

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

NEWTON ROCHA DA SILVA

SIMULADOR DE SINAIS PARA TESTE DE
SISTEMAS DE INJEÇÃO ELETRÔNICA

SANTO ANDRÉ – SÃO PAULO
2014

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

NEWTON ROCHA DA SILVA

**SIMULADOR DE SINAIS PARA TESTE DE
SISTEMAS DE INJEÇÃO ELETRÔNICA**

*Trabalho de Conclusão de Curso
entregue à Fatec Santo André como
requisito parcial para obtenção do título
de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.*

*Orientador: prof^o.MSC.
Cleber William Gomes*

*Coorientador: prof^o.
Orlando de Salvo Jr*

SANTO ANDRÉ – SÃO PAULO
2014

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 25 DE JUNHO DE 2014.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "SIMULADOR DE SINAIS PARA SISTEMAS DE INJEÇÃO" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

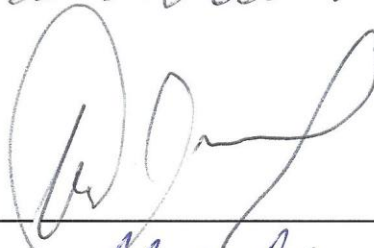
PRESIDENTE:

PROF. MSC CLEBER WILLIAM



MEMBROS:

PROF. WAGNER MASSOPE



PROF. ORLANDO SALVO JUNIOR



ALUNO:

NEWTON ROCHA DA SILVA



FICHA CATALOGRÁFICA

S586s

SILVA, Newton Rocha da.
Simulador de sinais para testes em sistemas de Injeção /
Newton Rocha da Silva. - Santo André, 2014. – 71 f: il.

Trabalho de conclusão de curso – FATEC - Santo André. Curso de
Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2014.
Orientador: Prof. MSC Cleber Willian Gomes

1. Automóveis 2. Circuitos eletrônicos 3. : Unidade de
gerenciamento do motor 4. Gerador de sinais I. Título

CDD 629.2

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao grande mestre DEUS pai todo poderoso por me dar forças para que eu possa prosseguir com a minha jornada e especialmente a minha família que sempre esteve do meu lado, e aos amigos que caminharam junto comigo durante os anos de estudos.

Agradeço a todo corpo docente da FATEC Santo André, que se mostram dispostos em colaborar com o termino do meu trabalho.

Aos professores Wagner Massarope, Orlando Salvo e Cleber William Gomes, fico eternamente grato pelo apoio e incentivo.

“A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito.”

Isaac Newton

RESUMO

Este projeto tem por finalidade auxiliar o reparador de automóveis a detectar problemas e falhas em um sistema de injeção eletrônica de motor de ciclo OTTO, permitindo realizar testes simulando os sinais dos principais sensores provenientes do motor.

O equipamento proposto serve como base para que o reparador possa fazer uma avaliação mais crítica do problema sem a necessidade de substituição de componentes que seriam trocados devido à avaria DTC gerada e armazenada na ECU. Esta avaria nem sempre é exata levando o reparador a uma diagnose errada do sistema substituindo componentes em boas condições de uso e funcionamento. Com isso acaba se elevando os custos do reparo que é diretamente repassado ao cliente, este projeto além de auxiliar o reparador, reduz o tempo de reparo e evita a remoção de componentes desnecessárias e o consumo de combustível utilizado para testar o motor.

Palavras chaves: Unidade de gerenciamento do motor, Gerador de sinais, Circuitos eletrônicos

ABSTRACT

This project is assisting the purpose of repairing cars to detect problems and failures in a system of electronic injection of Otto cycle engine, allowing conduct tests simulating the signals of the sensors from the main engine.

The proposed equipment serves as the basis for the repairman can make a more critical assessment of the problem without the need to replace components that would be exchanged due to malfunction DTC generated and stored in the ECU. This fault is not always exact a leading repairer of wrong diagnosis system replacing components in good condition and functioning.

With that end up raising the cost of repair that is directly passed on to the customer, this design also aids the repair, reduces repair time and prevents the removal of unnecessary components and fuel consumption used to test the engine.

Keywords: Unity engine management, signal generator, electronic circuits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Trabalho do Motor Ciclo OTTO [ADAPTADO DE BOSCH, 2005].	18
Figura 2 - Diagrama de um Sistema de Injeção [ADAPTADO DE PUJATTI, 2007].	20
Figura 3 - Sistema de Injeção Monoponto [ADAPTADO DE THOMSON, 2010].	21
Figura 4 - Sistema de Injeção Multiponto Indireta [ADAPTADO DE THOMSON, 2010]. ..	22
Figura 5 - Sistema de Injeção Multiponto Direta [ADAPTADO DE BOSCH 2005].	22
Figura 6 - Unidade de Gerenciamento Eletrônico [ADAPTADO DE BRAGA, 2007].	23
Figura 7 - Variação de Resistência X Temperatura [ADAPTADO DE THOMSON, 2010]. ...	24
Figura 8 - Visão simplificada do TPS [EXTRAÍDO DE BONNICK, 2001].	25
Figura 9 - Ponte de Weatstone para o sensor MAP [EXTRAÍDO DE PUJJATI, 2007].	26
Figura 10 - Construção interna do sensor MAP Analógico [ADAPTADO THOMSON, 2010].	27
Figura 11 - Sinal gerado por um Sensor MAP Digital [EXTRAÍDO DE BONNICK, 2001].	27
Figura 12 - Sensor de Rotação do Tipo Relutância Magnética [EXTRAÍDO DE BOSCH, 2005].....	28
Figura 13 - Sinal Senoidal AC [ADAPTADO DE AULA GM1 EDSON, 2012].....	29
Figura 14 - Princípio do efeito HALL [EXTRAÍDO DE MILHOR, 2002].....	29
Figura 15 - Sensor HALL no distribuidor [ADAPTADO DE THOMSON, 2010].....	30
Figura 16 - Sinal gerado pelo sensor de efeito HALL [EXTRAÍDO DE ALBINO, 2012].	30
Figura 17 - Sensor de Oxigênio [ADAPTADO DE THOMSON, 2010].	31
Figura 18 - Fator lambda [ADAPTADO DE CÂMARA, 2006].	31
Figura 19 - Válvula Injetora [EXTRAÍDO DE BOSCH, 2005].....	32
Figura 20 - Curva de Acionamento de uma Bobina [EXTRAÍDO DE DENTON, 2004].	33
Figura 21 - Bobina de Ignição [EXTRAÍDO DE DENTON, 2004].	34
Figura 22 - Sistema de Ignição [ADAPTADO THOMSON, 2010].....	34
Figura 23 - Motor de Passo [ADAPTADO THOMSON, 2010].	35

Figura 24 - Conector padrão OBD2 [EXTRAIDO DE DENTON, 2004].....	36
Figura 25 - Lâmpada Indicadora de Falhas(LIM) [EXTRAIDO DE DENTON, 2004].	36
Figura 26 - PC SCAN 5000 USB [ADAPTADO NAPRO, 2014].	37
Figura 27 - Interação entre o Sistema de Injeção e o Simulador.	38
Figura 28 - Análise do Sistema de Injeção com Scanner e Avaria Resultante.	38
Figura 29 - Inserção do Simulador no Sistema de Injeção.	39
Figura 30 - Apagando a Memória de Avarias do Sistema.	39
Figura 31 - Diagrama de Blocos Estrutura Geral do SINAL-TEST.....	40
Figura 32 - Simulador ECT com Potenciômetro.	42
Figura 33 - Simulador TPS com Potenciômetro Duplo.....	42
Figura 34 - Simulador Sensor MAP.....	43
Figura 35 - Simulador Sensor MAP digital.	44
Figura 36 - Simulador MAF.	45
Figura 37 - Simulador Sonda Lambda.....	45
Figura 38 - Circuito de Chaveamento da Amplitude + Circuito HALL.	46
Figura 39 - Circuito Divisor de Tensão para Monitoramento da Tensão de Bateria.	47
Figura 40 - Multiplexador de Sinais Analógicos e Filtro.	48
Figura 41 - Circuito Microcontrolado.	50
Figura 42 - Fonte de Weathestone para Medição de Resistências.....	50
Figura 43 - Circuito Teste de Atuadores.....	51
Figura 44 - Circuito de Alimentação 5V e 12V com Fonte Externa.	52
Figura 45 - Conector DB15 Saída e Entrada de Sinais.....	52
Figura 46 - Fluxograma das mensagens no display.....	54
Figura 47 - Fluxograma estrutural	55
Figura 48 - Organização da IHM e seus Controles e Saídas.	58
Figura 49 - Protoboard 4 Barramentos.	58

Figura 50 - Plataforma de Teste.....	59
Figura 51 - Chicote para ECU IAW 1G7.....	59
Figura 52 - Saídas de Sinais do Protótipo.....	60
Figura 53 - Montagem do Conjunto.	60
Figura 54 - Sem o Sensor Temperatura de Água ECU IAW 1G7.....	61
Figura 55 - Teste Temperatura de Água com Simulador.	61
Figura 56 - Teste sem o Sensor MAP ECU IAW 1G7.....	62
Figura 57 - Teste com o Simulador do Sensor MAP ECU IAW 1G7.....	62
Figura 58 - Teste sem Sensor TPS ECU IAW 1G7.	62
Figura 59 - Teste com Simulador Sensor TPS ECU IAW 1G7.	63
Figura 60 - MOCK-UP FATEC GM 1.8L Flexpower.....	63
Figura 61 - Painel para Acesso a Sensores do MOCK-UP.	64
Figura 62 - Sem o Sensor ECT Sistema MULTEC H.	64
Figura 63 - Teste com Simulador Sensor ECT Sistema MULTEC H.	65
Figura 64 - Sem o Sensor MAP+ACT Sistema MULTEC H.	65
Figura 65 - Simulador Sensor MAP+ACT Sistema MULTEC H.	66
Figura 66 - Teste Corpo de Borboleta.....	66
Figura 67 - Válvula Borboleta Fechada e com 100% abertura.....	67
Figura 68 - Teste Válvula Injetora.	67
Figura 69 - Válvula Injetora.	68
Figura 70 - Bobina de Ignição dos Testes.....	68
Figura 71 - Teste Bobina de Ignição.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Direcionamento do Canal para o respectivo Sensor	49
Tabela 2 – Pinos e Funções do Micro Controlador	50
Tabela 3 – Numeração da Saída dos Pinos e suas Funções do Conector DB15.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	<i>Air Charge Temperature</i> - Sensor de temperatura do ar;
CAN	<i>Controller Area Network</i> – Tipo de protocolo de comunicação serial;
CHT	<i>Chamber High Turbulence</i> – Câmara de alta turbulência;
DDP	Diferença De Potencial;
DTC	<i>Diagnostic Trouble Code</i> – Código de diagnostico de avaria;
ECT	<i>Engine Coolant Temperature</i> – Sensor de Temperatura do liquido de arrefecimento;
ECU	<i>Engine Control Unit</i> - Unidade de controle do motor;
EGR	<i>Exhaust gas recirculation</i> – Recirculação dos gases de exaustão;
HS	<i>High Speed</i> – Alta Velocidade;
ICSP	<i>In Circuit Serial Program</i> – Gravação serial no circuito;
IHM	Interface Homem Máquina;
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> - Organização Internacional para Padronização;
L	Indutância;
LED	<i>Light Emitting Diode</i> – Diodo emissor de luz;
LIM	Lâmpada Indicadora de Falhas;
MAF	<i>Mass Air fluer</i> – Sensor de massa de ar;
MAP	<i>Manifold Absolute Pressure</i> – Sensor de pressão de coletor;
NTC	<i>Negative Temperature Coefficient</i> – Coeficiente negativo de temperatura;
OBD	<i>On-Board Diagnostic</i> – Diagnostico à bordo;
PIC	<i>Programmable Interface Controller</i> - Controlador de Interface Programável;
PID	Proporcional Integral Derivativo;
PMI	Ponto Morto Inferior;
PMS	Ponto Morto Superior;
PTC	<i>Positive Temperature Coefficient</i> – Coeficiente positivo de temperatura;
PWM	<i>Pulse With Modulation</i> – Modulação por largura de pulso;
R	Resistência;
RC	Resistor e Capacitor;
SAE	<i>Society Automotive Engineers</i> - Sociedade engenheiros automotivos;
TPS	<i>Throttle Position Sensor</i> – Sensor de posição da borboleta de aceleração;
V	Volts;
Vpp	Voltagem de pico a pico;

SUMÁRIO

1.1. Objetivos	16
1.2. Conteúdo	17
1.3. Metodologia	17
2. Motor Ciclo OTTO.....	18
2.1. Sistema de Injeção Eletrônica	19
2.1.1. Sistema de Injeção Indireta Monoponto.....	20
2.1.2. Sistema de Injeção Indireta Multiponto	21
2.1.3. Sistema de injeção multiponto Direta	22
2.2. Gerenciamento Eletrônico do Motor.....	23
2.2.1. Sensores de temperatura.....	24
2.2.2. Sensor de posição do corpo de borboleta.	25
2.2.3. Sensor de pressão do coletor de admissão.....	26
2.2.4. Sensor de pressão do coletor resistivo.....	26
2.2.5. Sensor de pressão do coletor capacitivo.....	27
2.2.6. Sensores de Rotação e sincronismo do motor	28
2.2.7. Sensor de oxigênio	30
2.2.8. Válvula injetora.....	32
2.2.9. Bobina de Ignição.....	33
2.2.10. Motor de Controle da Marcha Lenta	34
2.3. Diagnose veicular a bordo (OBD).....	35
3. Estrutura geral do SINAL - TEST.....	37
3.1. Construção do protótipo SINAL-TEST	39
3.2 . Sensor de temperatura da agua ECT e ar ACT.....	42
3.2.1. Sensor de posicionamento da válvula borboleta	42
3.2.2. Sensor de pressão do coletor MAP - Analógico.....	43
3.2.3. Sensor de pressão do coletor MAP - Digital	43
3.2.4. Sensor de Massa de Ar	44
3.2.5. Sensor de Oxigênio Lambda	45
3.2.6. Distribuidor do tipo HALL 12 V.....	46
3.2.7. Monitoramento da Linha 30 Tensão de Bateria	47
3.2.8. Circuito de Condicionamento do sinal AD e Multiplexagem	47
3.2.9. Circuito Microcontrolador.....	48
3.2.10. Teste de Sensores e Atuadores	50

3.2.11. Fonte de Alimentação 5V e 12V	51
3.2.12. Entrada e saída de sinais.....	52
3.3. Software ECU-TEST V1.0.....	53
4. TESTES DO PROJETO.....	57
4.1. IHM e Matriz de Contato	57
4.2. Início dos Testes.....	61
4.2. Teste de Atuadores.....	66
5. Discussões Finais e Conclusão.....	69
5.1. Propostas Futuras de Pesquisa.....	69
6. Referências Bibliográficas	70
7. Apêndice.....	71
7.1. Esquema Painel Frontal e Microcontrolador com Multiplexador	71
7.2. Circuito Driver de Acionamento e Gerador de sinal Hall	72

1. INTRODUÇÃO

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho é de ajudar o reparador de automóveis a identificar e solucionar problemas de forma rápida e segura, este projeto visa a simulação de sensores encontrado em sistemas de injeção.

A avaria DTC (*Diagnostic Trouble Code*) diagnosticada com o uso de scanners automotivo serve apenas como referência para localizar um defeito, só que intuitivamente o reparador troca o componente relacionado a este código, por exemplo, de acordo com códigos com padrão OBD2(*Onboard Diagnoses*) a avaria P0119 representa Sensor de temperatura do líquido de arrefecimento do motor, o reparador ao verificar esta avaria troca o componente, sem garantias de que realmente o problema está no sensor ou no chicote elétrico, ou até mesmo na unidade de controle do motor, nem sempre a troca do sensor resolve o problema que pode estar em um dos componentes citados acima.

Com isso o valor do reparo acaba se elevando devido a troca de componente que se realizado o diagnostico corretamente seriam “salvos”, este custo é repassado diretamente ao cliente que em maioria dos casos contesta o valor do reparo, gerando certo desconforto em ambas as partes, e fora a utilização de combustível que em maior parte dos testes é necessário que o motor esteja em funcionamento, e o tempo de permanência do veículo dentro da oficina traz prejuízo ao reparador, ele deixa de captar outros veículos para reparo devido geralmente por falta de espaço dentro da oficina.

Este equipamento proposto preenche uma lacuna existente, de como checar se a unidade de controle do motor está realmente recebendo o sinal dos componentes, o único meio é simular estes sinais gerados por sensores que monitoram os estados físicos do motor. Como há vários sistemas de injeção disponíveis será necessário que este equipamento seja flexível, permitindo atingir diversas montadoras e os sistemas disponíveis em seus veículos, além, disso reduz o tempo de reparo e permanência do veículo na oficina e os custos repassados ao cliente.

1.1. Objetivos

Baseado nas motivações descritas será desenvolvido uma ferramenta capaz de simular os principais sensores do motor ciclo *OTTO*, e permitir o controle e a visualização rápida de um possível defeito na unidade de gerenciamento, serão disponibilizado funções que possibilitam

a leitura de dados importantes como exemplo: temperatura do ar e líquido de arrefecimento, pressão do coletor, massa de ar admitida, posição angular do corpo de borboleta, simulador do sinal do sensor de oxigênio, e gerador de sinal *HALL* para distribuidor e roda fônica, Além destes sinais, este equipamento permite testar alguns tipos de sensores analógicos e atuadores.

1.2. Conteúdo

No Capítulo 2 vai ser descrito o funcionamento do motor de combustão interna ciclo OTTO e a introdução dos sistemas de gerenciamento eletrônico do motor, será abordado os tipos de sensores e atuadores encontrados nos sistemas de injeção e suas características; O capítulo 3 é apresentado à estrutura do equipamento abordando aspectos da simulação do projeto no computador e o desenvolvimento do programa para o controle de funções específica, que será descritas nos próximos capítulos, e a montagem física do hardware; Será tratado exclusivamente no capítulo 4 o software construído, explorando a estruturação das funções, e a lógica empregada em seu desenvolvimento; No capítulo 5 serão detalhados os testes realizados no equipamento em um veículo de teste; No capítulo 6 o último será abordado os resultados e sugestões sobre propostas futuras.

1.3. Metodologia

O método abordado neste trabalho consiste em três etapas. Em primeiro momento foi escolhido dois sistemas de injeção o Delphi MULTEC H (usados em veículos da marca GM, modelo Meriva e Corsa 1.8L e também no Mock-up Fatec) e o Magnet Marelli IAW-1G7(multiponto) equiparam os veículo Palio e Fiorino motorização 1.0, 1.5 de 1997 até 2000 como base de estudos no qual foram verificados estratégias de funcionamento e seus respectivos sensores e atuadores.

Na segunda etapa, a descrição do equipamento que será construído e sua finalidade no teste de sistemas de injeção e também a construção dos circuitos para simulação de sinais e a elaboração do software para o controle hardware e geração de sinais.

Na terceira e última etapa serão executados testes e validação do equipamento provando se realmente o seu funcionamento é capaz de interagir com sistema de injeção de um veículo em teste com auxílio de um scanner de diagnostico automotivo.

2. Motor Ciclo OTTO

O motor combustão interna começou a ser concebido por volta de 1862, pelo físico francês Alphonse Beal de Rochas, que propôs as condições necessárias para que um motor de combustão interna funcionasse com a máxima economia de combustível. Rocha chegou a descrever a sequência de eventos, por meio do qual a economia e a eficiência poderiam ser conseguidas. Essa sequência que totalizava 4 tempos, são basicamente os quatros tempos de todo motor de combustão interna. Porém, Rochas não chegou a construir motor, ele apenas formulou as condições necessárias de funcionamento econômico que ele havia imaginado. O motor apenas foi construído experimentalmente em 1872, idealizado por Nikolaus Otto, que utilizou os mesmos conceitos formulados por Rochas das definições dos 4 tempos e conseguiu construir um motor que utilizasse os 4 ciclos descritos por Rochas, sendo posteriormente chamado de motor ciclo OTTO que até hoje passa a ter este nome. Na figura 01 estão representados os quatros ciclos do motor de combustão ciclo OTTO: admissão, compressão, expansão e exaustão.

