

**CENTRO PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
FATEC SANTO ANDRÉ  
TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA AUTOMOTIVA**

**WILLIAM JACOB ENTLER**

**GIGA DE TESTES PARA ECU**

**SANTO ANDRÉ – SÃO PAULO  
2018**

**WILLIAM JACOB ENTLER**

**GIGA DE TESTES PARA ECU**

*Monografia apresentado ao Curso Superior de  
Eletrônica Automotiva como requisito parcial  
para obtenção do título de Tecnólogo em  
Eletrônica Automotiva.*

*Orientador: Prof. Dr. Edson C. Kitani*

**SANTO ANDRÉ – SÃO PAULO**

**2018**

E612g

Entler, William Jacob

Giga de testes de ECU / William Jacob Entler. -  
Santo André, 2018. – 87f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo  
André.

Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva,  
2018.

Orientador: Prof. Dr. Edson Caoru Kitani

1. Eletrônica. 2. Veículos. 3. Motores de combustão interna.  
4. Injeção eletrônica. 5. Testes. 6. ECU. 7. Tecnologia. 8.  
Consumidores. Sistemas eletrônicos. I. Giga de testes de  
ECU.

**LISTA DE PRESENÇA**

SANTO ANDRÉ, 20 DE OUTUBRO DE 2018.

**LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "GIGA DE  
TESTES PARA ECU" DO ALUNO DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.**

**BANCA**PRESIDENTE:  
PROF. EDSON CAORU KITANI \_\_\_\_\_MEMBROS:  
PROF. WESLEY MEDEIROS TORRES \_\_\_\_\_

PROF. FERNANDO GARUP DALBO \_\_\_\_\_

**ALUNO:**

WILLIAM JACOB ENTLER \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Pelas dificuldades enfrentadas e vitórias alcançadas em nossos caminhos, o primeiro agradecimento é a Deus que sempre nos orienta, nos ilumina dando nos discernimento e bom ânimo em nossas escolhas nesta escala evolutiva em que nos encontramos.

E quanto à família dedicamos agradecimento especial, pois sempre estão caminhando lado a lado conosco rumo a nossa evolução.

Ao professor Dr. Edson Caoru Kitani, que nos orientou e incentivou nesta pesquisa que contribuiu e colaborou com as informações necessárias para o desenvolvimento do mesmo.

A faculdade de tecnologia FATEC Santo André que nos proporcionou ambiente de estudo adequado, e excelência acadêmica.

## RESUMO

Conforme o desenvolvimento de novas tecnologias e aumento de interesse pelos consumidores, o setor automotivo vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, visando principalmente o motor e seu sistema funcional. Em tese, o sistema de injeção eletrônica foi uma das principais mudanças dos veículos e ele tem como intuito: reduzir o consumo de combustível, diminuir o teor de poluentes expelidos do escapamento além de consequentemente melhorar fatores mecânicos e elétricos. Este trabalho introduzirá a história e as funcionalidades da injeção eletrônica, sensores e atuadores. Entretanto, o principal objetivo é apresentar um novo produto desenvolvido, um simulador de sinais para motores automotivos capaz de testar o sistema de funcionamento básico de um veículo, utilizando a unidade de controle do motor, conhecida como ECU (*Engine Control Unit*). Com este trabalho, pretende-se mostrar e comprovar que implantação deste simulador de sinais tem baixo custo de montagem, ganho de tempo e maior eficiência no teste.

**Palavra-Chave:** Injeção Eletrônica, ECU, módulo de injeção, motores de combustão interna.

## **ABSTRACT**

As the development of new technologies and increase of interest by the consumers, the automotive sector has grown considerably in the last years, focusing mainly on the engine and its functional system. In theory, the electronic injection system was one of the main changes of the vehicles, and its purpose is to reduce fuel consumption, reduce the pollutant content expelled from the exhaust and consequently improve mechanical and electrical factors. This work will introduce the history and functionality of electronic injection, sensors and actuators. However, the main objective is to present a new developed product, a signal simulator for automotive engines capable of testing the basic system of operation of a vehicle, using the engine control unit known as ECU (Engine Control Unit). With this article, it is intended to show and prove that the implantation of this simulator signals have low assembly costs, gain time and a larger test field.

**Keyword:** Electronic Injection, ECU, módulo de injeção, motores de combustão interna.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ACT - Air Charge Temperature

CAN - Controller Area Network

ECT - Engine Coolant Temperature

ECU - Unidade de Comando Eletrônico

MAP - Manifold absolute pressure sensor

OBD - On Board Diagose

PIC - Programmable Interface Controller

PMI - Ponto Morto Inferior

PMS - Ponto Morto Superior

RPM - Rotação por minuto

TPS - Throttle Position Sensor

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Os 4 estados de um ciclo completo do motor.....	18
Figura 2 - Diagrama básico de um sistema de injeção eletrônica.....	21
Figura 3 - Sinal de detonação do motor.....	24
Figura 4 - Sensor de detonação. ....	25
Figura 5 - Gráfico de funcionamento do sensor.....	27
Figura 6 - Sensor de temperatura.....	28
Figura 7 - Posição do sensor de rotação no motor. ....	29
Figura 8 - Posição do sensor de fase no motor. ....	30
Figura 9 - Sinal de Rotação e Fase. ....	31
Figura 10 - Unidade de Controle do Motor.....	32
Figura 11 - : Arquitetura simplificada de sinais. ....	32
Figura 12 - Imagem de uma bancada de desenvolvimento .....	34
Figura 13 - ECU 3000.....	35
Figura 14 – Ultimate ECU .....	37
Figura 15 – MST-9000 .....	42
Figura 16 - Esquemático da placa principal – folha 1 .....	50
Figura 17 - folha 2.....	51
Figura 18 – Visualização 3D da Placa Principal .....	52
Figura 19 - diagrama de blocos - Sinais de Rotação e Fase .....	53
Figura 20 - diagrama de blocos - voltímetro .....	54
Figura 21 - Fluxograma das funções .....	55
Figura 22 – esquemático 18F4550 e LCD .....	56
Figura 23 - Esquemático dos botões .....	56
Figura 24 - Ajuste de RPM e Amp. fônica linha +50 .....	57
Figura 25 - Circuito do Voltímetro .....	58
Figura 26 - Circuito de reset .....	59
Figura 27 - Circuito de seleção do sinal Hall ou senoidal .....	59
Figura 28 - Circuito amplificador para o sinal senoidal .....	60
Figura 29 - Circuito do buzzer.....	60

Figura 30 - Esquemático bicos e bobinas .....	61
Figura 31 - Placa 3D bicos e bobinas - face .....	62
Figura 32 – Placa 3D Bobinas e Bicos injetores .....	62
Figura 33 - Esquemático dos sensores.....	63
Figura 34 - Leds de Informação.....	64
Figura 35 - Placa em 3D Leds Informação .....	65
Figura 36 – Esquemático da Placa de Relés .....	65
Figura 37 - Placa em 3D Placa de relés .....	66
Figura 38 – Temperatura do ar e água .....	66
Figura 39 -Sensor MAP e TPS .....	67
Figura 40 - Sensor de Sonda Lambda.....	68
Figura 41 - Bico injetor.....	68
Figura 42 - Bobina de Ignição .....	69
Figura 43 - Canister .....	70
Figura 44 - Negativo dos sensores .....	70
Figura 45 - Positivo dos Sensores .....	71
Figura 46 - aquecedor da Sonda Lambda .....	72
Figura 47 - Motor de Passo .....	72
Figura 48 - SENSOR HALL .....	75
Figura 49 - FÔNICA.....	75
Figura 50 - Giga de testes de ECU .....	78
Figura 51 - Giga de testes de ECU .....	79
Figura 52 - Giga de testes de ECU .....	79
Figura 53 - Giga de testes de ECU .....	80
Figura 54 – Entradas e Saídas .....	81
Figura 55 - Vista interna.....	81
Figura 56 - Vista interna.....	81
Figura 57 - Diagrama de blocos da giga.....	82

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Sinais Simulados.....	46
Tabela 2 - Botões de controle .....	47
Tabela 3 - Sensores simulados .....	48
Tabela 4 - Bornes de entrada e saídas .....	48
Tabela 5 - Rotina de testes e resultados.....	77

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 .....	26
Equação 2 - Divisor de Tensão .....	58

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	16
1.1	Objetivos .....	16
1.2	Metas do Projeto .....	17
2	MOTOR CICLO OTTO E INJEÇÃO ELETRÔNICA .....	18
2.1	Motores Otto.....	18
2.2	Sistemas de Injeção de combustível .....	19
2.3	Sistema de injeção eletrônica.....	20
2.4	Sensores .....	21
2.4.1	Sensores Resistivos .....	22
2.4.2	Geradores de sinal (sensor indutivo) .....	22
2.4.3	Sensores de Efeito Hall .....	23
2.4.4	Sensores de Detonação .....	23
2.4.5	Sensor Lambda .....	25
2.4.6	Sensor de temperatura .....	27
2.4.7	Sensor de rotação .....	28
2.4.8	Sensor de fase.....	29
2.4.9	Sensor de rotação x sensor fase .....	31
2.5	Unidade de Controle do Motor .....	31
2.6	Exemplos de Modelos de Gigas de Mercado .....	34
2.6.1	Giga de testes de ECU da Bosch .....	34
2.6.2	Simulador ECU 3000 .....	35
2.6.3	Ultimate ECU Test .....	37
2.6.4	MST-9000 .....	42
2.7	Considerações finais .....	44

3	projeto giga de teste para ecu .....	45
3.1	Metas do Projeto .....	45
3.2	Requisitos do projeto.....	45
3.2.1	Simulação.....	46
3.2.2	Botões .....	47
3.2.3	Potenciômetros.....	47
3.3	Simulador de Rotação.....	49
3.3.1	Placa do simulador de rotação e fase.....	49
3.3.2	Esquemático da placa do sensor de rotação .....	50
3.3.3	Esquemático da placa do sensor de rotação .....	51
3.3.4	Sinais de Rotação e Fase.....	52
3.3.5	Medidor de Tensão (voltímetro).....	53
3.3.6	Esquemático do 18F4550 e LCD.....	56
3.3.7	Esquemático dos botões e seus resistores de <i>pull -ups</i> .....	56
3.3.8	Ajuste do RPM e circuito do sensor de fase e +50 .....	57
3.3.9	Circuito do Voltímetro .....	58
3.3.10	Circuito de reset.....	59
3.3.11	Circuito de seleção do sinal Hall ou senoidal .....	59
3.3.12	Circuito amplificador para o sinal senoidal .....	60
3.3.13	Circuito do Buzzer. ....	60
3.3.14	Esquemático do simulador de bicos injetore e bobinas .....	61
3.3.15	Esquemático dos sensores.....	63
3.3.16	Esquemáticos dos leds de informação .....	64
3.3.17	Esquemático da placa de relés.....	65
3.4	Simulação dos Sensores.....	66
3.4.1	Sensor de temperatura da água e da temperatura do ar.....	66

3.4.2	Sensor MAP e TPS.....	67
3.4.3	Sensor de Sonda lambda .....	67
3.4.4	Simulação dos atuadores .....	68
3.4.5	Bico Injetor (válvula injetora) .....	68
3.4.6	Bobina de Ignição .....	69
3.4.7	Eletro válvula do cânister.....	69
3.4.8	Negativo dos Sensores.....	70
3.4.9	Positivo dos Sensores .....	71
3.4.10	Aquecedor da sonda lambda.....	71
3.4.11	Motor de passo .....	72
4	TESTES E RESULTADOS.....	73
5	Conclusão .....	84
5.1	Propostas Futuras .....	84
	REFERÊNCIAS .....	86

## 1 INTRODUÇÃO

Antigamente, o setor automotivo tinha “grandes deficiências em desenvolver algumas tecnologias para melhorar a eficiência e a segurança de um veículo”. Em função dessas particularidades ocorridas no passado, atualmente passamos por grandes conquistas em sistemas de tecnologia para automóveis, que garantem maior segurança, menos poluição e grande economia de combustível e manutenção para os consumidores.

As tecnologias presentes hoje no mercado buscam aprimorar os sistemas de gerenciamento dos motores, criando soluções mais compactas e diminuindo cada vez mais o tamanho dos componentes. É um dos grandes benefícios dessa tecnologia é a presença da unidade de comando do veículo que gerencia o motor e controla a injeção eletrônica.

A unidade de comando, também conhecida como ECU (*Electronic Control Unit*) de EFI (*Electronic Fuel Injection*), recebe informações de sensores instalados em diversas partes motor do veículo e, deste modo passa a calcular e gerenciar os sinais de sensores tais como: temperatura do motor, pressão do óleo, temperatura do ar, pressão no coletor e etc., enviando assim um comando para os atuadores entrarem em funcionamento.

Assim, o sistema de injeção eletrônica foi uma das principais mudanças do veículo em relação ao seu antecessor o carburador, e ele tem como objetivo: reduzir o consumo de combustível, diminuir o teor de poluentes expelidos do escapamento, e conseqüentemente, melhorar o desempenho geral.

### 1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o estudo do gerenciamento de motores Otto a partir de um sistema de injeção eletrônica, detalhando os componentes desse sistema. Esse estudo inicial será a base para desenvolvimento de um simulador eletrônico de ECU de EFI que terá como função simular os sinais básicos dos

sensores e atuadores para ECU e testar se todo seu funcionamento ocorre de forma correta.

A motivação para este projeto foi ocasionada pela falta de um ambiente de simulação físico para teste das unidades de controle eletrônico do motor de combustão no cursos voltados à Tecnologia em Eletrônica Automotiva e, principalmente para atender os reparadores independentes. O automóvel é um equipamento que contém peças moveis em alta rotação e alto torque. Tem também dispositivos que geram altas tensões e altas temperaturas e com elevado grau de probabilidade de provocar acidentes e possíveis falhas que muitas vezes dificultam o diagnóstico pelo reparador. Essas condições adversas podem provocar falhas com um diagnóstico inconclusivo e provocar a crença de que o defeito está na ECU de EFI. Portanto o teste da ECU executado pelo simulador eliminará dúvida e será grande auxílio ao reparador independente.

## **1.2 Metas do Projeto**

A metodologia empregada neste trabalho constituiu-se de três etapas:

a) Inicialmente, foi realizado um estudo dos sensores e dos atuadores encontrados nos veículos fabricado por diversas montadoras consolidando todo o conhecimento teórico e prático necessário para iniciar o desenvolvimento do projeto.

b) A segunda etapa consistiu em aplicar o conhecimento adquirido na primeira etapa para projetar e construir circuitos eletrônicos que simulem os sinais elétricos específicos para cada sensor e atuador, testá-los e depois uni-los, assim formando modelo final.

c) Finalmente, a terceira e última etapa, tratou de extrair os resultados e verificar se a hipótese levantada neste trabalho foi comprovada, consolidando o tema e abrindo novos campos de pesquisa.

## 2 MOTOR CICLO OTTO E INJEÇÃO ELETRÔNICA

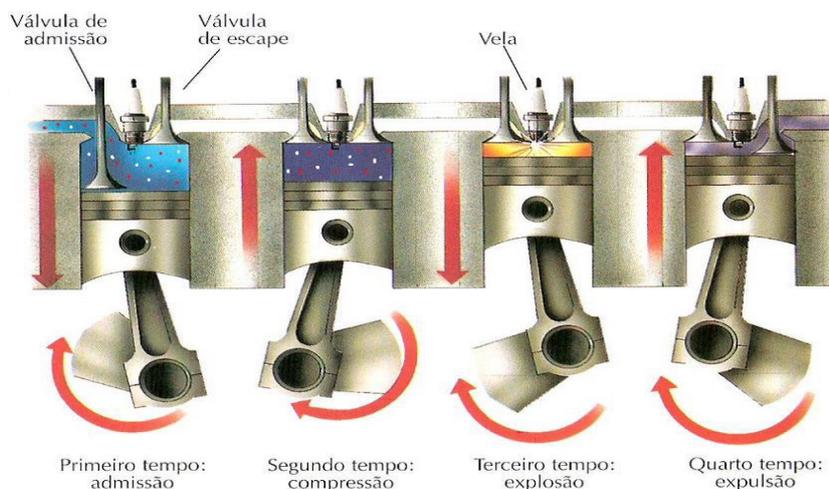
Este capítulo aborda brevemente o funcionamento de um motor à combustão interna por ignição e como o sistema de injeção eletrônica interage com ele, bem como os seus principais sensores e características.

### 2.1 Motores Otto

O motor de combustão interna é o tipo mais comum de motor para automóveis existente, desde pequenas motocicletas até os aviões à hélice. Sua principal característica é transformar a energia química existente nos combustíveis em energia mecânica.

Segundo *BOSCH 2009*, os sistemas de motores ciclos Otto são os mais comuns entre os automóveis de pequeno porte, que são alimentados por gasolina ou etanol. Esse motor é caracterizado por 4 distintos momentos de funcionamento, e por conta disso também é conhecido como motor de 4 tempos, conforme ilustrado na figura 1 abaixo.

Figura 1 - Os 4 estados de um ciclo completo do motor.



**Fonte:** Internal Combustion Engines: A Description, (MAZZOCCHI, 2012).

O primeiro tempo é chamado de “admissão” e acontece enquanto a(s) válvula de admissão está aberta e o pistão está descendo. Nesse momento, a mistura de ar (oxigênio) e combustível entram na câmara de combustão. O segundo tempo é chamado de “compressão”, quando todas as válvulas estão fechadas e o pistão está subindo. Nesse momento a mistura de ar (oxigênio) e combustível é comprimida. O terceiro tempo é chamado de “explosão”, e esse é o único dos tempos que realiza trabalho e começa quando todas as válvulas estão fechadas e o pistão se encontra próximo do ponto máximo superior. Nesse momento a mistura de ar (oxigênio) e combustível está comprimida e a vela de ignição solta uma faísca elétrica provocando uma explosão controlada que gera grande calor, expandindo os gases e empurrando o pistão para baixo. O quarto e último desses tempos é chamado de “escape” ou “expulsão”. Essa fase acontece enquanto a(s) válvula de escape está aberta e o pistão está subindo. Depois os gases gerados pela queima do combustível saem da câmara de combustão.

## **2.2 Sistemas de Injeção de combustível**

Segundo *BOSCH 1998*, no final dos anos 80 foi lançado o primeiro carro no Brasil com injeção eletrônica de combustível, *LE Jetronic*. Esse sistema revolucionou o mercado, pois trouxe grandes vantagens em relação aos modelos carburados, pois reduzia as emissões de poluentes em até 10 vezes menos, com isso a durabilidade dos motores começou a aumentar.

