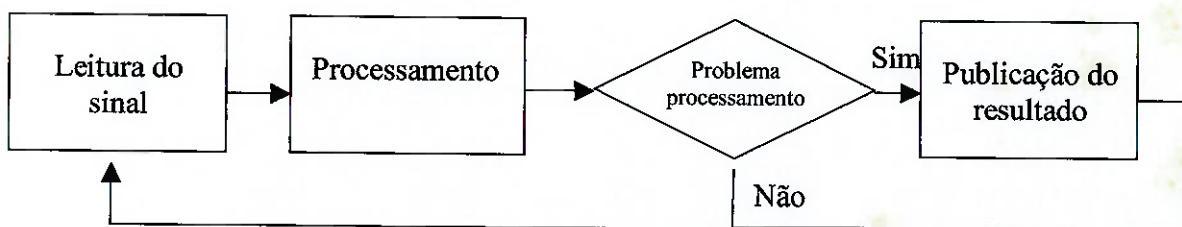
*Figura 16: Circuito do sistema eletrônico.*

Os indicadores 1 e 2 no circuito referem-se aos sinais provindos do Sistema Mecânico, e o indicador 3 refere-se ao sinal provindo do hodômetro do veículo.

#### 4.5 Montagem e Discussão do Sistema Eletrônico

Após aquisição de todos os componentes necessários ao desenvolvimento do Sistema Eletrônico, observamos a necessidade de cuidados com o dimensionamento da tensão utilizada para evitar queima de equipamento, a necessidade de constantes medições para entender o que acontece no equipamento. Após montagem de todo o equipamento e conexão de todos os pinos de comunicação entre os Sistemas Eletrônico e Mecânico, e o Hodômetro, entendemos a necessidade de se estabelecer uma lógica de programação que não prejudicasse o desenvolvimento do sistema, nem sua eficiência.

A forma encontrada para solucionar o problema de programação foi a de utilizar blocos de atividades durante a execução do programa contido no microcontrolador. Os Blocos estão divididos da seguinte forma:



*Figura 17: Fluxograma de operações do sistema eletrônico*

Após estabelecimento do fluxo de ações durante a execução do programa, começamos a nos aprofundar em cada bloco do programa, como mostrado a seguir:

**Contagem:** Durante a contagem, o microcontrolador irá realizar a aquisição dos sinais gerados pelo Sistema Mecânico e o Hodômetro do veículo. Esse sinais correspondem à uma onda quadrada de aproximadamente 150Hz para o caso do Sistema Mecânico com variações para o aumento ou redução da vazão de combustível; e de 10 Hz para a leitura do Hodômetro.

**Processamento:** Nesta etapa, realizamos a conversão dos pulsos em valores de volume de combustível e quilometragem percorrida, através de curvas levantadas nos ensaios dos dispositivos, e através da constante de conversão do hodômetro.

**Publicação dos resultados:** Nesta etapa, os dados são transformadas em variáveis do tipo string e repassadas ao display LCD através das portas de comando e dados.

De acordo com observações durante os testes, e também seguindo o propósito deste trabalho, decidimos que a taxa de atualização das informações contidas no display deveria ser feita em intervalos menores que 2 segundos. A escolha desse valor nos ajuda também a evitar estouro do buffer das variáveis, pois em testes realizados, observamos que grandes tempos de medição, geram altos valores de pulsos contados, e dependendo do tipo de variável utilizada, poderá ocorrer o estouro no buffer.

Observamos também durante o teste, as facilidades que o display LCD fornece, informando quando se encontra em estado de ocupado ou desocupado.

Um fator que foi verificado durante os testes do sistema, que foi realizado numa montagem em placa do tipo protoboard, foi a instabilidade dos sinais, o que gerava problemas na inicialização do display LCD. Esse problema se corrigiria ao migrar o sistema para uma placa construída especificamente para o Sistema Eletrônico.

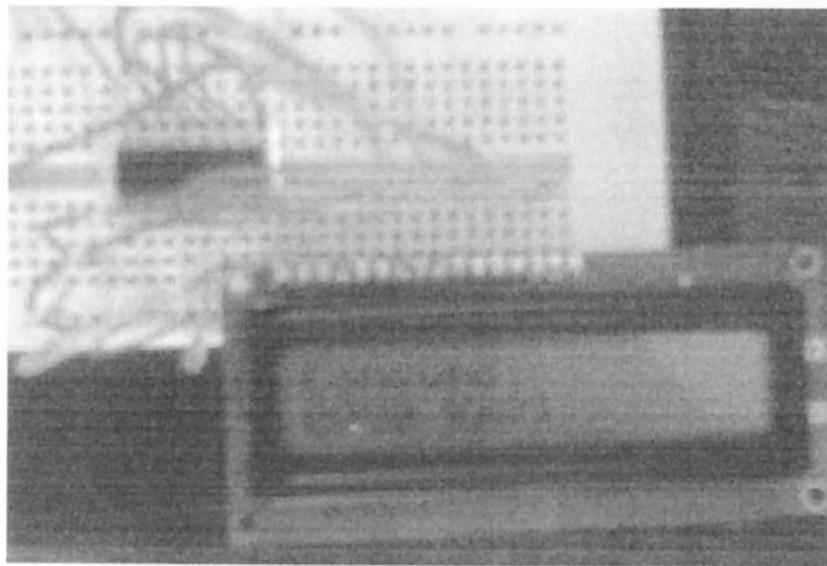
No Apêndice B, encontra-se o código fonte dos programas utilizados neste projeto.

#### **4.6 Verificação de eficácia do sistema**

Para verificar a eficácia do sistema de contagem do Sistema Eletrônico, realizamos o seguinte teste: programamos o Sistema Eletrônico para realizar a etapa de contagem a cada 27 segundos. Paralelo a isso programamos um gerador de funções para gerar uma onda quadrada de freqüência de 1Hz. Ao utilizar esta freqüência, entendemos que o Sistema Eletrônico deveria publicar 27 pulsos a cada 27 segundos. Ao observar os resultados obtidos no teste, vimos que ele apresentava

uma contagem de  $27 \pm 2$  pulsos, e conforme a freqüência aumentava a incerteza também, mas sempre abaixo de 10%.

Para simular o sistema por completo, necessitávamos do sinal do hodômetro, e para tanto programamos um microprocessador em paralelo para gerar uma onda quadrada de freqüência 10 Hz. Com mais esse sinal, pudemos verificar a eficácia do sistema ao realizar o cálculo do consumo de combustível por quilometro rodado, pois já tinha verificado a eficácia da contagem, faltava verificar apenas a eficácia do processamento, que foi realizada com esse teste, faltando apenas verificar a eficácia do envio dos dados para publicação no Display LCD.



*Figura 18: Sistema eletrônico em funcionamento.*

Para a verificação do envio correto de informações ao Display LCD, verificamos a rapidez com que os dados eram enviados ao Display, a continuidade de envio dos dados, a forma de quebra de linha utilizadas, enfim todos os testes necessários para poder ter certeza de não haver problemas na comunicação entre o microcontrolador e o Display LCD durante o funcionamento do Sistema Eletrônico, além de verificar se tínhamos total controle sobre os códigos de comando e envio de dados sobre o Display LCD.

# **Integração e testes**

Após construção e testes dos Sistemas Mecânico e Eletrônico, realizamos a integração dos sistemas, compondo o Dispositivo de Medição de Consumo “Instantâneo”, objeto deste trabalho. Na realidade, o Dispositivo não realiza uma medição instantânea do consumo, mas sim um consumo médio para um pequeno intervalo de tempo, o que sugere a impressão de instantaneidade do dispositivo, devido ao dinamismo com que ele fornece os resultados. Após tal integração foram realizados testes para a verificação da qualidade com que o dispositivo exerce a função proposta.