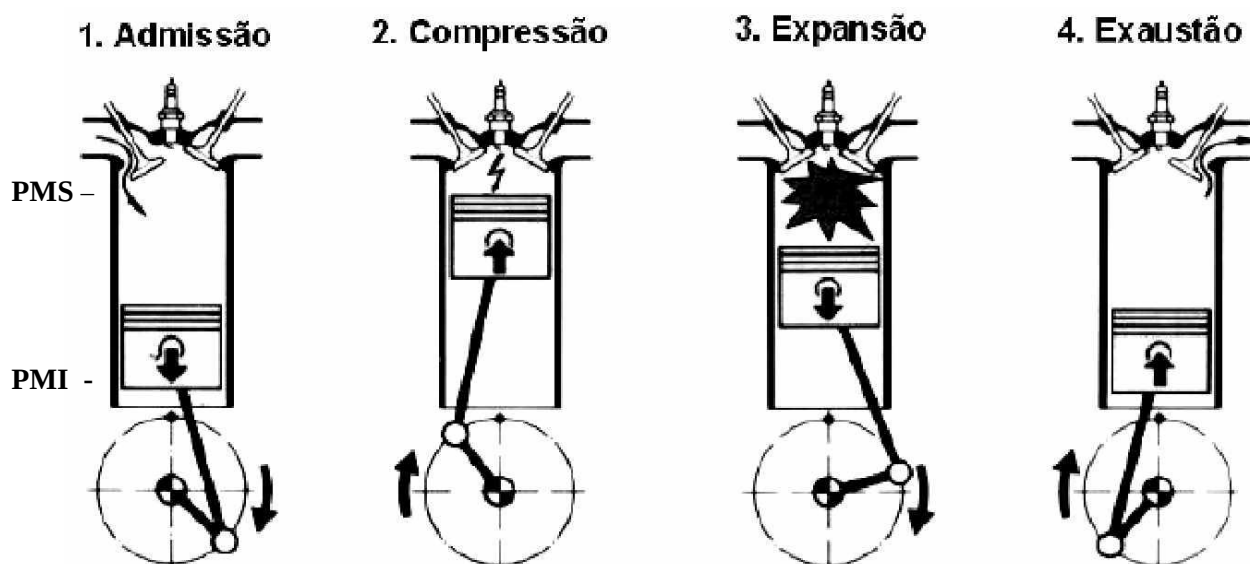


Figura 1 - Ciclo de Trabalho do Motor Ciclo OTTO [ADAPTADO DE BOSCH, 2005].

Nos motores 4 tempos, um ciclo de trabalho corresponde a duas voltas da árvore de manivelas, na medida em que a árvore de manivelas (ou virabrequim) realiza o movimento rotativo, os pistões se movem dentro dos cilindros, entre o ponto morto superior(PMS) e o ponto morto inferior(PMI). As bielas são responsáveis por transmitirem o movimento da árvore de manivelas

para os pistões. Com as duas voltas da árvore de manivela, 4 tempos são executados por um cilindro como mostramos na Figura 1.

Para cada cilindro, um conjunto de válvulas é responsável pela admissão da mistura ar combustível e exaustão dos produtos da combustão da mistura. Denominadas válvulas de admissão e válvula de escape respectivamente, elas podem variar a quantidade de acordo com o motor. As válvulas são acionadas pelo eixo comando de válvulas, que por sua vez é acionado pela árvore de manivelas, os quatro tempos do funcionamento de um motor estão descritos a seguir (vide a Figura 1):

1. Admissão:

A admissão se caracteriza pelo movimento do pistão do PMS para o PMI com a válvula de admissão aberta e a válvula de exaustão fechada. Com o movimento do pistão, a mistura ar-combustível devido o vácuo flui para dentro do cilindro.

2. Compressão:

Durante a compressão, o pistão se desloca do PMI para o PMS, com as válvulas fechadas, comprimindo a mistura ar-combustível na câmara de combustão. Antes de o pistão atingir o PMS, o sistema de ignição produz uma centelha, através da vela de ignição do respectivo cilindro. A centelha provoca a queima da mistura, fazendo com que a pressão no cilindro se eleve.

3. Expansão:

A pressão alta no cilindro, causada pela queima da mistura, faz com que o pistão se desloque do PMS para PMI, com as válvulas ainda fechadas. É durante a expansão que a energia contida no combustível é liberada, transformando-se em movimento.

4. Exaustão:

Na exaustão, o pistão se desloca do PMI para o PMS. A válvula de exaustão se abre fazendo com que o produto da queima da mistura ar-combustível seja expelido do cilindro para a atmosfera o sistema de escape do veículo, seguindo para atmosfera.

2.1. Sistema de Injeção Eletrônica

Os motores ao longo dos anos foram sofrendo diversas modificações, em 1957 surgiu a Injeção Eletrônica. Um dos primeiros veículos a ter este tipo sistema foi o *Chrysler 300C* de 1957, outras montadoras também começaram a desenvolver este sistema só que devido o alto custo na época o uso do carburador continuou por vários anos, até que surgiu a crise do petró-

leo em 1973 que fez o preço dos combustíveis dispararem na época e o governo criou legislações rigorosas para o controle de emissões e redução do consumo de combustível, isto fez com que as montadoras tomassem um novo rumo no desenvolvimento de motores modernos, em 1975 ocorreu a introdução do sistema de injeção eletrônica na maior parte dos veículos.

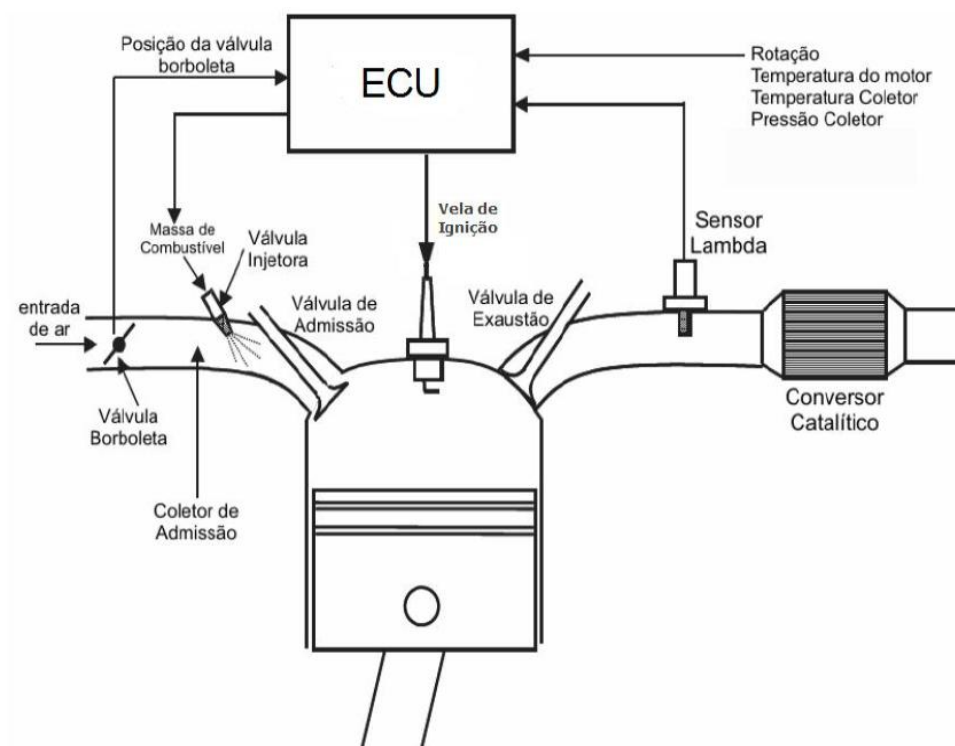


Figura 2 - Diagrama de um Sistema de Injeção [ADAPTADO DE PUJATTI, 2007].

O Sistema de injeção eletrônica consiste em basicamente controlar a quantidade de combustível que vai ser admitido na mistura ar combustível, os primeiros sistemas tinha esta ideia básica, devido às exigências de órgão governamentais para redução de emissões. O sistema passou ser complementado com o monitoramento de emissões de gases tornando-se um sistema de ciclo fechado, e foram inseridos componentes externos como catalisadores para auxiliar na redução destes gases, os tipos de injeção eletrônica são classificados de acordo com o número de válvulas injetoras e o seu posicionamento.

2.1.1. Sistema de Injeção Indireta Monoponto

Este sistema apresenta apenas um eletroinjetor posicionando antes da borboleta de aceleração, este sistema era aplicado em vários motores independentemente da quantidade de cilindros, A cada ciclo de admissão é injetado uma quantidade de combustível levando em

conta um motor convencional de 4 tempos e 4 cilindros ele realiza duas injeções por volta completa da árvore de manivelas, devido a rotação o eletro injetor tem seu ciclo de trabalho maior, pois o mesmo é responsável pela injeção de combustível no quatro cilindros, e seu tamanho é fisicamente maior permitindo uma vazão de combustível (como ilustrado na Figura 3).

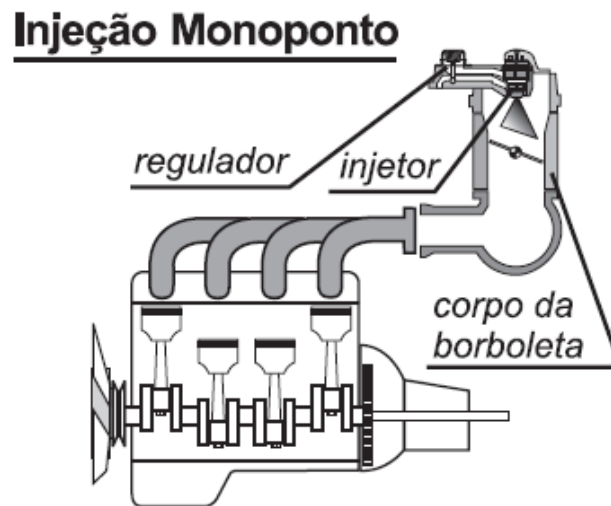


Figura 3 - Sistema de Injeção Monoponto [ADAPTADO DE THOMSON, 2010].

2.1.2. Sistema de Injeção Indireta Multiponto

Neste sistema há um eletroinjetor para cada cilindro, posicionado antes da válvula de admissão, realizando a formação já próxima da câmara de combustão com o objetivo de reduzir a o acúmulo de combustível nas paredes do coletor de admissão e melhorar a atomização da mistura (Figura 4).

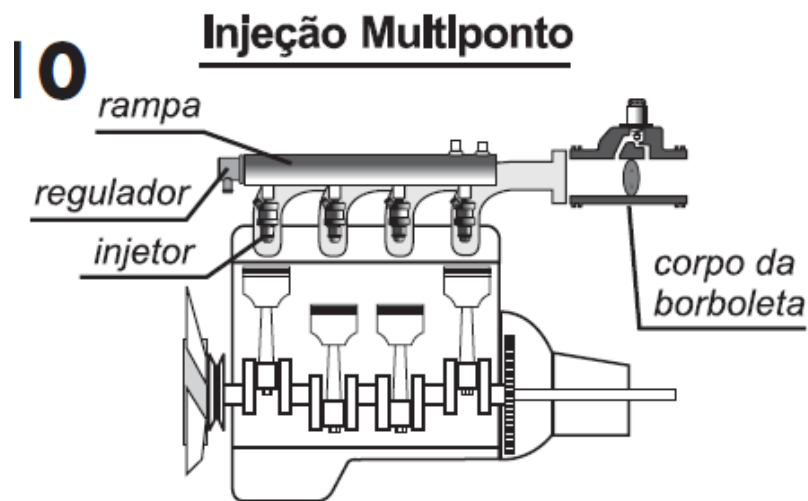


Figura 4 - Sistema de Injeção Multiponto Indireta [ADAPTADO DE THOMSON, 2010].

2.1.3. Sistema de injeção multiponto Direta

No sistema de injeção direta, a injeção de combustível ocorre diretamente dentro da câmara de combustão, este tipo de sistema precisa trabalhar com pressões elevadas devido a câmara de combustão exercer altas pressões no momento da injeção do combustível, Figura 5.

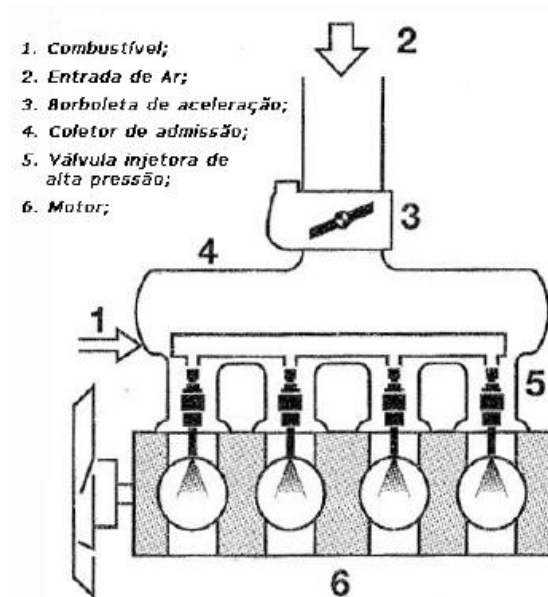


Figura 5 - Sistema de Injeção Multiponto Direta [ADAPTADO DE BOSCH 2005].

No sistema multiponto a injeção de combustível pode ocorrer em diferentes condições de operações, sendo classificados de acordo com a frequência de operação em relação a rotação do motor, injeção simultânea de combustível (*full group*), neste sistema as válvulas injetoras são acionadas simultaneamente, injeção sequencial banco a banco onde apenas duas válvulas injetoras são acionadas por vez, e a injeção sincronizada onde o acionamento das válvulas ocorre de maneira individual em sincronizada via software com a válvula de admissão.

2.2. Gerenciamento Eletrônico do Motor

Para determinar quantidade de combustível a ser usada na formação da mistura, a ECU utiliza sinais extraídos de sensores que monitoram os estados físicos do motor, com isso ela consegue determinar várias estratégias de funcionamento. A Figura 6 mostra que uma ECU contém vários blocos no qual onde é realizado as etapas de leitura de sinais, processamento dos dados e saída em resposta dos valores lidos.

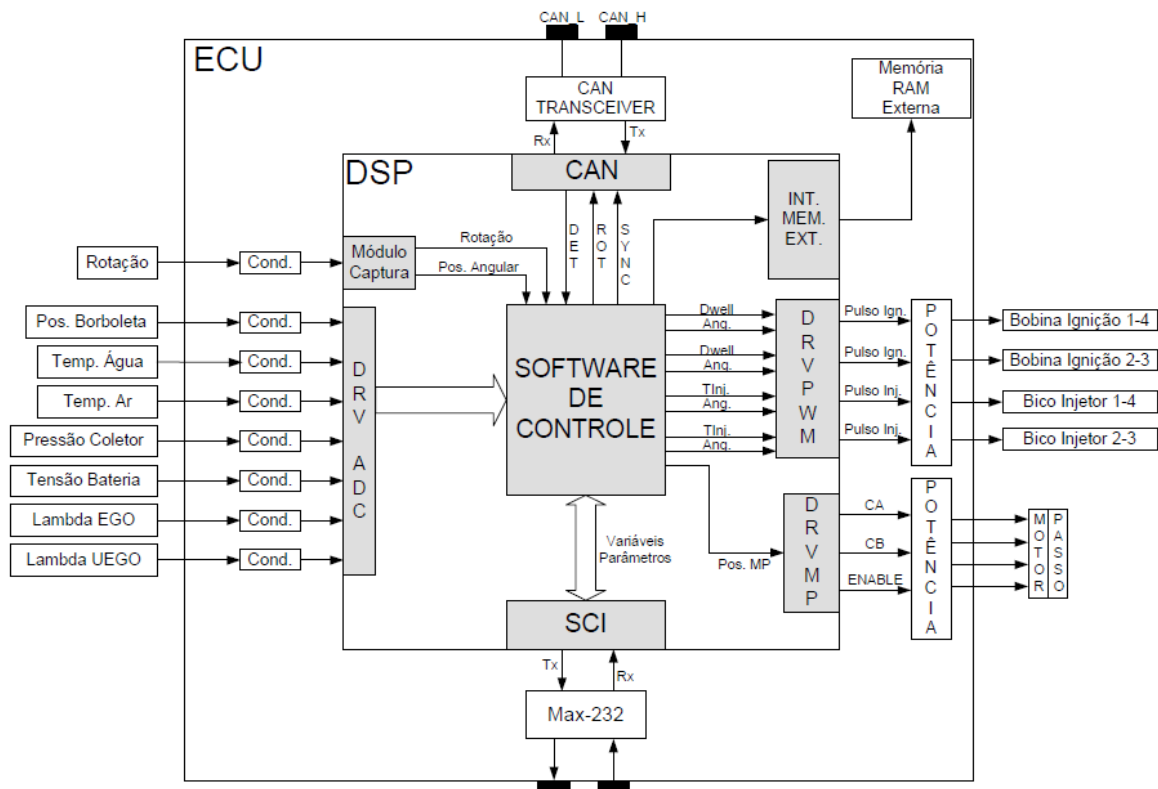


Figura 6 - Unidade de Gerenciamento Eletrônico [ADAPTADO DE BRAGA, 2007].

As estratégias são determinadas usando os sinais elétricos enviados destes sensores, a ECU somente processa informações digitais sendo que os sinais provindos dos sensores analógicos são condicionados através de conversores analógicos digitais.

O software de controle utiliza informações já pré-programadas inseridos em mapas que estão armazenados em sua memória, com estes dados a ECU aciona os atuadores entre outros dispositivos através de drives de potência. A seguir serão descritos os sensores utilizados e os tipos de sinais gerados.

2.2.1. Sensores de temperatura

Os sensores de temperatura com aplicação na área automotiva consistem basicamente em dois tipos, os de coeficiente negativo de temperatura NTC (*Negative Temperature Coefficient*) e o coeficiente positivo de temperatura PTC (*Positive Temperature Coefficient*), o mais empregado no gerenciamento eletrônico do motor é do tipo NTC, no qual a sua resistência ôhmica diminui conforme aumenta a temperatura, este sensor geralmente pode estar em série com um resistor de referência que está no interior da ECU, a partir desta variação de resistência há uma queda de tensão sobre o mesmo gerando uma tensão na qual a ECU consegue determinar a temperatura do motor, a Figura 7 mostra esta relação da resistência em função da temperatura.

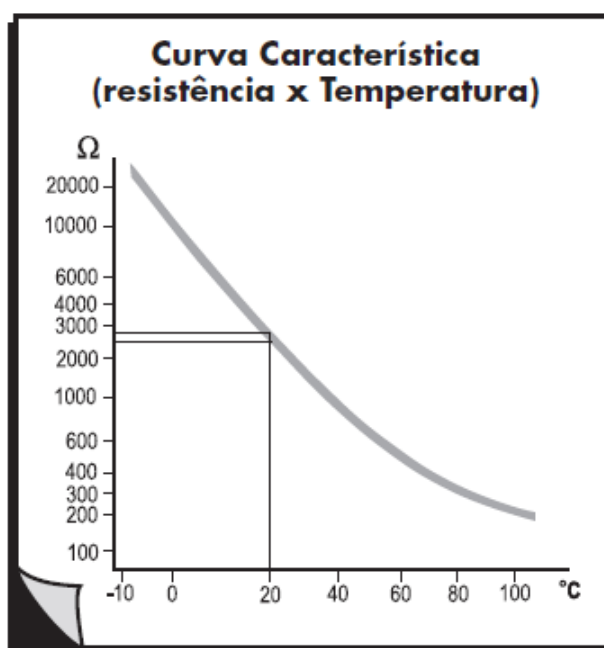


Figura 7 - Variação de Resistência X Temperatura [ADAPTADO DE THOMSON, 2010].

Este sensor tem duas aplicações básicas no motor, medir a temperatura do ar admitido no coletor de admissão para o cálculo de massa de ar e combustível o chamado ACT (*Air Charge Temperature*), E o sensor de temperatura do líquido de arrefecimento do motor o ECT (*Engine Coolant Temperature*) ele consegue identificar a temperatura do motor, e enviar este sinal para ECU determinar qual fase o motor se encontra e determinar algumas estratégias tais como; Aquecimento do motor ou *Cutt-OFF* com motor quente.

2.2.2. Sensor de posição do corpo de borboleta.

Este sensor consiste basicamente em um potenciômetro fixado no eixo de rotação do corpo de borboleta, ele permite medir a posição angular da borboleta de aceleração ele comumente chamado de TPS (*Throttle Position Sensor*) e a partir do sinal enviado para a ECU ela consegue determinar estratégias de funcionamento do sistema.

A Figura 8 mostra detalhes deste sensor e o seu posicionamento.

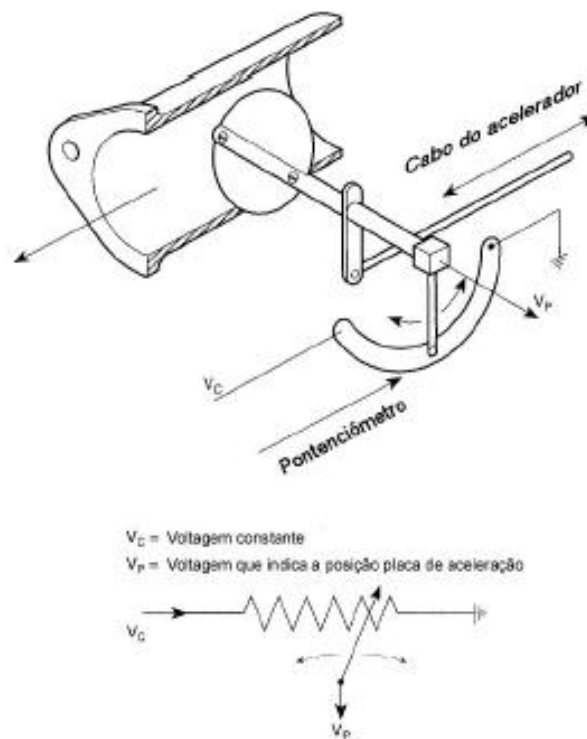


Figura 8 - Visão simplificada do TPS [EXTRAÍDO DE BONNICK, 2001].

