

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Curso de Engenharia Elétrica

PEDRO LUIZ FAZIO JUNIOR

**SIMULADOR DE SINAIS DE FASE E ROTAÇÃO PARA
MOTORES OTTO**

Itatiba
2012

PEDRO LUIZ FAZIO JUNIOR – R.A. 002200800530

**SIMULADOR DE SINAIS DE FASE E ROTAÇÃO PARA
MOTORES OTTO**

Relatório apresentado à Banca Examinadora
do Trabalho de Conclusão do Curso de
Engenharia Elétrica para análise e
aprovação.

Orientador: Renato André Bakalereskis

Itatiba
2012

PEDRO LUIZ FAZIO JUNIOR

**SIMULADOR DE SINAIS DE FASE E ROTAÇÃO PARA MOTORES
OTTO**

Monografia aprovada no Programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Data da aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Profº André Renato Bakalereskis (Orientador)

Universidade São Francisco

Profº Renato Franco de Camargo (Examinador)

Universidade São Francisco

Alessandra de Machado Neto (Examinadora)

Convidada Externa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de concluir o ensino superior após cinco anos de dificuldades e conquistas, que direcionaram da melhor maneira o caminho certo para eu seguir profissionalmente e pessoalmente.

Aos meus pais, Pedro e Cássia, que ao longo desse tempo me apoiaram e passaram da melhor maneira suas experiências de vida, tanto profissional, quanto pessoal. E que em diversos momentos, deixaram de lado seus sonhos para contribuir com meu futuro.

A minha namorada Silvia Trevine, pelo apoio e paciência dedicados em três anos de convívio, sempre estando ao meu lado, colaborando e auxiliando nas horas mais complicadas de estudos.

Aos meus amigos, Rafael Perez e Fábio Delforno, que desde o início do curso de Engenharia Elétrica, passaram comigo por todos os momentos bons e difíceis. Desenvolvendo grandes projetos e trabalhos durante este período.

Ao meu orientador, André Bakalereskis pelo apoio e incentivo no projeto proposto, e a todos os professores que durante os anos de estudos e aprendizado, contribuíram com minha formação acadêmica.

“ Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos. ”

(Friedrich Nietzsche 1844-1900)

FAZIO Jr, Pedro Luiz. **Simulador de sinais para motores Otto**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2012.

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 conseqüentemente 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 artigo, pretende-se mostrar e comprovar que implantação deste simulador de sinais tem baixo custo de montagem – uma inovação para a empresa Robert Bosch –, ganho de tempo e maior campo de teste.

Palavra Chave: Injeção Eletrônica, ECU.

ABSTRACT

According to the development of new technologies and increase of interest by consumers, the automotive sector has been growing considerably in the past few years, targeting mainly the engine and its functional system. In theory, the electronic injection system was one of the major changes of vehicles, and its intention is: to reduce fuel expenditure, reduce the level of pollutants discharged from the exhaust besides to consequently improve mechanical and electrical factors. This work introduces the history and functionality of electronic fuel injection, sensors and actuators. However, the main goal is to present a new developed product, a signs simulator for automotive engines that is able to test the system for basic operation of a vehicle using the engine control unit, known as ECU (Engine Control Unit). With this article, intended to show and prove that the implementing of this signs simulator has low assembling cost – an innovation for the Robert Bosch company – time saving and a wider test field.

Keyword: Electronic Injection, ECU

LISTA DE ABREVIATURAS

ECU	Unidade de Comando Eletrônico
PMI	Ponto Morto Inferior
PMS	Ponto Morto Superir
PIC	Programmable Interface Controller
CAN	Controller Area Network
VW	Volkswagen
PSA	Pegout & Citroen
rpm	Rotação por minuto
ICSP	In Circuit Serial Programmer
OBD	On Board Diagose
LCD	Liquid Crystal Display
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
PROM	Programmable Read – Only Memory
RAM	Random Access Memory
I/O	Input / Output
GI	General Instruments