### **5.1 Proposta para instalação da bancada de testes**

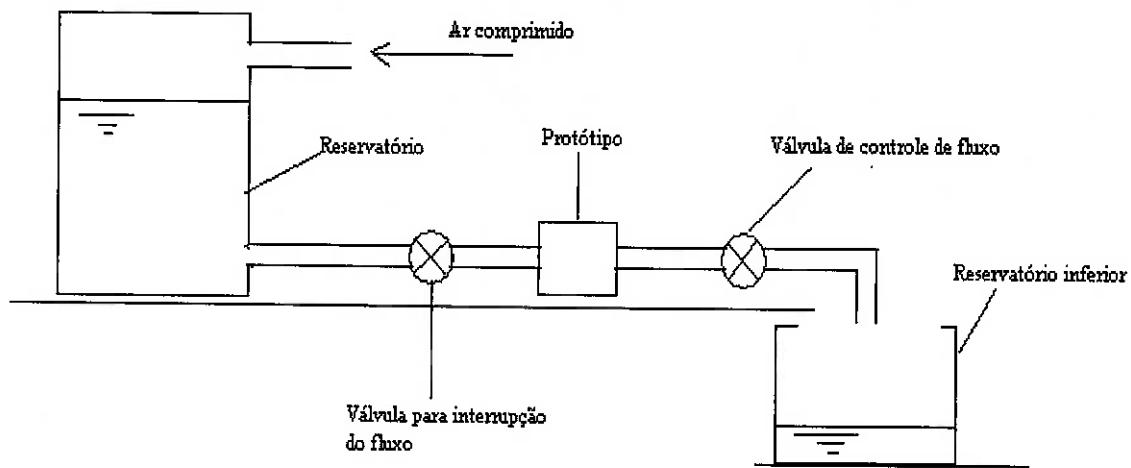
O dispositivo proposto tem o objetivo de demonstrar a viabilidade de utilização em automóveis. Para tanto, todos os testes serão conduzidos em uma bancada de testes que irá simular as condições que o dispositivo encontraria ao estar embarcado em um automóvel.

Considerando as condições de operação da linha de combustível, que são geradas pela bomba de combustível, que, consultadas no catálogo de peças referente ao modelo Astra 2.0, são:

- Pressão de operação: 3 a 3,5 bar.
- Vazão: 105 l/h.

Levando em conta esses valores, principalmente a elevada pressão do sistema, será necessário utilizar ar comprimido no recipiente, fechado, de água para gerar essa pressão de modo a se obter o resultado mais fiel possível se comparado com o sistema real. Conseguida essa pressão de operação, para se obter as curvas de

calibração, será necessária a adoção de uma válvula de controle de fluxo, como mostrado no esquema abaixo, no final, com o auxílio de um cronômetro e de um reservatório poderemos medir a quantidade de fluido que passou num intervalo de tempo e compararmos com os ciclos do dispositivo, para podermos obter a correlação entre a vazão real e a medida.



*Figura 19: Esquema da bancada para testes e calibração do dispositivo.*

A proposta de bancada de testes sugerida neste não pode ser utilizada, devido falhas com a pressurização do sistema. Optou-se então por utilizar o sistema de coluna de água, através de uma caixa d'água localizada a 25 m de altura e uma torneira na altura de referência, logo, teríamos uma pressão de 2,5 bar, fazendo as conversões de metro de coluna de água para bar. Logo, nas condições da nossa nova bancada de teste, acreditamos que estivemos mais próximos do resultado, apesar de não termos os 3 ~ 3,5 bar existentes na linha de fluxo de combustível.. Com essa pressão utilizada, acreditamos que podemos ter resultados suficientemente próximos aos que seriam obtidos com a pressão real do sistema de injeção.

## 5.2 Testes dos protótipos

Só foi possível realizar os testes em dois dos seis protótipos construídos, pois, por se tratar de um teste empírico e haver a interferência de aspectos construtivos como folgas e atrito entre a engrenagem e a superfície usinada do acrílico, dois protótipos (1 e 2) não possuíam estabilidade para que se pudesse posicionar o foto sensor e outros dois (3 e 4) não apresentaram movimento com a passagem de fluido por eles.

Para cada um dos protótipos foi levantada uma tabela relacionando o volume pelo número de pulsos obtidos em um intervalo de tempo fixo (27 segundos). E assim, foi possível obter as curvas de calibração e verificar a linearidade de cada protótipo.

### Protótipo 5

Pulsos	Volume (litros)
1196	0,26
1201	0,28
3126	0,38
4977	0,49
6714	0,57
7844	0,66
9312	0,75
11712	0,96
13796	1,1
14329	1,13

Tabela 3: Tabela de aquisição de dados do protótipo 5

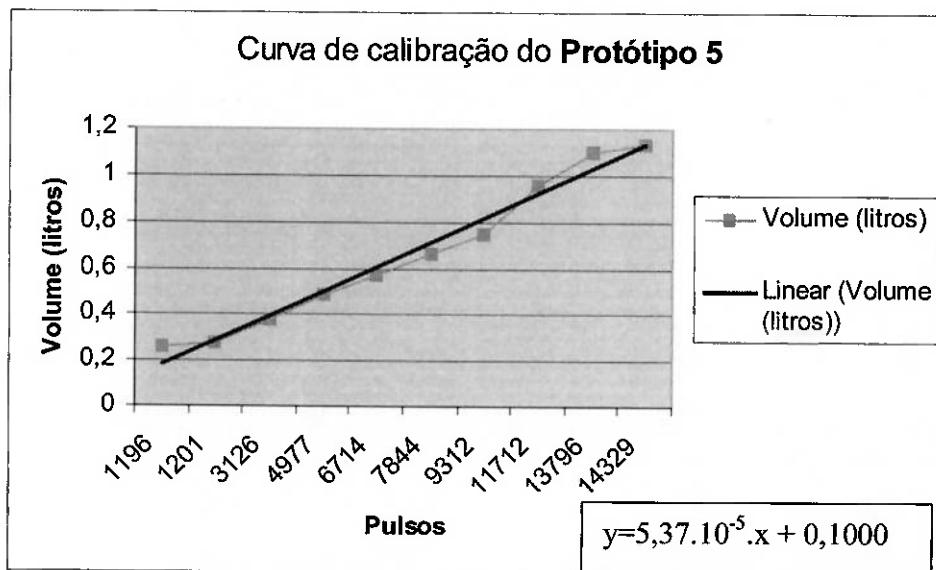


Gráfico 1: Curva de calibração do protótipo 5

### Protótipo 6

Pulsos	Volume (litros)
3713	0,3
4507	0,35
5421	0,45
6646	0,51
8531	0,6
11007	0,75
12578	0,8
14791	0,91
15445	0,95
16379	0,98

Tabela 4: Tabela de aquisição de dados do protótipo 6

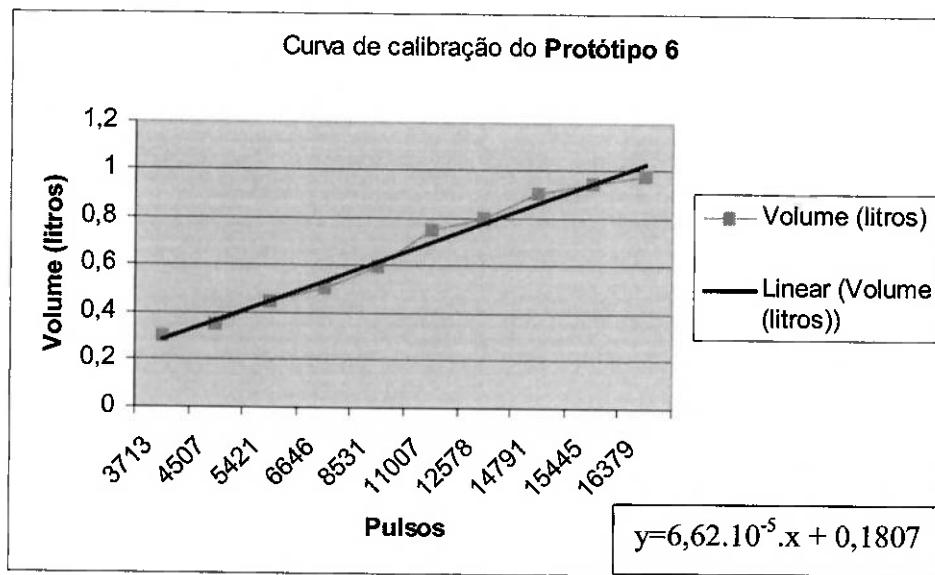


Gráfico 2: Curva de calibração do protótipo 6

Analizando os dois gráficos obtidos, podemos verificar que a diferença da interferência no fluxo não causa grandes alterações no comportamento dos protótipos, apenas uma pequena diferença entre a máxima e a mínima vazão obtida. Portanto, baseado na forma construtiva semelhante dos protótipos, poderíamos esperar que as curvas obtidas para os protótipos não testados seguiriam a mesma tendência das acima ilustradas, apenas diferenciando o seu grau de inclinação e no intervalo de operação.