2.2.3. Sensor de pressão do coletor de admissão

Este sensor permite medir a pressão do coletor de ar admitido de acordo com o regime de carga do motor enviando um sinal para ECU identificar a necessidade da dosagem de combustível na mistura. Ele é conhecido como MAP (*Manifold Absolute Pressure*) os tipos encontrados, piezo resistivos, capacitivos.

2.2.4. Sensor de pressão do coletor resistivo

Os sinais gerados por sensor de pressão resistivo é a partir da deformação elástica de um determinado material que tendo seu comprimento alterado ele também muda o seu coeficiente de resistividade, geralmente este material está ligado em um circuito conhecido como ponte de *Weatstone*. Na Figura 9 mostra a construção deste circuito o amplificador operacional consegue captar a diferença de potencial entre os dois pontos A e B a partir da equação usada nesta ponte onde o $R_2 = R_3$ assim como $R_1 = R_x$. A variação da resistência do material causado pela deformação, sob a presença de pressão do coletor, gera uma diferença de potencial entre os pontos A e B este sinal é condicionado e enviado para ECU. A partir deste sinal é possível determinar massa de ar admitida e a carga do motor.

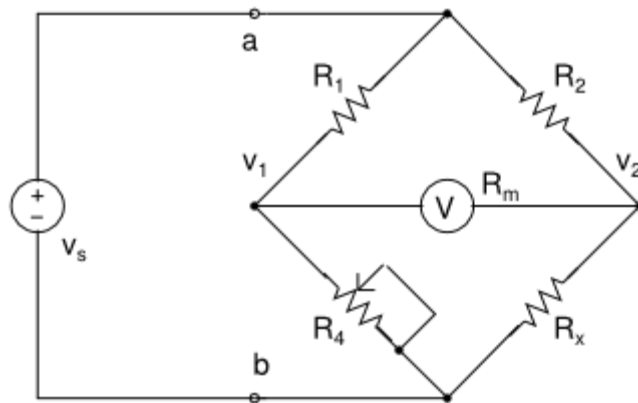


Figura 9 - Ponte de *Weatstone* para o sensor MAP [EXTRAÍDO DE PUJJATI, 2007].

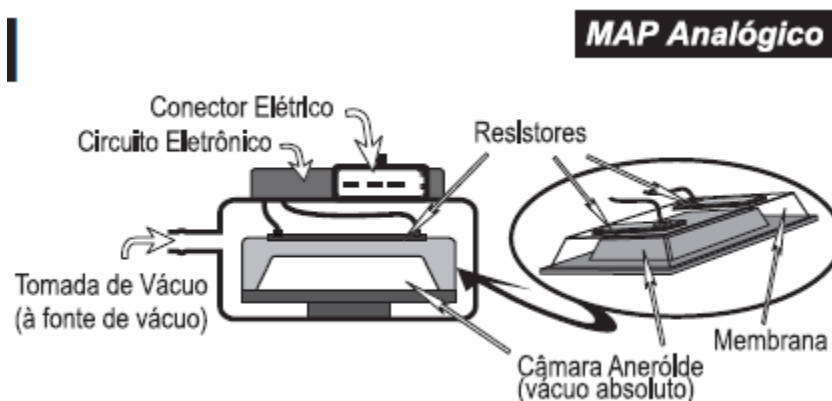


Figura 10 - Construção interna do sensor MAP Analógico [ADAPTADO THOMSON, 2010].

2.2.5. Sensor de pressão do coletor capacitivo

Já o sensor capacitivo ele gera um sinal de resposta em frequência, ou seja devido os movimentos alternados dos pistões na câmara, no momento de admissão e o fechamento de válvulas o sensor consegue captar esse pulso de ar, ele é basicamente um capacitor no qual a sua capacitância varia conforme as placas internas mudam a distância entre si, a Figura11 mostra um conceito básico deste sensor.

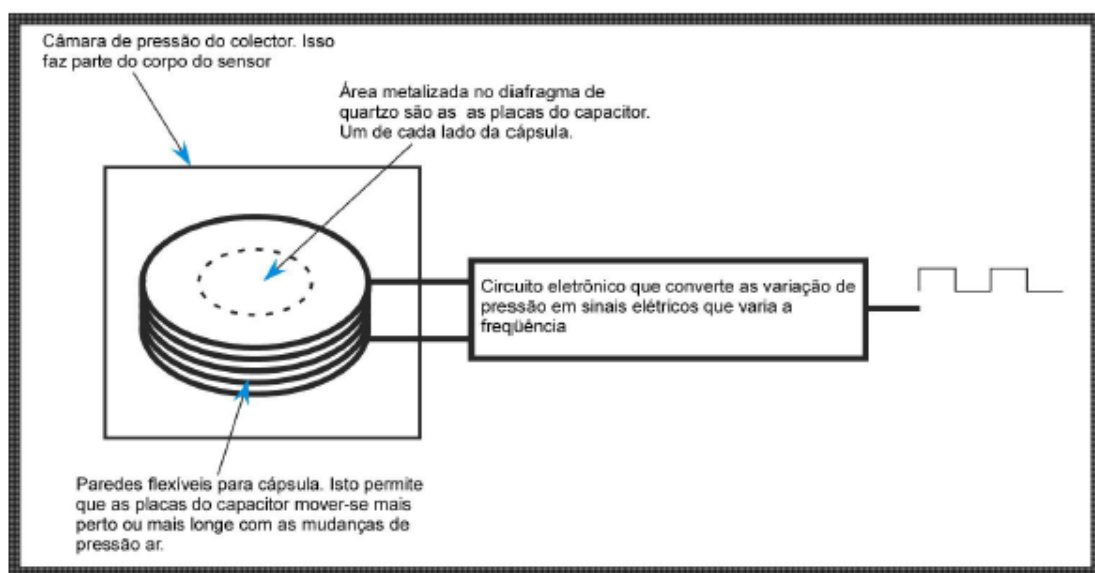


Figura 11 - Sinal gerado por um Sensor MAP Digital [EXTRAÍDO DE BONNICK, 2001].

O sinal gerado por este sensor pode ser visto na figura 11, tem formato de onda quadrada, geralmente estes sensores são alimentados pela própria ECU com tensão em torno de 5V, resultando que a amplitude do sinal gerado é de 5V e somente a frequência se altera de

acordo a com a rotação e carga do motor, Essa informação é usada para o cálculo da massa de ar e, por consequência, da quantidade de combustível a ser injetada.

2.2.6. Sensores de Rotação e sincronismo do motor

Os sensores usados na área automotiva se baseiam no princípio do eletromagnetismo e são de vital importância para captura de rotação e sincronismo da árvore de manivelas e com o comando de válvulas do motor. Com essas informações a ECU consegue determinar os tempos de injeção e carregamento da bobina de ignição comandar os atuadores como, bicos injetores e bobinas de ignição, Há dois tipos mais usados o sensor de relutância magnética e o de efeito HALL.

O sensor de relutância magnética tem o seu princípio baseado na variação do fluxo magnético gerado em seu campo fazendo com que surja uma força eletromotriz (f.e.m), o resultado é surgimento de uma tensão em que varia a sua amplitude e a frequência em resposta. Este sensor é constituído de um ímã permanente e uma bobina de cobre(indutor). A Figura 12 mostra este sensor em detalhes.

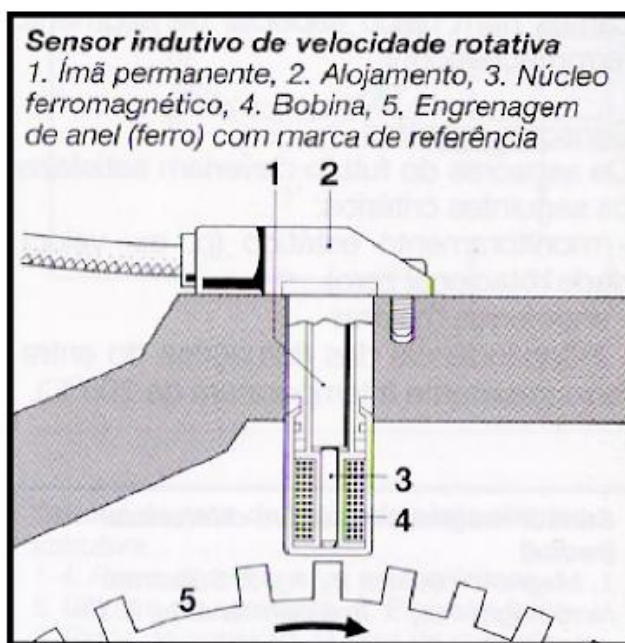


Figura 12 - Sensor de Rotação do Tipo Relutância Magnética [EXTRAÍDO DE BOSCH, 2005].

A geração do sinal é provocada pela passagem dos dentes e a cavidade da roda dentada próximo ao sensor, a tensão gerada pelo indutor é proporcional à rotação da roda dentada e o campo magnético.

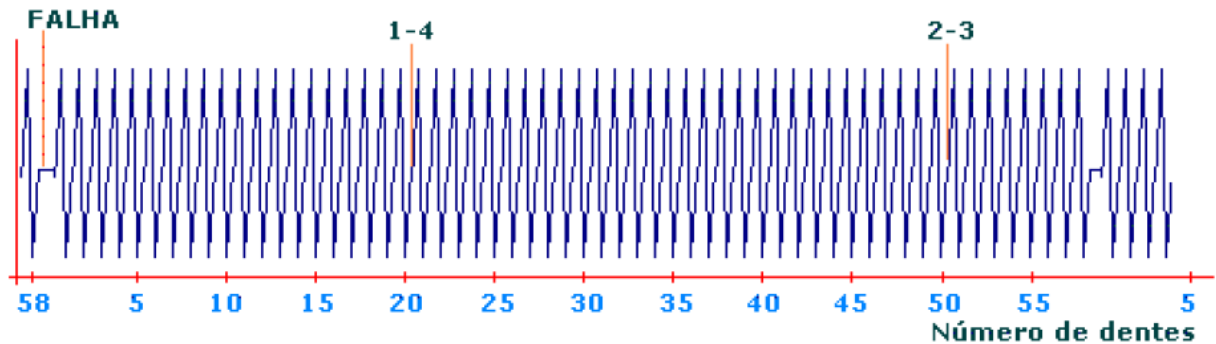


Figura 13 - Sinal Senoidal AC [ADAPTADO DE AULA GM1 EDSON, 2012].

Outro sensor utilizado para captar a rotação é de efeito HALL, o conceito de funcionamento deste sensor se dá a partir de um campo magnético B que atravessa uma placa condutora, esta lamina é construída com um material semiconductor de espessura D que é percorrido uma corrente I . O campo magnético produz um desvio de corrente para um dos lados da placa, gerando uma DDP (Diferença De potencial), ou seja, uma tensão HALL em direção perpendicular, tanto da corrente I quanto ao campo magnético.

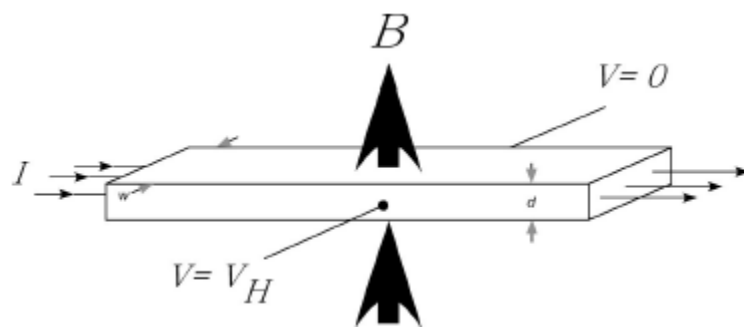


Figura 14 - Princípio do efeito HALL [EXTRAÍDO DE MILHOR, 2002]

Uma das aplicações deste sensor pode ser observada na figura 16 onde este sensor está montado em um conjunto mecânico junto com imã permanente e acoplado ao eixo do distribuidor de forma que eles ficam sincronizados com a rotação do motor.

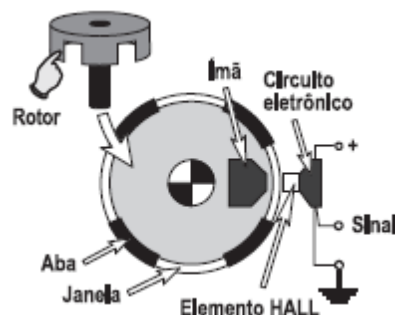


Figura 15 - Sensor HALL no distribuidor [ADAPTADO DE THOMSON, 2010].

O Sinal gerado por este sensor é proporcional a rotação do motor, e a frequência é linear, o ciclo de trabalho deste sinal é determinado pelos espaços entre as laminas de bloqueio, amplitude V_{pp} do sinal é próxima a tensão de alimentação do deste sensor (12V).



Figura 16 - Sinal gerado pelo sensor de efeito HALL [EXTRAÍDO DE ALBINO, 2012].

2.2.7. Sensor de oxigênio

O Sensor de oxigênio, conhecido como sonda lambda, é o dispositivo que permite medir a quantidade de oxigênio resultante dos gases de exaustão comparando-o com o oxigênio do ar atmosférico, com esta diferença é possível determinar o valor real do fator lambda.

Esse tem sua construção a partir de dois eletrodos de platina revestidos com um material cerâmico poroso, um dos eletrodos está em contato com o ar atmosférico este é usado como referência, e outro em contato com os gases de escape, entre os dois está a camada de cerâmica que contém o dióxido de zircônio que tem a capacidade de transferir íons de oxigênio, estes três elementos Formam uma célula eletroquímica, produzindo uma tensão elétrica através da diferença na quantidade oxigênio entre os eletrodos é produzido uma tensão resultado desta diferença de potencial entre os dois gases.

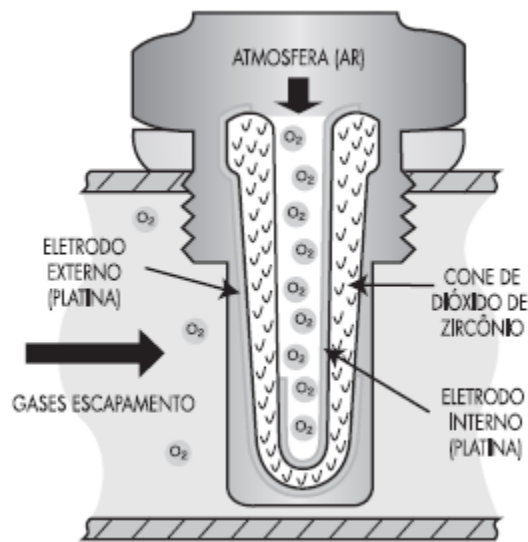


Figura 17 - Sensor de Oxigênio [ADAPTADO DE THOMSON, 2010].

Os sensores de oxigênio de zircônio referenciam tensões elétricas abaixo de 450 mV para misturas pobres e misturas ricas acima de 450 mV, sendo que o valor da mistura ideal está em torno de 450 mV, ou seja, λ próximo de um.

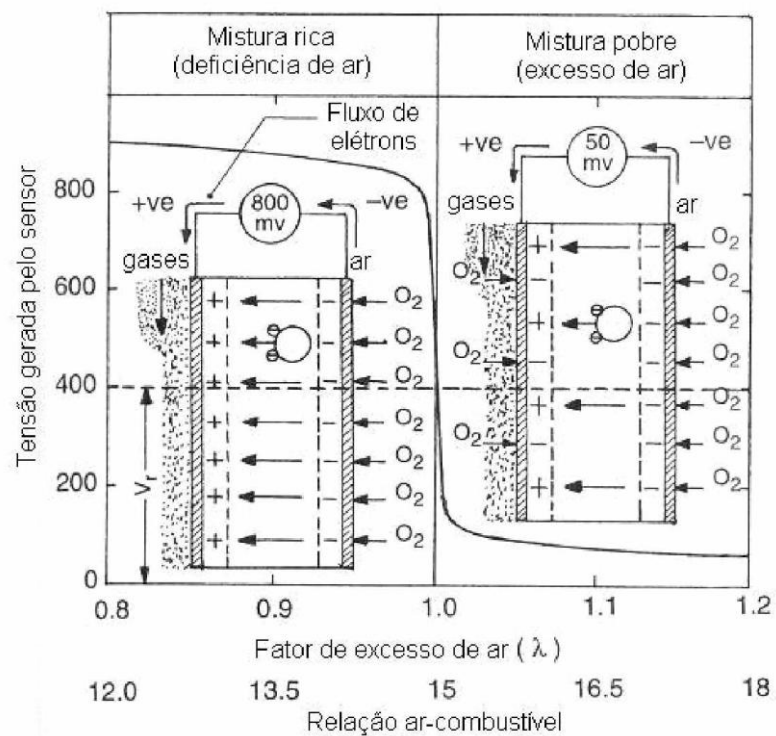


Figura 18 - Fator λ [ADAPTADO DE CÂMARA, 2006].

2.2.8. Válvula injetora

As Válvulas injetoras são solenoides ou válvulas eletromagnéticas que são acionados pela ECU, ele basicamente controla a vazão ou quantidade de combustível a ser injetada por um período de tempo, ela é operada eletronicamente obtendo um controle maior sobre a dosagem de combustível a ser injetado.

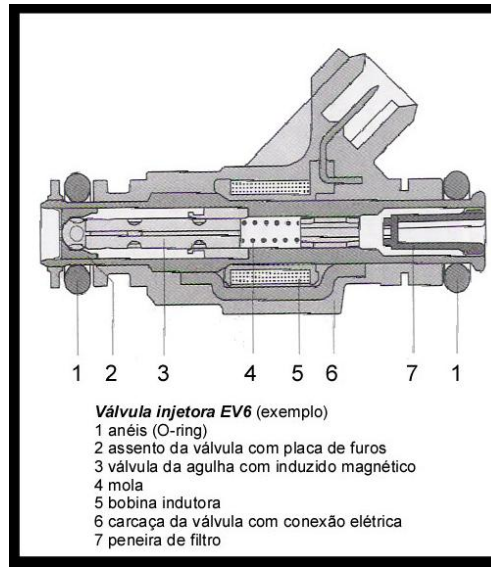


Figura 19 - Válvula Injetora [EXTRAÍDO DE BOSCH, 2005].

A sua construção é extremamente precisa, ela é formada de um corpo onde está alojado a bobina ou solenoide de acionamento e no meio uma agulha presa a uma haste que se movimenta através do campo magnético produzido pela bobina, o combustível sob pressão entra na válvula e sai em formato de spray quando a mesma é acionada ao levantar a agulha, ao cessar o acionamento, a mola de retorno faz com que a agulha volte para a posição de repouso fechando a válvula, o curso de acionamento é entorno de 0.1mm e o período de acionamento está entre 1.5ms a 10ms, estes valores podem mudar de acordo com o tamanho e vazão e a indutância do enrolamento, o valor de tempo mencionado anteriormente é genérico.

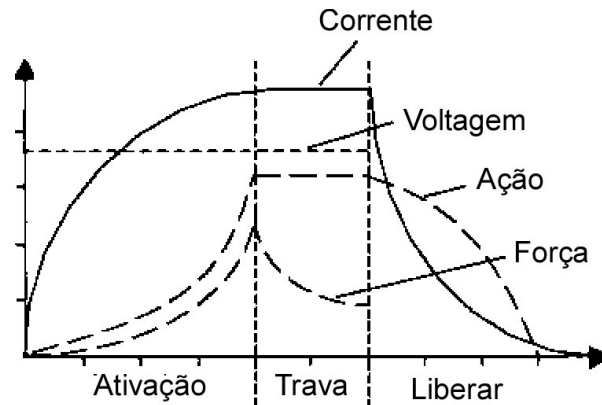


Figura 20 - Curva de Acionamento de uma Bobina [EXTRAÍDO DE DENTON, 2004].

A fórmula (02) mostra a relação da corrente em função da indutância e resistência da bobina e a corrente máxima dada por V/R

$$i = \frac{V}{R}(1 - e^{-Rt/L})$$

i = corrente instantânea no enrolamento

V = a tensão de alimentação

R = resistência total do circuito

L = indutância do enrolamento da válvula injetora

t = tempo da corrente

2.2.9. Bobina de Ignição

A principal função da bobina de ignição é gerar alta tensão para provocar a centelha nas velas de ignição, iniciando o processo de combustão dentro da câmara.

Ela se baseia no princípio indução magnética, onde dois enrolamentos de cobre são acoplados magnéticos, a enviado uma tensão para o enrolamento primário com um sinal de baixa tensão no qual é armazenada uma quantidade de energia, que por sua vez é transferido para o enrolamento secundário através do princípio de indução, gerando uma alta tensão; esta transformação de baixa tensão em alta se dá pela relação de espiras, quanto maior o número de espiras do secundário maior será a tensão gerada.