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os 4 estados de um ciclo completo do motor	02
Figura 2 – Diagrama básico de um sistema de injeção eletrônica.....	05
Figura 3 – Sinal de detonação do motor	07
Figura 4 – Sensor de detonação	07
Figura 5 – Gráfico de funcionamento do sensor.....	09
Figura 6 – Posição do sensor de rotação no motor	11
Figura 7 – Posição do sensor de fase no motor	12
Figura 8 – Sinal de fase (Camshaft – em vermelho) e Rotação (Crankshaft – em azul) produzidas pelo motor	13
Figura 9 – Imagem de uma unidade de controle do motor produzida pela Bosch	13
Figura 10 – Arquitetura simplificada de sinais em uma ECU.....	14
Figura 11 – Imagem de uma bancada de desenvolvimento.....	15
Figura 12 – Componentes interligados no barramento CAN	17
Figura 13 – Representação do PIC 16F877a	19
Figura 14 – Simulador de sinais para motores Otto	22
Figura 15 – Representação do Protótipo A.....	23
Figura 16 – Medição dos sinais de rotação (em verde) e fase (em amarelo) gerados pelo módulo.....	23
Figura 17 – Simulador de sinais em funcionamento	25
Figura 18 – Placa eletrônica para os sinais de fase e rotação	26
Figura 19 – Configuração do contraste e brilho do LCD	26
Figura 20 – Montagem dos potenciômetros do contraste e brilho do LCD	27
Figura 21 – Placa adaptada para os sinais de fase e rotação.....	27
Figura 22 – Demonstração do pino 1 do PIC 16F877a	28
Figura 23 – Procedimentos de montagem do regulador de tensão	28
Figura 24 – Diagrama elétrico dos bicos injetores e ignição do simulador de sinais.....	29
Figura 25 – Programa utilizado para desenvolver o software em linguagem C.....	30
Figura 26 – Programa utilizado para gravar o software no PIC 16F877a.....	31
Figura 27 – Bornes com os sinais necessários para gravação do software	32
Figura 28 – Medição dos sinais de rotação (em verde) e fase (em amarelo) gerados pelo simulador.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos pinos do PIC 16f877a - PLCC	20
Tabela 2 – Simulador de sinais reduz a lista de espera para realizarem testes em ECU	34
Tabela 3 – Valores para a construção do simulador, visando um modelo de baixo custo	35

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	9
-----------------	---

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURA.....	ii
LISTA DE FIGURA.....	iii
LISTA DE TABELA.....	iv
LISTA DE EQUAÇÃO.....	v
1.0 INTRODUÇÃO.....	01
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	02
2.1 Motores Otto.....	02
2.2 Sistema de Injeção de Combustível.....	03
2.3 Sistemas de Injeção Eletrônica.....	04
2.4 Funcionamento da Injeção Eletrônica.....	04
2.5 Sensores.....	05
2.6 Sensor de Detonação.....	06
2.6.1 Funcionamento do sensor de Detonação.....	06
2.7 Sensor Lambda.....	08
2.7.1 Funcionamento da sonda Lambda.....	08
2.7.2 Tipos de Misturas reconhecidos pela sonda Lambda.....	08
2.8 Sensor de Temperatura.....	09
2.9 Sensor de Rotação.....	10
2.10 Sensor de Fase.....	11
2.11 Sensor de rotação x sensor de fase.....	12
2.12 Unidade de Controle do Motor.....	13
2.13 Comunicação CAN.....	16
2.14 Microcontroladores PIC.....	17
2.15 PIC 16F877a.....	18
3.0 METODOLOGIA.....	21
3.1 Prática do projeto.....	22
3.1.2 Versão I e II.....	22
3.13 Procedimentos de funcionamento.....	24
3.2 Procedimentos de montagem.....	25
3.2.1 Placa eletrônica para tratamento de sinais e para PIC.....	25

3.2.2 Diagrama elétrico para montagem dos LED's da injeção/ignição	29
3.2.3 Programas para o desenvolvimento do software no PIC 16F877a.....	30
4.0 RESULTADOS	33
5.0 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICE	38

1.0 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, garantindo melhor segurança, menos poluição e grande economia para os consumidores.

As tecnologias presentes hoje no mercado buscam aprimorar os sistemas dos motores e criando um método mais compacto, ou seja, diminuindo cada vez mais os componentes utilizados. Porém a grande vantagem dessa tecnologia é a presença da unidade de comando do veículo, ela que gerencia o motor e controla a injeção eletrônica.

A unidade de comando também conhecida como ECU, recebe informações de sensores instalados em todas as partes do veículo, e deste modo passa a calcular e gerenciar os sinais enviando para os atuadores entrar em funcionamento como, por exemplo: medir temperatura, óleo, válvulas injetoras e etc.