Em 1967 a Bosch da Alemanha criou o primeiro modelo de injeção eletrônica a ser produzido em série com o sistema *D-Jetronic*. Contudo, esse modelo produzido em série propôs grandes mudanças nos sistemas de injeção, onde foi possível dosar a mistura ar e combustível para ter melhor rendimento no funcionamento do motor, diminuindo as emissões de gases, e com isso os carros carburados perderam espaços no mercado, pois não obtinham esses pontos positivos.

### 2.3 Sistema de injeção eletrônica

Com o passar dos anos as tecnologias vem inovando e alavancando todos os meios de transportes existentes, porém o principal meio, e o de maior consumo são os automóveis, que cada vez mais sofrem modificações por seus fabricantes em questão de qualidade, conforto e segurança, para agradar seus consumidores, cada dia mais exigentes.

Com a necessidade de diminuir a poluição e diminuir os gastos mecânicos, elétricos e até mesmo financeiros, foi desenvolvido o sistema de injeção eletrônica pela Bosch, com o intuito de extinguir os carros com carburadores que tem um rendimento baixo de combustível e grande aumento de poluentes expelidos pelo sistema do motor.

A injeção eletrônica propõe vantagens com partidas eficientes, sem poluição ao meio ambiente, utilização de quantidade de combustível correta para diminuir o consumo.

Na lista abaixo temos os principais fatos marcantes para o desenvolvimento do sistema de injeção eletrônica.

**1939** – Primeiro sistema de injeção de gasolina Bosch é testado em um avião alemão.

**1979** – Introdução no mercado mundial do *Motronic*. Esse sistema mostrou-se único devido ao processamento digital de muitas funções do motor. O primeiro microprocessador em um veículo.

**1989** – Acelerador eletrônico, o sistema tem um sensor no pedal que detecta a requisição de aceleração e o sistema *Motronic* avalia o sensor e regula a borboleta acionada pelo motor.

**2003** – Lançamentos no Brasil o sistema *Flex- Fuel*, origina – se a utilização do álcool e gasolina.

**2005** – O desenvolvimento do sistema *Flex – Start*, método de partida a frio para temperaturas baixas.

**Fonte:** Apostila técnica, Bosch 2009.

Com o passar do tempo a evolução da injeção eletrônica propôs grandes melhorias para os funcionamentos dos veículos, aumentando o rendimento do motor e dirigibilidade do veículo. Para o funcionamento do veículo vários sensores precisam trabalhar em conjunto para que ocorra a melhor dirigibilidade.

Após a partida do veículo os pistões trabalham em sentidos alternados para que o sensor de rotação sinalize para a unidade de comando o valor referente a rotação do motor. Na descida do pistão ocorre o momento da admissão de ar atmosférico passando pelo medidor de fluxo de ar e pelo corpo de borboleta de aceleração, chegando até o cilindro do motor. Portanto, o medidor de fluxo de ar informa para unidade de comando o valor de ar que foi adquirido durante o processo de admissão. Com esse valor a unidade de comando informa as válvulas de injetores a quantidade necessária de combustível para o ar admitido, deste modo, a relação ar-combustível terá uma mistura perfeita, com esta melhor relação de mistura encontrada beneficiará ao consumo de combustível e menor poluição ao meio ambiente.

Os sistemas de injeção eletrônica são compostos por sensores (enviam informações para unidade de comando) e atuadores (recebem informações da unidade de comando) como ilustra a figura 2 abaixo:

Figura 2 - Diagrama básico de um sistema de injeção eletrônica.



**Fonte:** Apostila técnica, Bosch, 1999.

## 2.4 Sensores

Os sensores são componentes que estão instalados em diversas partes do motor, esses componentes monitoram o funcionamento do motor desde a etapa de admissão até o escapamento. Entretanto, os sensores têm sinais

físicos, para poderem enviar as informações para a unidade de comando. Então, é necessário converter sinais físicos para sinais elétricos para que estes sejam utilizados pela unidade de comando para a comparação com parâmetros pré-estabelecidos contidos na memória. A partir disso a ECU de EFI determina o modo como os atuadores precisam atuar. Segundo *DIAS 2011*, os sensores são classificados em várias classes como: Resistivos, Capacitivos, Geradores de sinal e Hall.

#### **2.4.1 Sensores Resistivos**

O sinal de resposta do sensor é verificado pela sua variação da resistência elétrica através de algumas grandezas físicas externas como temperatura, pressão e etc. os sensores recebem um sinal de 5V e retornam para a unidade de comando um sinal variável de 0V a 5V.

#### **2.4.2 Geradores de sinal (sensor indutivo)**

Segundo Thomazini (2005), os geradores de sinais (sensores indutivos), são emissores de sinais que detectam, sem contato direto, elementos metálicos que atravessam o seu campo magnético convertendo em um sinal elétrico inteligível. Esses sensores consistem basicamente de uma bobina em torno de um núcleo. As características da bobina se alteram na presença de objetos que contenham características magnéticas como ímãs, materiais ferrosos e mesmo materiais diamagnéticos (que dispersam as linhas de fora de um campo magnético), pois estes interferem no campo magnético gerado por um oscilador conectado a bobina. Essa variação é sentida (uma distância pré-determinada) e o sensor comuta.

Podemos destacar ainda, mais algumas características notáveis dos sensores indutivos:

- Não necessitam de energia mecânica para operar;
- Atuam por aproximação, sem contato físico com a peça;
- Funcionam com altas velocidades de comutação;

- São imunes à vibração e choques mecânicos.

### **2.4.3 Sensores de Efeito Hall**

O sensor de Efeito Hall é um sensor que detecta fluxo magnético e envia pulsos para a unidade de comando. A ECU, calcula a rotação do motor e também é capaz de identificar, em alguns sistemas, a posição atual do virabrequim.

### **2.4.4 Sensores de Detonação**

A detonação é um grande risco para o motor dos automóveis. A maioria dos motoristas não conseguem identificar o ruído da detonação, por isso a unidade de comando opera para intervir nessa grave situação. Em inglês o sinal de detonação é conhecido como *Knock* e o sensor de detecção é instalado no bloco do motor e sua principal função é captar as detonações que ocorrem durante o funcionamento do motor. Os fatores que ocasionam o problema são: aumento de aquecimento na câmara de combustão, variação de combustão, avanço demasiado do ponto de ignição.

O sensor de detonação capta as vibrações ocorridas durante a detonação e envia um sinal elétrico gerado internamente para a unidade de comando onde o *software* fará correções, podendo evitar detonações e até mesmo amenizar para que não ocorra esse sinal. O sensor é composto por um cristal piezoelétrico, pois quando o sensor percebe algum impacto ou vibração do motor ele gera uma pequena tensão de aproximadamente 20mV à 300mV.

#### **2.4.4.1 Funcionamento do Sensor de Detonação**

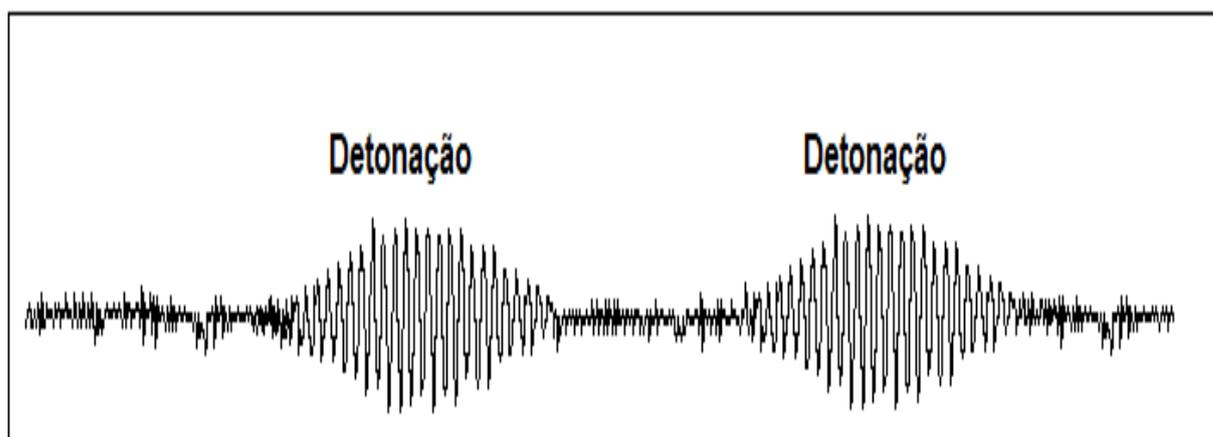
Segundo *BOSCH 1998*, no momento em que ocorre uma detonação, a vibração gerada durante a detonação é passada pelo cristal piezo elétrico e com isso o mesmo gera uma tensão para transmitir a unidade de comando. Porém, existem vários tipos de vibrações que podem ocorrer durante a detonação, mas só uma faixa específica de 5kHz á 20kHz são reconhecidas pela unidade de comando. Essas faixas são registradas na EEPROM (memória

do microcontrolador) da unidade de comando. Portanto, nessas faixas específicas o *software* faz as correções necessárias, ou seja, quando acontece a detonação, a unidade de comando recebe a tensão do sensor de detonação e atrasa o ponto de ignição nos 4 cilindros de  $1^\circ$  a  $1,5^\circ$  para poder realizar as correções.

Na volta seguinte do motor, a unidade de comando já reconhece qual o cilindro que está com a detonação, e isola ela atrasando mais  $1,5^\circ$  para que o *software* corrija os erros. Porém, caso não consiga corrigir ele atrasa novamente  $1,5^\circ$  até o máximo de atraso de  $15^\circ$ , valores maiores podem causar problemas no funcionamento do motor. Após corrigir a falha a unidade de comando retorna o ponto de ignição aos valores originais.

A figura 3 ilustra na parte com a maior amplitude o sinal de detonação quando atinge a faixa de frequência específica. O restante do sinal é o ruído que ocorre durante o funcionamento do motor. Na figura 4, está ilustrado o sensor de detonação. Ele tem um cabo isolado por uma malha de proteção eletromagnética para que durante seu funcionamento não haja alguma interferência de outro sinal, atrapalhando o funcionamento do sensor.

Figura 3 - Sinal de detonação do motor.



Fonte: Bosch 2009.

Figura 4 - Sensor de detonação.



Fonte: Apostila técnica, Bosch, 2009.

## 2.4.5 Sensor Lambda

O sensor sonda lambda é muito importante para o sistema do motor, pois mede a concentração de oxigênio nos gases de escape. Esses sensores contribuem muito para garantir o baixo valor de emissão de gases e analisar um bom consumo de combustível. A principal função da sonda lambda é detectar o oxigênio nos gases de escape e compará-la com o oxigênio misturado no ar que esta localizada internamente na sonda (ar de amostragem). Através de pulsos elétricos, o sensor informa à unidade de comando se há excesso ou falta de oxigênio, para que a ECU faça as devidas modificações para ter a melhor mistura ar-combustível.

### 2.4.5.1 2.4.4.1 Funcionamento da sonda lambda

A sonda lambda envia sinais elétricos para a unidade de comando, porém a sonda lambda só entra em funcionamento quando atinge a temperatura de trabalho 300° C. Ao atingir a temperatura de trabalho, a unidade de comando inicia a coleta os sinais enviados e interpreta se a mistura está rica ou pobre.

Os fatores que podem danificar a sonda e com isso obter problemas futuros no funcionamento do motor, levando a queimas alguns componentes, são:

- Gasolina adulterada
- Mistura excessiva rica ou pobre
- Carbonização

#### 2.4.5.2 Tipos de misturas reconhecidos pela sonda lambda

Em um veículo a mistura ar-combustível pode ter três fases distintas: misturas estequiométricas ( $\lambda=1$ ), misturas ricas ( $\lambda < 1$ ) e misturas pobres ( $\lambda > 1$ ). Segundo Dias 2011, para obter o melhor rendimento o veículo precisaria ter 1 kg de combustível para 14,7kg de ar, isto formaria a mistura adequada chamada de estequiométrica. A faixa de trabalho da sonda lambda é em torno de 0,2V a 0,8V. Segundo *FASSI 2011*, para obter a melhor relação ar/combustível (A/F) admitido pelo motor e tornando uma mistura estequiométrica, é definido o fator lambda ( $\lambda$ ) de acordo com a equação 1.  $\lambda =$   
Equação 1

Equação 1

$$\lambda = \frac{(A/F)_{real}}{(A/F)_{ideal}} \quad (1)$$

Deste modo:

A/F (real) → Relação ar/combustível que está sendo admitido pelo motor.

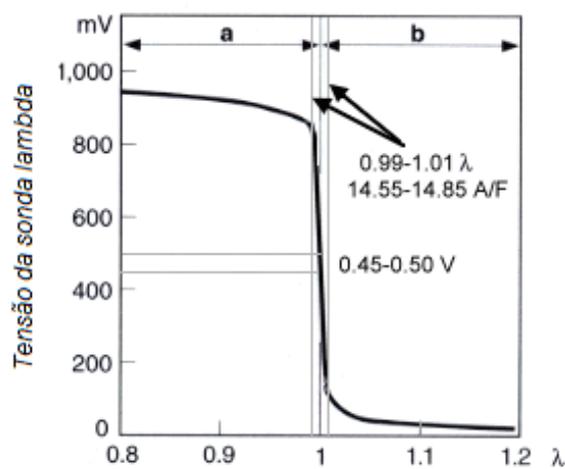
A/F (ideal) → Relação ar/combustível estequiométricas, conforme o valor de ar e combustível citado acima

A equação 1 define que quando  $\lambda=1$  a mistura está estequiométrica e tem-se a mistura ideal, pois a massa de ar esta proporcionalmente correta com a massa de combustível admitida. Se  $\lambda < 1$  a mistura está rica, então é necessário diminuir a quantidade de combustível, e quando  $\lambda > 1$  a mistura está

pobre, então a unidade de comando aumenta a quantidade de combustível até o momento que a dosagem seja considerada ideal.

A figura 5 é um gráfico representando os pontos de funcionamento da sonda lambda. Em (a) temos a região da Mistura rica e em (b) a região da Mistura pobre.

Figura 5 - Gráfico de funcionamento do sensor lambda.



Fonte: Apostila técnica, Bosch, 1999.

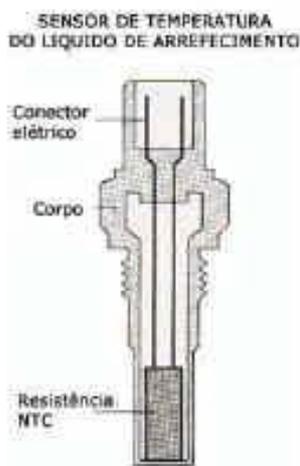
#### 2.4.6 Sensor de temperatura

A temperatura do motor deve estar nas condições permitidas de trabalho para evitar maiores danos, com isso o sensor de temperatura é instalado no bloco do motor com o líquido de arrefecimento. O sensor tem uma resistência interna que em contato com o fluido de arrefecimento reage às alterações de temperatura do fluido variando sua resistência. Contudo, a tensão enviada para a unidade de comando também varia.

A unidade de comando envia um sinal de 5V para o sensor, com a diferença de tensão entre os dois resistores, é retornada avisando o valor da temperatura do motor. O sinal do sensor que será enviado para a unidade de comando não pode ser inferior que 0V e maior que 5V pois causará alguma anomalia, logo a ECU entenderá como uma falha.

Na figura 6 podemos observar como é constituído o sensor de temperatura.

Figura 6 - Sensor de temperatura do líquido de arrefecimento.



Fonte: MTE – Thomson.

#### 2.4.7 Sensor de rotação

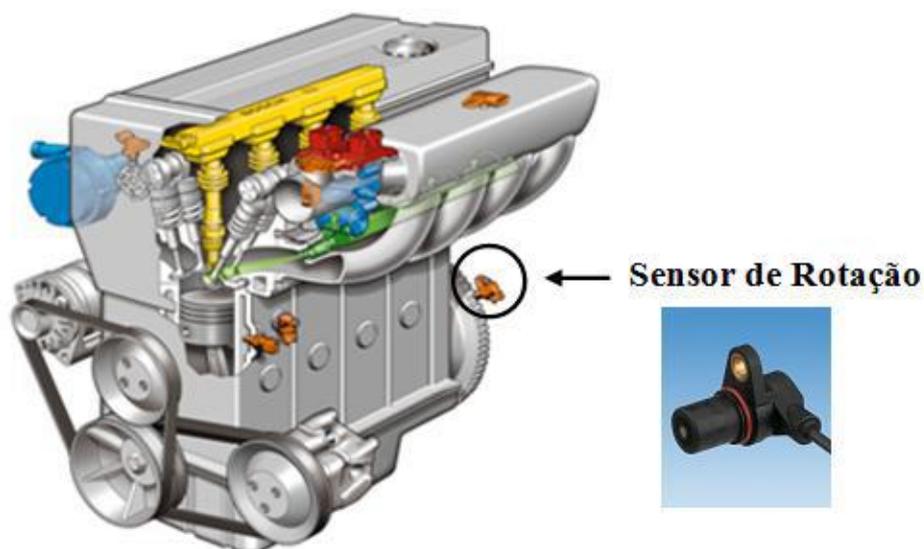
É o principal sensor de todo o sistema da injeção eletrônica do motor, o sinal de rotação é muito importante, pois caso ele esteja com problema o veículo não conseguiria entrar em funcionamento

Os sistemas de injeção eletrônica e ignição precisam trabalhar em sincronia, desse modo quando aceleramos ou reduzimos a velocidade do veículo é esse sensor que detecta a rotação informando à central eletrônica que calcula, o avanço ou atraso necessário da ignição e tempo de injeção de combustível, sempre adequando as exigências do motor.

Desse modo o sensor de rotação é um sensor que lê uma engrenagem dentada acoplada ao virabrequim que conta com a ausência de dois dentes, o que permite saber quando ocorre o fim de cada volta completa no eixo e em quantas rotações por minuto (rpm) o motor se encontra.

A unidade de comando interpreta o sensor de rotação através um intervalo de tempo entre as variações de tensão, obtém as frequências de oscilações e calcula a rotação do motor. A figura 7 ilustra o posicionamento do sensor de rotação acoplado no motor.

Figura 7 - Posição do sensor de rotação no motor.



Fonte: Apostila técnica, Bosch, 1999.

#### 2.4.8 Sensor de fase

Segundo *Dias 2011*, o princípio de funcionamento do sensor de fase é basicamente o mesmo de um sensor de rotação, informar a unidade de comando em que fase está cada cilindro do motor para que a unidade de comando possa efetuar mais precisamente a injeção de combustível no cilindro que está em admissão, para iniciar a centelha da vela no cilindro em fase de compressão, isso resulta em um funcionamento mais rápido do motor.