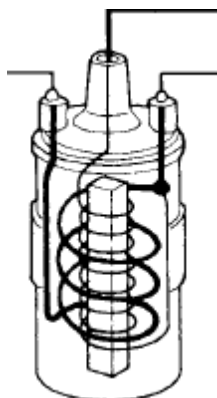


Figura 21 - Bobina de Ignição [EXTRAÍDO DE DENTON, 2004].

Em sistemas eletrônicos atuais o controle de carga da bobina é realizado por um transistor, ele atua como chave, fechando o circuito de alimentação até o carregamento da bobina e em seguida abrindo, transferindo a energia acumulada para o secundário, este tempo de carga é chamado de ângulo de permanência ou Dwell-Time (tempo de carregamento da bobina) é controlado juntamente com o avanço pelo sistema de ignição.

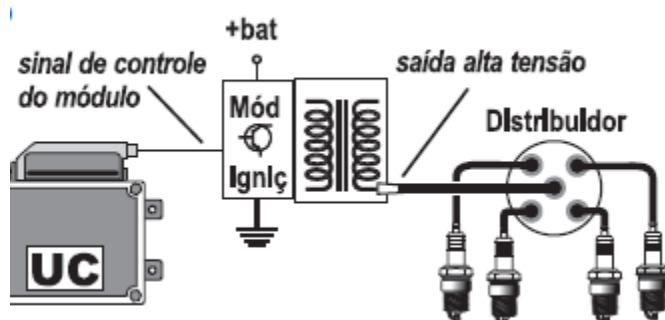


Figura 22 - Sistema de Ignição [ADAPTADO THOMSON, 2010].

A tensão gerada é em torno de 30KV pelo enrolamento secundário garantindo que a ruptura da tensão de vela seja alcançada e tenha uma combustão eficiente da mistura Ar combustível.

2.2.10. Motor de Controle da Marcha Lenta

Para o controle do motor em baixas rotações, evitando o desligamento do mesmo, é utilizado um controle PID(Proporcional Integral Derivativo) é analisado as condições de funcionamento do motor e enviado uma resposta para controle da marcha lenta sendo que este é realizado por um atuador de marcha lenta, há vários tipos e formas acionamento e controle

destes o mais comumente encontrado é motor de passo no qual ele controla abertura do *by-pass* através de um fuso no onde ele se desloca de acordo com a quantidade de passos, estes motores giram em torno do próprio eixo, o ângulo do passo é obtido a partir da divisão de 360 graus pelo número de polos do estator.

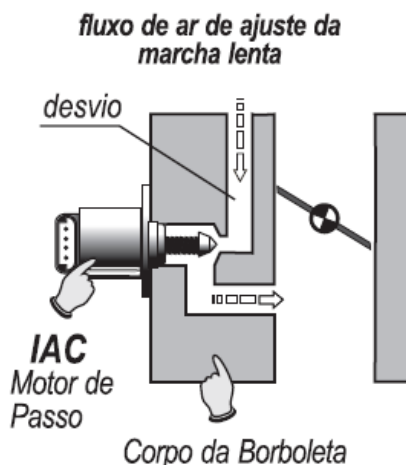


Figura 23 - Motor de Passo [ADAPTADO THOMSON, 2010].

A Figura 23 mostra um motor de passo que controla o fluxo de ar para a condição de marcha lenta através de uma passagem chamada de *By-Pass*, este tipo de controle de marcha lenta eram utilizados em corpos de aceleração mecânico acionados por cabos, pois os modelos atuais dispensam o uso do mesmo.

2.3. Diagnose veicular a bordo (OBD)

Na década de 1990 devido ao controle de emissões órgãos governamentais de vários países se reuniram e padronizaram algumas diretrizes relacionadas ao controle de emissões e preservação do meio ambiente. A Califórnia em 1988 foi primeiro estado a começar a padronização sobre o diagnostico a bordo com intuito principal do controle de emissões sobre veículos automotores. Nesta primeira fase chamada OBD I eram monitorados componentes elétricos relacionados aos gases de escapamento (curto circuito, interrupções de linha) e armazenagem de avarias na memória da ECU e uma lâmpada indicadora (LIM) de falhas para alertar o motorista sobre problemas com o motor do veículo, e códigos lampejante ou com auxílio de um scanner avaliar o número da falha que componente ou sistema ela representa.

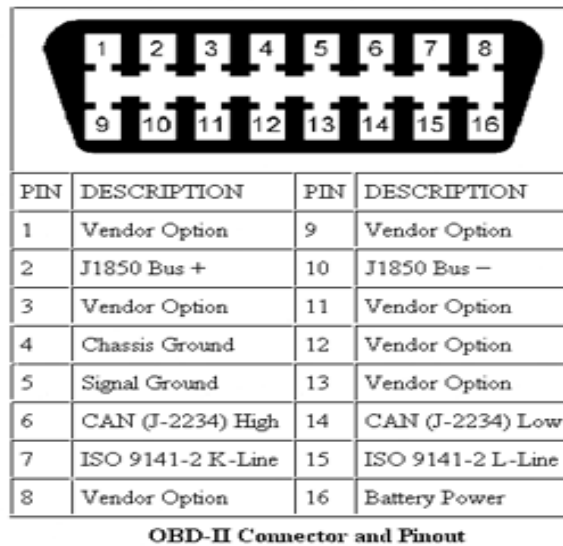


Figura 24 - Conector padrão OBD2 [EXTRAIDO DE DENTON, 2004].

Em 1994 foi implantado o OBD II onde além de padronizar os pinos e o formato do conector, Figura 24, ele permite que através de ferramentas de diagnostico sejam monitorados os principais componentes de controle de emissões e sistemas auxiliares como: sistema de alimentação e ignição entre outros, com a padronização do conector foi reduzido problemas de comunicação, devido que cada montadora fornecia tomadas de diagnósticos diferentes sendo necessários adaptadores para realizar a leitura, a lâmpada LIM passou também a ser padronizada para o formato de um motor. Observe a Figura 25



Figura 25 - Lâmpada Indicadora de Falhas(LIM) [EXTRAIDO DE DENTON, 2004].

Apesar da padronização do conector e luz de anomalia do sistema de injeção, logo abaixo está a relação existente de protocolos de comunicação que muda de acordo com país ou região devido as normas de padronização que pode ser a ISO ou a SAE, No Brasil, por exemplo, como há várias montadoras estrangeiras, norte americanas europeias e asiáticas, é possível encontrar veículos com os seguintes protocolos:

- ISO 9141-2 para carros de passeio europeus;
- SAE J1850 para veículos de passeio americanos;
- ISO 14230-4(KWP 2000) para veículos comerciais europeus;

- SAE J1708 para veículos comerciais americanos;
- CAN(ISO 15 765-4) todos os veículos.

3. Estrutura geral do SINAL - TEST

Ao iniciar a construção deste projeto, foram estudados dois sistemas de injeção eletrônica, utilizado em veículos nacionais, sendo escolhido como base os seguintes sistemas: **Delphi MULTEC H** (encontrado em veículos da marca Chevrolet e o sistema de injeção) e **Magnet Marelli IAW 1G7** (encontrado nos Palio e Fiorino de 1997 a 2000 da marca FIAT).

Não serão abordadas as estratégias de funcionamento destes sistemas, mas apenas os valores de faixa de funcionamento de cada sensor e atuador encontrado observando que para cada sistema mencionado os valores de características elétricas como: resistência e tensão de funcionamento são diferentes, pois as respostas dos sensores acabam mudando, Estes valores foram retirados a partir de manuais de reparações PC SCAN 2010 e Diagweb, e serão anexados no final.

Como neste projeto o principal objetivo é a simulação dos sensores, será necessário o uso de um equipamento de diagnóstico veicular que possa mostrar as alterações de valores do sensor a ser simulado pelo equipamento, nem todos os scanners possuem este recurso, chamados de “modo contínuo” no qual é possível avaliar o funcionamento dos sensores e atuadores em tempo real, o scanner utilizado, foi o PC SCAN 5000 USB da marca NAPRO e a versão do software 5.02, nesta versão do software é possível acessar o modo contínuo do sistema IAW 1G7 e o MULTEC H.



Figura 26 - PC SCAN 5000 USB [ADAPTADO NAPRO, 2014].

O Diagrama a seguir resume basicamente como será usado o equipamento, ao detectar uma avaria com scanner de injeção o reparador identifica qual componente será testado e simulado, e com o equipamento ele simula o mesmo sinal fornecido pelo sensor.

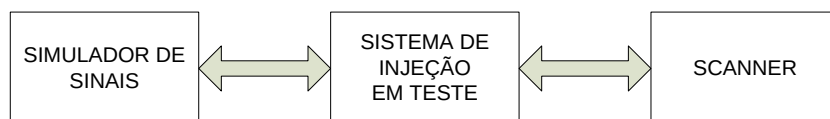
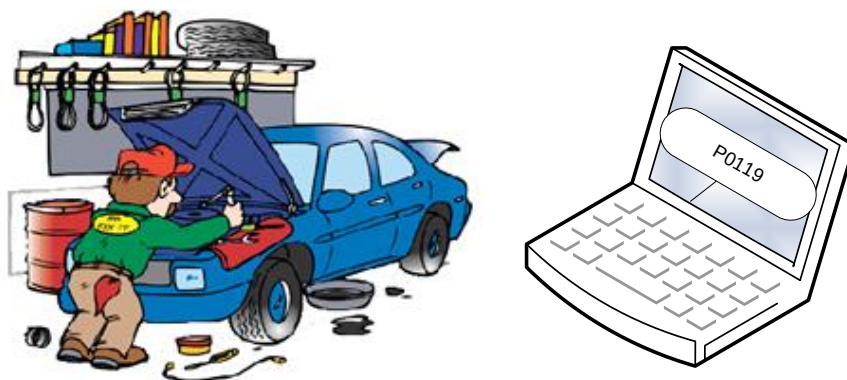


Figura 27 - Interação entre o Sistema de Injeção e o Simulador.

Será mostrado um exemplo prático no qual o reparador pode se deparar em alguma situação. Na oficina chega um determinado veículo com problema de aquecimento do motor, com um equipamento de diagnostico veicular, ao analisar o sistema de injeção o reparador identifica a avaria padrão OBD2 P0119.



P0119 Refrigeração do motor Sensor de Temperatura 1 Circuito Intermitente.

Figura 28 - Analise do Sistema de Injeção com Scanner e Avaria Resultante.

Ele identifica que o problema está ocorrendo no sistema de arrefecimento do motor mais especificamente no sensor de temperatura, ao invés de simplesmente trocar o componente ele insere o simulador de sinais no circuito do sensor de temperatura que é ligado a ECU do sistema de injeção.

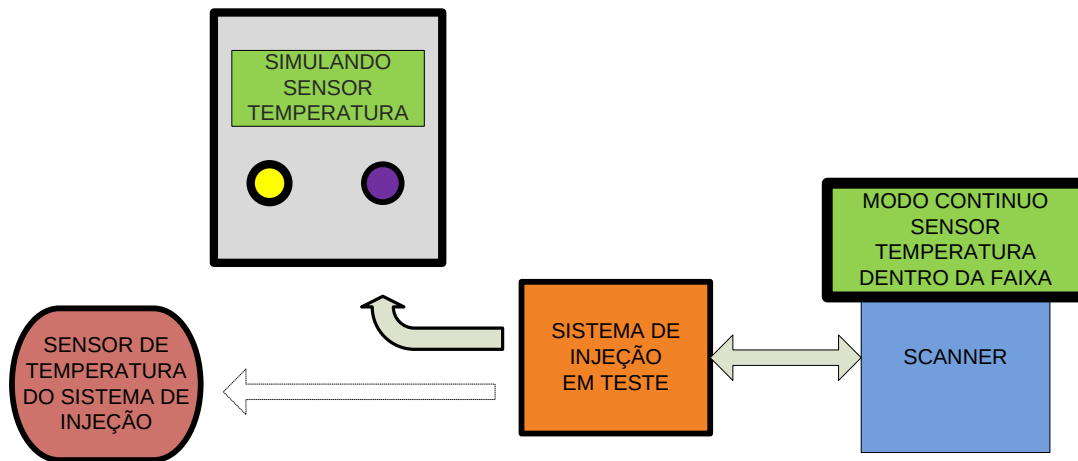


Figura 29 - Inserção do Simulador no Sistema de Injeção.

Após inserir o simulador é necessário apagar a avaria com o scanner e ligar o motor do veículo e verificar novamente se apresenta a mesma avaria.

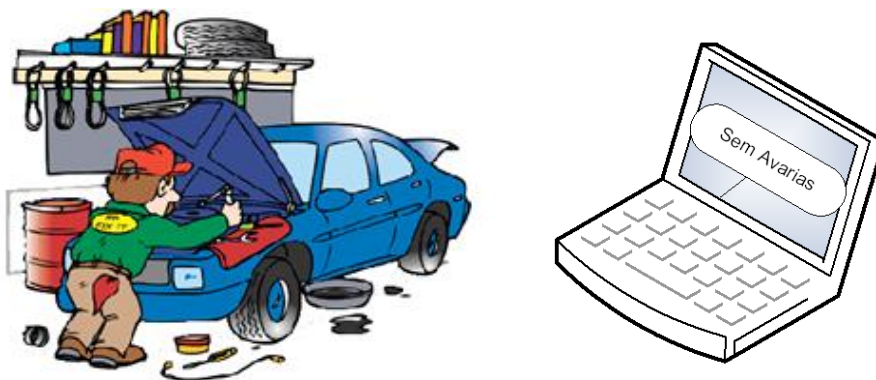


Figura 30 - Apagando a Memória de Avarias do Sistema.

Não apresentando a avaria ele pode trocar o sensor com segurança de que o problema será resolvido, mas se for identificado à mesma avaria, é necessária uma avaliação mais criteriosa, verificando conexões elétricas e chicote até a central de injeção estas estando em condições normais ele consegue identificar que o problema pode estar na ECU do veículo sendo necessário a sua remoção e enviar para um local especializado em consertos de ECU.

3.1. Construção do protótipo SINAL-TEST

Com base nas informações retiradas destes sistemas de injeção foram definidos operações e circuitos que serão construídos, o sistema de injeção basicamente interpreta apenas os sinais elétricos enviados pelos sensores, ele não difere o que é fisicamente a temperatura ou

pressão, de acordo com sinal elétrico enviado ao sistema o software de gerenciamento consegue definir qual estratégia de funcionamento ele deve utilizar.

Em primeiro instante foi montado um diagrama de blocos no qual é descrito os circuitos que compõem o equipamento, desde a fonte de alimentação até o painel de controle o chamado de IHM (Interface Homem Máquina), nos parágrafos seguintes serão descritos os circuitos empregados, e a construção do protótipo.

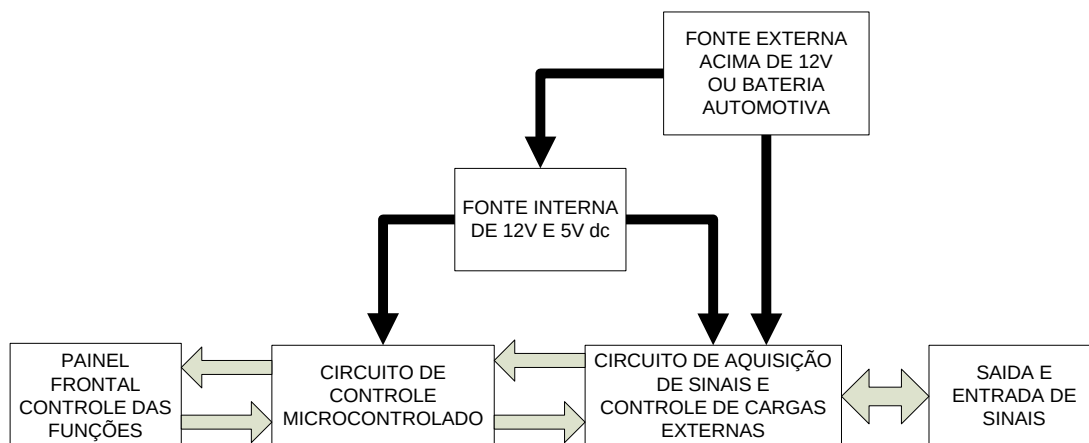


Figura 31 - Diagrama de Blocos Estrutura Geral do SINAL-TEST.

As informações retiradas dos sistemas de injeção MULTEC H E IAW-1G7 servem apenas de base para as futuras aplicações tendo em vista que os componentes adotados para a construção dos circuitos são de valores comerciais, foram verificados algumas relações de sensores e comparando-os entre eles, os valores de resistências eram próximos por isso permite a utilização nos dois sistemas.

Nesta etapa do projeto foi definido quais sensores serão simulados neste projeto, sensores de rotação do tipo indutivo e detonação por enquanto não serão abordado devido o circuito para geração deste sinal ser mais complexo, sendo necessário desprender mais tempo em seu desenvolvimento como é um projeto inicial será simulado apenas os seguintes componentes:

- Temperatura de Ar e Agua;
- Pressão do Coletor de Admissão e Massa de Ar. Analógico/Digital;
- Pressão de coletor + Temperatura de Ar;
- Sensor de Posição da Válvula Borboleta e Pedal de Acelerador;
- Sinal de Sonda Lambda;

- Distribuidor do tipo HALL 12v.

Além dos sensores a serem simulados neste projeto está sendo incorporado o teste de sensores com resistências até 10kohm e o teste de atuadores como:

- Corpo de Aceleração;
- Válvulas Injetoras;
- Bobinas de Ignição.

Através da própria alimentação do dispositivo que pode ser uma fonte externa de 14V 2A ou a própria bateria do veículo em teste, está sendo incluso um circuito para o monitoramento da tensão, para identificação de uma possível descarga da bateria impossibilitando os testes.

Todos os circuitos construídos foram previamente simulados e analisados os seus comportamento no software de simulação Proteus V 7.6, apesar da simulação que ajuda a encontrar possíveis problema ela não garante realmente que o circuito simulado vá funcionar conforme o esperado, porque a simulação ocorre em um ambiente virtual onde não são previstos algumas alterações que podem ser desde a temperatura ou interferências eletromagnéticas, sendo assim, o mesmo circuito simulado é montado em uma matriz de contato para testes, e analisando o real funcionamento do circuito na pratica, que em alguns casos foi constatado algumas divergências em relação ao circuito simulado principalmente no quesito temporal utilizado nos microcontroladores.

3.2 . Sensor de temperatura da agua ECT e ar ACT

O primeiro sensor a ser simulado é o ECT ele é nada mais que uma resistência que varia de acordo com a temperatura, foi utilizado um potenciômetro de 60K ohm para simular este sensor, a variação da resistência se dá pelo movimento do potenciômetro.

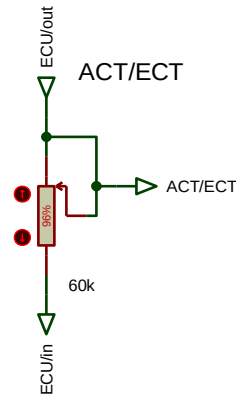


Figura 32 - Simulador ECT com Potenciômetro.

O sensor ACT tem o funcionamento idêntico ao ECT sendo utilizado o mesmo esquema proposto anteriormente, a saída ACT/ECT indicado na Figura 32 ela é monitorada pelo microcontrolador, ele basicamente calcula a queda de tensão sobre esta resistência.

3.2.1. Sensor de posicionamento da válvula borboleta

Em manuais dos sistemas de injeção, não mencionam valores de resistência apenas valores de tensão como referência, para simulação do TPS está utilizando um potenciômetro de 5k ohm.

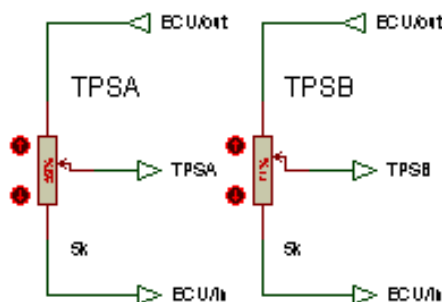


Figura 33 - Simulador TPS com Potenciômetro Duplo.

Como neste projeto está previsto também a simulação do acelerador eletrônico está sendo usado um potenciômetro duplo, ou seja, dois potenciômetros em um mesmo eixo de rotação. O sistema de injeção usa a correlação entre as duas pistas dos potenciômetros para determinar o ângulo de acionamento do pedal de acelerador, em alguns sistemas este mesmo potenciômetro duplo é usado também na válvula borboleta para indicar o ângulo de abertura da válvula. As indicações de ECU/out e ECU/in são na verdade a alimentação de 5V e o terra fornecida pela ECU e os sinais TPSA e TPSB serão enviados diretamente para o sistema de injeção, estas também serão monitoradas em paralelamente pelo microcontrolador.