Em tese, o sistema de injeção eletrônica foi uma das principais mudanças do veículo, 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 tem como objetivo o estudo de gerenciamento de motores Otto e injeção eletrônica, detalhando os componentes deste sistema. Com base no desenvolvimento de um simulador de sinais de fase e rotação, que tem como função simular os sinais básicos da unidade de comando e garantir que a peça esteja apta para uma futura aplicação ou garantir que o microcontrolador da mesma esteja travado, deste modo nenhum sensor físico vai ser utilizado para o funcionamento do teste apenas software do simulador.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Motores Otto

O motor de combustão interna é o tipo mais comum de motor para automóveis que existe, partindo desde pequenas motocicletas aos 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 é o mais comum entre os automóveis de pequeno porte, o qual é alimentado por gasolina ou etanol para realizar seu funcionamento. Este motor é caracterizado por 4 distintos momentos de funcionamento, e por conta disso também é conhecido como motor de 4 tempos.

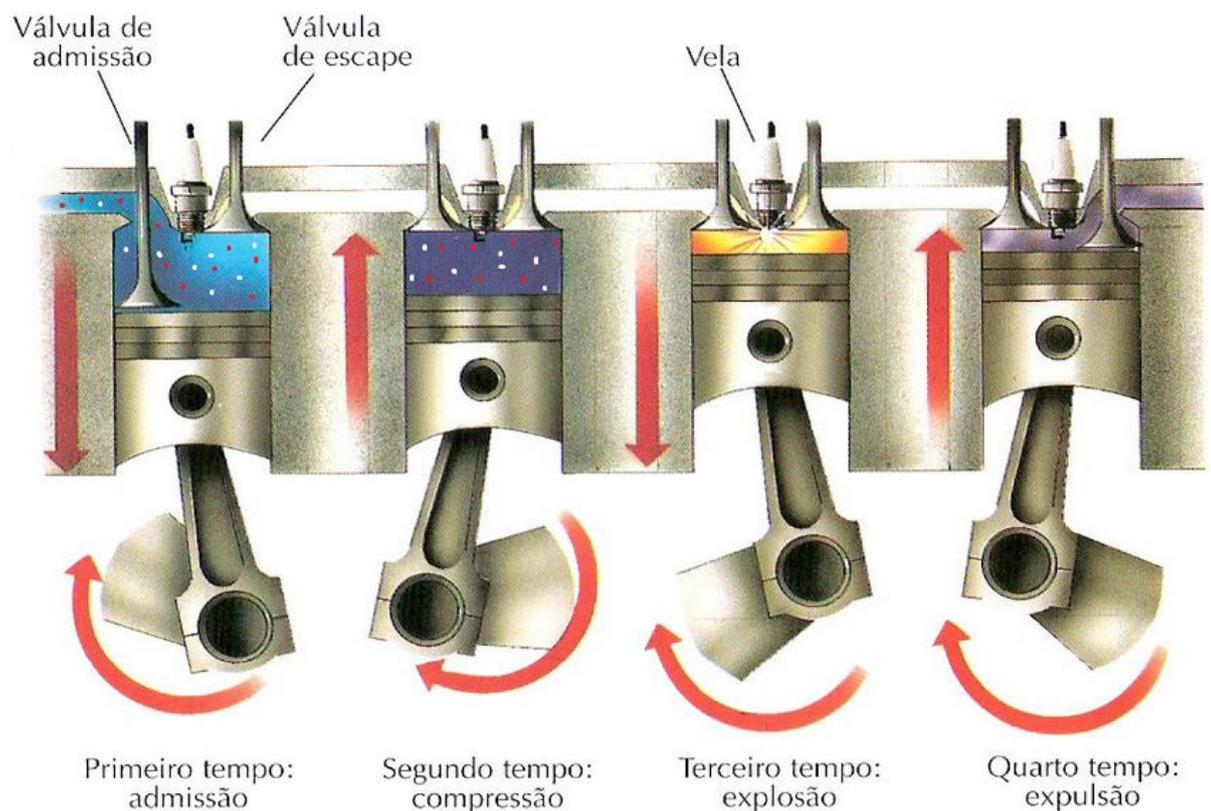


Figura 1: Os 4 estados de um ciclo completo do motor

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

O primeiro destes tempos é chamado de “admissão”, acontece enquanto a(s) válvula de admissão está aberta e o pistão está descendo. Neste momento, a mistura de ar (oxigênio) e combustível entra na câmara de combustão.