Durante a partida do veículo, a ECU tenta dar a ignição em um dos possíveis pistões, se acertar, ela aprende esta configuração até que o motor seja desligado, caso ela não acerte, ela tenta o outro e assim por diante até funcionar.

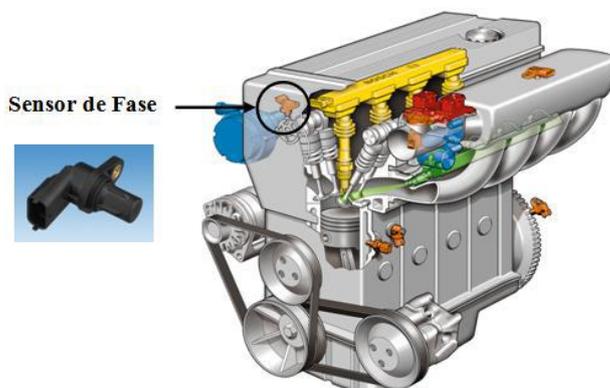
Embora este método empírico de tentativa e erro utilizado pela ECU funcione, ele não é o ideal por uma série de motivos listados abaixo:

- É no momento da partida do veículo que se injeta mais combustível, desperdiçando o mesmo quando erra o cilindro.
- Partida menos eficiente
- Aumento da emissão de gases poluentes.
- Maior desgaste da bateria do veículo.
- Não funciona em veículos com comando de válvula variável.

Para a solução desses problemas foi criado o sensor de fase (camshaft sensor) que lê outra engrenagem com dentes peculiares. Devido a sua localização e jogo de polias, esta engrenagem dá uma volta completa e sincronizada a cada duas voltas do sensor de rotação. Isto significa que a engrenagem de fase realiza uma volta completa a cada ciclo do motor, permitindo que a ECU saiba qual o correto cilindro para se realizar a combustão.

A figura 8 mostra o posicionamento do sensor de rotação acoplado no motor.

Figura 8 - Posição do sensor de fase no motor.



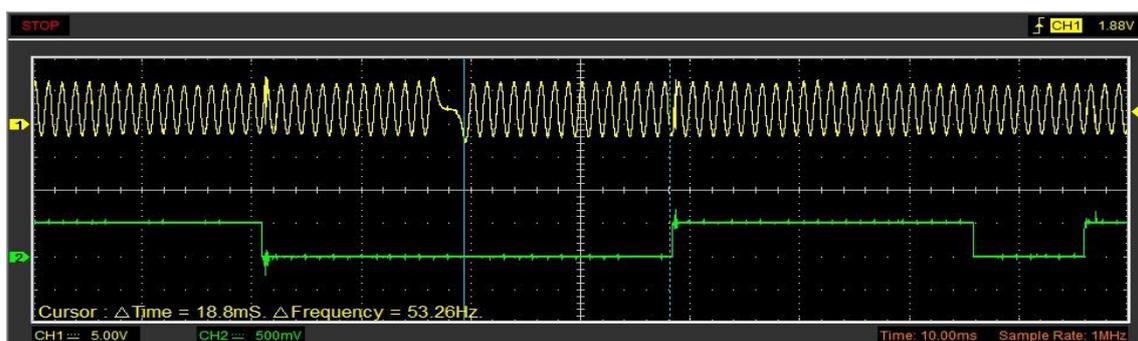
**Fonte:** Apostila técnica, Bosch, 1999.

### 2.4.9 Sensor de rotação x sensor fase

O sensor de rotação varia de veículo para veículo, podendo ser de efeito Hall ou de Relutância Variável. Embora diferentes na forma de onda gerada, ambos geram uma tensão de aproximadamente +12Vcc na borda de detecção do dente e -12Vcc na borda do fim do dente.

O sensor de fase é um normal aberto do tipo NPN, permitindo que seu sinal fosse simulado com um simples transistor NPN. O mapa dos dentes de fase e rotação varia de motor para motor, portanto eles foram estudados individualmente para implementação. Um exemplo do sinal de fase e rotação pode ser visualizado na Figura 9, onde o sinal de rotação se encontra em amarelo e o de fase em verde.

Figura 9 - Sinal de Rotação e Fase.



Fonte: Osciloscópio do Laboratório de Desenvolvimento, Bosch, 2012.

## 2.5 Unidade de Controle do Motor

A unidade de controle do motor (ECU), mostrada na figura 10 é um módulo eletrônico capaz de gerenciar todo o funcionamento do motor, injetando combustível na quantidade e no momento corretos provocando a combustão para se produzir energia mecânica através da expansão dos gases.

A figura 10 ilustra o corpo de uma unidade de comando:

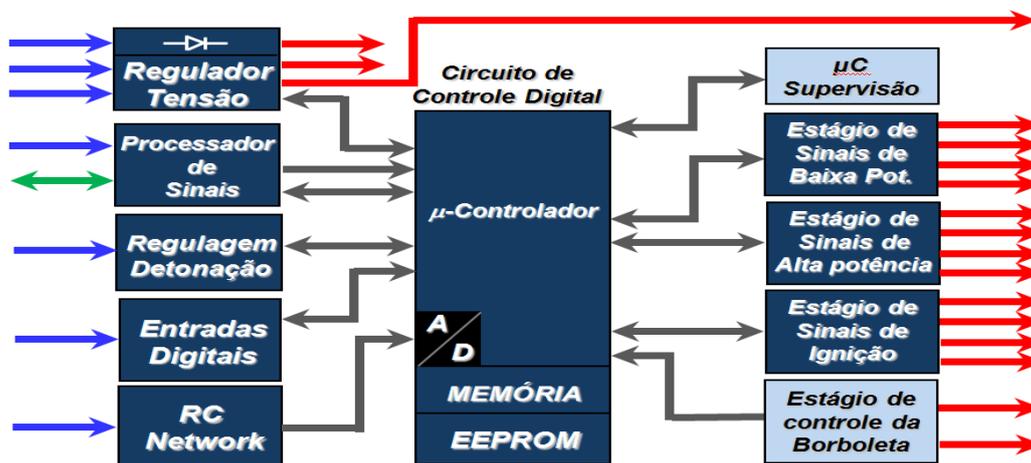
Figura 10 - Unidade de Controle do Motor.



Fonte: Apostila técnica, Bosch, 1999.

Para que este funcionamento ocorra corretamente é necessário fazer a leitura de um conjunto de sensores que informam toda a situação do motor como comando para ligar o carro, pedal do acelerador, abertura da válvula borboleta, temperatura do motor, entre outros. Abaixo segue as descrições das setas da Figura 11, que ilustram as entradas e saídas da ECU.

Figura 11 - : Arquitetura simplificada de sinais.



Fonte: Semana da Engenharia- Unidade de Comando, Bosch,2011.

Setas azuis – Indicam tudo o que entra na ECU, como alimentação, sinais de sensores digitais, sensores analógicos, entre outros.

Setas vermelhas – Indicam tudo o que sai da ECU, como alimentação para sensores e comando de atuadores como válvula borboleta, vela de ignição, injetor de combustível, entre outros.

Setas cinzas – Ligação interna da ECU, onde os sinais de entrada passam por um tratamento de sinais como filtros e drives de sinais para entrar no microcontrolador, o mesmo acontece para as saídas do microcontrolador que também passam por um tratamento de sinais para proteger o chip e suprir a necessidade energética dos atuadores.

Existe ainda a comunicação com um micro controlador de supervisão, que é um segundo chip que monitora o funcionamento do microcontrolador principal, garantindo que em caso de falha o carro continue a funcionar em suas funcionalidades básicas para manter o veículo em movimento - Seta verde – Comunicação com o microcontrolador seja da ECU com o painel do carro, quanto da ECU com um computador ou instrumento de diagnose conectado ao OBD (*On Board Diagnose*) - Conector de comunicação seriada existente nos veículos, geralmente embaixo dos painéis) o qual permite verificar a condições do veículo como temperatura do motor ou falha em um sensor, por exemplo.

Um exemplo prático para realizar o funcionamento da ECU é usado na empresa Robert Bosch no laboratório de desenvolvimento onde se pode testar a inicialização, programar e reprogramar o software contido na ECU é feito o uso de várias bancadas de desenvolvimento que são divididas por cliente. A figura 12 mostra uma dessas bancadas, as quais são possíveis inserir sinais (bornes verdes), ler e testar os sinais de saída (bornes amarelos) e se comunicar com a ECU (bornes azuis).

As identificações dos equipamentos:

- 1) Simulador do motor
- 2) Switch Box – Caixa de chaves para selecionar ou testar os sinais.
- 3) Fonte de alimentação

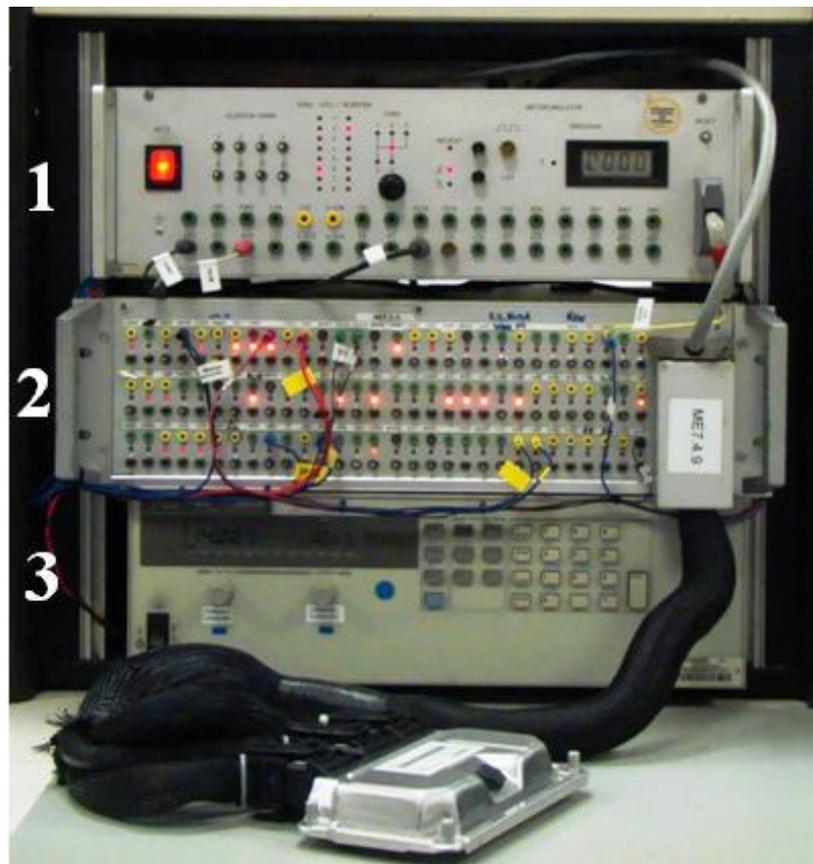
Embora estas bancadas tenham sido projetadas para simular todos os sinais vitais num veículo, ao longo dos anos, diversos outros sinais e

funcionalidades foram incorporados ao veículo como, por exemplo, o sistema Flex Start, que é um sistema responsável por auxiliar na partida de veículos abastecidos com etanol em dias frios, aquecendo o combustível antes de injetar na câmara de combustão e removendo a necessidade de um tanque secundário com gasolina existente nos veículos *Flex Fuel* tradicionais

## 2.6 Exemplos de Modelos de Gigas de Mercado

### 2.6.1 Giga de testes de ECU da Bosch

Figura 12 - Imagem de uma bancada de desenvolvimento.



Fonte: Equipamentos do Laboratório de Desenvolvimento Bosch.

## 2.6.2 Simulador ECU 3000

Figura 13 - ECU 3000



Fonte: Auto Luiz.

Testa o acionamento:

- 4 sinais de bicos injetores, com resistência de carga interna ao simulador;
  - 2 sinais de bobina de ignição sem módulo de ignição, com resistência de carga interna ao simulador;
  - 2 sinais de bobina de ignição com módulo de ignição, com resistência de carga interna ao simulador;
  - 2 sinais de bobina de ignição transtorizada, sem resistência de carga;
  - 1 sinal para a válvula do canister, com resistência de carga interna ao simulador;
  - 1 sinal para o injetador, com resistência de carga interna ao simulador;
  - 1 sinal para o rele principal, com resistência de carga interna ao simulador;
  - 1 sinal para o rele da bomba de combustível, com resistência de carga interna ao simulador;
  - 2 sinais para os eletro-ventiladores, com resistência de carga interna ao simulador;
- Indica ao técnico:
- Acionamento da linha +30; bateria ligada;
  - Acionamento da linha +15, chave ligada;

- Aterramento / negativo dos sensores;
- Alimentação positiva dos sensores;
- Indicador da lâmpada de avaria da injeção;
- Indicador da lâmpada de avaria do code-imobilizador;

#### SIMULA OS SENSORES:

- Posição de borboleta - TPS;
- Depressão do coletor de admissão - MAP e MAF;
- Sensor O2 - Sonda lambda;
- Sensor de temperatura do motor - ECT;
- Sensor de temperatura do ar - ACT;

conexão de cabos auxiliares:

- Podemos conectar o atuador no simulador e verificar o seu acionamento, tanto para atuadores Marelli, Delphi, Bosch ou Visteon/Ford.
- Podemos conectar o pedal de acelerador e corpo de borboleta e verificar seu acionamento;
- Com a central de immobilizador conectada ou mesmo uma Unidade de Carroceria - BSI - BODY podemos verificar a integridade de um kit com sistema de immobilizador, podendo formar um kit em bancada ou mesmo codificar uma chave, pois o veículo estará sendo substituído pelo simulador;
- Podemos conectar a qualquer scanner de injeção e visualizar os parâmetros da central no scanner, bem como ler e apagar a memória de avarias, ou realizar testes de acionamentos através do scanner.

Fonte: Auto Luiz

### 2.6.3 Ultimate ECU Test

Figura 14 – Ultimate ECU



Fonte: Leo Módulos

- Relê Principal. Com ativação positiva ou negativa. Incluindo o retorno de alimentação para o ECU, via ativação do relê.
- Relê de Bomba. Com ativação positiva ou negativa.
- Alimentação +50 (motor de arranque). Serve para indicar ao módulo que a chave do carro foi ligada para a posição de partida. O simulador mandar um sinal temporizado automaticamente para o módulo toda vez que é iniciado uma RPM.
- Aterramento dos Sensores. 2 Pinos de teste de aterramento dos sensores, com saídas diferentes na ECU.
- 5V dos Sensores. 2 Pinos de teste para o 5V dos sensores, com saídas diferentes na ECU.
- Relê de Partida. Com ativação positiva ou negativa e carga interna.
- Válvula de Rail. Com interruptor de escolha de carga, positiva ou negativa com 50 ohms.
- Válvula de Turbo. Com interruptor de escolha de carga, positiva ou negativa com 50 ohms.
- Válvula EGR. Com ativação positiva ou negativa e carga interna.

- Válvula de Corte de Combustível. Com ativação positiva ou negativa e carga interna.
- Válvula de Abertura de TBI. Com ativação positiva ou negativa e carga interna.
- Válvula Termostática Eletrônica. Com ativação positiva ou negativa e carga interna.
- Válvula de Servofreio. Com ativação positiva ou negativa e carga interna.
- Luz de Injeção. Com ativação positiva ou negativa.
- Luz de Code. Com ativação positiva ou negativa.
- Luz de Emergência ou Serviço. Com ativação positiva ou negativa.
- Luz de Incandescência, Superaquecimento ou Aquecimento de Velas. Com ativação negativa.
- Luz de Partida ou de Aguardar para Partida. Com ativação negativa.
- Bicos Injetores. Suporta módulos com até 8 bicos injetores. Sendo os bicos de 1 a 6 independentes dos bicos 7 e 8. É possível testar bicos com pulsos positivos ou negativos. Carga interna de 50 Ohms.
- Bobinas de Ignição. Suporta módulos com até 8 bobinas de ignição. É possível testar bobinas com pulsos positivos ou negativos. Não possui carga interna, se preciso, usar saída DB15 para bobinas.
- Bico de Partida a Frio, ou Relê de Aquecimento de Combustível. Com ativação negativa e carga interna.
- Relê de Partida a Frio, ou Velas de Aquecimento de Combustível. Com ativação negativa e carga interna.
- Relê de Compressor do Ar Condicionado. Com ativação negativa e carga interna.
- Válvula de Cânister. Com ativação negativa e carga interna.
- Atuador de Marcha Lenta. 4 Pinos para teste do atuador, com ativação positiva ou negativa.
- Relês de Eletroventiladores. 2 Pinos para teste, com ativação negativa e carga interna.

- Aquecedores de Sonda Lambdas. 2 Pinos para teste, com ativação negativa e carga interna.

#### Botões:

- 5 Botões de seleção do menu. Acima, Abaixo, Enter, Esc e Reset.
- Geral. Liga apenas a parte eletrônica do equipamento (menu de seleção e gerador de sinal RPM). É independente da alimentação da ECU. O menu de RPM pode estar ligado mesmo com a ECU estando desligada.
- +30 (Bateria). É totalmente independente da alimentação do menu de RPM. A ECU pode estar ligada mesmo com o menu de RPM estando desligado.
- +15 (Pós chave).
- Ar Condicionado. O interruptor envia um sinal para a ECU indicando a solicitação do ar condicionado. Você escolhe em usar um sinal positivo, negativo ou “desligado”.
- Injetor 1-6. Serve para escolher a carga dos bicos injetores, se positiva ou negativa, para os pinos de 1 a 6.
- Injetor 7-8. Serve para escolher a carga dos bicos injetores, se positiva ou negativa, para os pinos 7 e 8.
- Bobinas. Serve para escolher o tipo de bobina é usada na ECU, sendo pulso positivo ou pulso negativo.
- Freio. É o interruptor duplo de freio.
- Rail. Serve para escolher a carga da válvula de rail, se positiva ou negativa.
- Turbo. Serve para escolher a carga da válvula de turbo, se positiva ou negativa.
- VSS ON OFF. Serve para ligar o sensor de velocidade do carro. Caso esteja desligado, ele pode ser usado como comunicação.
- ST10 - OBD. Serve para selecionar o modo de usar o programador interno no simulador, podendo ser ST10 ou FlashOBD.

#### Potenciômetros:

- RPM.