3.2.2. Sensor de pressão do coletor MAP - Analógico

Este sensor identifica a depressão causada pelo movimento dos cilindros com isso ele determina a carga do motor, neste sistema o sensor utilizado é do tipo piezo resistivo ou seja internamente no sensor há um circuito do tipo *wheatstone*, a variação de pressão altera o valor da resistência, com isso a resultante são níveis de tensão, para simular este sensor foi utilizado um potenciômetro de 5Kohm, o sinal é obtido a partir do terminal central do potenciômetro, como a alimentação é fornecido pela ECU a variação de tensão compreende valores entre 0 e 5V respeitando uma tolerância de $\pm 0.1V$, a saída MAP/MAF é enviada para ECU e também monitorada por um microcontrolador.

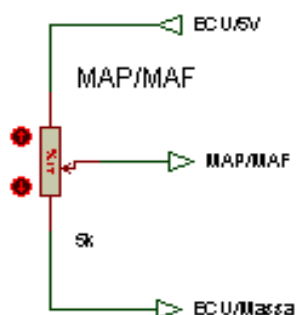


Figura 34 - Simulador Sensor MAP.

3.2.3. Sensor de pressão do coletor MAP - Digital

O Sensor MAP Digital fornece um sinal de reposta com amplitude e frequência que é determinado de acordo com a pressão e a pulsação dentro do coletor de admissão ele envia

este sinal para ECU, esta resposta do sensor depende do sistema de injeção pois pode variar de acordo com a cilindrada do motor e geometria do coletor, como base foi adotado do sistema EEC-IV, a alimentação de 5V e Massa é fornecido pela própria ECU, o sinal gerado é uma típica onda quadrada com frequência variável, este sinal será gerado e controlado por um microcontrolador e o circuito empregado ele tem duas amplitudes de sinais porque ele será utilizado para geração de um sinal também do tipo Hall com amplitude de 12V evitando a construção de um segundo circuito.

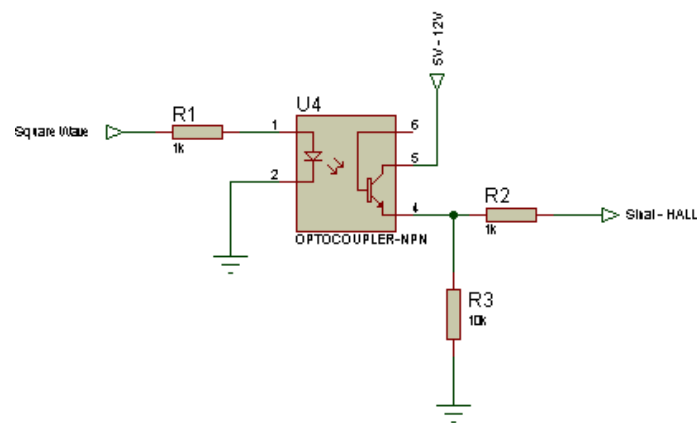


Figura 35 - Simulador Sensor MAP *digital*.

3.2.4. Sensor de Massa de Ar

Os sistemas de injeção propostos para teste neste projeto não utilizam este sensor, mas ele apresenta o mesmo princípio de funcionamento do sensor MAP, ele será colocado para projetos futuros visando aplicações deste equipamento em outros sistemas, este sensor possui uma alimentação de 12V para aquecimento do filamento, e os 5V que a ECU fornece para o sensor que mede o a temperatura do filamento, através da diferença de temperatura ele consegue determinar a massa de ar admitida no motor, apenas será acrescentado um LED indicador de que o circuito de aquecimento está funcionando corretamente.

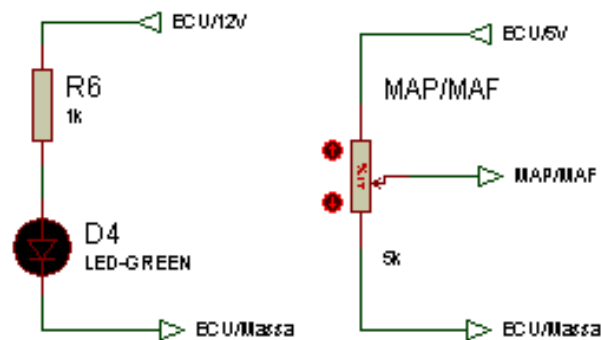


Figura 36 - Simulador MAF.

3.2.5. Sensor de Oxigênio Lambda

Este sensor tem a particularidade de gerar o sinal de tensão através da diferença do oxigênio resultante da queima da mistura ar-combustível com o ar atmosférico, este sinal possui uma faixa que vai de 0V até 1,2V esses valores corresponde a proporção da mistura, se ela está rica ou pobre este sinal resultante é do tipo senoidal com ciclo apenas positivo, o sinal será simulado através do princípio do PWM (*Pulse Width Modulation*) onde é modulado o tempo de permanência em nível alto e a frequência é mantida a mesma, um microcontrolador é responsável por gerar este sinal, de acordo com manuais de diagnósticos de sistemas de injeção esta frequência varia de acordo com o tipo de combustível indo de 0,25Hz até 10Hz, como a amplitude de saída do microcontrolador é na ordem de 5V este sinal é enviado para um divisor de tensão, resultando em torno de 900mV nível alto e cai aproximadamente até os 200mV e sendo posteriormente filtrado por 2 filtros RC tornando o sinal senoidal, na saída está sendo adicionado um buffer com amplificador para evitar quaisquer danos ao microcontrolador.

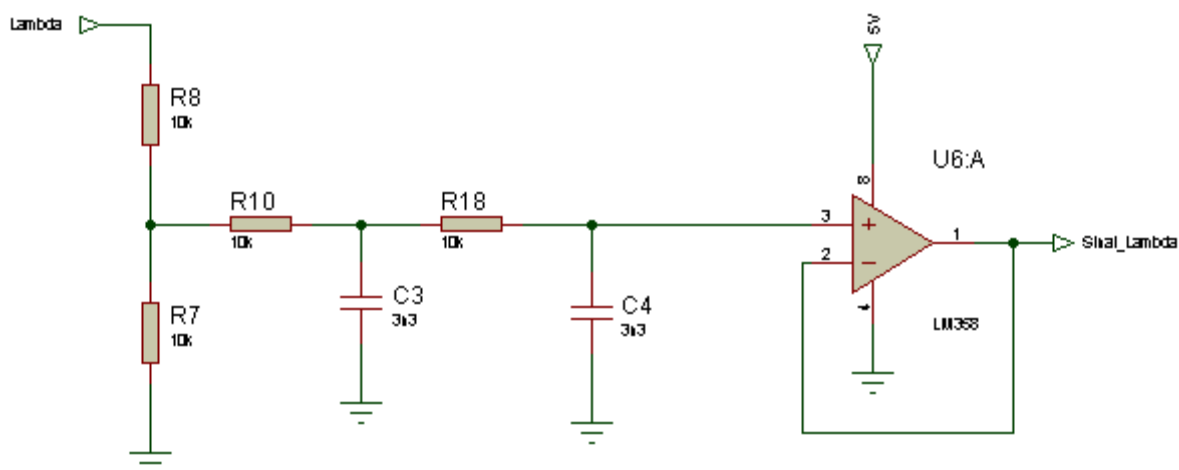


Figura 37 - Simulador Sonda Lambda.

3.2.6. Distribuidor do tipo HALL 12 V

O Distribuidor é responsável pela sincronização e o envio de um sinal para o modulo de potência acionar a bobina de ignição e enviar a centelha para as velas do motor ECU enviar corretamente o sinal para o modulo de ignição.

Para a simulação do sinal Hall deve ser analisada a distância das janelas que identifcam o sincronismo, por que em alguns sistemas, a primeira janela é maior ou menor, servindo como referência para o modulo, O veículo utilizado para teste é o Gol 1.0 da FATEC Santo André com motor CHT sistema EEC-IV CFI(monoponto) o distribuidor deste motor possui as janelas de sincronismo com medidas iguais, com isso o sinal enviado possui uma amplitude em torno de 12V e a frequência de operação depende da rotação do motor.

Para a simulação está sendo gerado este sinal com auxílio de um microcontrolador e um circuito driver para aumenta a amplitude do sinal elevando para próximo dos 12 v, como foi mencionado anteriormente o circuito utilizado é mesmo para simular o MAP- digital apenas acrescentando um relê para comutar a alimentação de 5V para 12V.

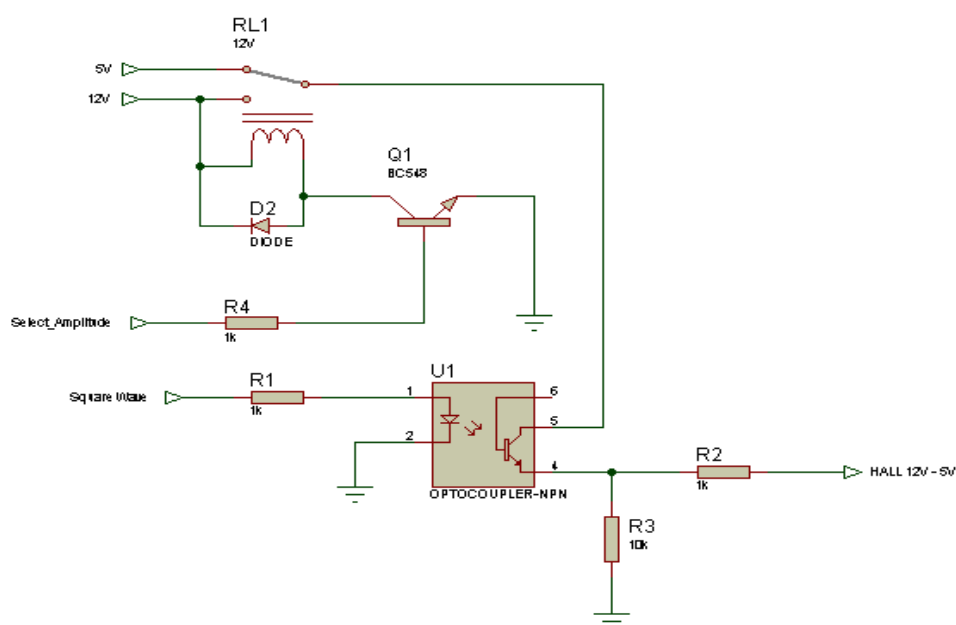


Figura 38 - Circuito de Chaveamento da Amplitude + Circuito HALL.

3.2.7. Monitoramento da Linha 30 Tensão de Bateria

Na simulação dos sensores descritos acima é verificado em conjunto a tensão de alimentação da bateria do veículo a fim de verificar uma possível queda de tensão quando for simulado o sensor.

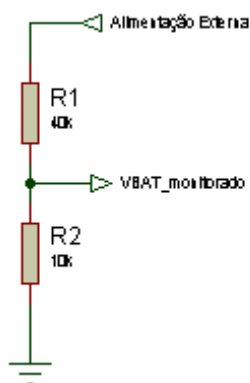


Figura 39 - Circuito Divisor de Tensão para Monitoramento da Tensão de Bateria.

3.2.8. Circuito de Condicionamento do sinal AD e Multiplexagem

O microcontrolador PIC18f4520 possui 8 entradas analógicas, permitindo a leitura de 8 sensores, só que em contrapartida esses pinos são bidirecionais e possuem outras funções que está sendo utilizada no projeto, com isso foi utilizado multiplexador 4051, ele tem 8 canais de entrada e 3 canais seletores, desta forma foi possível realizar a leitura analógica a partir de um único pino o AN0 do PIC para ler os 8 sinais e mais 3 pinos para seleção do sinal (A1, A2, A3).

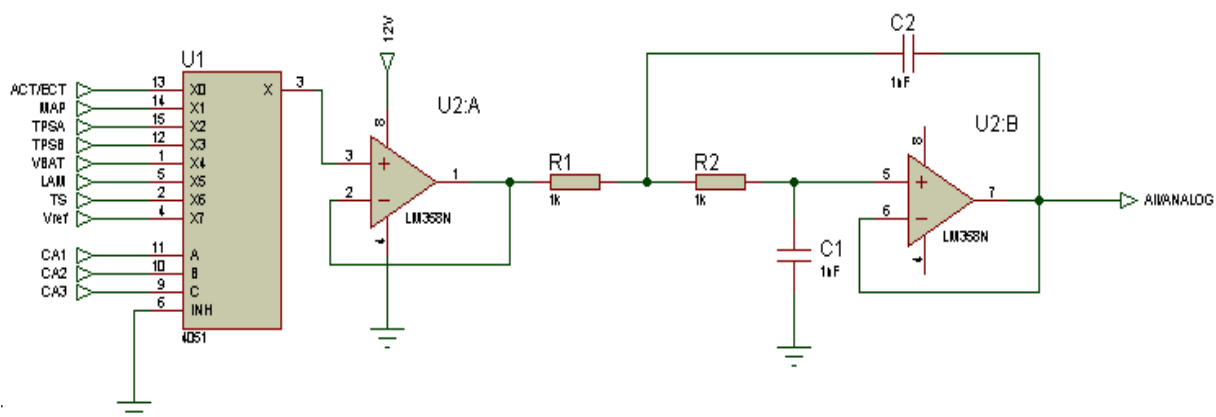


Figura 40 - Multiplexador de Sinais Analógicos e Filtro.

Para medições de sinais provenientes dos sensores citados acima será necessário a utilização de um circuito divisor de tensão para garantir, que a tensão medida é sobre o sensor que está sendo monitorado, o fabricante do microcontrolador recomenda colocar um buffer para o casamento de impedância abaixo de 10k, como os sensores possuem resistência abaixo de 10k foi colocado um amplificador operacional no modo seguidor de tensão, isso é para não afetar o tempo de carregamento do capacitor interno do microcontrolador e alterar a amostragem do sinal que está sendo lido pelo conversor interno, apesar de serem 8 sinais a serem lidos foi necessário apenas um buffer para este casamento de impedância e utilizado em conjunto um filtro passa faixa de segunda ordem topologia *Sallen Ken*, para reduzir interferências e alterações ocasionadas na entrada analógica. O chaveamento das entradas é feito via software.

Foi definida uma ordem de acesso a cada sensor por cada canal.

Sensor monitorado	ACT ECT	MAP	TPSA	TPSB	VBAT	LAM	TS	VREF
Canal ABC 4051	000	001	010	011	100	101	110	111

Tabela 1 - Direcionamento do Canal para o respectivo Sensor.

3.2.9. Circuito Microcontrolador

Neste projeto foi utilizado o microcontrolador PIC 18F4520, o cristal utilizado é de 20mhz para o *clock*, este cristal é o responsável pelo tempo base do microcontrolador, Para os

pinos foram definidos funções específicas, verificando também a sua funcionalidade porque eles são bidirecionais, ou seja, eles podem ser pinos de entrada ou saída de dados na Tabela 2 está definido cada função.

Pino/Função	Pino/Função	Pino/Função	Pino/Função	Pino/Função
1- MCLR	9- Não usado	17-Reservado	25-Reservado	33-Reservado
2- AN0	10- Não usado	18-Reservado	26-Reservado	34-Reservado
3- CA1	11- Vdd 5v	19-Square_Wave	27-B_DIR	35-RE
4- CA2	12- Vss GND	20-Select_Amplitude	28-B_ESQ	36-RS
5- CA3	13- OSC1	21-Não usado	29-B_ESC	37-D4
6- Não usado	14- OSC2	22-Não usado	30-B_OK	38-D5
7- Não usado	15-BOB_Test	23-Reservado	31-Vss GND	39-D6
8- Não usado	16-CCP2	24-Reservado	32-Vdd 5V	40-D7

Tabela 2 - Pinos e Funções do Micro Controlador.

Este microcontrolador possui cerca de 8 entradas analógicas só que eles estão distribuídos entre as portas RA e RB, sendo que foi definido que o display será acionado pelos pinos do RB2 até RB7 nestes pinos estão que será apenas necessário usar apenas 1 canal analógico microcontrolador e mais 3 canais para seleção da entrada, com isso foi possível manter 8 canais analógicos, Para os botões de seleção foram reservado os pinos RD4 até RD7, e o pino RD0(*Square_Wave*) gera sinal onda de quadrada para função do HALL, RD1(*Select_Amplitude*) aciona um relê para seleção de 5V ou 12V, Pino RC0(*BOB_Test*) acionamento de um relê para iniciar o teste de acionamento de Atuadores, RC1(CCP2) configurado para um sinal PWM de 1khz, pino RC2 (*Lam_Sinal*) este pino é específico para saída PWM só que ele precisa de configurações específicas para obter frequências abaixo de 100Hz, foi gerado um PWM por software que usam funções mais simples apenas manipulando o timer interno, esta frequência baixa é para simulação do sinal de sonda lambda que trabalha em torno de 0,25Hz até 10Hz.

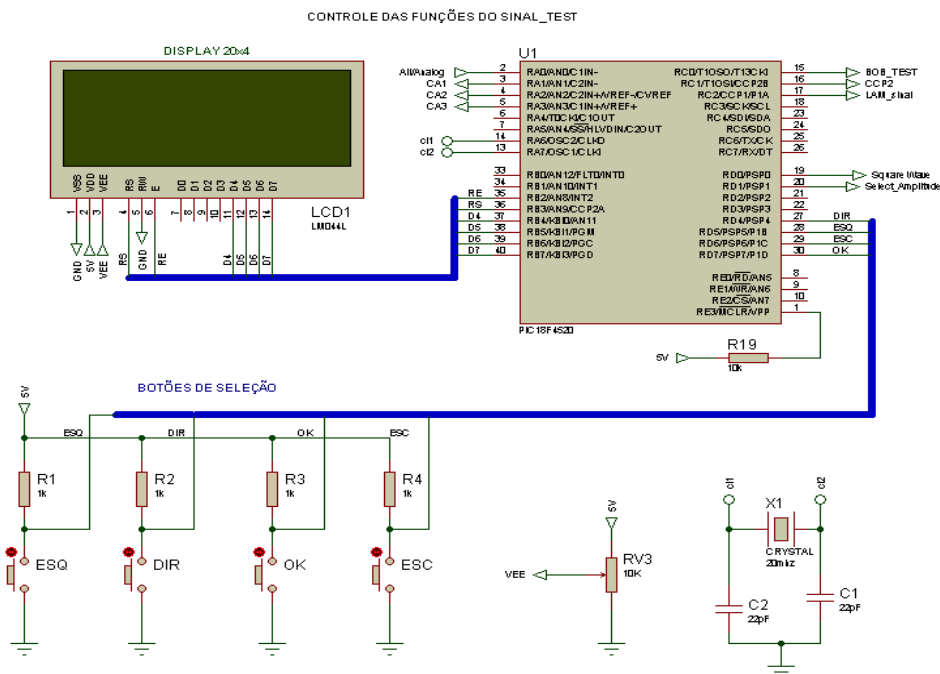


Figura 41 - Circuito Microcontrolado.

3.2.10. Teste de Sensores e Atuadores

No projeto foi incluso um circuito de sensores e atuadores (teste). O teste de sensores está limitado a uma leitura de até 10kohm para realizar uma leitura usamos uma ponte de *Weathestone*, no qual a resistência incógnita, é comparada com outras resistências que tem um valor conhecido. O circuito da Figura 42 indica os pontos onde serão utilizados para testar componentes, na saída é utilizado um amplificador no modo diferencial de acordo com a queda de tensão, através de cálculos é possível estimar a resistência do componente. Para leitura do mesmo é selecionado o canal 110 do multiplexador ele foi reservado para esta leitura.

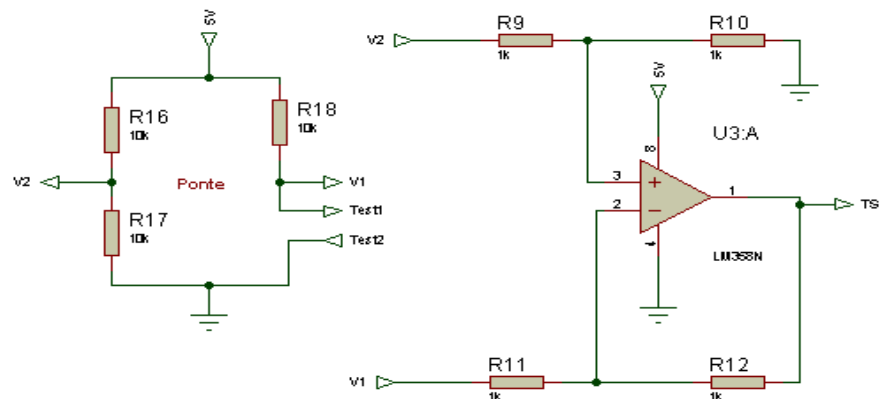


Figura 42 - Fonte de *Weathestone* para Medição de Resistências.

Para o teste de atuadores foi utilizado o mosfet IRF640 para aciona lo é necessario uma tensão minima de 4V chegando até 20V, este mosfet consegue drenar uma corrente de no maximo 18 A, No circuito de acionamento está sendo utilizado um opto acoplador 4n26 o microcontrolador irá gerar um sinal PWM que controlará dispositivos como: corpo de borboleta e bicos injetores, vale ressaltar que para acionar o gate do mosfet, neste caso foi usado os mesmos 12V de acionamento dos atuadores.