Concluímos que existe uma proporcionalidade entre diferentes valores de vazão medidos com os respectivos pulsos gerados durante os ensaios realizados. Dessa linearidade tiramos uma curva de calibração, que corresponde à uma equação de reta, que será a base de conversão de dados entre os pulsos lidos pelo Sistema Mecânico, e o volume passado por ele. Essa equação de conversão então é repassada para o Sistema Eletrônico utilizar na etapa de processamento do sinal obtido.

Os protótipos não ensaiados deveriam apresentar comportamento semelhante, mas deveriam operar pra faixas de vazão diferentes, devido à interferência existente no fluxo de fluido, conforme foi observado nos dispositivos ensaiados, porém não sabemos qual o comportamento do dispositivo ao variar o diâmetro da engrenagem, que era o outro parâmetro de projeto. Infelizmente, não é possível afirmar qual a faixa de operação dos protótipos ensaiados, nem se a variação do diâmetro da engrenagem afetaria o seu funcionamento. Portanto, observamos que os protótipos ensaiados apresentam uma estabilidade na geração de pulsos para um determinado valor de vazão, consistindo num sistema eficiente para medição de vazão.

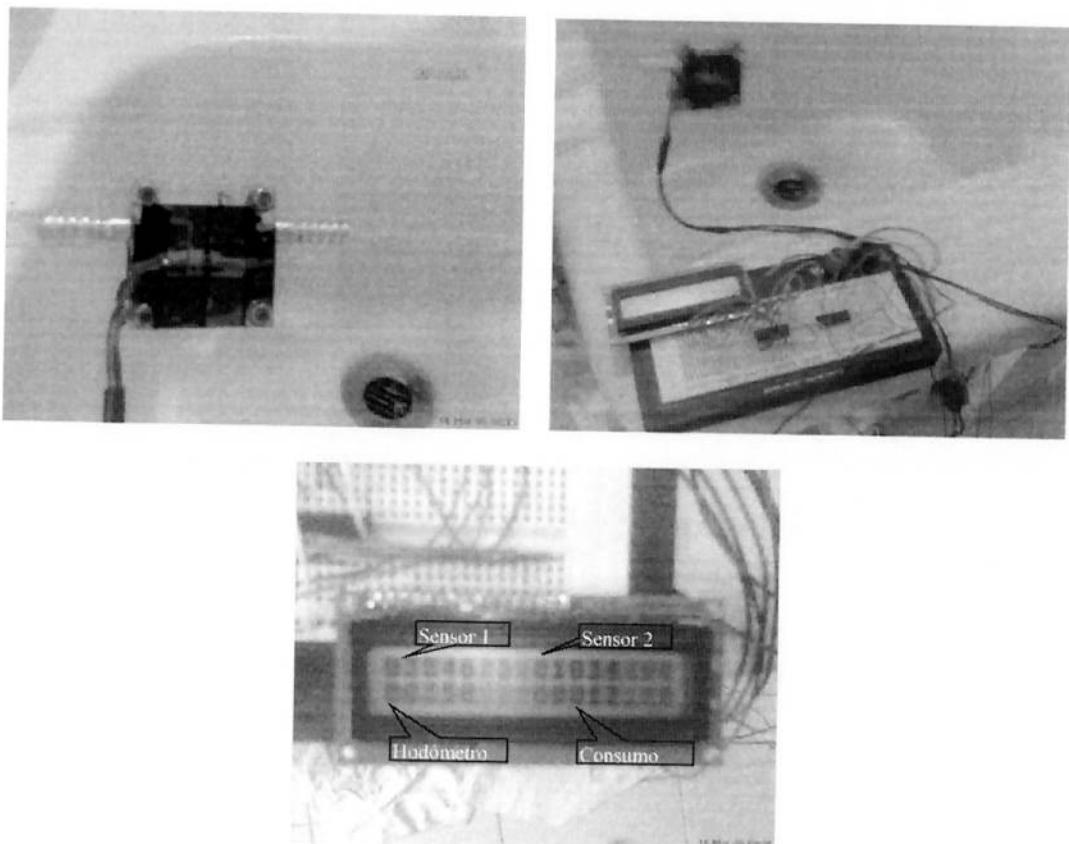


Figura 20: Integração e resultados do sistema.

### 5.3 Sistema final

O sistema final é constituído por dois medidores desenvolvidos, um instalado no fluxo de combustível do tanque para o motor e, outro instalado no refluxo de combustível do motor para o tanque que geram os sinais a serem processados no Sistema Eletrônico, que, junto com o sinal proveniente do hodômetro do automóvel, apresenta o consumo ao motorista.

## 6 Conclusões

Considerando os objetivos iniciais deste trabalho, que era desenvolver um dispositivo para medição de consumo de combustível em automóveis, podemos concluir que, de forma geral, atingimos tal objetivo ao apresentar um dispositivo que funciona de forma linear e estável.

O Sistema Eletrônico apresentou resultados satisfatórios em relação ao esperado, que era de apresentar o valor do consumo instantâneo de combustível, e que na realidade ele realiza uma medição de consumo médio a um pequeno intervalo de tempo, dando a sensação de medição instantânea.

Com relação ao Sistema Mecânico, não foi possível avaliar a influência de todas as variáveis de projeto no comportamento dos dispositivos, já que, só foi possível realizar os testes com apenas dois protótipos, e os dois com o mesmo diâmetro de engrenagem. Portanto, não foi possível analisar a influência deste parâmetro nas curvas de calibração deste dispositivo.

Portanto, concluímos que existe a viabilidade técnica da utilização deste dispositivo nos moldes em que ele foi projetado como base para elaboração de um produto, bastando para isso realizar trabalhos de otimização do desempenho do projeto inicial do medidor de vazão e realizar um trabalho de engenharia de produto visando aumento de eficiência e aumento de robustez e estabilidade do mesmo.

Os próximos passos a se seguirem neste projeto seriam o de analisar de forma detalhada o tempo de resposta do sistema para variações bruscas de vazão, analisar o comportamento com outros diâmetros de engrenagem, verificar a viabilidade de construção de dispositivos que atendam uma faixa de operação de vazão mais baixa,

como as encontradas em aeromodelismo. Realizar um estudo dos efeitos do combustível sobre os componentes que estão diretamente em contato com ele. Realizar um trabalho de otimização no processamento dos sinais, verificar se é viável essa otimização. Acreditamos que com esses estudos, será possível obter um produto mais eficiente, e que possivelmente possa atender outras finalidades, como o uso em aeromodelismo.

## 7 Bibliografia

- Fox, R.W. & McDonald, A. T. Introdução a Mecânica dos Fluidos. Editora Guanabara Koogan, quarta edição revisada.
- Munson, Bruce R. & Young, Donald F. & Okiishi, Theodore H. Fundamental of Fluid Mechanics. Editora Wiley, 1990.
- Crouse, William H. Automotive Mechanics. McGraw-Hill Book Company, terceira edição.
- Apostila Programa Embedded Software – Treinamento de Microcontroladores, CNZ Engenharia.
- Fenton, John Handbook of automotive powertrains and chassis design, Professional Engineering Publishing, primeira edição.