- VSS. Sensor de velocidade do carro.
- MAP. Sensor de pressão do ar admitido. Varia de 0 a 5 volts.
- TPS. Sensor de posição do pedal de acelerador. Varia de 0 a 5 volts.
- ECT. Sensor de temperatura da água. Variação de resistência ligada ao terra.
- IAT. Sensor de temperatura do ar admitido. Variação de resistência ligada ao terra.
- Sonda. Sensor que mede a mistura do combustível. Varia de 0 a 1 volt.
- MAF. Sensor de pressão do ar admitido. Varia de 0 a 12 volts.
- Temperatura Combustível. Variação de resistência ligada ao terra.
- Pressão Combustível. Varia de 0 a 5 volts.
- Pressão Óleo. Varia de 0 a 12 volts.
- Embreagem. Sensor de posição do pedal de embreagem. Varia de 0 a 12 volts.
- Freio. Sensor de posição do pedal de freio. Varia de 0 a 12 volts.
- MAF Hz. Para alguns carros que usam o sinal PWM no sensor MAF. Varia de 70 Hz e 9 KHz.
- Conectores e Saídas:
  - 1 DB50 Macho, para as funções principais da ECU, tais como alimentações, comunicações, RPM, bicos e bobinas.
  - 1 DB50 Fêmea, para as funções secundárias da ECU, tais como sensores, atuadores secundários, TBI e pedal de acelerador.
  - 1 DB50 Macho, para ligação de BCM, BSI, painel ou módulo FR ADM, com várias funções, incluindo pedal de acelerador.
  - 1 DB15 Macho, para ligação de BCM, BC, imobilizador, painel, com funções mais simples, porém com até 3 redes CAN.
  - 1 DB15 Macho, para ligação com conector de diagnóstico. A alimentação para o scanner é totalmente independente de qualquer interruptor do equipamento, ou seja, se o equipamento esteve alimentado na fonte, o scanner sempre ficará ligado. Evitando assim do scanner reiniciar caso precise desligar a geral da ECU ou do equipamento.

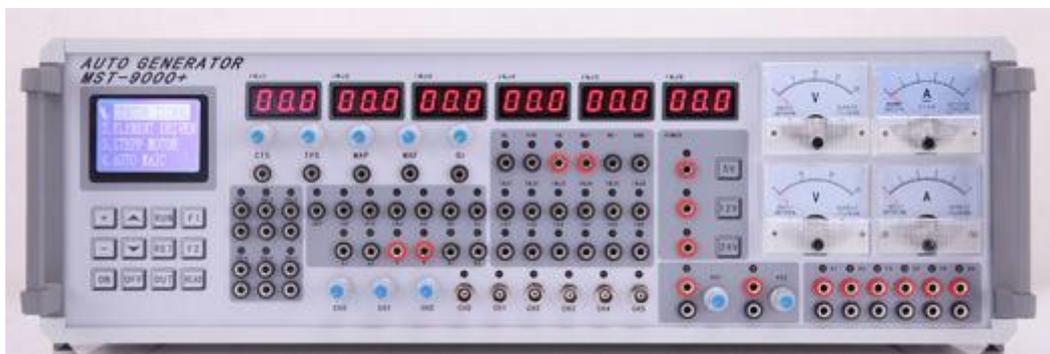
- 1 DB15 Macho, para ligação de uma bobina externa e comunicação extra.
- 1 DB15 Macho, para ligação de bicos injetores externos, válvula de rail, turbo e comunicação extra.
- 1 DB9 Macho, para ligação de um TBI externo.
- 1 DB9 Macho, para ligação de um pedal de acelerador externo.
- 1 Porta USB, para ligação do programador interno ST10 e FlashOBD.
- 1 Plug frontal preto, para ligar o aterramento do osciloscópio.
- 1 Plug frontal colorido, gerando uma frequência média de 1Khz a 5V para fazer testes em placas injetando sinais.

Extras:

- O simulador conta com pinos expostos para ligação da uma ponta de prova de um osciloscópio. Facilitando assim o teste para praticamente todas as funções do equipamento sem precisar furar a fiação ou colocar a ponta de prova direto na placa da ECU.
- Os pinos para ponta de prova estão disponíveis para teste de: 8 Bicos, 8 Bobinas, 2 Aquecedores de Sonda, 2 Eletroventiladores, 4 Motor de Passo, Relê de Partida a Frio, Bico de Partida a Frio, Relê do AC, Câmbio, Relê de Partida, Rail, Turbo, EGR, Corte Combustível, Abertura de TBI, Bomba D'água e Servofreio.
- Ainda conta com pinos expostos para teste de: 8 pinos do TBI, 8 pinos do pedal de acelerado e 7 pinos da comunicação.
- Suporta a ligação de até 3 pares de rede CAN independentes.
- A alimentação do scanner é permanente e não depende de nenhum interruptor do simulador, ou seja, o scanner nunca desliga quando a máquina ou a ECU é resetada.
- Suporta módulos de 12V ou 24V.
- O simulador gera automaticamente um sinal do alternador enquanto a RPM estiver ligada. Alguns módulos precisam do sinal do alternador para indicação do motor estar funcionando.
- Fonte: Leo Módulos

## 2.6.4 MST-9000

Figura 15 – MST-9000



Fonte: Aliexpress

Possui nova versão de atualização: 2012 MST-9000 +

Simulação da Ferramenta MST-9000

destaques:

1. Linguagem: Inglês
2. Software versão: 2012 MST-9000 +
3. Atualização: Via E-mail
4. Garântia: 3 anos
5. A Função de Simular o Sensor De Detonação, Porta de saída são KS2, KS2
6. A Porta Reservada X1-X6 STAND By, o Cliente Pode Definir Simulação dos sinais de acordo com a necessidade.

MST-9000 Descrição:

o Sinal do Sensor é uma ferramenta muito útil para o técnico durante a reparação da ECU.

Esta Ferramenta de Simulação é uma ferramenta de reparo da ECU , com recente atualização e função mais estável.

Ferramenta de Simulação do Sinal Do sensor Faixa de Aplicação Detalhada:

1. Diagnóstico dinâmico, do motor, transmissão, ABS, ar-condicionado, etc. Para reparação ECU Imobilizador.
2. Ferramenta de Simulação multi-marcas de carros feitos na Ásia, a europa, EUA.

MST-9000 + Função Principal:

1. Os Usuários podem definir o sistema de controle do motor, saída de sinal independente dos diferentes tipos de sensor de rotação.
2. Simulação do sinal de entrada e eixo de saída da transmissão Automática
3. Definir os dados de forma de onda diretamente
4. Saída de sinal de velocidade do Motor
5. Ajuste de velocidade de saída do sinal (Sinal hall , sinal magnético)
6. Três, quatro-canal de saída de sinal de velocidade da roda ABS
7. placa de trabalho de teste atual
8. unidade de válvula EGR solenoide
9. Pode limpar a carbonização unidade de válvula solenoide
10. unidade Tacômetro
11. Controle do ventilador
12. Válvula ocioso
13. Acionamento do motor de passo (4, 6 linhas)
14. Acionamento do injetor
15. Bobina de ignição
16. Unidade de módulo de ignição
17. Sensor de estacionamento (ultra som) unidade de sonda
18. Unidade de Deslocamento automático da Válvula
19. Mudança de unidade de válvula de qualidade
20. Acionamento hidráulico da válvula
21. Ajuste da temperatura da água, temperatura do ar de admissão, a temperatura exterior, caixa de simulação do sinal do sensor de temperatura de evaporação
22. Simulação do sinal do sensor de oxigênio (manual)
23. Simulação do sinal do sensor de oxigênio (auto de sinal)
24. Acelerador simulação de sinal
25. Limpar a simulação de válvula solenóide
26. Simulação de válvula EGR solenóide
27. Sensor de fluxo de ar, sensor de pressão do ar de admissão (analógico, digital) de simulação de sinal
28. Bobina de ignição simulação

29. Simulação Injector
30. Simulação de motor de passo ocioso (quatro e seis linhas)
31. A \ C relé simulação
32. Simulação do relé da bomba
33. Simulação do relé da ventoinha do radiador
34. Saídas de sinal de áudio, driver amplificador de potência
35. Válvula de Mudança automática, válvulas qualidade do deslocamento, simulação de válvula de controle hidráulico
36. Medição de largura de pulso de injeção de combustível
37. Simulação fechadura Central
38. Simulação de resistência

Fonte: ebay.com

## **2.7 Considerações finais**

Verificamos que todas as gigas de testes atendem bem aos testes a que se propõe, porém, a ECU Ultimate consegue fazer testes em ECU diesel, o que a diferencia das demais.

A ECU 3000 segue todos os parâmetros para testes eficientes.

A MST-9000 é uma ótima giga de testes de ECU, mas seu fabricante não é nacional, possui fabricação chinesa o que pode vir a ocasionar problemas com futuras manutenções do aparelho. Por outro lado possui atualização de sinais de rotação e fase via internet diretamente com o fabricante o que pode ser vantagem em relação as outras.

Apesar de todos serem boas possuem um custo muito elevado o que pode dificultar sua aquisição por muitos reparadores.

### **3 PROJETO GIGA DE TESTE PARA ECU**

Neste capítulo descrevem-se os aspectos práticos deste projeto onde serão apresentados também os resultados dos ensaios experimentais. Foi utilizado para os primeiros testes a ECU Magneti Marelli 4lv.

#### **3.1 Metas do Projeto**

A metodologia empregada neste trabalho constituiu-se de três etapas. Inicialmente foi realizado um estudo dos sensores e dos atuadores encontrados nos veículos fabricado por montadoras diversas, consolidando todo o conhecimento teórico e prático necessário para iniciar o desenvolvimento do projeto.

A segunda etapa consistiu em aplicar o conhecimento adquirido na primeira etapa, para se construir circuitos eletrônicos que simulem os sinais elétricos específicos para cada sensor e atuador, testá-los e depois uni-los, assim formando modelo final.

Finalmente a terceira e última etapa, trataram de extrair os resultados e verificar se a hipótese levantada neste trabalho foi comprovada, consolidando o tema e abrindo novos campos de pesquisa.

#### **3.2 Requisitos do projeto**

Display de LCD 20x4 – Onde será escolhido a montadora, veículo ou central de injeção a ser testada, para geração dos sinais de rotação e fase, indicando ainda o RPM e dois voltímetros e dois frequencímetros.

### 3.2.1 Simulação

Os sinais simulados, são os de Rotação e Fase que são gerados através de software desenvolvido para tal função, este software também gera o sinal de +50 por 3 segundos para que a ECU interprete a partida do motor e ainda consegue ler dois valores de tensão que estão ligados diretamente no TPS 1/2 do corpo de borboleta que estiver sendo testado. Sinais visuais e sonoros indicam o funcionamento do relé principal e bomba de combustível, injetores, bobinas, aterramento dos sensores, alimentação positiva dos sensores e dos demais atuadores listados na tabela 1.

Tabela 1 - Sinais Simulados

<b>Teste</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tipo</b>
<b>RPM.</b>	Gerar sinal de RPM	Hall ou Indutivo
<b>Fase</b>	Gerar sinal de fase	Hall
<b>Relê Principal.</b>	Verificar funcionamento	Ativação negativa
<b>Relê de Bomba</b>	Verificar funcionamento	Ativação negativa
<b>Alimentação +50 (motor de arranque)</b>	Serve para indicar ao módulo que a chave do carro foi ligada para a posição de partida.	Ativação positiva por 3 segundos
<b>Aterramento dos Sensores</b>	2 Pinos de teste de aterramento dos sensores, com saídas diferentes na ECU.	Ativação Negativa
<b>5V dos Sensores</b>	2 Pinos de teste para o 5V dos sensores, com saídas diferentes na ECU	Ativação positiva
<b>Luz de avaria</b>	Verificar funcionamento	Ativação negativa
<b>Luz de Code</b>	Verificar funcionamento	Ativação negativa
<b>Bicos Injetores</b>	Suporta módulos com até 6 bicos injetores.	Ativação Negativa

<b>Bobinas de Ignição</b>	Suporta módulos com até 6 bobinas de ignição. É possível testar bobinas com pulsos negativos ou transistorizadas.	Ativação negativa ou pulsada para bobinas transistorizadas
<b>Válvula de Cânister</b>	Teste de funcionamento da válvula do canister	Ativação negativa e carga interna
<b>Atuador de Marcha Lenta</b>	4 Pinos para teste do atuador	ativação positiva ou negativa.
<b>Relês de Eletroventiladores</b>	2 Pinos para teste da ventoinha	ativação negativa e carga interna.

### 3.2.2 Botões

Os botões de controle do software devem ser utilizados para a seleção do menu de funções. Na tabela 2 listamos a função de cada botão.

Tabela 2 - Botões de controle

<b>Botões</b> de seleção do menu. Acima, Abaixo, Enter, return
<b>Geral.</b> Liga apenas a parte eletrônica do equipamento (menu de seleção e gerador de sinal RPM). É independente da alimentação da ECU. O menu de RPM pode estar ligado mesmo com a ECU estando desligada.
<b>+30 (Bateria).</b> Independente da alimentação do menu de RPM. A ECU pode estar ligada mesmo com o menu de RPM estando desligado.
<b>+15 (Pós chave).</b>

### 3.2.3 Potenciômetros

Os potenciômetros devem ser ajustados de acordo com a necessidade de cada central devendo ser visualizados estes ajustes, com um scanner automotivo ligado ao equipamento pelo conector OBDII colocado na lateral esquerda da giga de testes de ECU.

Tabela 3 - Sensores simulados

<b>Sensor Simulado</b>	<b>Descrição</b>	<b>tipo</b>
<b>MAP</b>	Sensor de pressão do ar admitido	Varia tensão de 0 à 5V
<b>TPS</b>	Sensor de posição do pedal de acelerador	Varia tensão de 0 à 5V
<b>ECT</b>	Sensor de temperatura da água	Varia resistência de 0 à 5k $\Omega$
<b>IAT</b>	Sensor de temperatura do ar admitido	Varia resistência de 0 à 5k $\Omega$
<b>Sonda1</b>	Sensor que mede a proporção ar/combustível	Varia tensão de 0 à 1V
<b>Sonda2</b>	Sensor que mede a proporção ar/combustível	Varia tensão de 0 à 1V
<b>RPM</b>	ajuste do RPM	Ajuste de software
<b>Amp</b>	amplitude do sinal senoidal (indutivo)	Ajuste do sinal

## Bornes de Entradas e Saídas

Tabela 4 - Bornes de entrada e saídas

<b>DB50</b> – ligação com a ECU a ser testada
<b>DB9(1)</b> – comunicação com imobilizador e ECU
<b>DB9(2)</b> – comunicação entre corpo de borboleta e ECU
<b>DB9(3)</b> – comunicação entre pedal de acelerador e ECU

<b>Borne1 (vermelho)</b> – alimentação positivo 12V para teste
<b>Borne2 (Preto)</b> – GNV para testes
<b>Borne2 (amarelo)</b> – alimentação 5V para testes
<b>Conector OBDII</b> – comunicação com scanner

### 3.3 Simulador de Rotação

O simulador de rotação e fase foram desenvolvidos através simulação por *software* que gera os sinais de acordo com o que necessidade de cada modelo de ECU, considerando principalmente o número de dentes e sua folga. Foi também produzido o sinal de fase para as ECU que utilizam este sinal. Os sinais são do tipo Hall ou Indutivos.

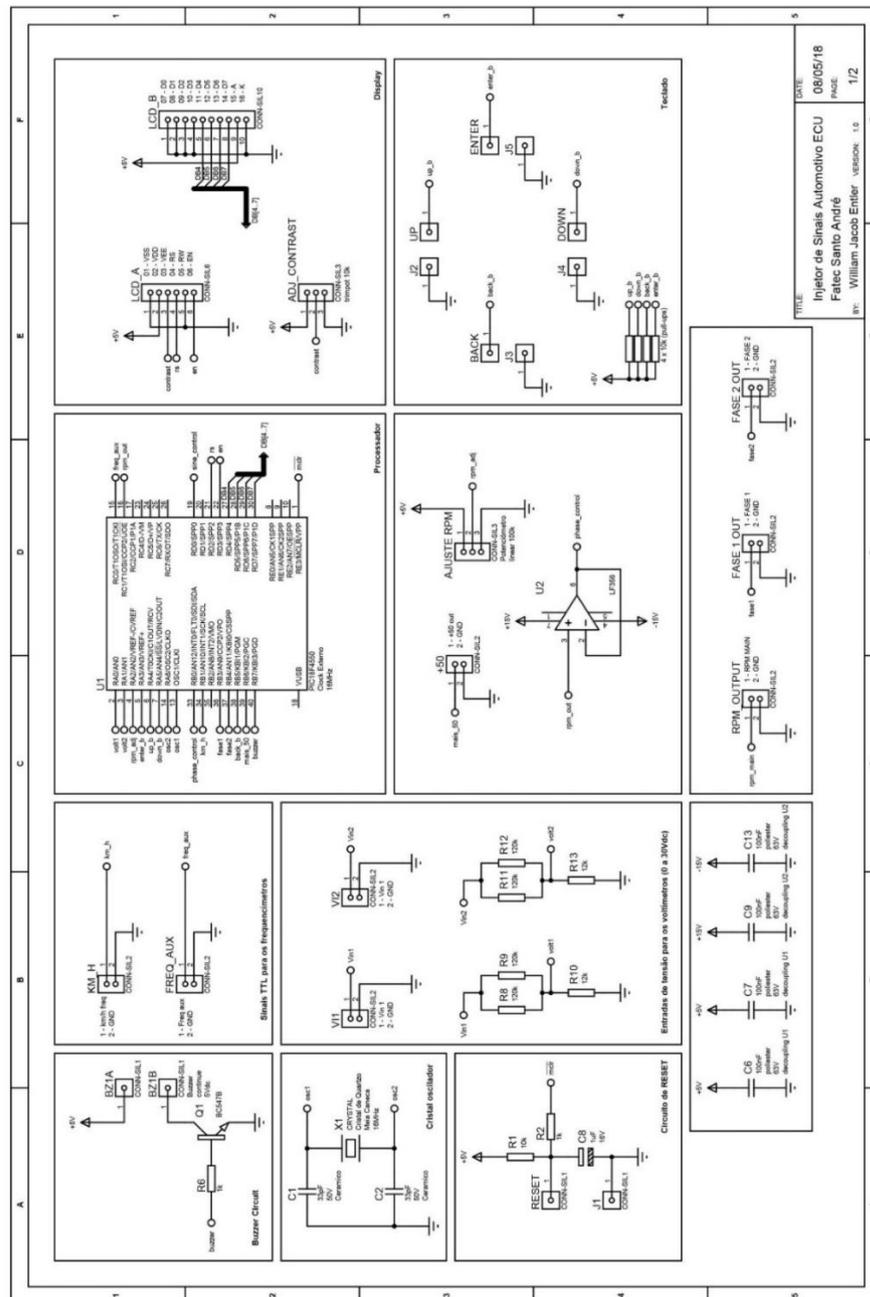
#### 3.3.1 Placa do simulador de rotação e fase

O *hardware* para este sensor foi desenvolvido com base no microprocessador 18F4550, este *hardware* vai permitir que além dos sensores acima citados também pudesse fazer a leitura de tensão de 0 à 30v que deverão para este projeto serem ligados ao TPS1 e TPS2 do corpo de borboleta que será ligado a ECU. Possui duas entradas de frequencímetro que pode ser ligado sensor de velocidade e MAF hertz. Envia o sinal de +50 para que a ECU.