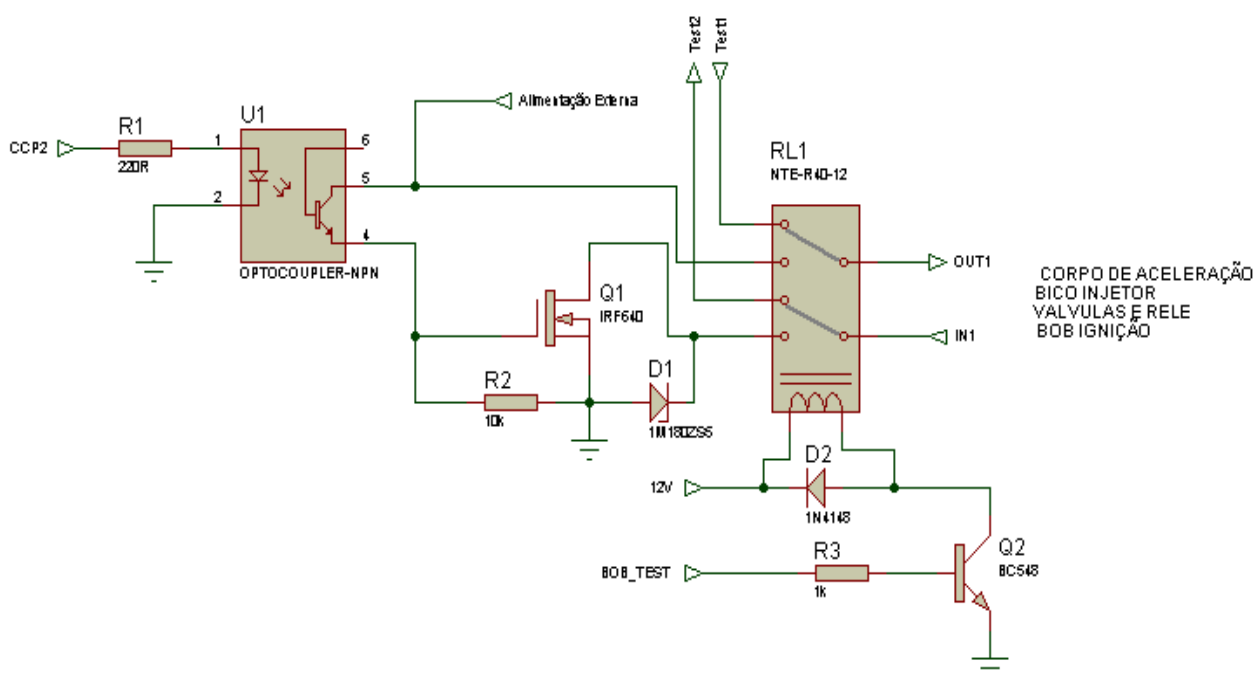


Figura 43 - Circuito Teste de Atuadores.

3.2.11. Fonte de Alimentação 5V e 12V

Neste projeto é necessário uma fonte de 5V para alimentação do microcontrolador e o display e também o multiplexador, e uma fonte de 12V para os filtros e o sinal Hall 12V, como um dos objetivos deste projeto é levar o equipamento diretamente no veiculo para teste, a alimentação tanto pode ser feita com uma fonte externa ou a própria bateria do veiculo, usando uma fonte externa é possível controlar cargas que usam maior potência, lembrando que o regulador de 12V é usado apenas em sinais que drenam baixa corrente, por isso se faz necessário uma segunda alimentação externa, este circuito abaixo está incorporado já no protótipo, pois além de reduzir possíveis picos de tensões externas ele serve como filtro evitando por exemplo ruídos gerados por um alternador ou bobinas de ignição.

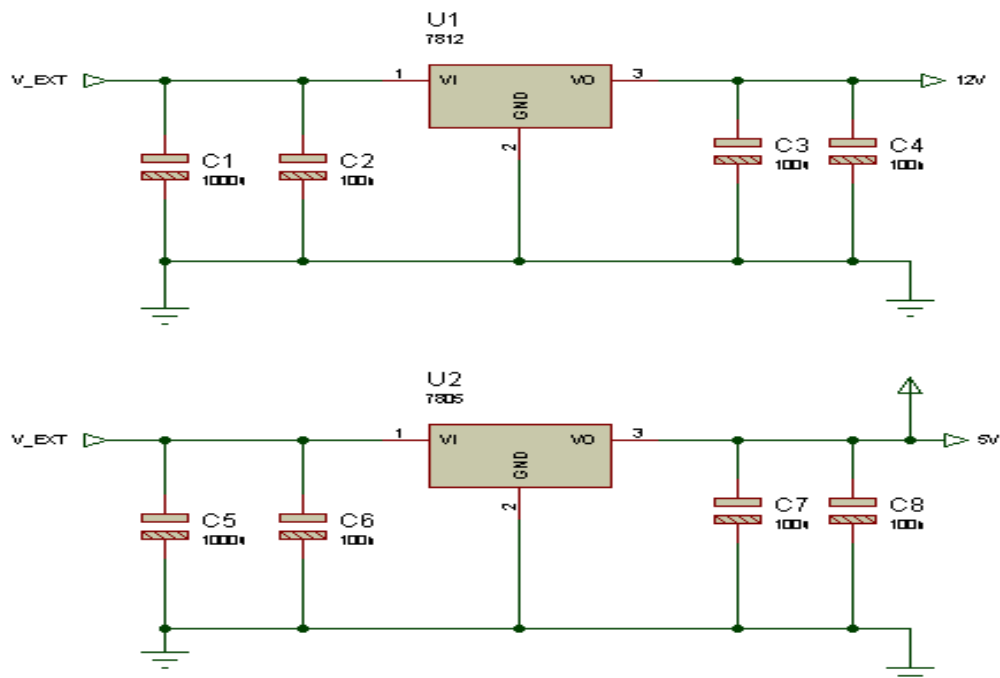


Figura 44 - Circuito de Alimentação 5V e 12V com Fonte Externa.

3.2.12. Entrada e saída de sinais

Nesta etapa do projeto foram definidos como este sinal será enviado e recebido através de um conector DB15, este foi inserido para facilitar o manuseio das saídas de sinais, Já o conector J2 e J3 são respectivamente as saídas de controle de cargas de alta potencia como, por exemplo: corpo de borboleta e bobinas, O conector J4 é entrada da alimentação externa que pode ser feita através de uma fonte de alimentação de 14 v ou a própria bateria do veiculo, segue uma tabela de funções de cada pino do conector DB15 macho.

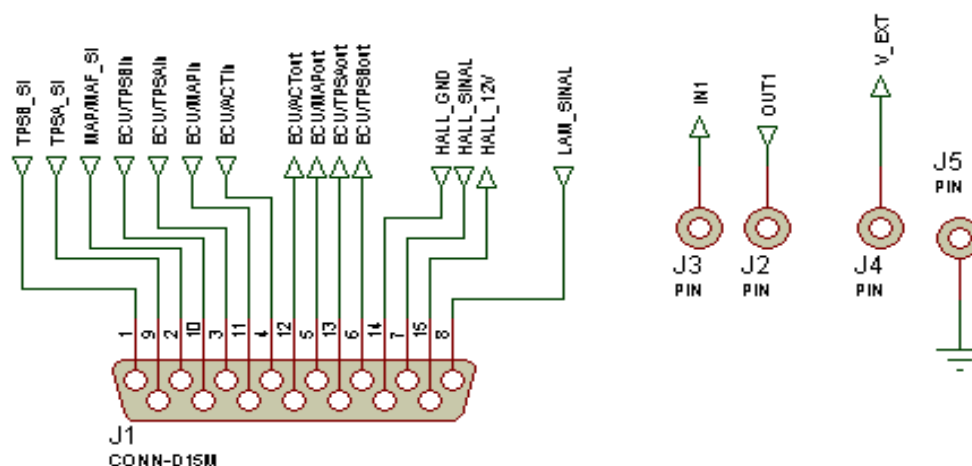


Figura 45 - Conector DB15 Saída e Entrada de Sinais.

1-TPSB_SINAL	9-TPSA_SINAL	2-MAP_SINAL	12-ECU_ACTout	15-HALL_12V
10-TPSB_ECUin	3-TPSA_ECUin	11-MAP_ECUin	4-ECU_ACTin	7-HALL_SINAL
6-TPSB_ECUout	13-TPSA_ECUout	5-MAP_ECUout	8-LAM_SINAL	14-HALL_GND

Tabela 3 - Numeração da Saída dos Pinos e suas Funções do Conector DB15.

3.3. Software ECU-TEST V1.0

A construção do software seguiu a seguinte ordem, heurística do programa detalhando sequencia lógica e as funções disponíveis para o usuário, fluxograma do programa, e detalhes do software escrito em linguagem C voltada para microcontroladores utilizando o compilador PCH compiler V 4.078 da CCS.

Este programa gerencia funções de leitura de sinais analógicos dos sensores com canal AD AN0 do microcontrolador e controla a multiplexagem de sinais dos sensores através dos pinos AN1, AN2, AN3 acionando o CI 4051(multiplexador), cada canal selecionado é aguardado um tempo para acomodação evitando as leituras erradas do buffer do AD interno. Para leitura dos botões o software aproveita ciclo de máquina realizando a leitura constantemente apenas para entrar na função, escritas de mensagens no display informando cada função e dados contidos nelas, Estão disponíveis quatro funções sendo enumeradas na seguinte ordem:

Primeira Função - Sensores Analógicos:

- ACT/ECT (Temperatura de AR ou Água) – Leitura;
- MAP/MAF (Pressão de Coletor e Massa de AR) - Leitura;
- MAP+ACT (Pressão de Coletor + Temperatura de Ar) - Leitura;
- TPS A e B (Sensor de posição da Borboleta ou pedal de Aceleração) – Leitura;
- LAMBDA (Sensor de oxigênio sonda lambda) - Leitura e Geração.

Segunda Função - Sensores Digitais:

- MAP/MAF digital (Pressão de coletor do tipo Digital);
- DISTRIBUIDOR HALL 12 v.

Terceira Função - Teste de Sensores: É realizado o teste de sensores até 10k ohm, somente para verificar se estão dentro da faixa de funcionamento.

Quarta Função - Teste de Atuadores: Neste é possível realizar teste em componentes montados no próprio veículo a fim de evitar a remoções desnecessárias, facilitando no diagnóstico de Atuadores.

Para permitir a interação do usuário com equipamento foram pré-definidas mensagens de funções e ajustes possíveis que serão impressas no *display20x4*, foi levado em consideração a quantidade de letras por linha e coluna, sendo que algumas delas é impressa uma única vez e outras são atualizadas constantemente principalmente funções que usam números por exemplo monitoramento do sensores analógicos, foi montado um fluxograma geral da mensagens e informações que aparecerão para interação com usuário.

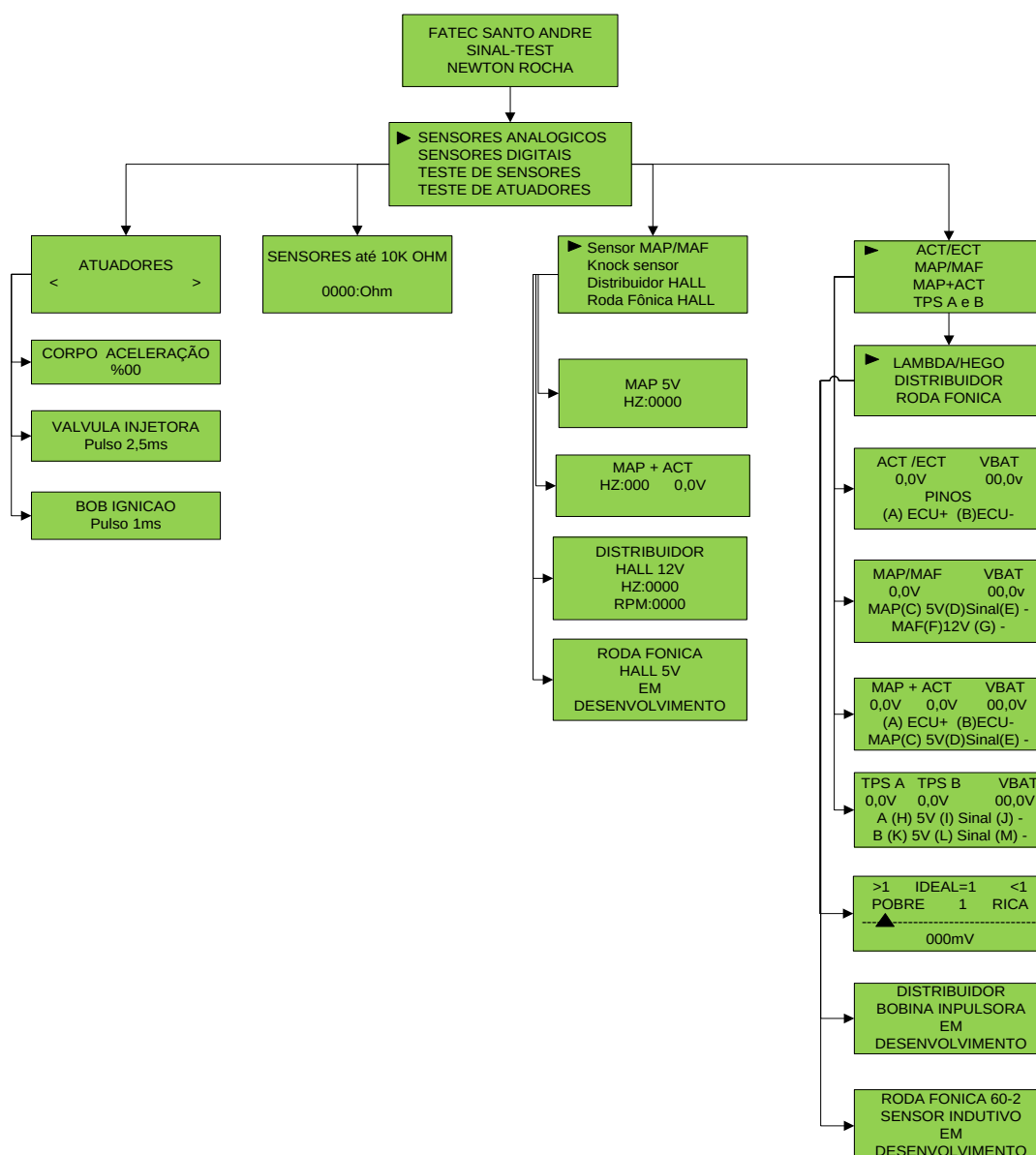


Figura 46 - Fluxograma das mensagens no display.

Para execução das mensagens ou tarefas propostas acima foi desenvolvido um fluxograma indicando como a estrutura do programa está organizada a fim de facilitar o seu entendimento, visto que cada função desenvolvida possui comandos específicos em linguagem C para microcontroladores, o programa completo será anexado no final, mas basicamente consiste no diagrama abaixo.

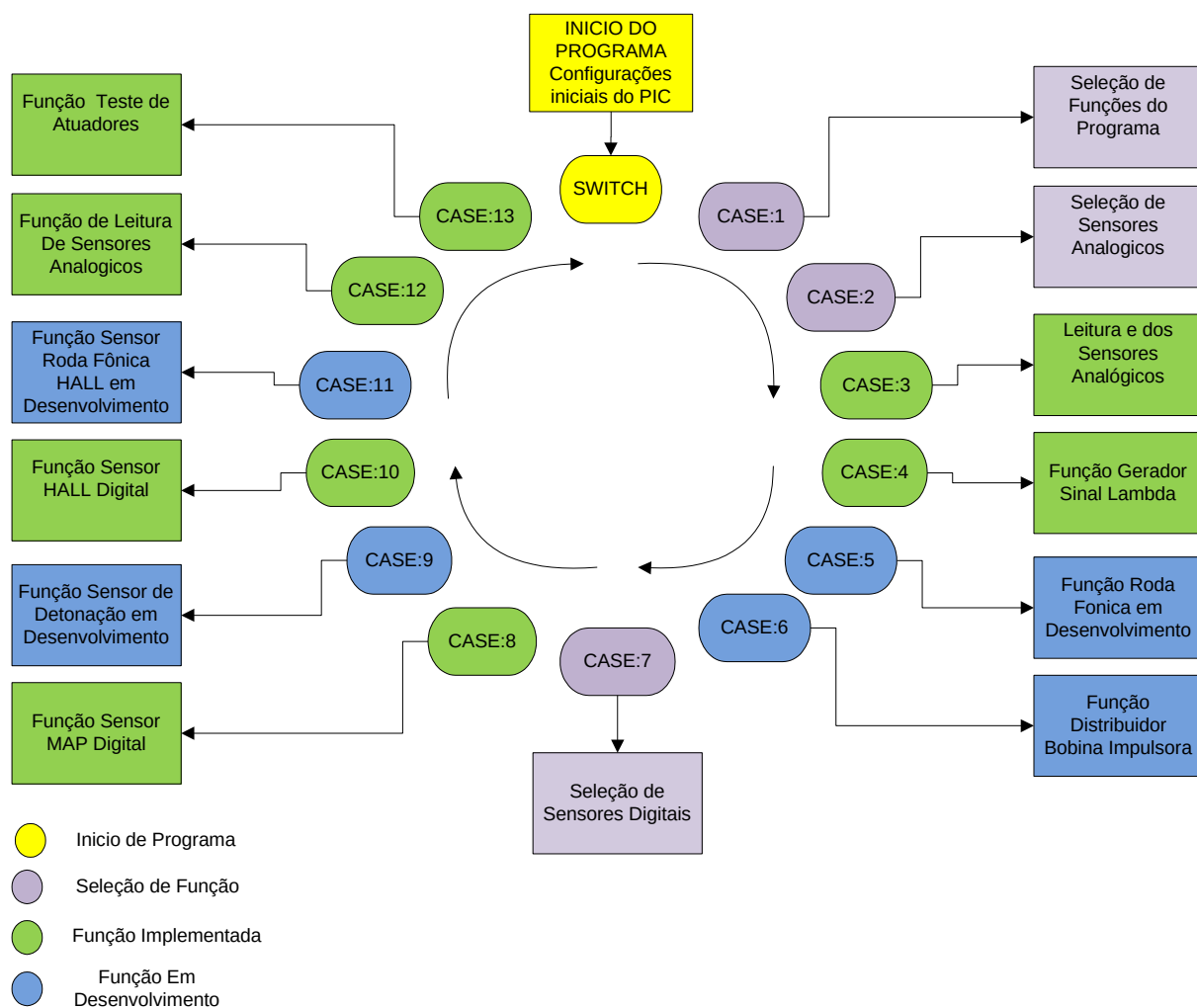


Figura 47 - Fluxograma estrutural

Um detalhe a ser notado é que a execução das tarefas é contínuas, ou seja, o programa é cíclico ou loop infinito e foi organizado como uma máquina de estados onde cada função representa um estado, e dentro de cada estado um novo ciclo tudo isso para dar sensação de que as funções rodem paralelamente.

O software foi desenvolvido em linguagem C utilizando o compilador da CCS PCH compiler, Apenas será descrito a lógica empregada neste programa, comandos específicos da

linguagem iriam levar mais tempo para serem discutidos, será anexado o programa completo para consultas, pois o mesmo é muito extenso para detalhar cada linha escrita.

Ao gerar o programa no CCS é possível já pré determinar alguns parâmetros de funcionamento do micro controlador, a frequência do cristal é de 20MHZ e configurado no programa em HS(high speed) frequências acima de 4mhz, em seguida é habilitado as interrupções externas e timers.

Na função main é inicializado todos os setups de instrução do microcontrolador e as configurações iniciais dos pinos, por exemplo: canais analógico e direcionamento dos pinos, em seguida é inicializado a função do display ela permite o envio de mensagem para o display, após a mensagem é inicializado indefinidamente dentro de um comando while a execução da função seleciona_menu(), a função seleciona menu consiste em basicamente no switch case de 13 posições sendo o primeiro para seleção das funções e as 12 restantes para continuação das funções selecionada tendo o mesmo principio da maquina de estado, segue a descrição de cada estado que será a continuação da função escolhida.

Case: 1 A primeira função é escolha das funções onde para a seleção também é usada um switch case para a escolha da função, a leitura dos botões é feito continuamente.

Case: 2 Seleciona o tipo de sensor analógico a ser simulado este case é importante pois até neste momento as etapas são iguais, sendo que dependo do sensor escolhido é necessário realizar outros procedimentos.

Case: 3 Leitura dos sensores através do multiplexador endereçamento de canal para cada sensor individual e impressão dos valores já convertidos a leitura é realizada a cada 10ms.

Case: 4 Simulador sinal sonda lambda com geração PWM de baixa frequência e apresenta um indicador de mistura rica ou pobre.

Case: 5 Função em aberto para simulação do sinal do distribuidor do tipo bobina impulsora apenas impressão no *display*.

Case: 6 Função em aberto para simulação do sensor de Roda fônica Indutivo.

Case: 7 Seleção dos tipos de sensores Digitais e endereçamento.