## Sites

- [www.uol.com.br/bestcars](http://www.uol.com.br/bestcars)
- <http://myspace.eng.br/eng/fluidos/fluido3.asp>
- <http://www.mikroelektronika.co.yu/portuguese/product/books/picbook/00.html>
- [www.chevrolet.com.br](http://www.chevrolet.com.br)
- [www.vw.com.br](http://www.vw.com.br)
- [www.alldatasheets.com](http://www.alldatasheets.com)
- <http://www.howstuffworks.com>

## APÊNDICE A – Desenhos de fabricação dos protótipos

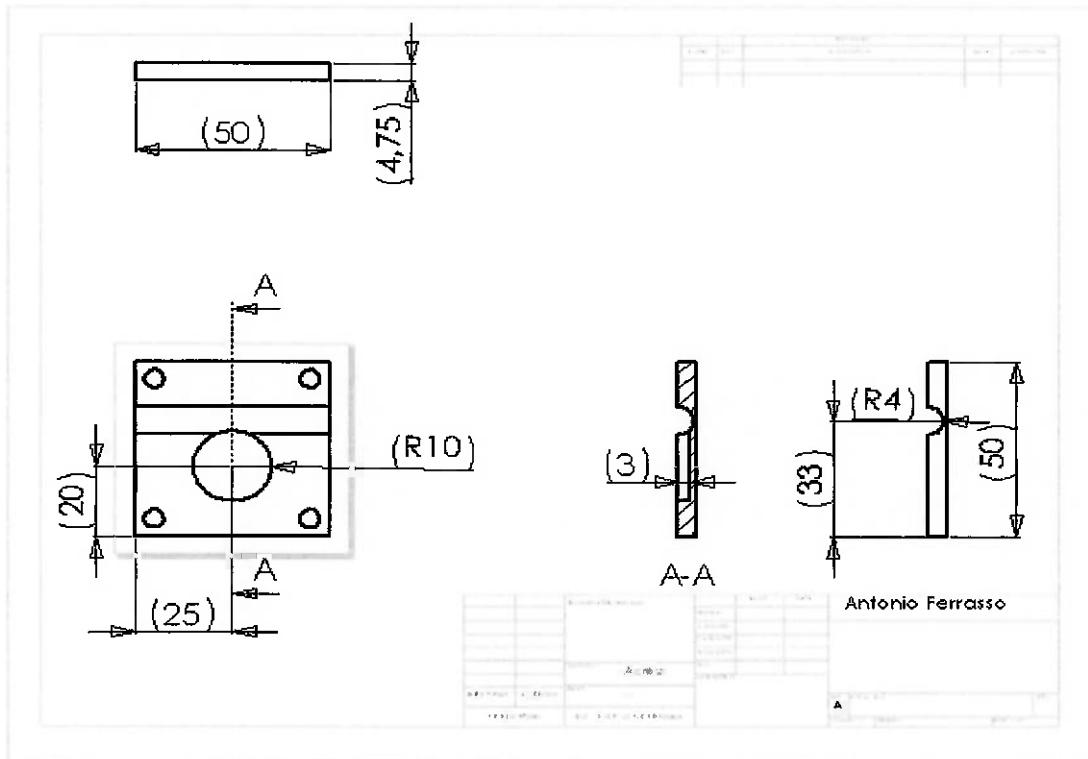


Figura 21: Desenho de fabricação do protótipo 1.

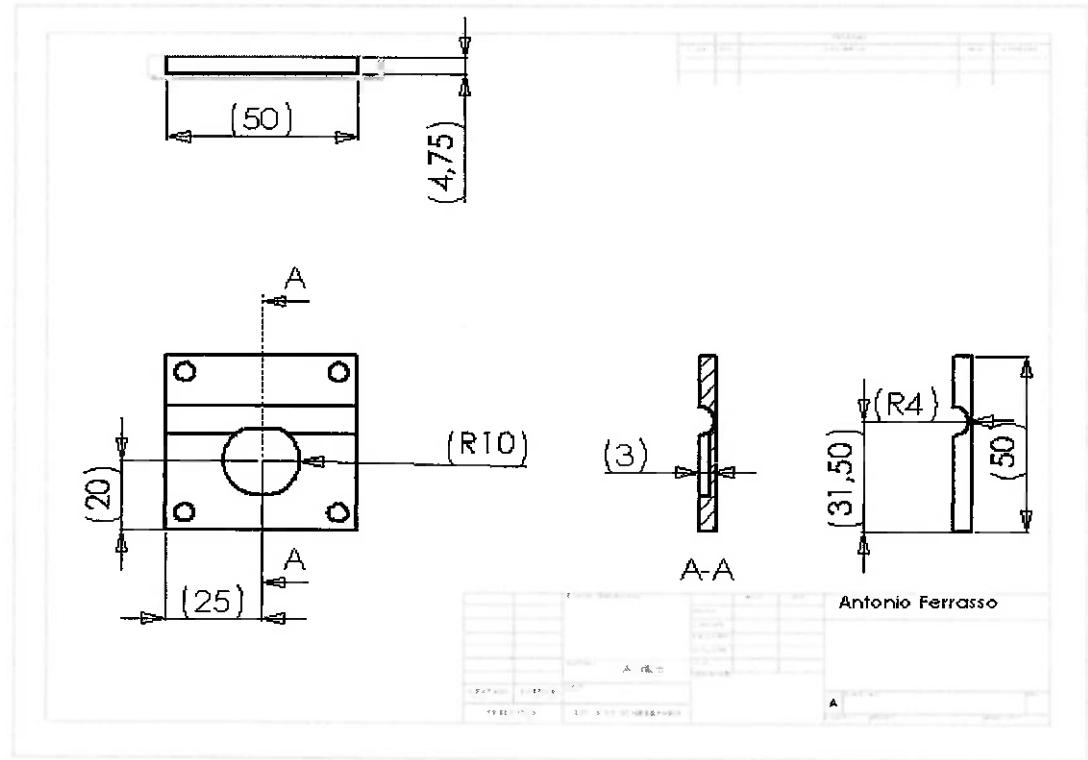


Figura 22: Desenho de fabricação do protótipo 2.

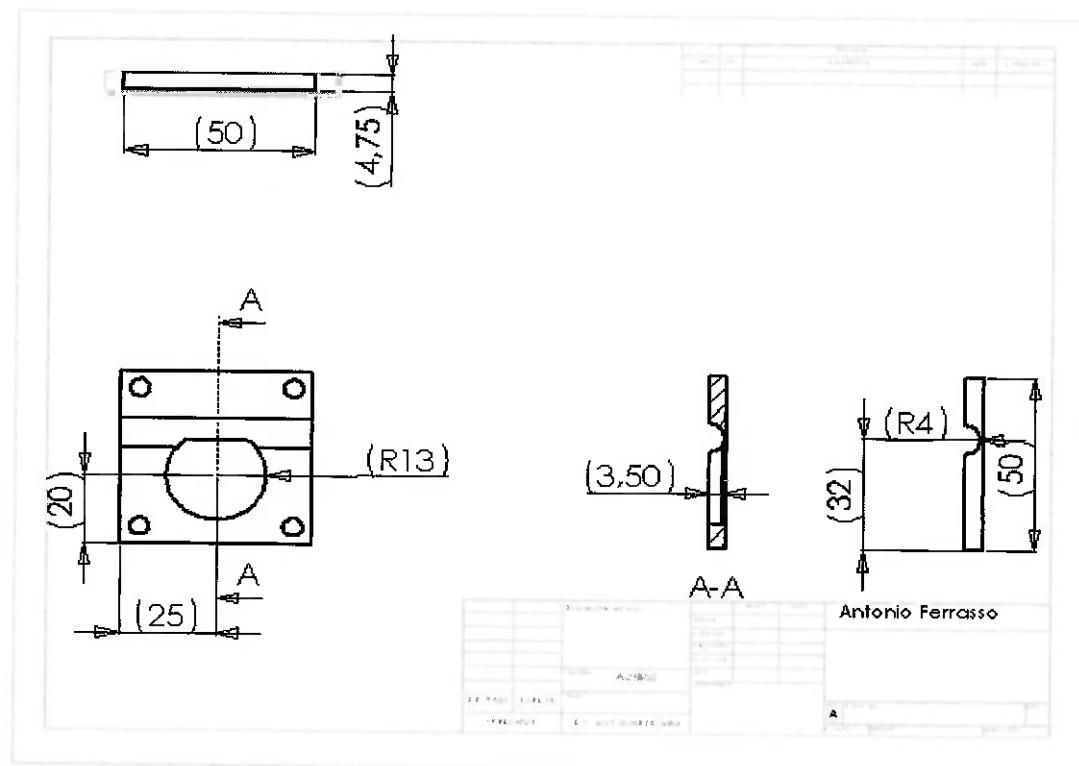


Figura 23: Desenho de fabricação do protótipo 3.