Para visualização das informações o circuito dispõe de um LCD de 4 linhas e 20 posições .

### 3.3.2 Esquemático da placa do sensor de rotação

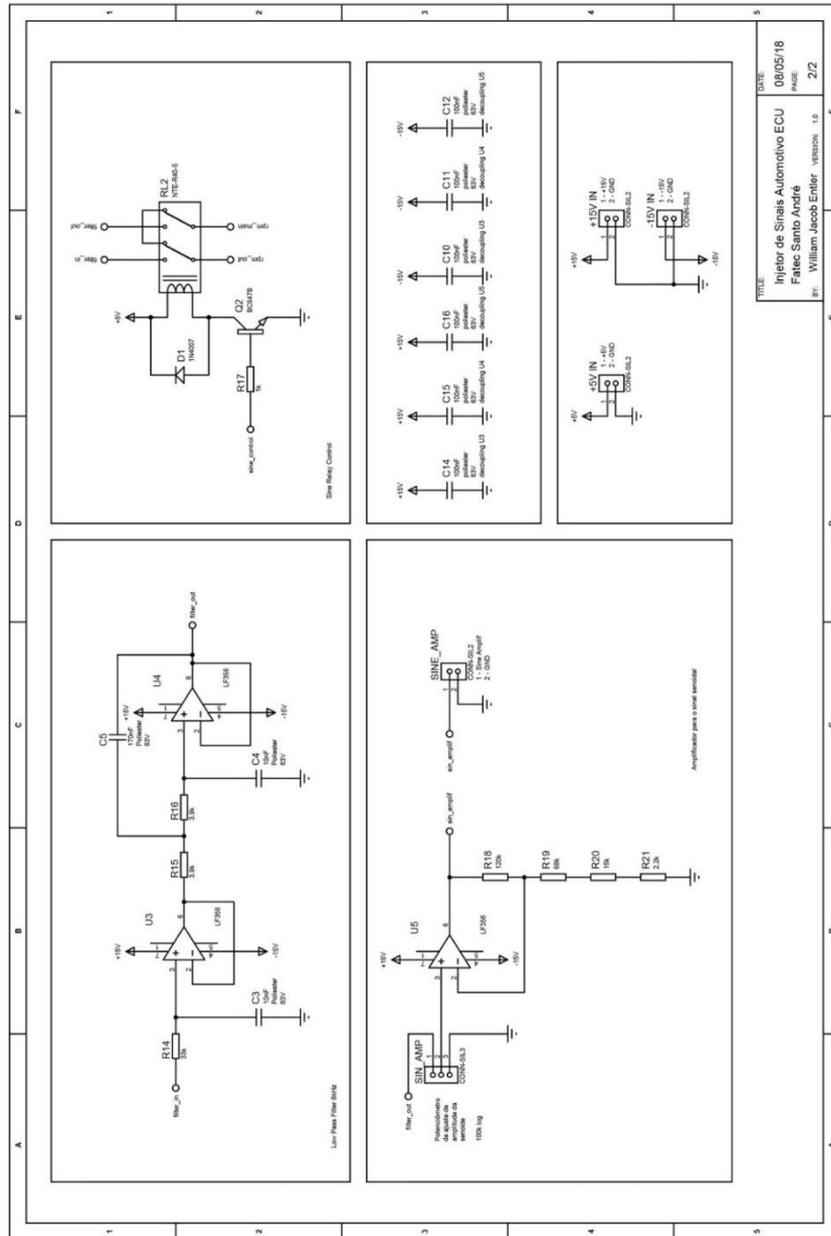
Figura 16 - Esquemático da placa principal – folha 1



Fonte: Autor

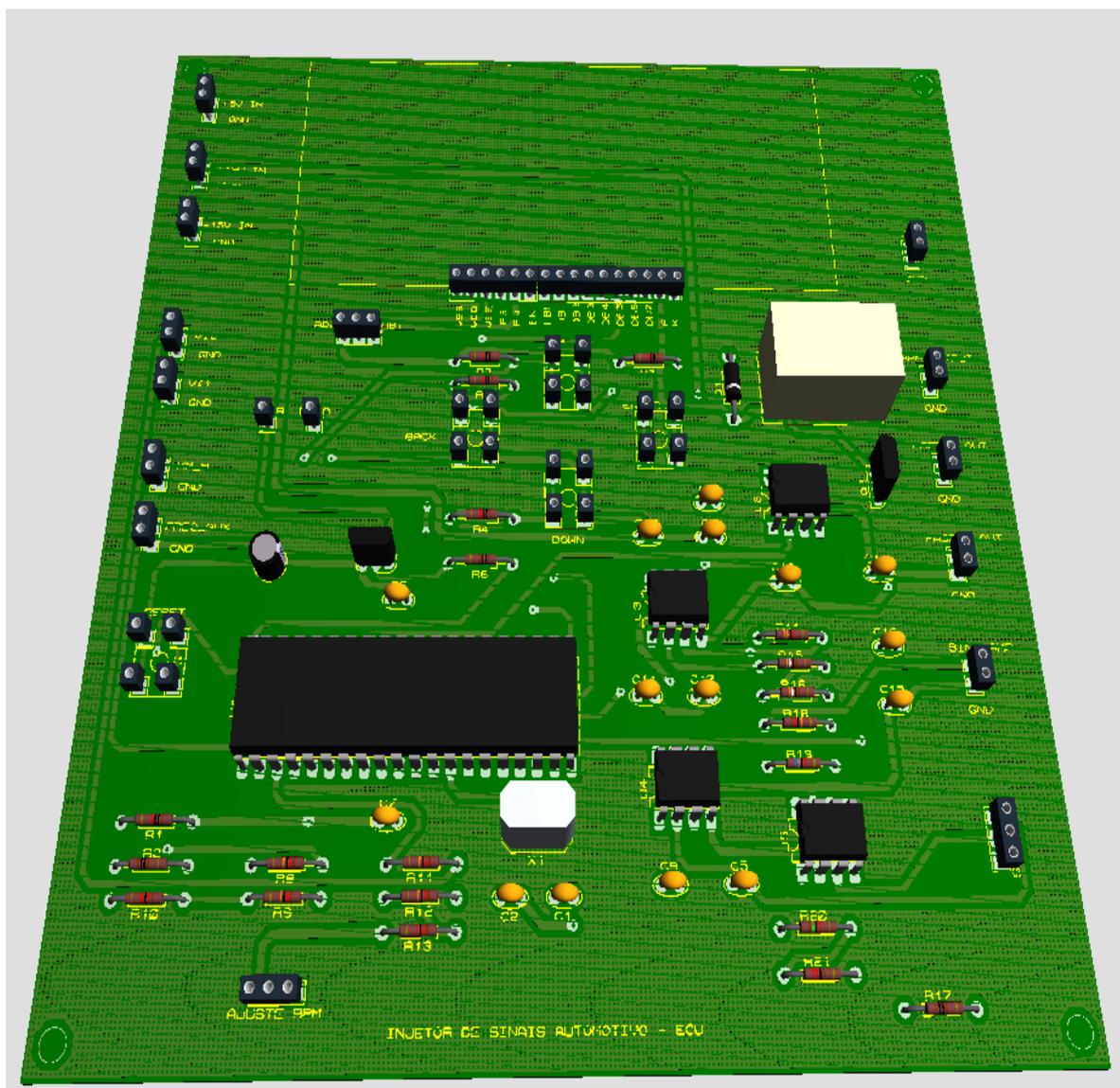
### 3.3.3 Esquemático da placa do sensor de rotação

Figura 17 - folha 2



Fonte: Autor

Figura 18 – Visualização 3D da Placa Principal



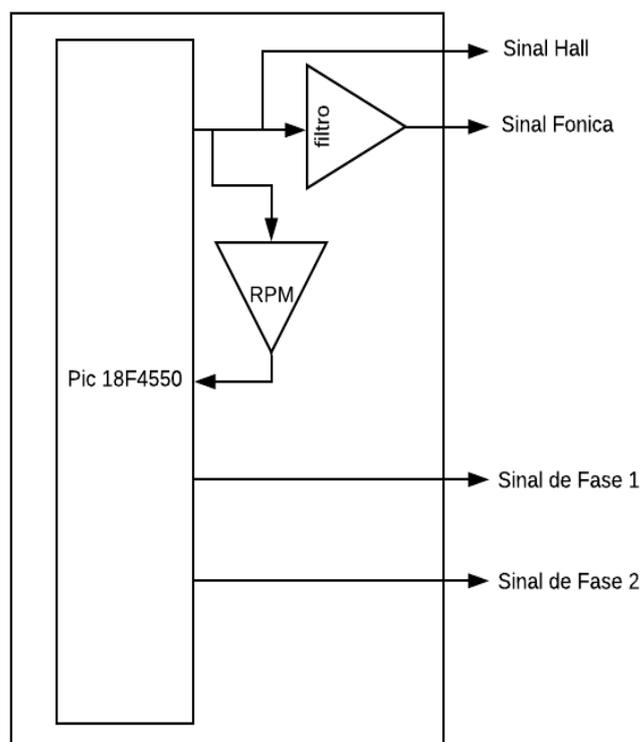
Fonte: Autor

### 3.3.4 Sinais de Rotação e Fase

O PIC 18F4550 possui *software* desenvolvido para gerar os sinais de rotação e fase. O sinal de rotação é do tipo Hall (onda quadrada) este sinal pode ser usado da forma original para as ECU que utilizam este sinal. Para o sinal de roda fônica senoidal o mesmo sinal produzido pelo PIC 18f4550 passa por um filtro passa baixa ativo, que converte este sinal para senoidal. Para construção do sinal de Fase o mesmo sinal passa por um *buffer* e retorna ao

PIC 18f4550 para que seja feita a sincronização do sinal para a construção dos sinais de fase. Esses sinais são definidos via *software*, conforme representado no diagrama abaixo.

Figura 19 - diagrama de blocos - Sinais de Rotação e Fase

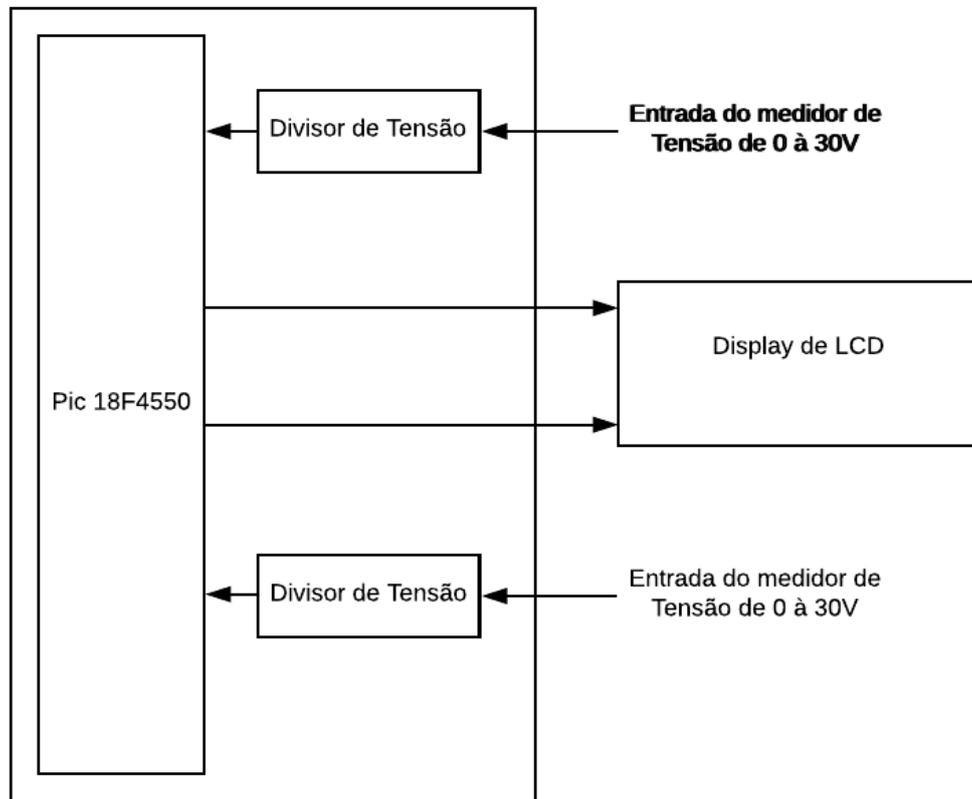


Fonte: Autor

### 3.3.5 Medidor de Tensão (voltímetro)

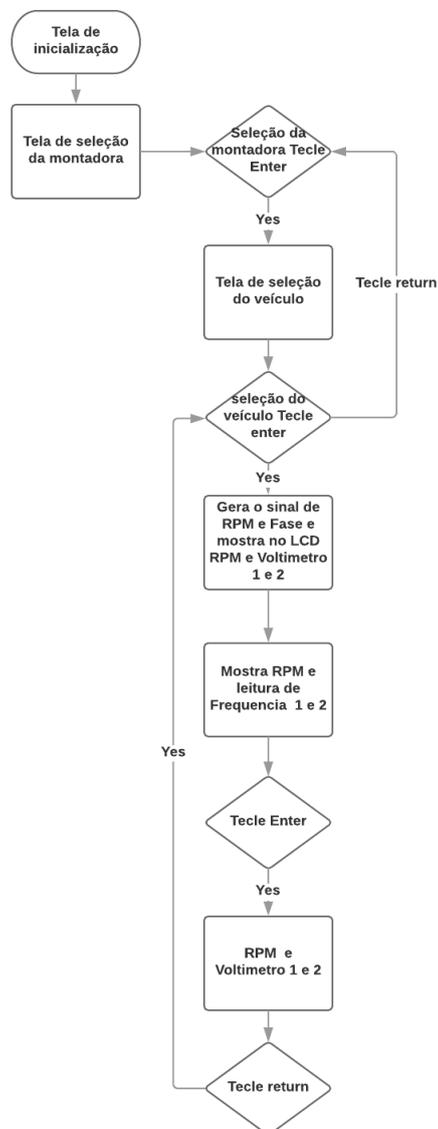
Possui dois voltímetros, onde em sua entrada tem o regulador de tensão calculado para tensões de até 30V, onde o *software* recebe estes valores através do conversor A/D. Em seguida o *software* faz a conversão A/D mostrando no *display* de LCD o valor de tensão lido. Conforme diagrama abaixo.

Figura 20 - diagrama de blocos - voltímetro



Fonte: Autor

Figura 21 - Fluxograma das funções

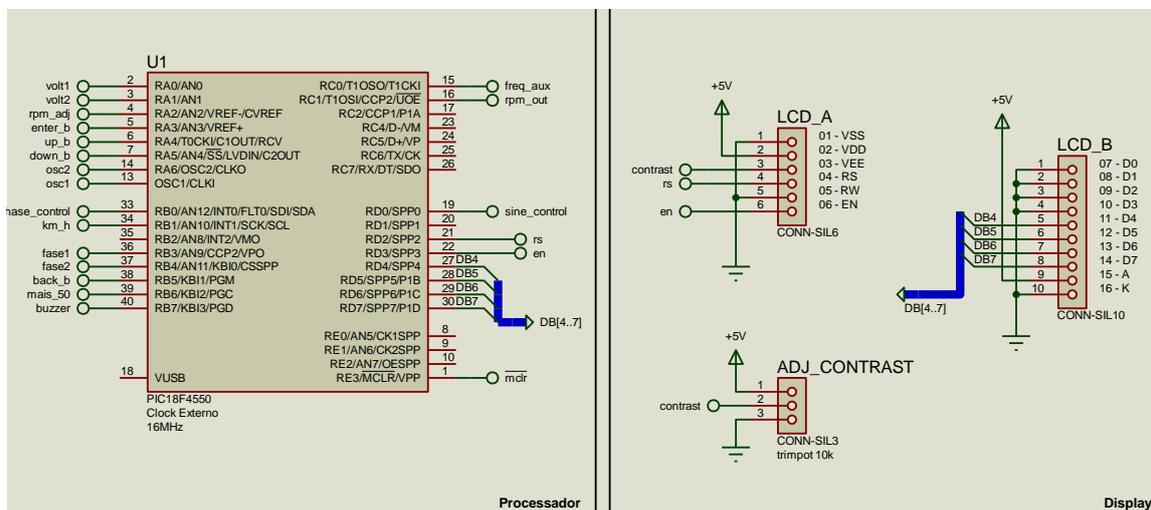


**Fonte:** Autor

A geração dos sinais de rotação e fase ocorrem de forma automática basta o usuário efetuar as escolhas da montadora e em seguida o veículo, automaticamente o software busca em sua memória o tipo de sinal de rotação e fase aplicada para a ECU em teste, os sinais Hall ou fônica não necessitam a intervenção do usuário estes tipos de sinais estão todos pré-programados.

### 3.3.6 Esquemático do 18F4550 e LCD

Figura 22 – esquemático 18F4550 e LCD

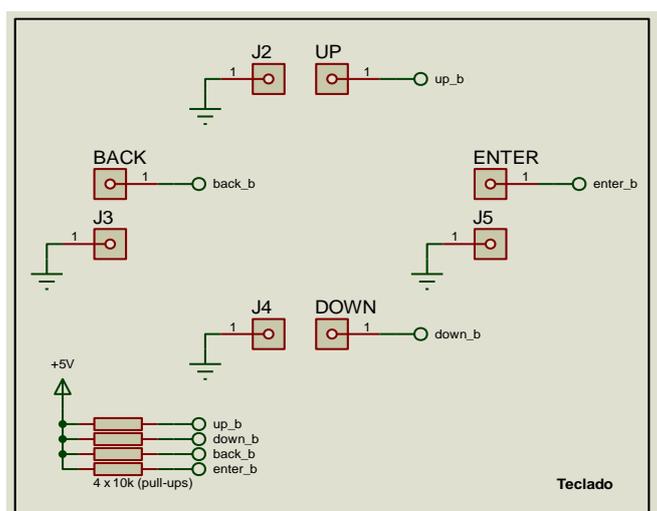


Fonte: Autor

Este esquemático descreve as entradas e saídas de I/O do 18F4550 e ligações com o *display* de LCD.