Case: 8 Sensor MAP digital, com ajuste de frequência onde o sinal é gerado no pino D0

Case: 9 Sensor de detonação em aberto apenas a mensagem no *display*.

Case:10 Distribuidor do tipo *HALL 12V* com ajuste de frequência, o sinal gerado é mesmo do sensor MAP com acréscimo apenas da mudança de Amplitude para 12V a partir do Pino D1

Case11: Sensor de roda Fônica *HALL 5V* apenas a mensagem no *display*.

Case12: Teste de sensores mede a resistência a partir da diferença de potencial na ponte de *weatstone* e a referência do sinal de entrada.

Case13: Teste de Atuadores, este por sua vez é importante à escolha do tipo de atuador, pois os sinais apesar de serem parecidos apresentam características diferentes, o sinal gerado é por um pino que possui saída específica PWM que pode ser alterada no software para geração de outros sinais.

É importante ressaltar que no microcontrolador este fluxo de instruções é constante ou seja, ele executa a mesma função diversas vezes, basicamente as funções descritas acima seguem a mesma ordem de execução, primeiro impressão na tela do display em seguida realiza a tarefa podendo ser leitura ou envio de sinais e por último a leitura dos botões.

4. TESTES DO PROJETO

O teste oficial ocorreu após a finalização da simulação no software de simulação *PROTEUS*. No entanto ocorreram algumas modificações e correções durante o teste prático, devido ao simulador não reproduzir com perfeição funcionamento prático.

4.1. IHM e Matriz de Contato

Em primeiro momento foi utilizado uma *Protoboard* de 4 barramentos (matriz de contato) e construído um painel de interface (IHM) a fim de facilitar o manuseio dos controles e organização do protótipo, nesta interface foram colocados os botões de acesso de funções e potenciômetros para simulação de sensores analógicos e um display 20x4 facilitando a visualização das funções disponíveis no software e uma chave ON/OFF da fonte externa e também uma chave ON/OFF para ligar o protótipo.



Figura 48 - Organização da IHM e seus Controles e Saídas.

Este painel está acoplado em furos que a própria matriz de contato possui, a utilização da *Protoboard* facilita a inserção e remoção dos componentes em testes permitindo qualquer eventual mudança de componente ou *layout* de circuito enquanto o projeto estiver em desenvolvimento.

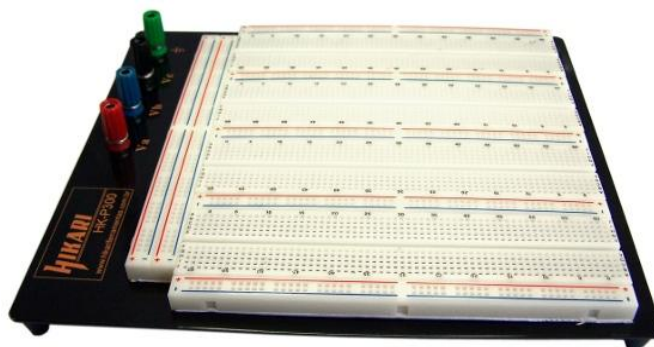


Figura 49 - *Protoboard* 4 Barramentos.

Em seguida foi montado os componentes na *Protoboard* as fontes de 5V e 12V já estavam em placas de circuito impresso e foram fixadas em uma base de madeira, foi usado uma fonte de computador simulando a fonte externa, a Figura 50 mostra como está organizado a montagem.

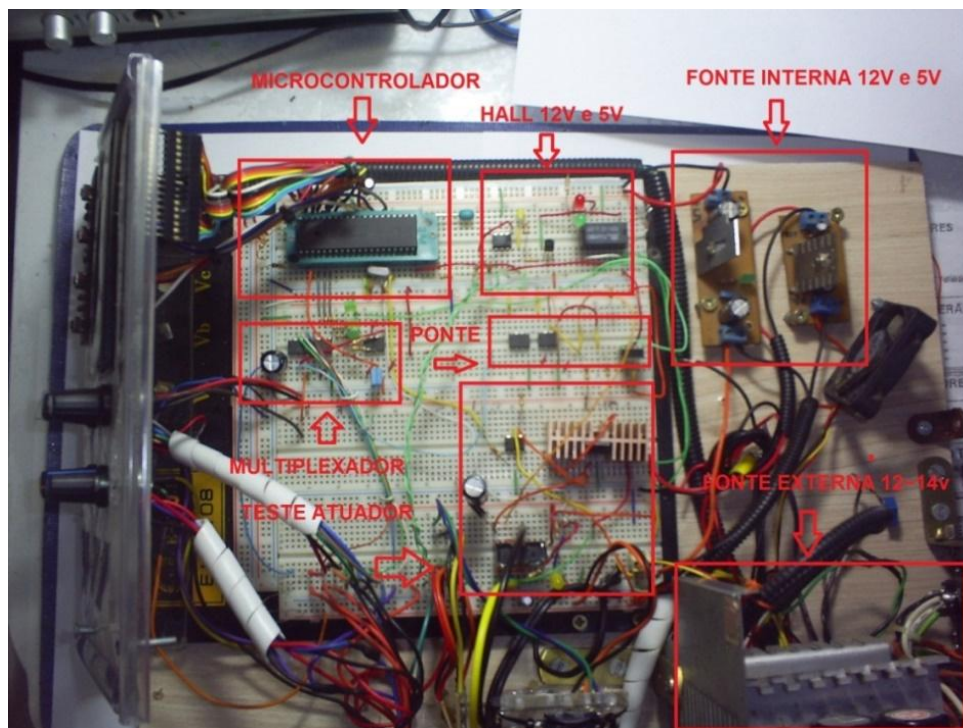


Figura 50 - Plataforma de Teste.

Para a validação do projeto foi necessário a utilização de um scanner automotivo, em particular foi utilizado o PC SCAN3000 da marca NAPRO no qual foi disponibilizado pela empresa NAPRO Industria Eletrônica onde atualmente estou trabalhando, apenas como empréstimo para a realização dos testes o software usado está na versão 5.01.

Os primeiros testes foram realizados apenas com a ECU do sistema da marca Magneti Marelli IAW -1G7 que equiparam os Fiat Palio de 1997, foi construído um chicote elétrico com o conector da central para ter acesso em pinos específicos como o da transmissão de dados linha K, L e o dos sensores usados nos testes, A figura xx mostra o chicote construído.

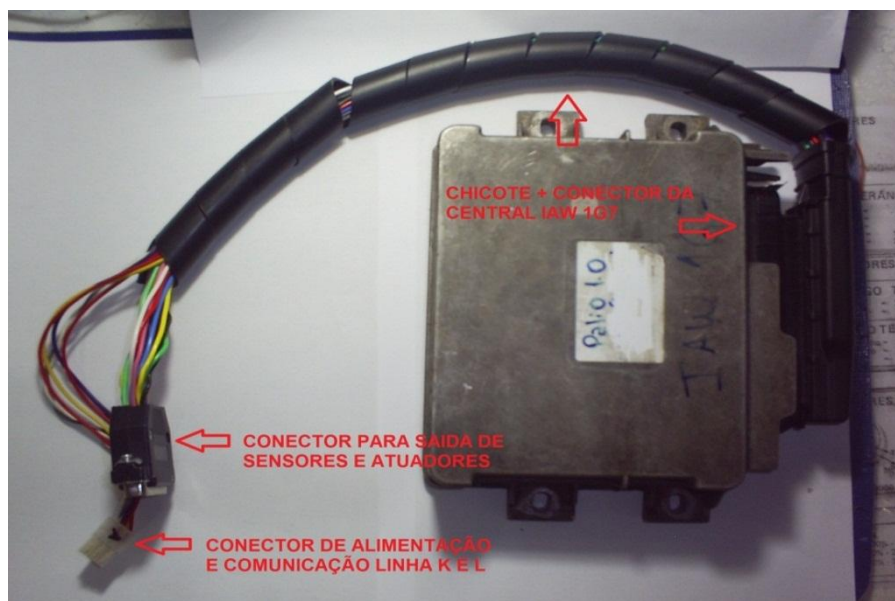


Figura 51 - Chicote para ECU IAW 1G7.

O conector para diagnose usado no aparelho de Scanner é do tipo OBD2 para facilitar os testes, as saídas linha K e L foram modificados para serem usados em um conector OBD2 tipo Fêmea, assim dispensando conexões externas que possam oferecer algum risco sobre o de danificar o scanner por inversões de fios.

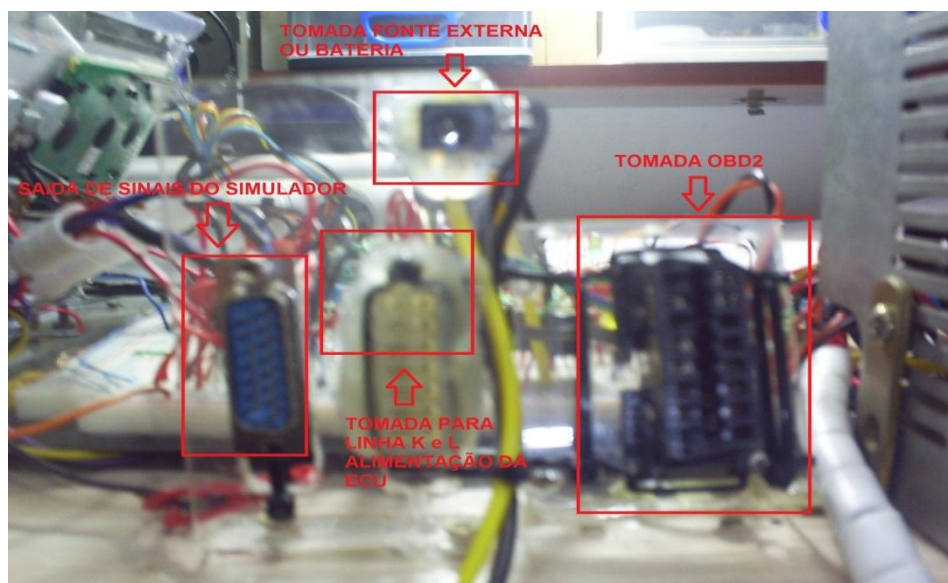


Figura 52 - Saídas de Sinais do Protótipo.

A Figura 53 mostra como está montado todo o conjunto para os testes, foi inserido separadamente os sinais de temperatura de Ar, água e Pressão do coletor.

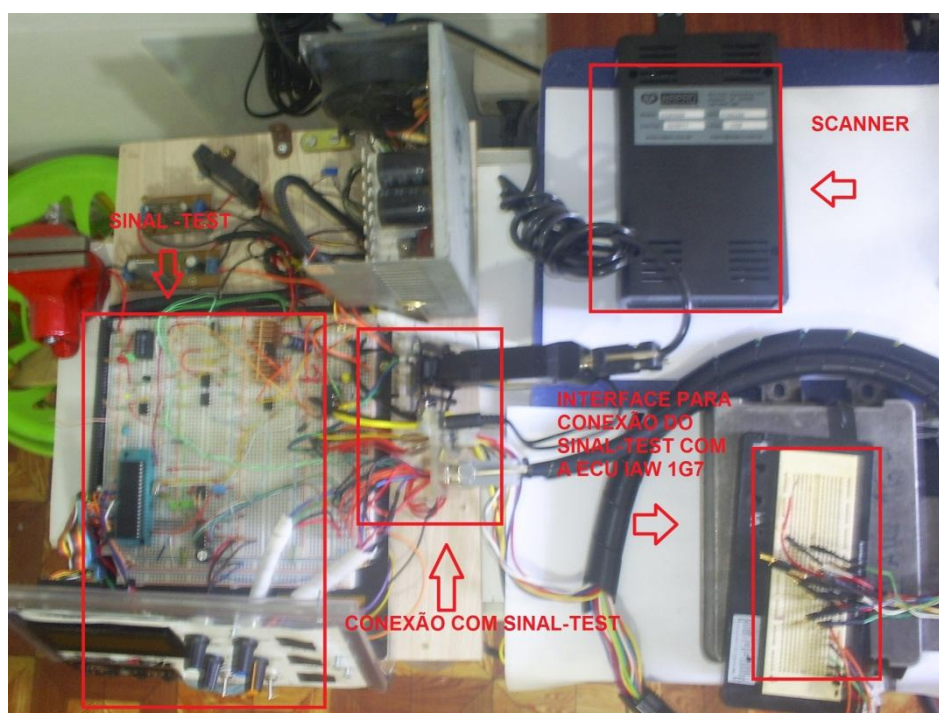


Figura 53 - Montagem do Conjunto.

4.2. Início dos Testes

No início dos testes era avaliado o comportamento da ECU sem o sensor a ser simulado e logo em seguida com o simulador de sinais. Os testes mostraram que a Central de Injeção interage com o protótipo obtendo uma resposta desejada segue as fotos dos testes a seguir. Como a ECU não estava inserido no sistema apresentou duas avaria, Sensor de rotação e de detonação, como não identificava a rotação do motor ela não gera falhas de outros sensores, Em primeiro instante é verificado como a ECU se comporta sem sensor de temperatura.

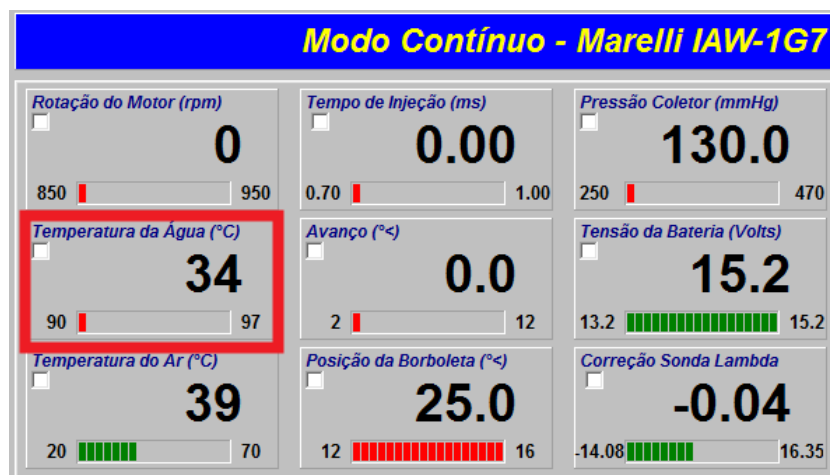


Figura 54 - Sem o Sensor Temperatura de Água ECU IAW 1G7.

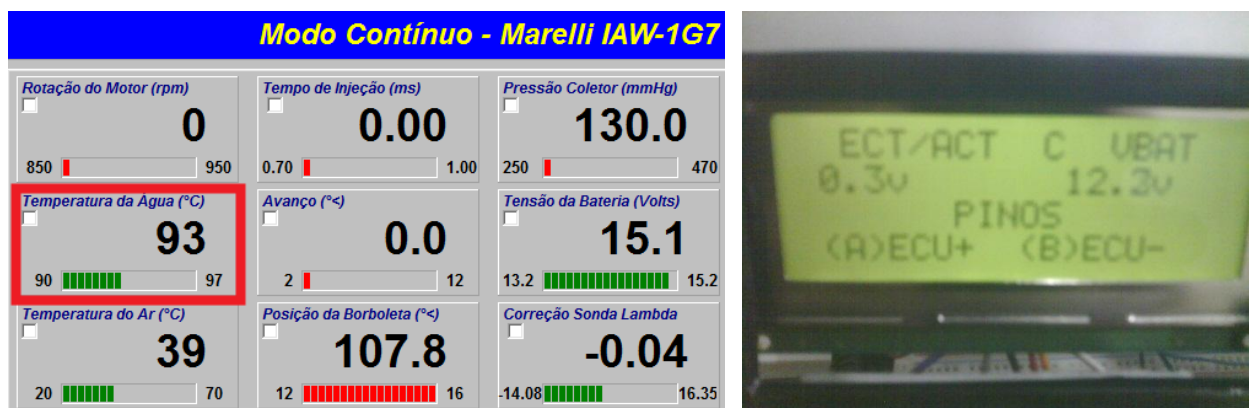


Figura 55 - Teste Temperatura de Água com Simulador.

Continuando o procedimento dos testes, está sendo analisado o comportamento da ECU sem o sensor MAP e em seguida com o simulador do sensor MAP.

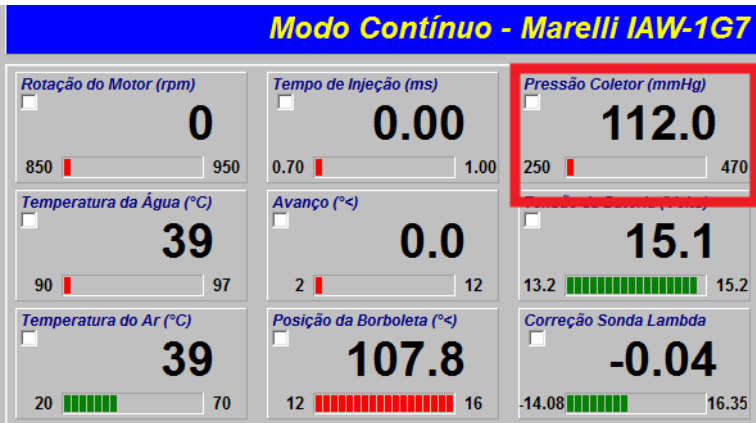


Figura 56 - Teste sem o Sensor MAP ECU IAW 1G7.

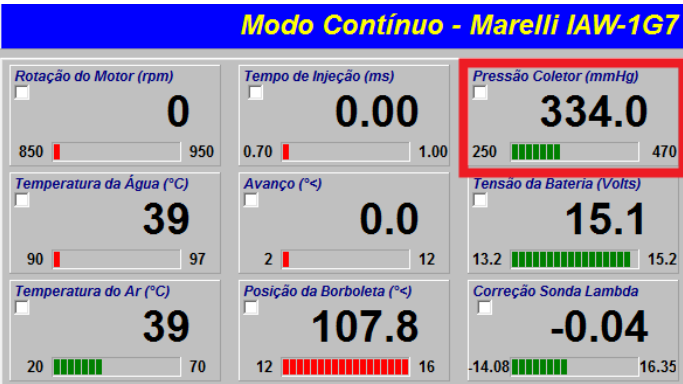


Figura 57 - Teste com o Simulador do Sensor MAP ECU IAW 1G7.

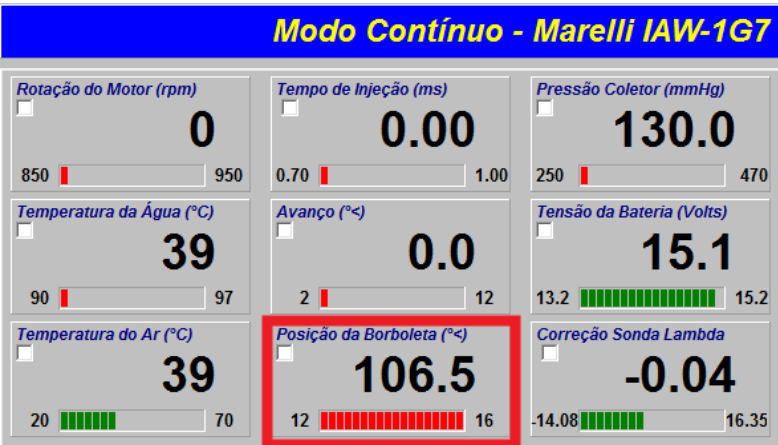


Figura 58 - Teste sem Sensor TPS ECU IAW 1G7.

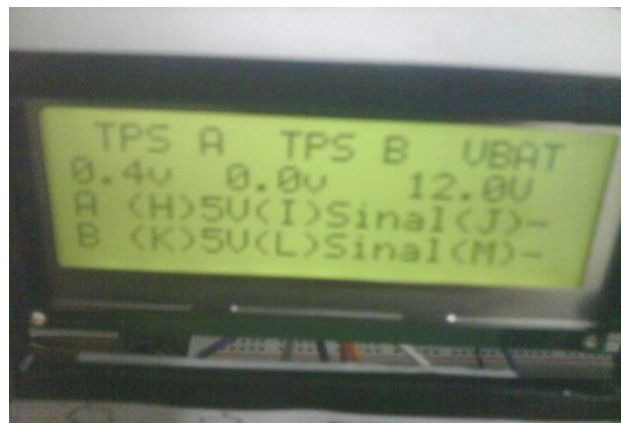
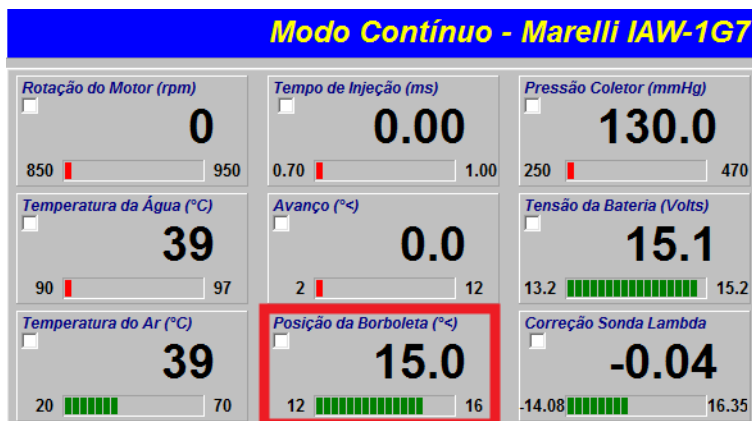


Figura 59 - Teste com Simulador Sensor TPS ECU IAW 1G7.