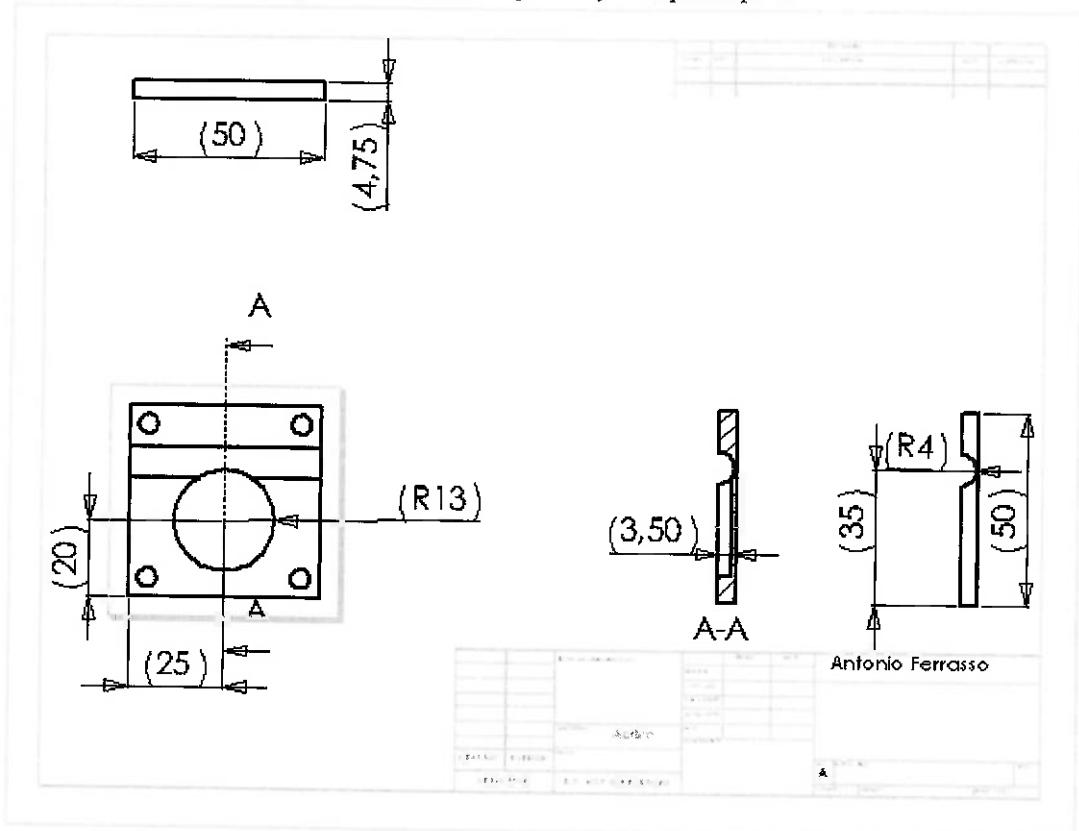


Figura 24: Desenho de fabricação do protótipo 4.

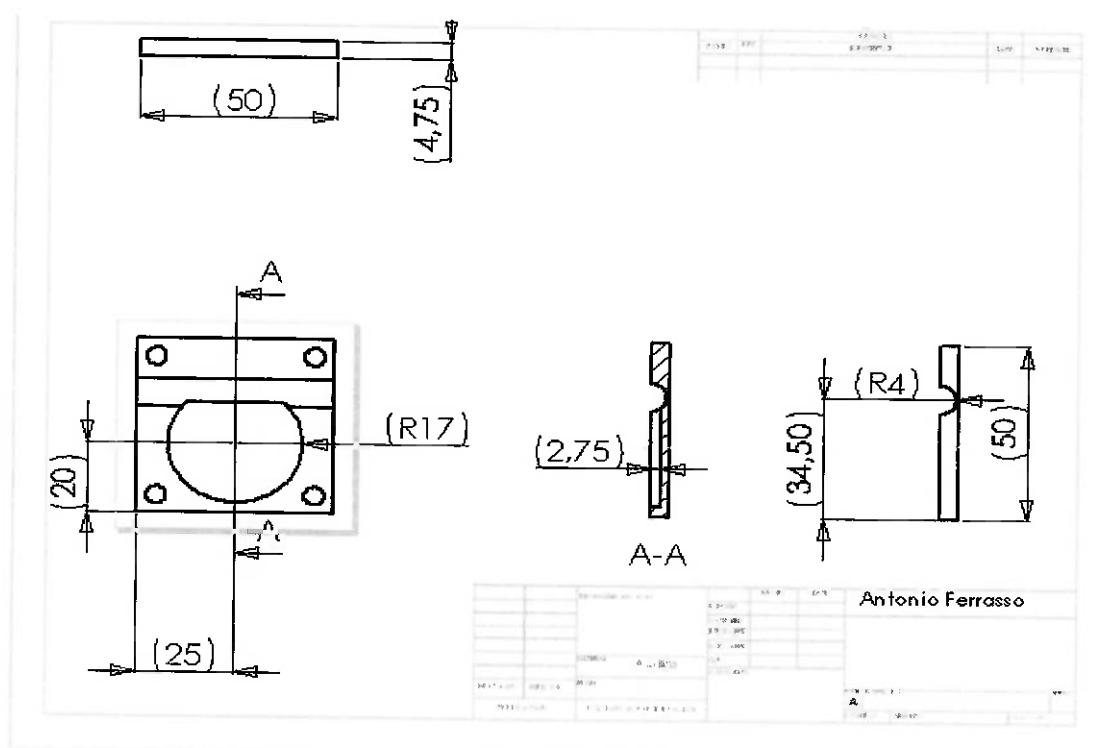


Figura 25: Desenho de fabricação do protótipo 5.