O segundo destes tempos é chamado de “compressão”, acontece enquanto todas as válvulas estão fechadas e o pistão está subindo. Neste momento, a mistura de ar (oxigênio) e combustível é comprimida.

O terceiro destes tempos é chamado de “explosão”, este 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. Neste 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 destes tempos são chamados de “escape” ou “expulsão”, acontece enquanto a(s) válvula de escape está aberta e o pistão está subindo. Neste momento, os gases gerados pela queima do combustível saem da câmara de combustão.

2.2 Sistemas de Injeção de combustível

Segundo BOSCH, 1998 em final dos anos 80 foi lançado o primeiro carro nacional com injeção eletrônica de combustível, *LE Jetronic*. Este sistema revolucionou o mercado, pois trouxe grandes vantagens em relação carros carburadas, pois reduziam grandes emissões de poluentes, reduzindo até 10 vezes menos, com isso a durabilidade dos motores começaram 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 este 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 Sistemas de injeção eletrônica

Ao 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 as necessidades encontradas para 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.

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.

Com o passar do tempo à evolução da injeção eletrônica propôs grandes melhorias para os funcionamentos dos veículos, implementando ao sistema do motor o rendimento necessário para a dirigibilidade do motorista.

2.4 Funcionamentos da Injeção Eletrônica

Para o funcionamento de um 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 a unidade de comando o valor de ar que foi adquirido durante o processo de admissão, obtido este 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 demonstra a figura abaixo:



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

2.5 Sensores

Os sensores são pequenos componentes que estão instalados em diversas partes do motor, estes componentes monitoram o funcionamento do motor desde a etapa de admissão até o escapamento.

Entretanto os sensores têm sinais físicos e químicos, para poderem enviar as informações para a unidade de comando, 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 mesma, a partir disso o mesmo determina o modo em que os atuadores precisam atuar.

Segundo DIAS, 2011, os sensores são classificados em várias classes como: Resistivos, Capacitivos, Geradores de sinal e Hall.

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. Recebe um sinal de 5V e retorna para a unidade de comando um sinal variável de 0V a 5V.

Capacitivos: Sensores capacitivos funcionam do mesmo modo que capacitores armazenam cargas elétricas variáveis e retornam a unidade de comando o mesmo sinal de 0V a 5V.

Geradores de sinal: Por meio de um fenômeno físico os sensores são capazes de gerar eletricidade. Geram o seu próprio sinal de referência.

Hall: Este sensor é o mais utilizado em veículos com injeção elétrica e o sistema de ignição. O sensor Hall também é um gerador de sinal, pois envia um sinal contínuo de 12V, onda quadrada, para a unidade de comando, com isso calcula a rotação do motor e identifica qual a posição atual do virabrequim.

2.6 Sensores de Detonação

O sinal de detonação é um grande risco para os automóveis, pois surgem silenciosamente detonando o motor, a maioria dos motoristas não conseguem identificar o barulho da detonação, com isso a unidade de comando opera para intervir essa grave situação.

Em inglês o sinal de detonação é conhecido como *Knock Sensor*, o sensor é instalado no bloco do motor e sua principal função é captar as detonações que ocorrem no funcionamento do motor, os fatores que ocasionam o problema são: aumento de aquecimento na câmara de combustão, variação de combustão, avanço grande no ponto de ignição.

O sensor capta as vibrações ocorridas durante a detonação e envia um sinal elétrico gerado internamente para a unidade de comando onde o programa de software vai fazer correções ideais, podendo evitar detonações e até mesmo amenizar para que não ocorra este sinal. O sensor é composto por um cristal piezo elétrico, que com suas características permitem que ele não seja alimentado, pois quando o piezo recebe algum impacto ou vibração do motor ele gera uma pequena corrente, e sua tensão é de aproximadamente 20mV à 300mV.

2.6.1 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 à 20kHz são reconhecidas pela unidade de comando, e essas

faixas são registradas na EPROM (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° 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 atrasa novamente $1,5^\circ$ até o máximo de atraso de 15° , passando isso pode causar problemas no funcionamento do motor. Após o encontro da falha o ponto de ignição a unidade de comando volta a ignição ao normal.

A figura 3 demonstra a parte com a maior amplitude é o sinal de detonação quando atingi a faixa específica, e o restante é o ruído que ocorre no funcionamento do motor. Na figura 4, o sensor de detonação é isolado por uma malha isolante para que durante seu funcionamento não haja alguma interferência de outro sinal, atrapalhando o funcionamento do sensor.