### 3.3.7 Esquemático dos botões e seus resistores de *pull-ups*

Figura 23 - Esquemático dos botões

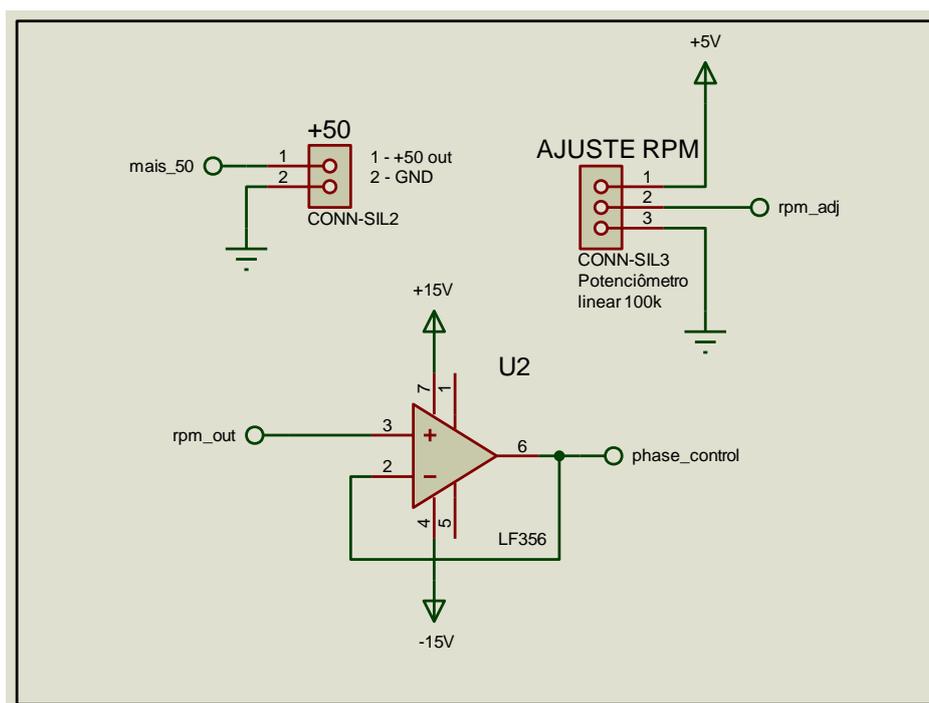


Fonte: Autor

No esquemático dos botões podemos observar que os mesmos são ligados ao GND e aos resistores de *pull-ups* que vão manter o nível lógico alto na entrada do PIC e quando forem pressionados a entrada irá a nível lógico baixo.

### 3.3.8 Ajuste do RPM e circuito do sensor de fase e +50

Figura 24 - Ajuste de RPM e Amp. fônica linha +50



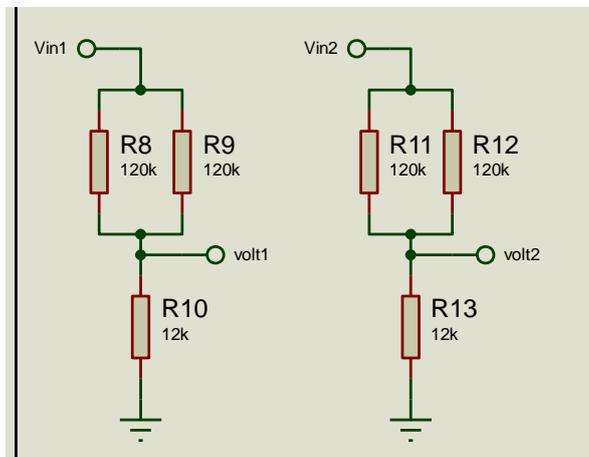
Fonte: Autor

O ajuste de RPM é feito através do potenciômetro e seu sinal é lido pelo conversor AD do PIC e convertido para um sinal digital na qual o *software* faz a conversão deste sinal e altera a frequência do sinal de rotação alterando assim o RPM.

O Sinal de RPM é filtrado por um amplificador operacional para que sua falha do sinal (tempo que permanece em *low*) seja detectada iniciando assim a contagem para a formação do sinal de fase.

### 3.3.9 Circuito do Voltímetro

Figura 25 - Circuito do Voltímetro



Fonte: Autor

Este circuito divisor de tensão permite a entrada de níveis de tensão de até 30V AC tendo uma saída para o PIC de 5V que é suportado pelo mesmo senso lido pela entrada AD e convertendo este sinal para que seja apresentado no display.

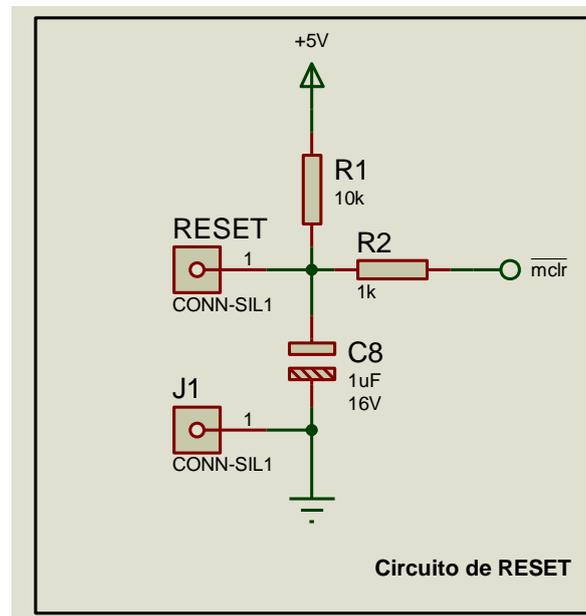
Equação 2 - Divisor de Tensão

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{in}$$

Fonte: Autor

### 3.3.10 Circuito de reset.

Figura 26 - Circuito de reset

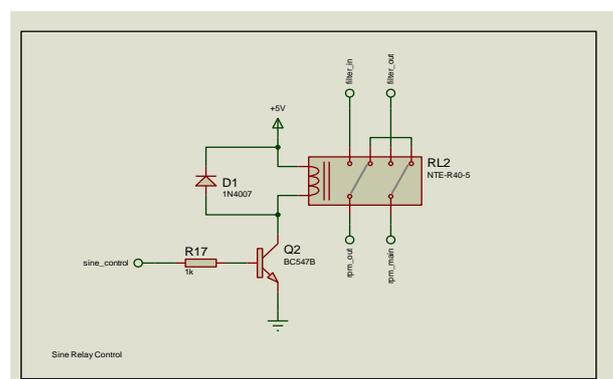


Fonte: Autor

Este circuito faz com que o PIC seja reiniciado em caso de erro.

### 3.3.11 Circuito de seleção do sinal Hall ou senoidal

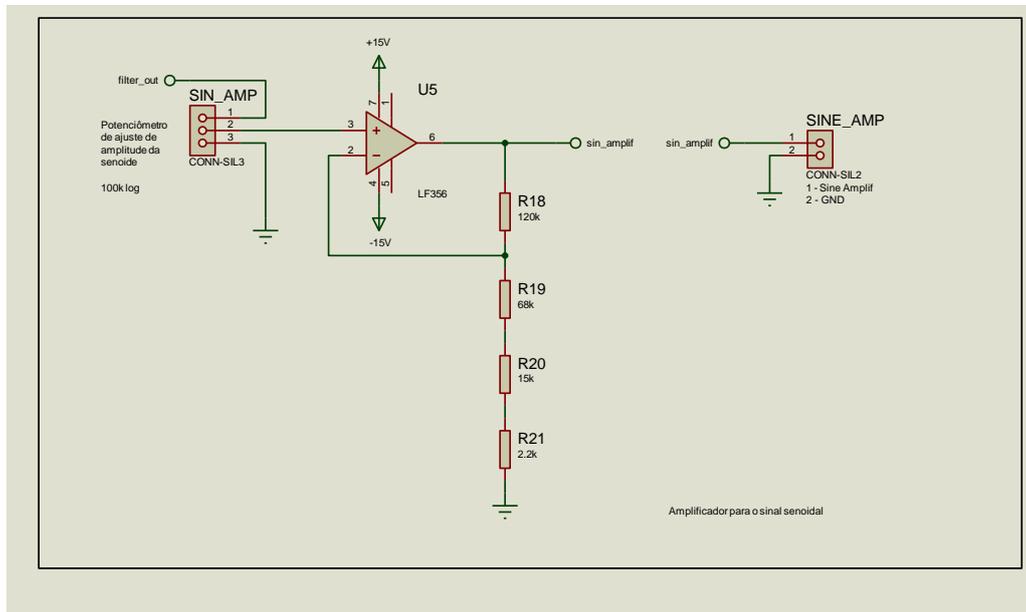
Figura 27 - Circuito de seleção do sinal Hall ou senoidal



Fonte: Autor

### 3.3.12 Circuito amplificador para o sinal senoidal

Figura 28 - Circuito amplificador para o sinal senoidal

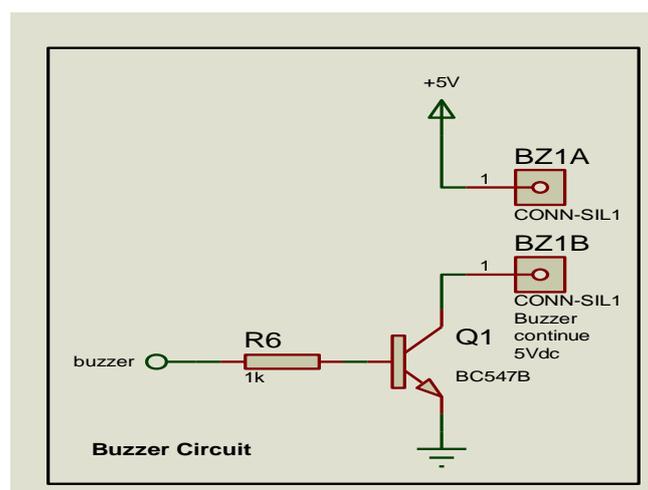


Fonte: Autor

Circuito amplificador do sinal senoidal (indutivo).

### 3.3.13 Circuito do Buzzer.

Figura 29 - Circuito do buzzer



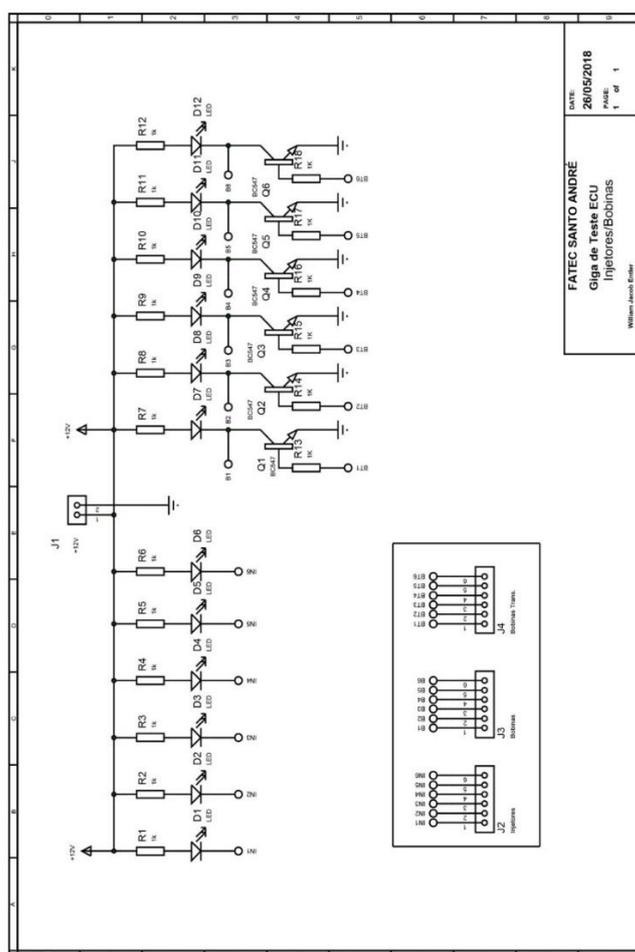
Fonte: Autor

Quando acionado qualquer botão é feito o chaveamento do transistor que faz com que um sinal sonoro seja emitido.

### 3.3.14 Esquemático do simulador de bicos injetores e bobinas

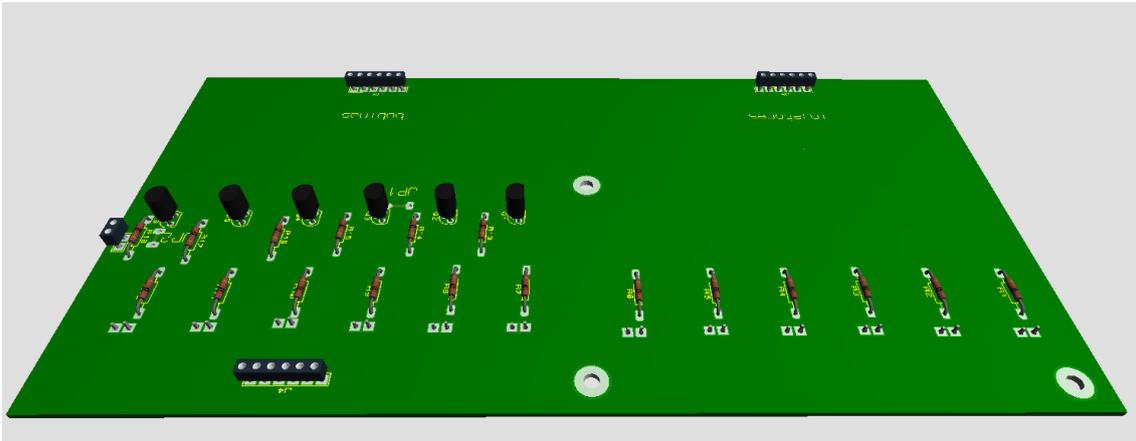
Na figura 27 a seguir pode-se observar a configuração eletrônica para simular os bicos injetores e bobinas de ignição. Essa etapa do circuito também dispõe de LEDs para sinalizar visualmente se o pulso de injeção está chegando no simulador.