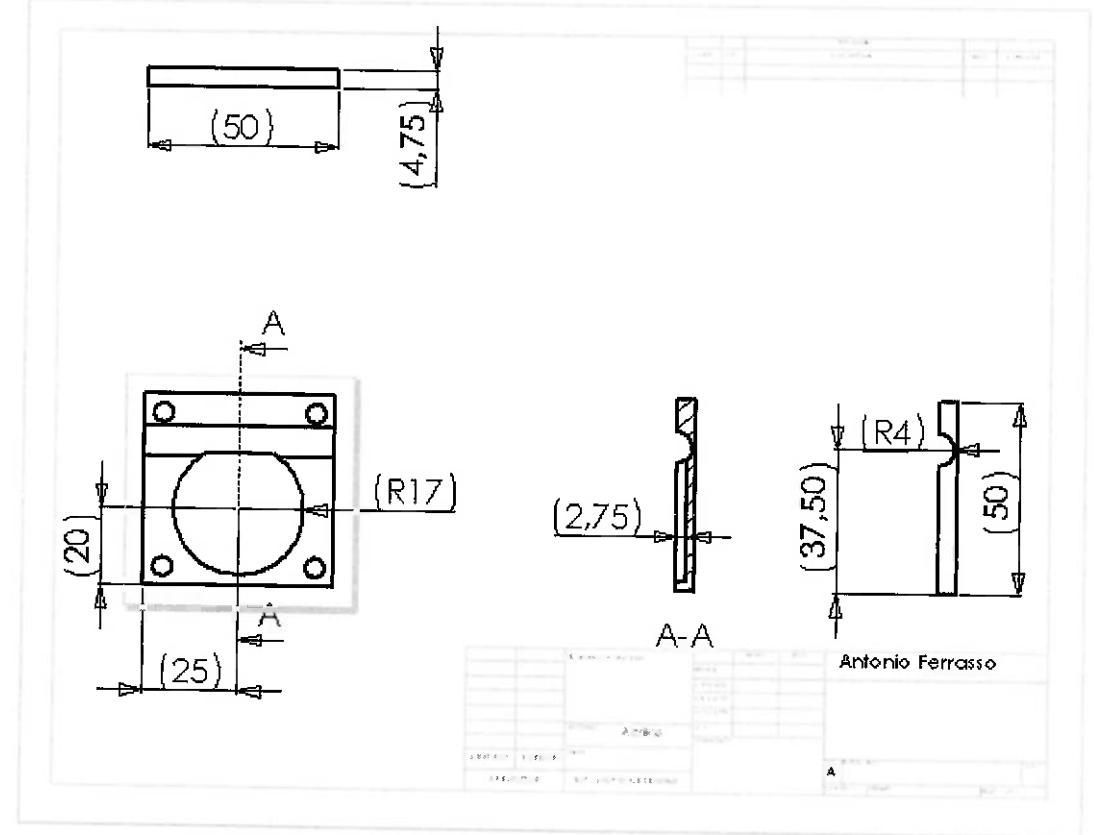


Figura 26: Desenho de fabricação do protótipo 6.

## APÊNDICE B – Código Fonte dos programas utilizados neste projeto.

Código do gerador de pulsos, que simula o sinal do hodômetro.

```
/** ##### Filename : hodometro.C
** Project : Medidor de Consumo de Combustível
** Processor : MC68HC908QY4CP
** Version : Driver 01.08
** Compiler : Metrowerks HC08 C Compiler
** Date/Time : 8/3/2006, 02:25
** Abstract :
**     Main module.
**     Here is to be placed user's code.
** Settings :
** Contents :
**     No public methods
**
** (c) Copyright UNIS, spol. s r.o. 1997-2004
** UNIS, spol. s r.o.
** Jundrovská 33
** 624 00 Brno
** Czech Republic
** http      : www.processorexpert.com
** mail      : info@processorexpert.com
** #####
/* MODULE hodometro */

/* Including used modules for compilling procedure */
#include "Cpu.h"
#include "Events.h"
#include "Hod.h"
/* Include shared modules, which are used for whole project */
#include "PE_Types.h"
#include "PE_Error.h"
#include "PE_Const.h"
#include "IO_Map.h"

void main(void)
{
    int i;
    /** Processor Expert internal initialization. DON'T REMOVE THIS CODE!!! ***/
    PE_low_level_init();
    /** End of Processor Expert internal initialization.
***/

    /* Write your code here */
    for(;;){                                //Módulo para realizar a contagem contínua
        Hod_NegVal();                      //dos pulsos.
        for(i=0;i<10000;i++){
        }
    }
#ifndef PE_OS_OSEK_SUPPORT
    for(;;){}

```

```
#else
    StartOS_Mode();                                /* Jump to OSEKturbo OS startup */
    /*DO NOT WRITE CODE BELOW THIS LINE*/
#endif PE_OS_OSEK_SUPPORT
}

/* END hodometro */
/*
** #####
** This file was created by UNIS Processor Expert 03.51 for
** the Motorola HC08 series of microcontrollers.
**
** #####
*/

```

Código responsável pela execução do módulo de contagem dos sinais, processamento e publicação dos resultados.

```
/** ##########
** Filename : principal.C
** Project  : Medidor de Consumo de Combustível
** Processor : MC68HC908QY4CP
** Version   : Driver 01.08
** Compiler  : Metrowerks HC08 C Compiler
** Date/Time : 25/2/2006, 18:57
** Abstract  :
**           Main module.
**           Here is to be placed user's code.
** Settings  :
** Contents  :
**           No public methods
**
** (c) Copyright UNIS, spol. s r.o. 1997-2004
** UNIS, spol. s r.o.
** Jundrovská 33
** 624 00 Brno
** Czech Republic
** http     : www.processorexpert.com
** mail     : info@processorexpert.com
** #####
/* MODULE principal */

/* Including used modules for compilling procedure */
#include "Cpu.h"
#include "Events.h"
#include "DADOS.h"      //Biblioteca responsável pelo envio dos Dados
#include "E.h"          //Bit responsável pelo habilitação de escrita
#include "RS.h"          //Bit responsável pelo controle de dado ou comando
#include "RW.h"          //Bit responsável pelo controle de leitura/escrita
#include "S1.h"          //Bit responsável pela leitura do sensor de fluxo
#include "S2.h"          //Bit responsável pela leitura do sensor de refluxo
#include "Hod.h"          //Bit responsável pela leitura do sinal do hodometro
/* Include shared modules, which are used for whole project */
#include "PE_Types.h"
#include "PE_Error.h"
#include "PE_Const.h"
#include "IO_Map.h"
#include "stdio.h"

void LCD(byte val, bool r){  //função responsável pelo envio de dados
    int i;                  // ou comandos ao LCD.
    RW_ClrVal();
    DADOS_PutVal(val);
    RS_PutVal(r);
    E_SetVal();
    for(i=0;i<200;i++){
}
```

```

    E_ClrVal();
}

void wait(){
    int i, j;
    for(i=0;i<250;i++){
        for(j=0;j>250;j++)
    }
}

void LCD_Init(){
    wait();
    LCD(0x38,0);
    wait();
    LCD(0x0C,0);
    wait();
    LCD(0x06,0);
    wait();
    LCD(0x01,0);
    wait();
}

void LCD_char(int num){
    switch (num){
        case 0:{
            LCD('0',1);
            wait();
            break;
        }
        case 1:{
            LCD('1',1);
            wait();
            break;
        }
        case 2:{
            LCD('2',1);
            wait();
            break;
        }
        case 3:{
            LCD('3',1);
            wait();
            break;
        }
        case 4:{
            LCD('4',1);
            wait();
            break;
        }
        case 5:{
            LCD('5',1);
            wait();
            break;
        }
        case 6:{
            LCD('6',1);
            //função responsável pelo delay necessário
            //para o processamento dos dados enviados
            //ao LCD.
        }
    }
}

```

```

        wait();
        break;
    }
    case 7:{ 
        LCD('7',1);
        wait();
        break;
    }
    case 8:{ 
        LCD('8',1);
        wait();
        break;
    }
    case 9:{ 
        LCD('9',1);
        wait();
        break;
    }
}
}

void divide(int num){           //função para quebrar uma variável int
    int tmp;                   //em unidades para serem convertidas
    tmp = num/10000;           // em strings.
    LCD_char(tmp);
    num=num-tmp*10000;
    tmp = num/1000;
    LCD_char(tmp);
    num=num-tmp*1000;
    tmp = num/100;
    LCD_char(tmp);
    num=num-tmp*100;
    tmp = num/10;
    LCD_char(tmp);
    num=num-tmp*10;
    LCD_char(num);
}

void main(void)                 //módulo principal
{
    int j, k, chod, cs1, cs2;
    bool hod_flag, S1_flag, S2_flag;

    /** Processor Expert internal initialization. DON'T REMOVE THIS
CODE!!! ***/
    PE_low_level_init();
    /** End of Processor Expert internal initialization.
***/

    /* Write your code here */

    LCD_Init();                  //inicialização do LCD
    LCD('C',1);                 //Seqüência responsável por escrever a
    wait();                      //palavra "Consumo" no LCD.
    LCD('o',1);
    wait();
    LCD('n',1);
}