Os valores de tensão apresentado no simulador são relativos pois ele apenas calcula a queda de tensão sobre o resistor, estes precisam ser verificados em conjunto com um manual de reparação, por que a curva de resposta do sensor pode mudar, além deste sistema de injeção foram testado no MOCK-UP com motor GM 1.8 L *Flexpower* Sistema MULTEC H.



Figura 60 - MOCK-UP FATEC GM 1.8L Flexpower.

Este motor é de uso didático pelos alunos da Fatec Santo André, Neste motor de teste há um painel com terminais, onde é possível ter acesso ao chicote elétrico dos sensores sem precisar desconectar o conector do respectivo sensor para inserir sinais no chicote principal ou realizar medidas nos sensores de forma indireta.



Figura 61 - Painel para Acesso a Sensores do MOCK-UP.

Os testes no MOCK-UP ocorreram da mesma forma descrita anteriormente com a ECU IAW 1G7, iniciando com o teste sem o sensor do sistema e em seguida inserido o simulador de sinais no sistema.

Vale ressaltar que apenas com a ECU ligada já é possível realizar os testes, no scanner mostrava que mudando o valor de resistência os valores em “modo contínuo” também se alteravam, confirmando que ECU já estava interagindo com o Protótipo.

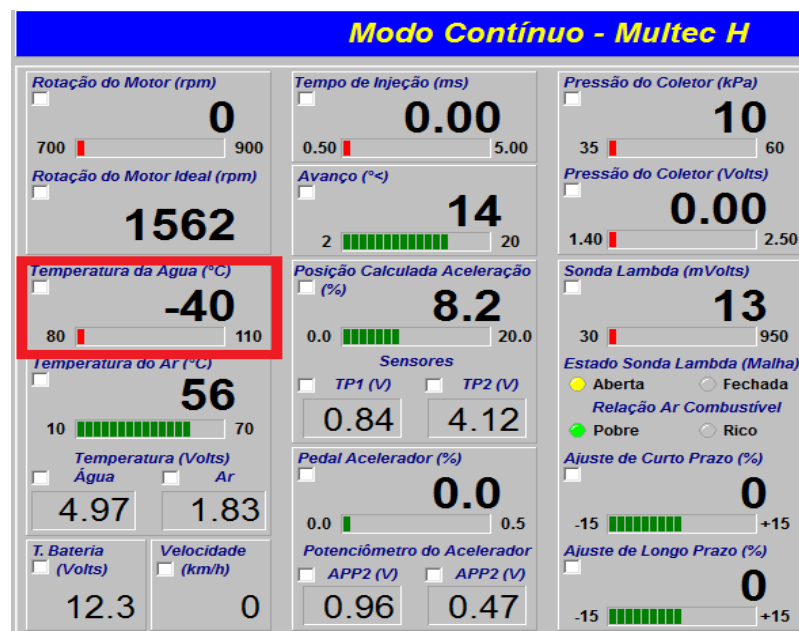


Figura 62 - Sem o Sensor ECT Sistema MULTEC H.

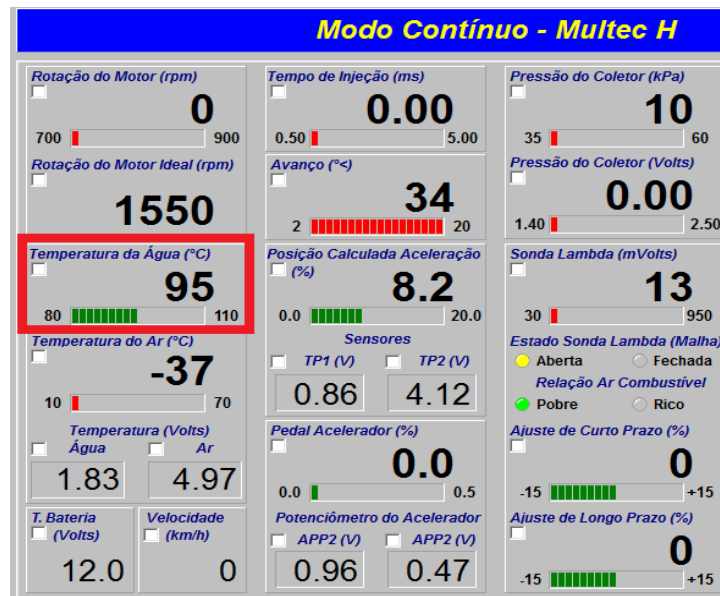


Figura 63 - Teste com Simulador Sensor ECT Sistema MULTEC H.

Na sequência foi testado o sensor MAP e o ACT juntos, neste sistema estes dois sensores estão em um mesmo componente, sendo necessário a simulação em conjunto.

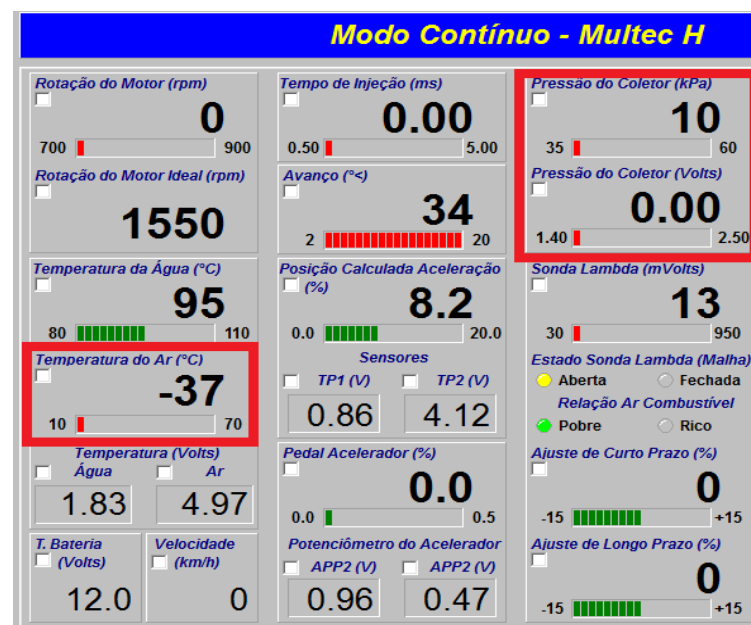


Figura 64 - Sem o Sensor MAP+ACT Sistema MULTEC H.

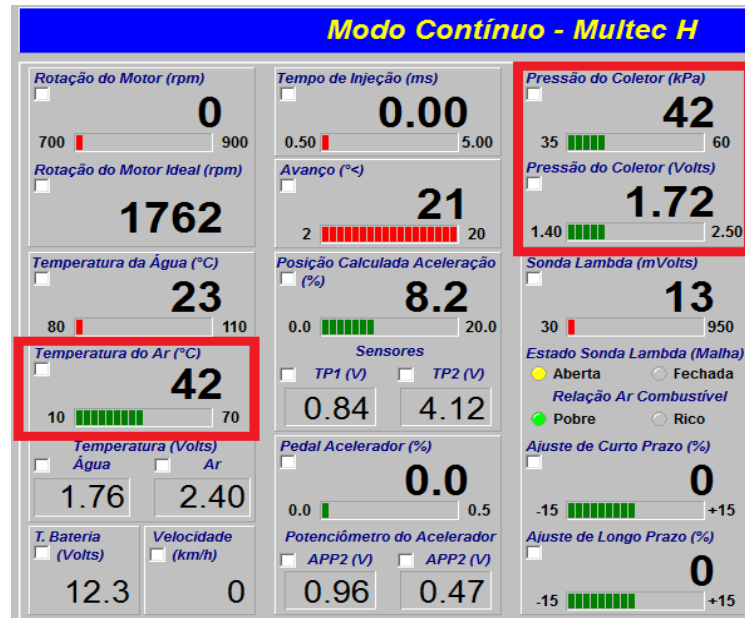


Figura 65 - Simulador Sensor MAP+ACT Sistema MULTEC H.

Somente foi testado estes sensores na o de temperatura de Água e o sensor MAP + ACT, sensor TPS apesar de já estar implementado no protótipo não foi testado no MOCK-UP.

4.2. Teste de Atuadores

Como foi mencionado no capítulo de desenvolvimento do projeto, está sendo adicionando o teste de Atuadores, o primeiro componente a ser testado foi o corpo de aceleração disponibilizado no laboratório de eletrônica da Fatec, para o acionamento deste está sendo usado um sinal PWM de 1Khz, para análise deste sinal está sendo usado um Osciloscópio do laboratório da Fatec, a figura 66 se refere a um sinal PWM de 20%.

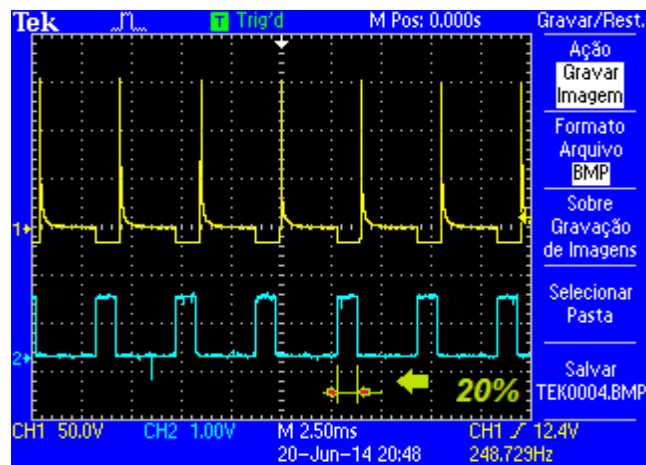


Figura 66 - Teste Corpo de Borboleta.

Na próxima figura mostra a válvula borboleta fechada e com 100% de abertura controlada a partir do PWM.



Figura 67 - Válvula Borboleta Fechada e com 100% abertura.

Esta mesma saída é usada para realizar o teste de Válvula injetora, através da programação foi possível gerar um sinal composto onde em torno de 40% dele está em nível alto e o restante é um sinal PWM com 50% de *Duty Cycle*. A figura no osciloscópio mostra o acionamento da Válvula e o sinal gerado pelo microcontrolador.

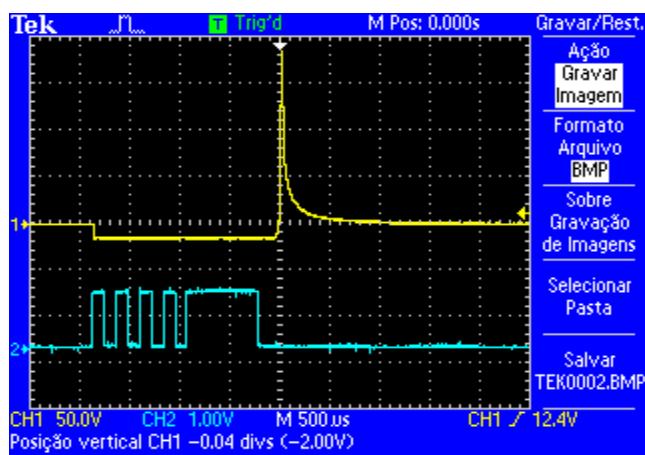


Figura 68 - Teste Válvula Injetora.

A Válvula injetora utilizada é de alta impedância em torno de 12 Ohms, esta é encontrada em motores da EA 111 da Volkswagen com Código 0280156274, que estão presentes nos modelos Gol G5, Voyage entre outros da mesma montadora.



Figura 69 - Válvula Injetora.

Na sequência foi realizado o teste em bobina de ignição basicamente ela usa o mesmo princípio de funcionamento da válvula injetora com exceção de que o acionamento é feito usando uma simples onda quadrada.

A Bobina de Ignição utilizada é da marca Delphi com resistência de enrolamento primária entre 0,2 Ohms a 1 Ohm, esta bobina é geralmente encontrada em veículo da linha Volkswagen.

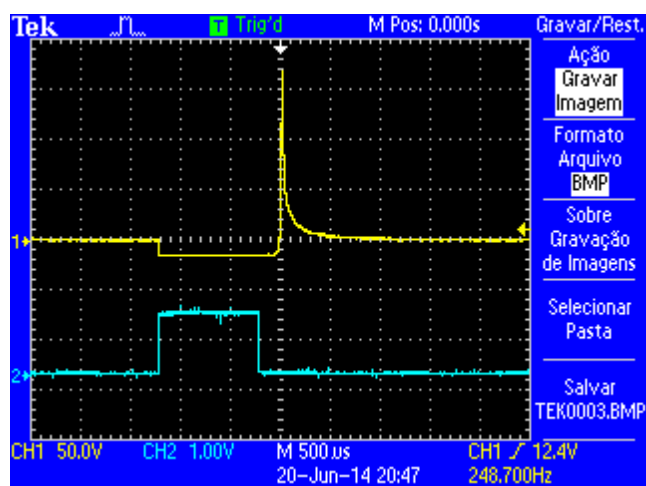


Figura 71 - Teste Bobina de Ignição.



Figura 70 - Bobina de Ignição dos Testes.

5. Discussões Finais e Conclusão

A proposta inicial era construir um equipamento que simularia os principais sensores do motor ciclo OTTO e verificar se este sinal através de um scanner realiza a mesma tarefa do sensor original do veículo. Como se trata de um projeto inicial somente foi simulado os sensores de temperatura de Água, AR e pressão do coletor MAP, nos testes confirmaram que é possível esta simulação, considerando que deve ser verificada a faixa de funcionamento do sensor original.

Este equipamento além de reproduzir os sinais destes sensores, ele consegue testar componentes inseridos no próprio veículo, obtendo a vantagem de dispensar a remoção do mesmo em caso de suspeita de problemas. Apesar dos testes mostrarem o funcionamento do equipamento, é aconselhável a produção de uma placa de circuito impresso para este circuito, pois não raro houve interferências na leitura/atuação dos sensores e atuadores, motivados por haver uma correta proteção contra interferências eletromagnéticas na protoboard. Uma revisão na rotina de programação também deve ser realizada para otimizar o seu funcionamento. No ambiente de simulação *PROTEUS* o projeto se comportava sem problemas, porém durante o teste montado na plataforma alguns valores não coincidiram como o esperado, gerando uma margem de erro acima do esperado.

5.1. Propostas Futuras de Pesquisa

Para propostas futuras é utilizar este projeto como base para simular o restante dos sinais dos sensores e também incluir atuadores, para que seja possível testar a ECU do sistema injeção em bancada, e também a construção de uma interface que utilize a plataforma PC pois o microcontrolador possui pouca memória interna, impossibilitando armazenar muitos dados, com o computador será possível até mesmo simular situações adversas a partir de dados coletados permitindo um maior quantidade de testes, na construção do novo hardware será interessante a implementação de um protocolo de comunicação I2C para integração de outros componentes como : Resistores digitais e sintetizadores para geração de sinal analógico.

6. Referências Bibliográficas

CÂMARA, Júlio César Chaves; Monitoramento Eletrônico da Mistura Ar/Combustível em Motores de Combustão Interna Ciclo Otto, Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da UFBA, Salvador – BA. 2006.

BONNICK, Allan W.M.. Automotive Computer Control System Diagnostic Tools and Techniques. Butterworth-Heinemann, 2001.

BOSCH, Robert. Manual de Tecnologia Automotiva. 25° ed.. São Paulo Editora Edgard Blucher, 2005.

BRAGA, Gabriel Teixeira. Uma Contribuição ao Controle de Motores de Combustão Interna de Ignição por Centelha na Condição de Marcha Lenta. Dissertação de Mestrado.

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2007.

DENTON, Tom. Automobile Electrical and Electronic System. 3°ed.. Butterworth-Heinemann, 2004.

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. 4N26 Data Scheet. U.S.A.: 2002.

NATIONAL SEMICONDUCTOR. LM358 Data Sheet. U.S.A.: 1994

NATIONAL SEMICONDUCTOR. CI4051BE Data Sheet. U.S.A.: 1994

MICROCHIP. PIC18f4520 Data Sheet. U.S.A.: 2004

WINDSTAR. MGD 20X4 Data Sheet. China.: 2011

PUJATTI, Fabricio José Pacheco; Desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento Eletrônico para Motores de Ignição por Centelha. Tese Doutorado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte – MG, 2007.

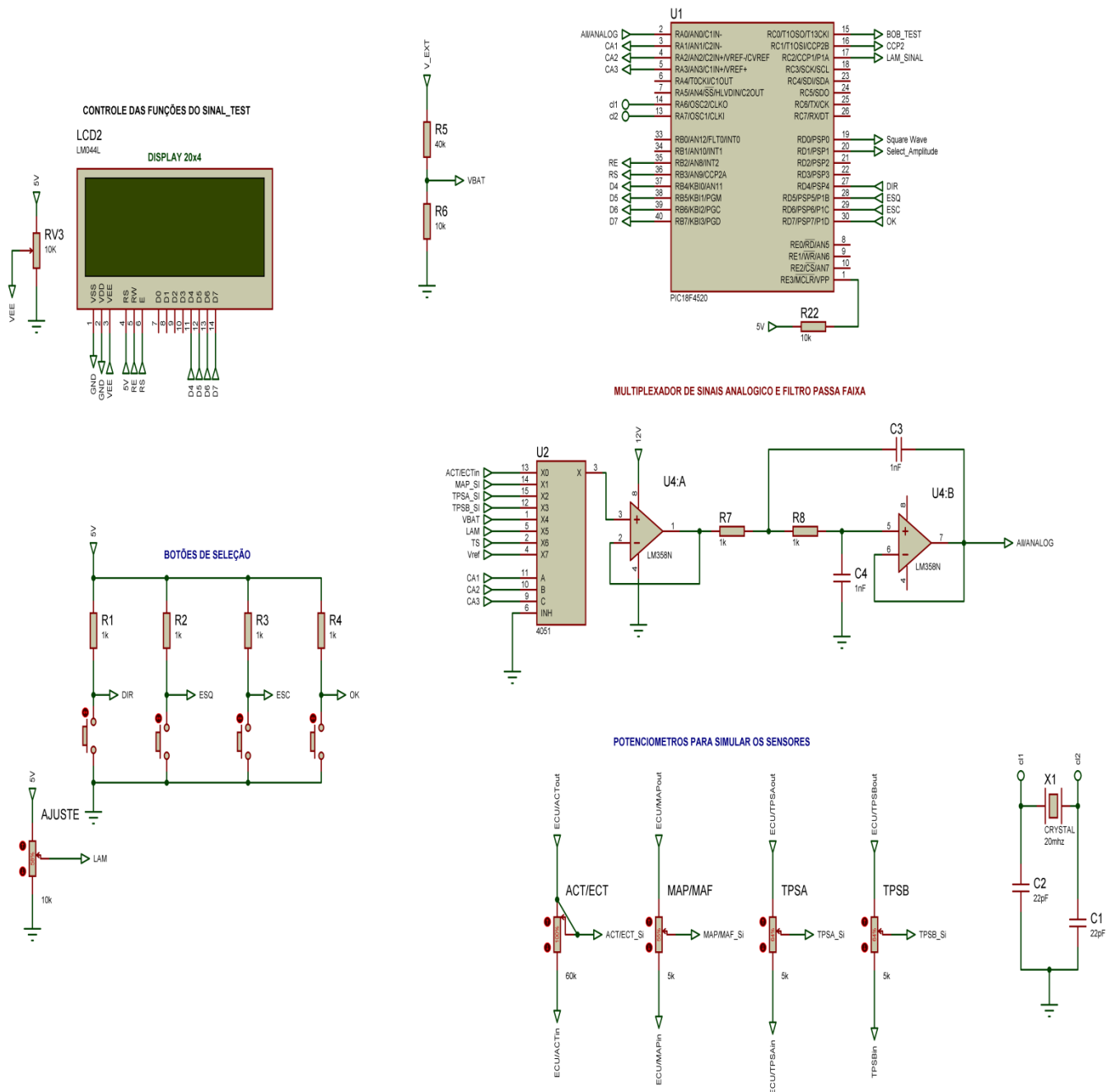
MILHOR, Carlos Eduardo; Sistema de Gerenciamento para Controle Eletrônico dos Motores de Combustão Interna Ciclo Otto. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2002.

DIAS, Bruno Martin de Alcântara; Plataforma Didática de Injeção Eletrônica para Controle de Motores de Combustão Interna. Monografia apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, FATEC Santo André, Santo André – SP, 2011.

SOUZA, Albino Sergio; Simulador de Sinais de sensores para Testar ECUS EEC-IV. Monografia apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, FATEC Santo André, Santo André – SP, 2013.

7. Apêndice

7.1. Esquema Pannel Frontal e Microcontrolador com Multiplexador



7.2. Circuito Driver de Acionamento e Gerador de sinal Hall