**Figura 30 - Esquemático bicos e bobinas**



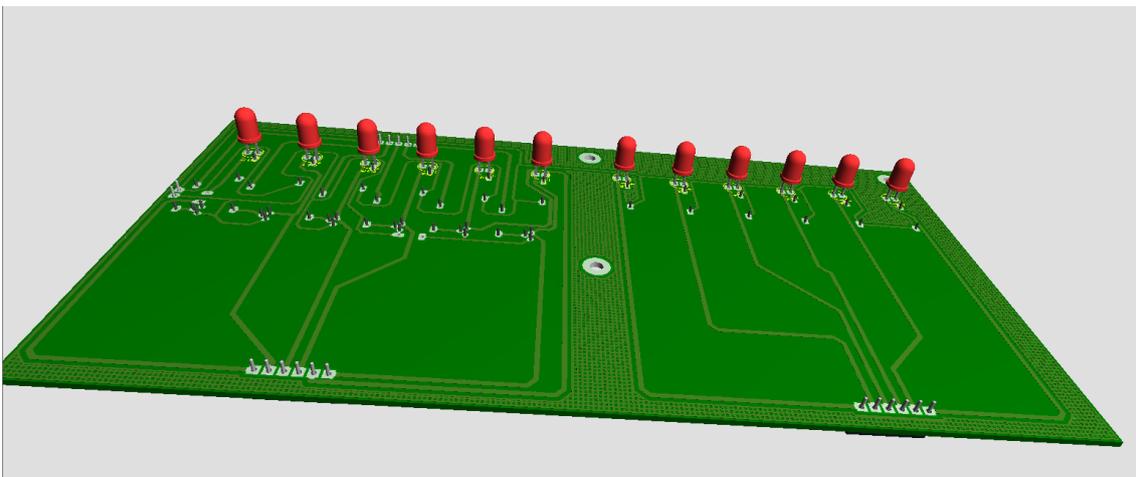
Fonte: Autor

Figura 31 - Placa 3D bicos e bobinas - face



Fonte: Autor

Figura 32 – Placa 3D Bobinas e Bicos injetores

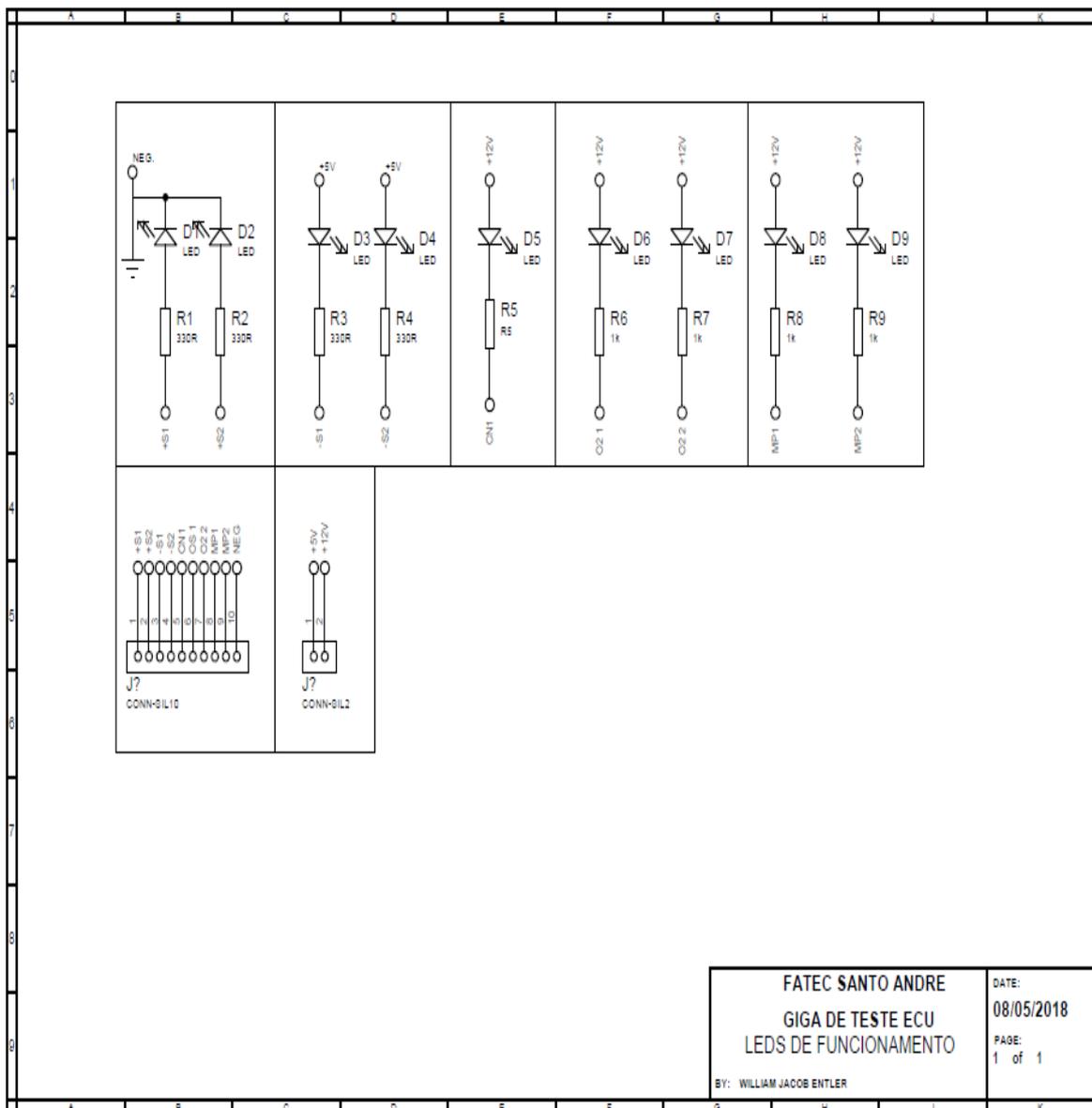


Fonte: Autor



### 3.3.16 Esquemáticos dos leds de informação

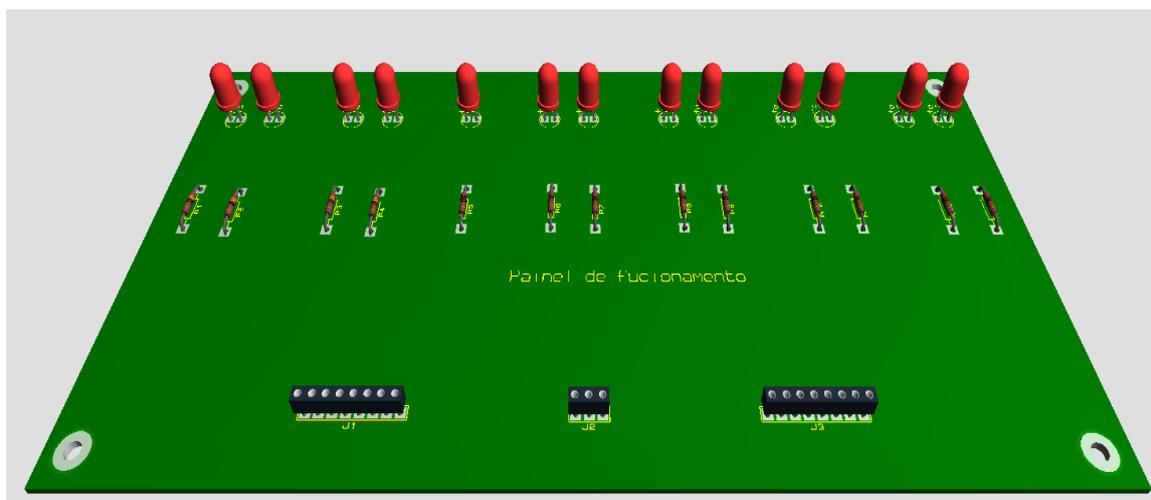
Figura 34 - Leds de Informação



<p>FATEC SANTO ANDRE GIGA DE TESTE ECU LEDS DE FUNCIONAMENTO</p> <p>BY: WILLIAM JACOB ENTLER</p>		<p>DATE: 08/05/2018</p> <p>PAGE: 1 of 1</p>
--	--	---

Fonte: Autor

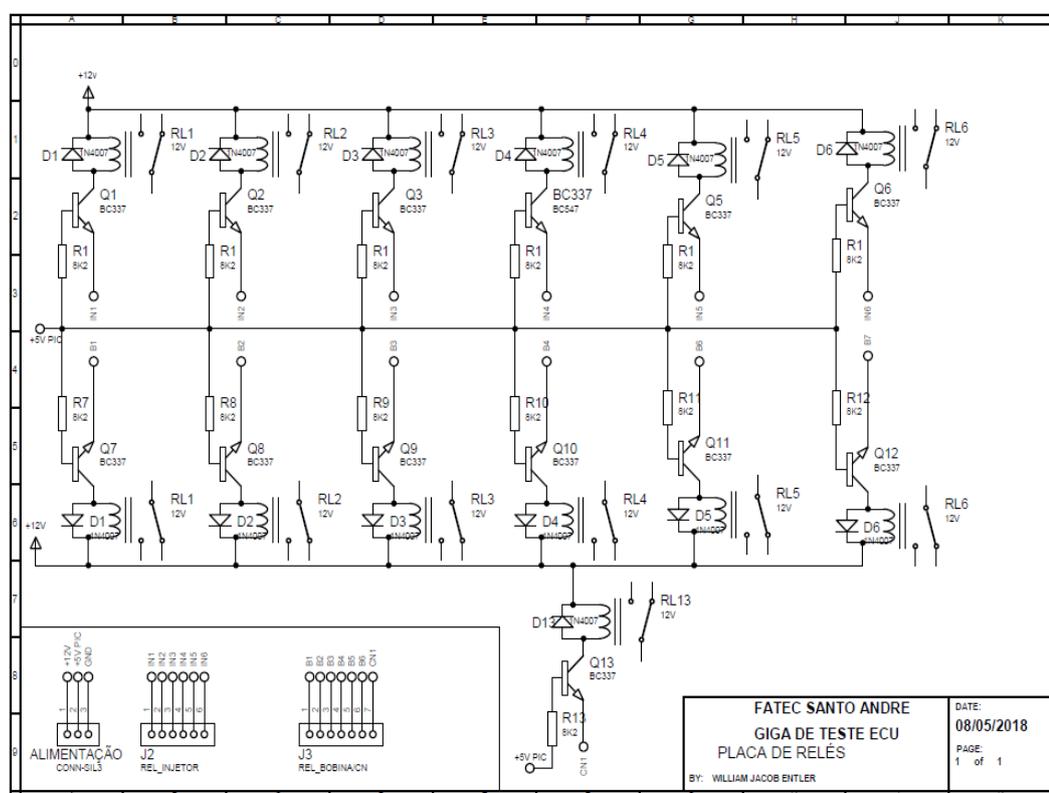
Figura 35 - Placa em 3D Leds Informação



Fonte: Autor

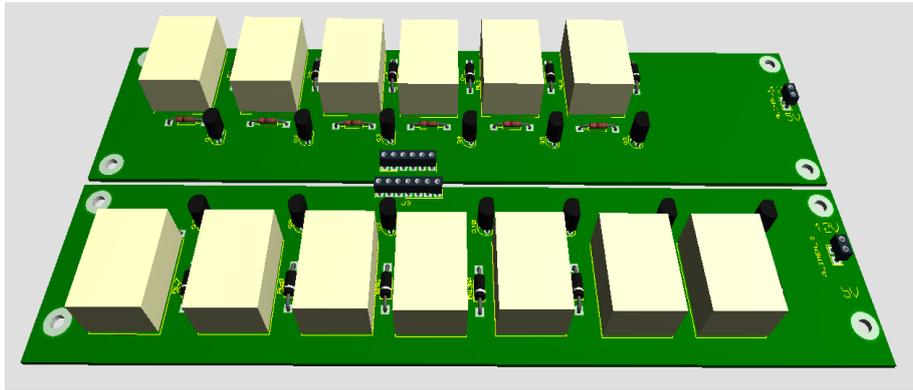
### 3.3.17 Esquemático da placa de relés

Figura 36 – Esquemático da Placa de Relés



Fonte: Autor

Figura 37 - Placa em 3D Placa de relés



Fonte: Autor

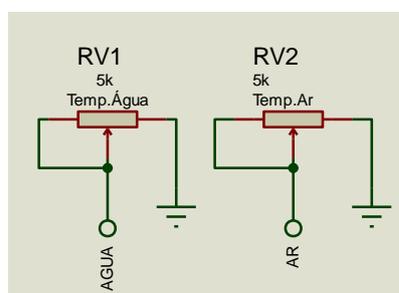
### 3.4 Simulação dos Sensores

#### 3.4.1 Sensor de temperatura da água e da temperatura do ar

Este sensor é um sensor do tipo NTC (coeficiente negativo de temperatura), que juntamente com um resistor no interior da ECU forma um divisor de tensão. Esta variação de tensão é lida pela ECU, que pode saber qual a exata temperatura do motor.

Para que possamos simular este sensor utilizamos um potenciômetro que é ligado ao GND podendo assim variar sua resistência e regular de acordo com a necessidade do teste a ser efetuado na ECU podendo assim verificar sua variação. O circuito utilizado podemos ver no esquemático a seguir.

Figura 38 – Temperatura do ar e água

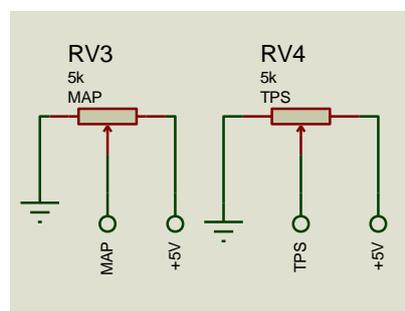


Fonte: Autor

### 3.4.2 Sensor MAP e TPS

O sensor MAP e o TPS, alimentado por uma tensão de 5V que vem da própria ECU e retorna uma variação de tensão que vai de 0 à 5V. Para simulação deste sensor utilizamos de um potenciômetro para podermos efetuar esta variação e interpretar a resposta da ECU. O circuito utilizado podemos ver no esquemático a seguir:

Figura 39 -Sensor MAP e TPS

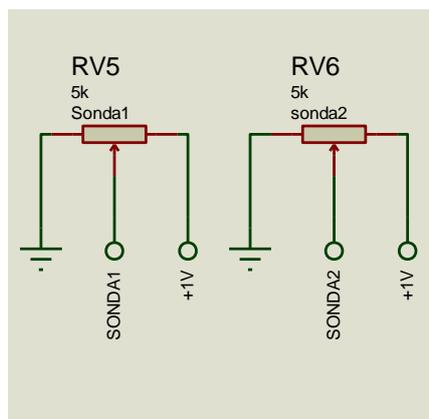


Fonte: Autor

### 3.4.3 Sensor de Sonda lambda

O sensor de sonda lambda possui um sinal que varia constantemente entre 0 e 1V, para efeitos de teste de simulação esta variação é feita de forma manual através de um potenciômetro alimentado com a tensão de referência da sonda que é de 1V. Com a variação desse sinal observamos a resposta da ECU. O circuito abaixo mostra a como será feita a simulação das sondas.

Figura 40 - Sensor de Sonda Lambda



Fonte: Autor

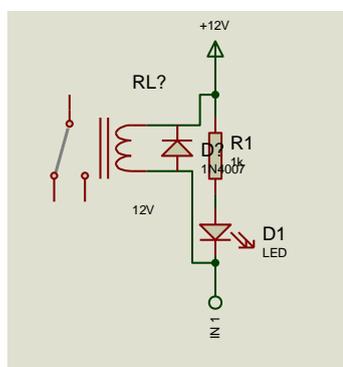
### 3.4.4 Simulação dos atuadores

Foram criados os simuladores para os atuadores, decorrentes de estudos efetuados e descritos em capítulos anteriores, e testados exaustivamente até que se pudesse desenvolver os sistemas descritos a seguir.

### 3.4.5 Bico Injetor (válvula injetora)

O bico injetor faz a injeção e atomização do combustível para alimentação do motor. A ECU envia pulsos que ocasionam a abertura do bico injetor, na qual o tempo que o bico permanece aberto é proporcional à quantidade de combustível a ser injetada no motor. Para efeitos de simulação foi utilizado o circuito ilustrado a seguir.

Figura 41 - Bico injetor

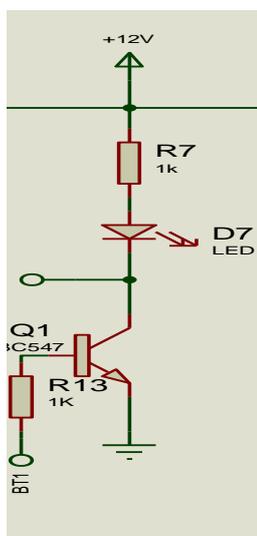


Fonte: Autor

### 3.4.6 Bobina de Ignição

A bobina de ignição produz a centelha que é utilizada para que ocorra a explosão dentro da câmara de combustão. Esta centelha depende do tempo de carga, e que é controlado pela ECU. Através do circuito proposto podemos observar quando ocorre esse ciclo. O circuito foi desenvolvido para atender simulação de bobinas comuns ou transistorizadas.

Figura 42 - Bobina de Ignição

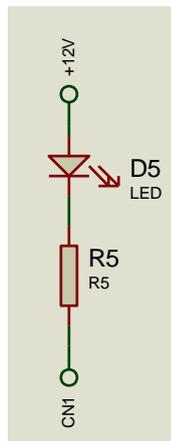


Fonte: Autor

### 3.4.7 Eletro válvula do cânister

Esta eletroválvula faz o controle de liberação dos gases contidos no sistema de cânister para que possam ser queimados pelo motor. Podemos observar o sinal de trabalho desta válvula que é enviado pela ECU no do circuito abaixo.

Figura 43 - Canister

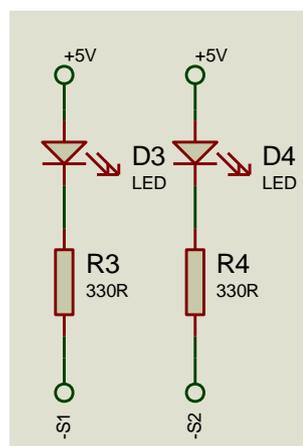


Fonte: Autor

### 3.4.8 Negativo dos Sensores

A ECU possui a alimentação do GND dos sensores internamente, e em alguns casos existe danos nesta alimentação. Portanto, é necessário a visualização do perfeito funcionamento desse trecho do circuito. Para tal é proposto o circuito abaixo.

Figura 44 - Negativo dos sensores

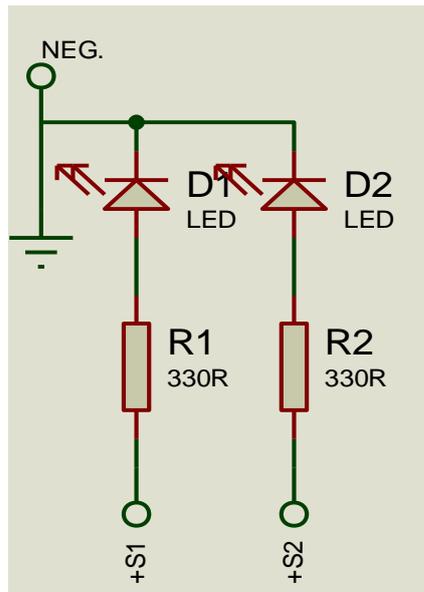


Fonte: Autor

### 3.4.9 Positivo dos Sensores

A ECU possui a alimentação do positiva (5V) para os sensores, e em alguns casos existe danos nessa alimentação. Assim, é necessário a visualização do perfeito funcionamento deste circuito também. Para tal é proposto o circuito abaixo.

Figura 45 - Positivo dos Sensores

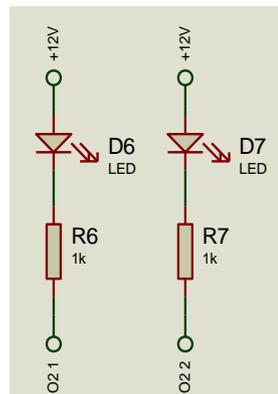


Fonte: Autor

### 3.4.10 Aquecedor da sonda lambda

O aquecedor da sonda lambda nos veículos mais modernos é controlado pela ECU por um sinal de PWM. Para podermos observar o perfeito funcionamento deste sinal através do circuito proposto abaixo.

Figura 46 - Aquecedor da Sonda Lambda

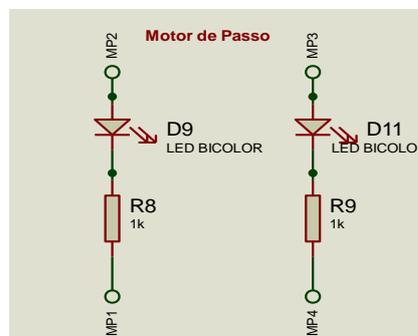


Fonte: Autor

### 3.4.11 Motor de passo

O motor de passo possui duas bobinas internas que são comandadas pela ECU que posiciona o embolo para que seja feita a regulagem de marcha lenta, para observar os sinais que são enviados pela ECU para este atuador foi proposto o circuito abaixo.

Figura 47 - Motor de Passo.



Fonte: Autor

## 4 TESTES E RESULTADOS

Os testes para validação da giga foram efetuados em três etapas:

Ensaio efetuado com software de simulação Proteus 7.7.

Ensaio efetuado em bancada de testes.

Ensaio com ligação de ECU.

Os ensaios efetuados com o software:

- Mostrar a geração de sinais de rotação e fase e suas variações.
  - Teste do voltímetros
  - Teste dos frequencímetros
  - Amplificação dos Sinais de Roda Fônica (senoidais)
  - Ativação da linha +50 por 3 segundos
- 
- Ensaio em bancada de testes:
  - Equipamentos utilizados:
  - Osciloscópio digital
  - Injetor de sinais
  - Multímetro
  - Gerador de sinais.

Para estes ensaios as placa foram alimentadas na bancada separadamente uma a uma.

Para placa principal que é a geradora dos sinais de rotação, fase voltímetros, frequencímetros e sinal de +50 (partida do motor) os testes foram efetuados da seguinte forma. Após ter sido alimentada por uma fonte de 12V e uma fonte simétrica de +15V e -15V, ligamos o osciloscópio em suas devidas saídas de sinais onde podemos observar com clareza os sinais por ela gerados confirmando assim a simulação que já havia sido feita por software de simulação.

A placa de simulação dos injetores e bobinas, após a sua alimentação com uma fonte de 12v, foi injetado através do injetor de sinais um pulso para

cada entrada de injetores e bobinas, observando assim o pulso através dos leds de sinalização e o acionamento dos relés que simulam a carga dos bicos e bobinas de ignição.

A placa de simulação dos sensores, já também devidamente alimentada por uma fonte de 12V iniciamos os testes de cada sensor com a utilização de um multímetro para observar os devidos valores de tensão e resistência gerados.