```

```

wait();
LCD('s',1);
wait();
LCD('u',1);
wait();
LCD('m',1);
wait();
LCD('o',1);
wait();
hod_flag=0;           //inicialização das variáveis do programa
S1_flag = 0;
S2_flag = 0;
chod = 0;
cs1 = 0;
cs2 =0;

for(;;){
    for(j=0;j<250;j++) {          //loop para intervalo de contagem da leitura
        for(k=0;k<250;k++) {      //dos sensores.
            if(Hod_GetVal() != FALSE && hod_flag == 0) {
                hod_flag=1;
                chod++;
            } else{
                if(Hod_GetVal() == FALSE && hod_flag == 1) {
                    hod_flag=0;
                    chod++;
                }
            }
            if(S1_GetVal() != FALSE && S1_flag == 0) {
                S1_flag=1;
                cs1++;
            } else{
                if(S1_GetVal() == FALSE && S1_flag == 1) {
                    S1_flag=0;
                    cs1++;
                }
            }
            if(S2_GetVal() != FALSE && S2_flag == 0) {
                S2_flag=1;
                cs2++;
            } else{
                if(S2_GetVal() == FALSE && S2_flag == 1) {
                    S2_flag=0;
                    cs2++;
                }
            }
        }
    }
}

chod=chod/2; //processo de normalização do valor de leitura dos
LCD(0x88,0); //sensores. O loop conta borda de subida e de descida.
wait();
divide(chod); //processo de divulgação dos resultados

cs1=cs1/2;
LCD(0xc0,0);
wait();

```

```
divide(cs1);

cs2=cs2/2;
LCD(0xc8,0);
wait();
divide(cs2);

chod=0;           //Reinicilação das variáveis.
hod_flag=0;
cs1=0;
S1_flag=0;
cs2=0;
S2_flag=0;

}

#ifndef PE_OS_OSEK_SUPPORT
for(;;){
}
#else
StartOS_Mode;          /* Jump to OSEKturbo OS startup */
/*DO NOT WRITE CODE BELOW THIS LINE*/
#endif PE_OS_OSEK_SUPPORT
}

/* END teste */
/*
** #####
** This file was created by UNIS Processor Expert 03.51 for
** the Motorola HC08 series of microcontrollers.
**
** #####
*/
```

## ANEXO A – Datasheet do Display LCD JHD162A

### JHD162A SERIES

\*\*\*\*\* DISPLAY CONTENT: 16 C

CHAR. DOTS: 5 x 8

DRIVING MODE: 1/16D

AVAILABLE TYPES: •

TN• STN(YELLOW GREEN• GREY• B/W)

REFLECTIVE• WITH EL OR LED BACKLIGHT

EL/100VAC• 400HZ

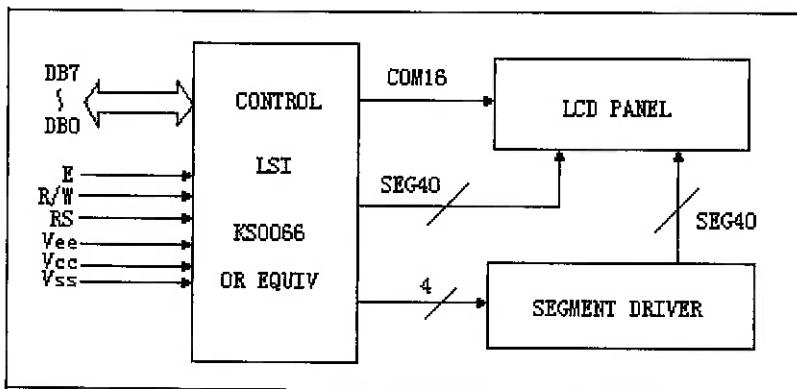
LED/4.2VDC

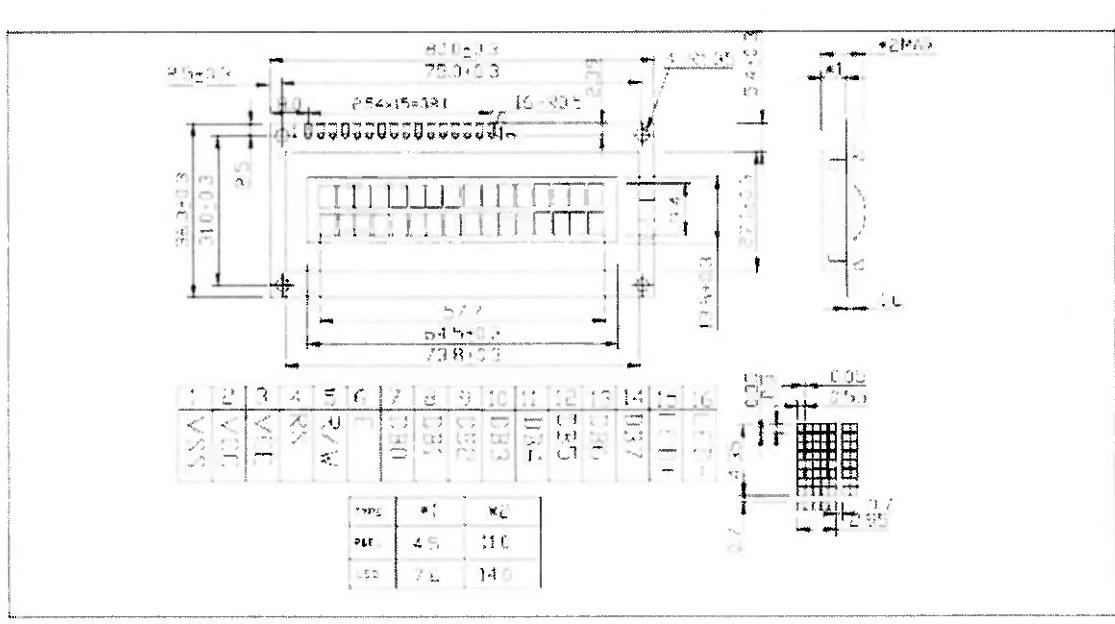
\*\*\*\*\*

Parameter	Symbol	Testing Criteria	Standard Values			Unit
			Min.	Typ	Max	
Supply voltage	VDD-V <sub>SS</sub>	-	4.5	5.0	5.5	V
Input high voltage	V <sub>H</sub>	-	2.2	-	V <sub>DD</sub>	V
Input low voltage	V <sub>L</sub>	-	-0.3	-	0.6	V
Output high voltage	V <sub>OH</sub>	I <sub>OH</sub> =02mA	2.4	-	-	V
Output low voltage	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> =1.2mA	-	-	0.4	V
Operating voltage	I <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub> =5.0V	-	1.5	3.0	mA

• •  
• •  
• •  
• •  
• •  
• •  
• •  
• •  
• •  
• •

\*\*\*\*\*





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VSS	VCC	VEE	RS	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	LED-	LED-

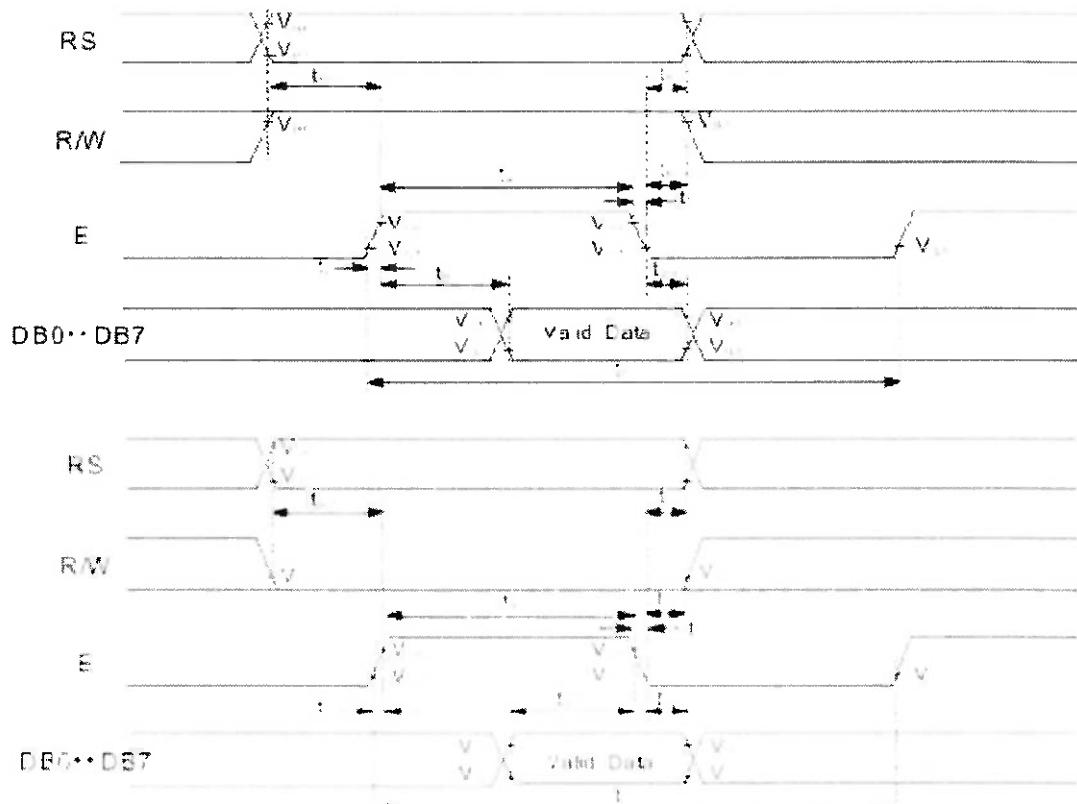
### ■ AC Characteristics Read Mode Timing Diagram

Table 12. AC Characteristics ( $V_{DD} = 4.5V \sim 5.5V$ ,  $T_a = -30 \sim +85^\circ C$ )

Mode	Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Write Mode (Refer to Fig-6)	E Cycle Time	$t_C$	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{R/F}$	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_W$	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{SU1}$	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_{H1}$	10	-	-	
	Data Setup Time	$t_{SU2}$	80	-	-	
Read Mode (Refer to Fig-7)	Data Hold Time	$t_{H2}$	10	-	-	ns
	E Cycle Time	$t_C$	500	-	-	
	E Rise / Fall Time	$t_{R/F}$	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_W$	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{SU}$	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_H$	10	-	-	
	Data Output Delay Time	$t_D$	-	-	120	
	Data Hold Time	$t_{DH}$	5	-	-	

Table 13. AC Characteristics ( $V_{DD} = 2.7V \sim 4.5V$ ,  $T_a = -30 \sim +85^\circ C$ )

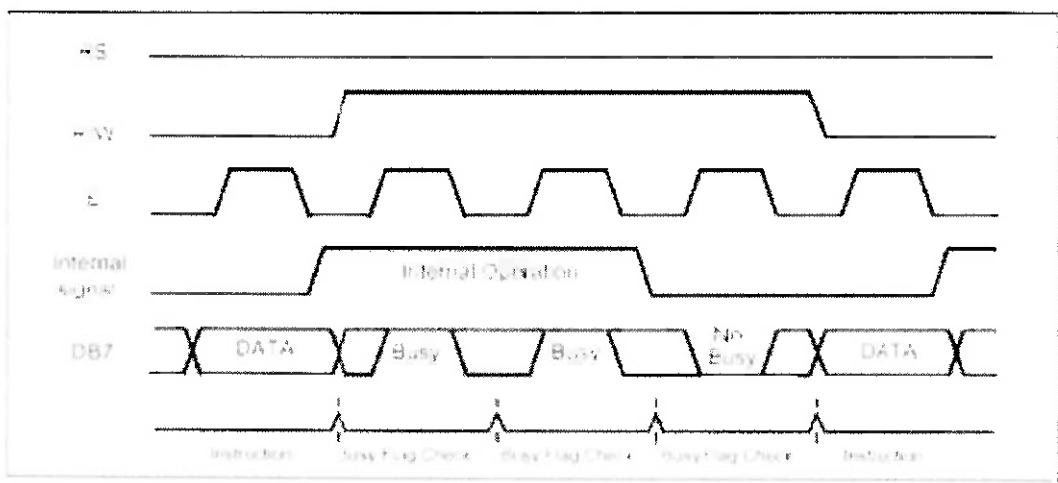
Mode	Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Write Mode (Refer to Fig-6)	E Cycle Time	$t_C$	1000	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{R/F}$	-	-	25	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_W$	450	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{SU1}$	60	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_{H1}$	20	-	-	
	Data Setup Time	$t_{SU2}$	195	-	-	
Read Mode (Refer to Fig-7)	Data Hold Time	$t_{H2}$	10	-	-	ns
	E Cycle Time	$t_C$	1000	-	-	
	E Rise / Fall Time	$t_{R/F}$	-	-	25	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_W$	450	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{SU}$	60	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_H$	20	-	-	
	Data Output Delay Time	$t_D$	-	-	360	
	Data Hold Time	$t_{DH}$	5	-	-	



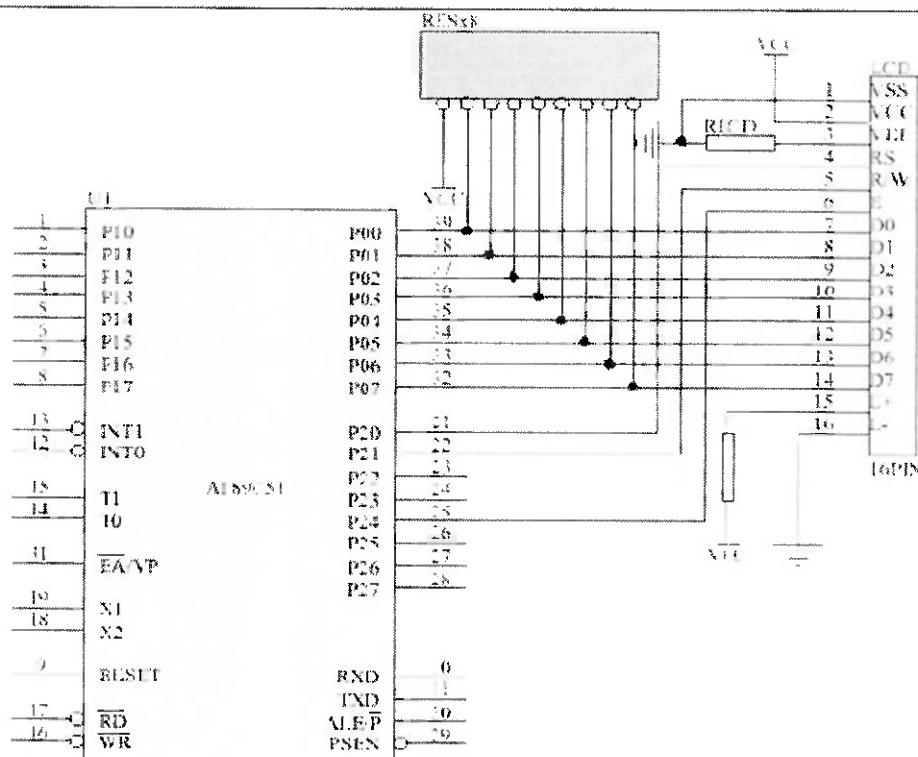
Write Mode Timing Diagram

**Timing****5) Interface with 8-bit MPU**

When interfacing data length are 8-bit, transfer is performed in time blocks in 8 ports, from DB0 to DB7. Example of timing sequence is shown below.



### Connection



**Table 5. Relationship between Character Code (DDRAM) and Character Pattern (CGRAM)**

Character Code (DDRAM data)	CGRAM Address								CGRAM Data								Pattern number						
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	
0 0 0 0 0 0 0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	pattern 4
									0	0	1				1	0	0	0	1				
									0	1	0				1	0	0	0	1				
									0	1	1				1	1	1	1	1				
									1	0	0				1	0	0	0	1				
									1	0	1				1	0	0	0	1				
									1	1	0				1	0	0	0	1				
									1	1	1				0	0	0	0	0				
0 0 0 0 0 0 1 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1		pattern 8	
									0	0	1				1	0	0	0	1				
									0	1	0				1	0	0	0	1				
									0	1	1				1	1	1	1	1				
									1	0	0				1	0	0	0	1				
									1	0	1				1	0	0	0	1				
									1	1	0				1	0	0	0	1				
									1	1	1				0	0	0	0	0				

**ANEXO B – Esquema de pinagem do Microcontrolador MC68HC908QY4CP**