Sensores de temperatura do ar e temperatura da água temos uma variação de resistência que varia entre  $0\Omega$  à  $5K\Omega$ .

Sensores MAP e TPS , observamos as variações medidas através do multímetro que são de 0V a 5V, satisfazendo os testes propostos.

Sensores de sonda lambda, estes sensores possuem uma variação de 0V à 1000 mV, que e o sinal enviado pela sonda lambda para a ECU.

A variação de sinais são todas efetuadas de forma manual através de potenciômetros que devem ser utilizados pelo operador do equipamento.

A placa de visualização de estado do funcionamento da ECU, que contem os sinalizadores de positivo dos sensores, negativo dos sensores, canister, luz de anomalia, luz do code, ventoinhas, relés principal, relé da bomba de combustível, motor de passo, foram testados da seguinte forma.

Para o positivo dos sensores foi injetado em sua entrada uma tensão de 5V e se observa o acendimento do led de sinalização indicando o funcionamento do positivo vindo da ECU.

Para o negativo dos sensores foi injetado um sinal de GND (terra) e se observa o acendimento dos leds de sinalização indicando o perfeito funcionamento do terra que é enviado pela ECU.

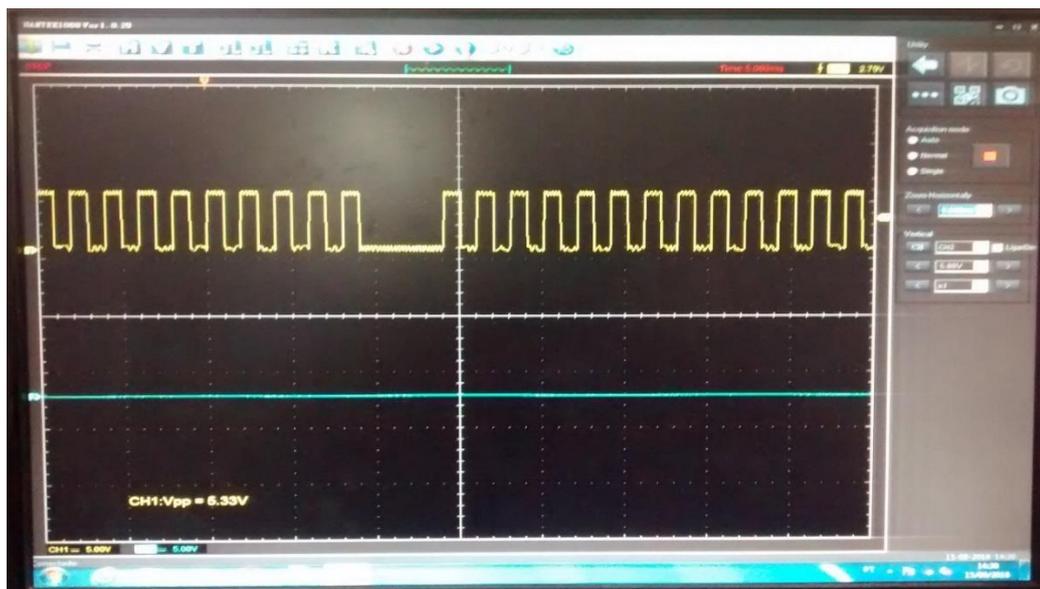
Canister, através de injeção de um sinal pulsado de 12V que simula o sinal enviado pela ECU, pudemos observar a alternância do led de sinalização indicando o funcionamento perfeito.

Quanto a luz de anomalia e luz do code com a ligação de um sinal de GND em suas devidas entradas entrada se observa o acendimento do leds de sinalização.

Para verificação da ventoinha e inserido um sinal de GND em sua entrada para o acionamento que é observado através do led de sinalização.

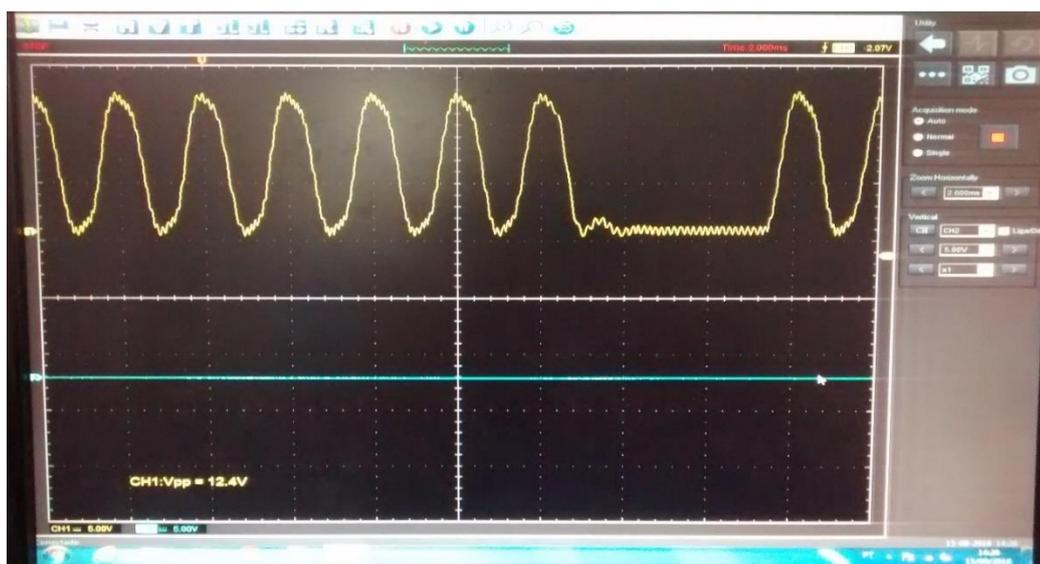
O acionamento dos relés principal e relés da bomba foi inserido um sinal de GND em sua entrada observando-se o acionamento dos relés e acionamento dos leds de sinalização, indicando o seu funcionamento. Podemos observar nas figuras abaixo os sinais gerados de rotação e fase.

Figura 48 - SENSOR HALL



Fonte: Autor

Figura 49 - FÔNICA



Fonte: Autor

Por fim a terceira etapa, que consiste dos testes efetuados ligando-se a giga de testes as ECU a serem testadas.

Para testes foram utilizadas as seguintes ECU:

- IAW 4LV MARELLI
- IAW 4GV MARELLI
- ME 7.4.4 BOSCH
- ME 7.4.9 BOSCH
- IAW G7 MARELLI
- 5NP2 MARELLI
- 4CFR MARELLI
- MULTEC 700

Nestes testes foram observados os acionamentos dos bicos injetores bem como as bobinas de ignição, foram feitas variações de rotação e observamos a resposta imediata das ECU em teste. Pudemos também verificar o devido funcionamento das funções das ECU através dos leds de sinalização indicando o funcionamento dos positivos e negativos dos sensores, luzes de anomalia e code, fizemos utilizando a variação do sensor de temperatura o acionamento das ventoinhas 1 e 2.

Nas ECU mais antigas que trabalham com motor de passo para o ajuste da marcha lenta, podemos observar o funcionamento através dos leds bicolores que indicam o funcionamento do motor de passo.

Com o auxílio de um scanner na função de leitura, ligado a giga de testes, observamos as variações dos sensores, manipulando os potenciômetros de ajuste contidos na giga de testes, indicando o funcionamento de cada sensor contido no sistema.

Mediante estas três fazes de testes efetuados podemos dar como concluído o adequado funcionamento de nossa giga de testes, tendo passado por todos os testes efetuados.

Nossa giga possui ainda a possibilidade de teste de corpo de borboleta motorizado e pedal do acelerador eletrônico, ligados em conjunto com a ECU em teste, e ainda pode também se ligado o sistema de imobilizador sendo

caixinha, painel ou BSI para poderem ser testados todos em conjunto com a ECU.

Tabela 5 - Rotina de testes e resultados.

Testes	IAW 1G7	IAW 1G7	IAW 4lv
Injetores	Ok	FALHA	OK
Bobinas	OK	OK	OK
Rotação	OK	OK	OK
Posit. Sensores	OK	OK	OK
Neg. Sensores	OK	OK	OK
Relé Bomba	OK	OK	OK
Relé Principal	OK	OK	OK
Anomalia	OK	OK	OK
Code	N/A	N/A	OK
M.Passo	OK	OK	N/A
Corpo de Borbol.	N/A	N/A	OK
Cânister	OK	OK	OK
ACT	OK	OK	OK
ECT	OK	OK	OK
MAP	OK	OK	OK
TPS	OK	OK	OK
SONDA 1	OK	OK	OK
SONDA 2	N/A	N/A	N/A
ELETROVENT 1	N/A	N/A	OK
ELETROVENT 2	N/A	N/A	OK
Tempo de Teste	40:00 min.	40:00 min.	60:00 min

A diferença nos tempos de testes apresentados ocorrem, por diferenças de funcionalidades das ECU necessitando em alguns casos testes adicionais, como por exemplo da ECU 4LV que possui corpo de borboleta motorizado e pedal do acelerador para serem ligados juntamente com a ECU para verificar o funcionamento, tanto da ECU, como dos componentes testados.

Abaixo podemos observar na figura 48 uma foto da Giga de testes de ECU pronta.

**Figura 50 - Giga de testes de ECU**



Fonte: Autor

Figura 51 - Giga de testes de ECU



Fonte: Autor

Figura 52 - Giga de testes de ECU



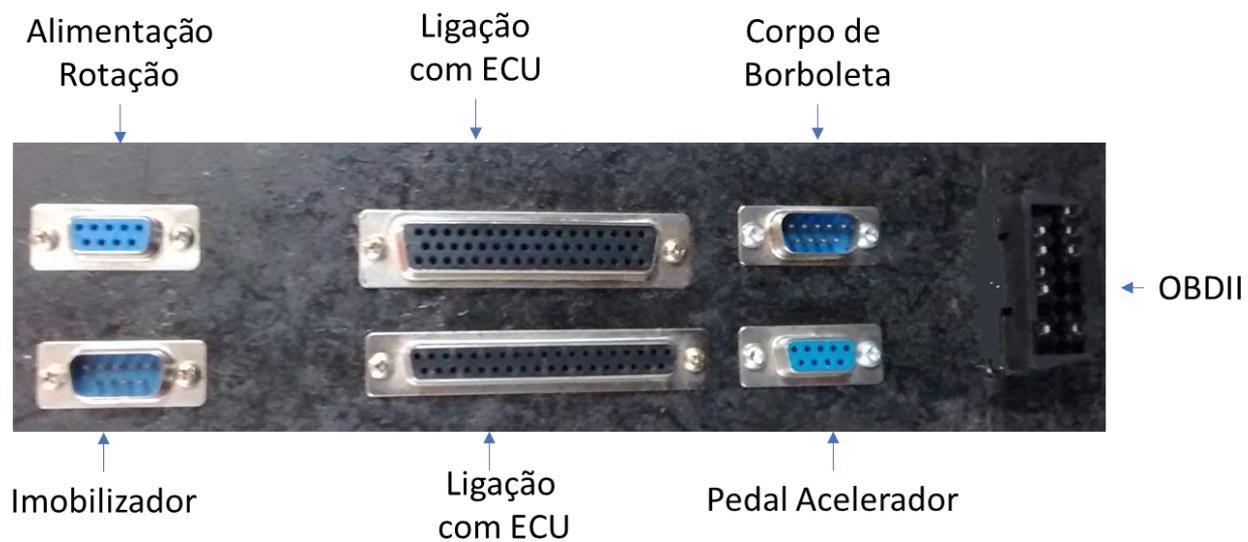
Fonte: Autor

**Figura 53 - Giga de testes de ECU**



Fonte: Autor

**Figura 54 – Entradas e Saídas**



Fonte: Autor

Nas figuras abaixo podemos observar a Giga de testes de ECU internamente.

**Figura 55 - Vista interna**



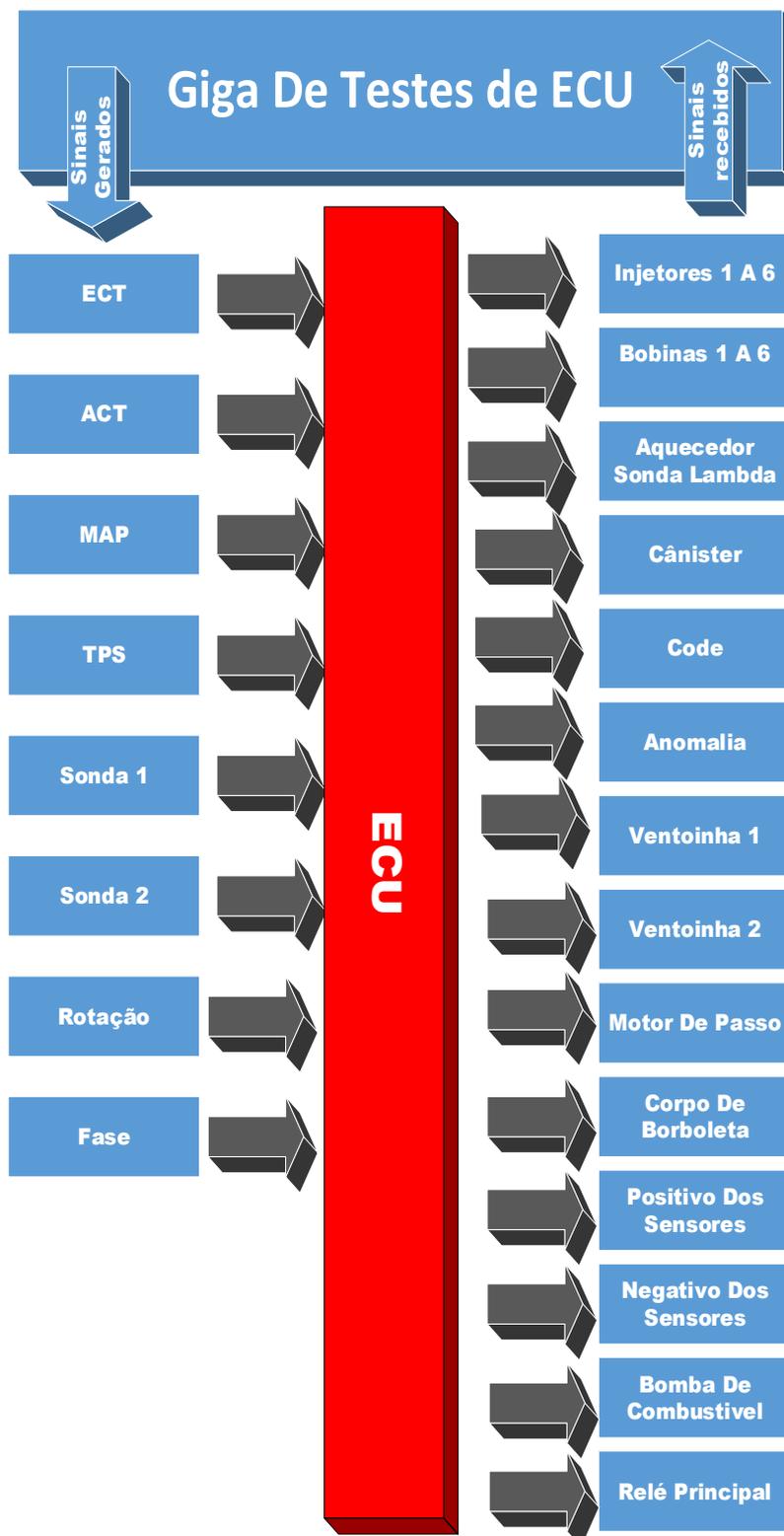
Fonte: Autor

**Figura 56 - Vista interna**



Fonte: Autor

Figura 57 - Diagrama de blocos da giga



Podemos observar do lado esquerdo os sinais que são simulados pela giga de Testes, que envia para a ECU, para que estes sinais sejam processados.

Após o processamento dos sinais a ECU, envia para os atuadores um comando de acionamento, que observamos do lado direito do diagrama de blocos. Estes acionamentos são visualizados através de relés e leds onde podemos observar o seu correto funcionamento.

## 5 CONCLUSÃO

Ao final do estudo sobre o funcionamento das ECU de EFI, como apresentado no capítulo 2, adquirimos conhecimentos necessários para compreender o que era necessário para determinar o funcionamento de uma ECU de EFI em bancada. Foi desenvolvida uma Giga de Testes que simula os sinais dos sensores fazendo com que a ECU de EFI entre em funcionamento como se ela estivesse instalada no veículo. Então recebe os sinais de saída da ECU de EFI, que normalmente iriam para os atuadores do veículo, mas que são monitorados dentro do equipamento através de *interfaces* visuais e sonoras.

Pode-se testar de forma eficiente o funcionamento de uma central de injeção eletrônica em bancada, permitindo testes e análises mais apuradas e seguras do que os testes feitos diretamente no veículo. Destaca-se apenas que o equipamento substitui o veículo para avaliar o estado de funcionamento das interfaces de entrada e saída da ECU de EFI, mas não substitui a necessidade de outros equipamentos para realizar calibrações junto ao motor.

Apesar de o projeto ter-se limitado às ECU de EFI, o conceito pode ser adaptado futuramente a outros tipos de centrais contidas no veículo.

### 5.1 Propostas Futuras

- Criar novos sinais de rotação e fase para novos veículos
- Desenvolver circuitos de sensores e atuadores para veículos de combustão diesel.
- Criar um circuito de comunicação com a ECU para substituir a utilização do Scanner.
- Variar tensão de alimentação para simular bateria baixa.

- Criar um sistema programável de testes para ECU, onde contenha vários procedimentos de testes e faça uma análise automática.
- Redução do numero de placas no equipamento.

## REFERÊNCIAS

BOSCH, R. , Apostila Técnica de Gerenciamento de Motor. São Paulo. 2009.

BOSCH, R. , Ignição. São Paulo. 1999.

BOSCH, R. , Sistemas de Injeção Eletrônica. São Paulo. 2010.

BOSCH, T.I., Automotive Electronics for Safety, Comfort, and Reliability. Stuttgart. 98/99.

CAPELLI, A., Eletroeletrônica Automotiva: injeção eletrônica, arquitetura do motor e sistemas embarcados. São Paulo, SP: Editora Erica, 1.ed. , 2010.

DIAS, A., Injeção Eletrônica – O que você deve saber sobre sensores. 2011.

Disponível em: <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/mecanica-automotiva/2011/09/injecao-eletronica-o-que-voce-deve-saber-sobre-sensores./>> Acesso em: 01 de maio de 2017.

THOMAZINI, Daniel ALBUQUERQUE, Pedro U.B. Sensores Industriais