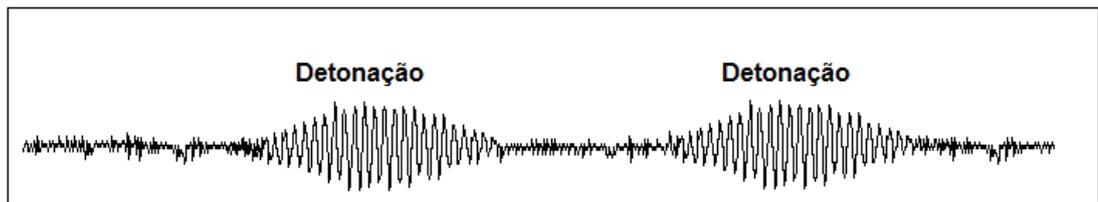


Figura 3: Sinal de detonação do motor.

Fonte: Laboratório de desenvolvimento, Bosch, 2012.



Figura 4: Sensor de detonação.

Fonte: Bosch, 2009

2.7 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. As principais funções da sonda lambda é detectar o oxigênio nos gases de escape, compará-la ao ar que esta localizada internamente na sonda (ar de amostragem), através de pulsos elétricos, informa a unidade de comando se há em excesso ou falta de oxigênio, para que a mesma faça as devidas modificações para ter a melhor mistura ar-combustível.

2.7.1 Funcionamento da sonda lambda

O sensor lambda como já visto é responsável pelo sistema de escape, com o funcionamento de um motor, a sonda lambda começa enviar sinais elétricos para a unidade de comando, porém a sonda lambda entra em funcionamento quando atingir a temperatura de trabalho 300° C, atingindo a temperatura a unidade de comando reconhece o aquecimento da sonda e coleta os sinais enviados e interpretará 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

2.7.2 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 do 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 com o fator lambda (λ) de acordo com a equação 1.

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

Deste modo:

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

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

A equação 1 define que após ciclos de informações entre a sonda lambda e a unidade de comando, quando $\lambda=1$ a mistura está estequiométrica, é a mistura ideal, pois a massa de ar está proporcionalmente correta com a massa de combustível admitida, se $\lambda < 1$ a mistura está rica, diminui a quantidade de combustível, e quando $\lambda > 1$ a mistura está pobre, a unidade de comando aumenta a quantidade de combustível até o momento da dosagem considerada ideal.

A figura 5 abaixo é um gráfico representando os pontos de funcionamento da sonda lambda.

- a) Mistura rica
- b) Mistura pobre

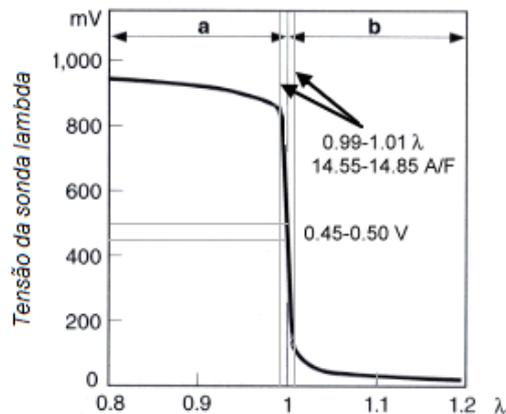


Figura 5: Gráfico de funcionamento do sensor

Fonte: Apostila técnica, Bosch, 1999.

2.8 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 duas resistências ligadas em suas extremidades, em uma das pontas a resistência é ligada internamente na unidade de comando e a outra ponta resistiva que em contato com o fluido de arrefecimento, o sensor reage às alterações de temperatura do fluido variando a 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.

2.9 Sensor de rotação

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. O sensor passa informações para a injeção eletrônica (tempo de injeção) e ignição (avanço ou atraso da centelha)

Os sistemas de injeção eletrônica e ignição precisam trabalhar em sincronia, deste modo quando aceleramos ou reduzimos a velocidade do veículo, o sistema trabalha em cima do sinal de rotação informando os demais sensores a quantidade de massa de ar admitida, o avanço ou atraso necessário da ignição e tempo de injeção de combustível sempre adequando as exigências do motor.

Deste 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 a frequências de oscilações e calcula a rotação do motor.

A figura 6 abaixo mostra o posicionamento do sensor de rotação acoplado no motor.

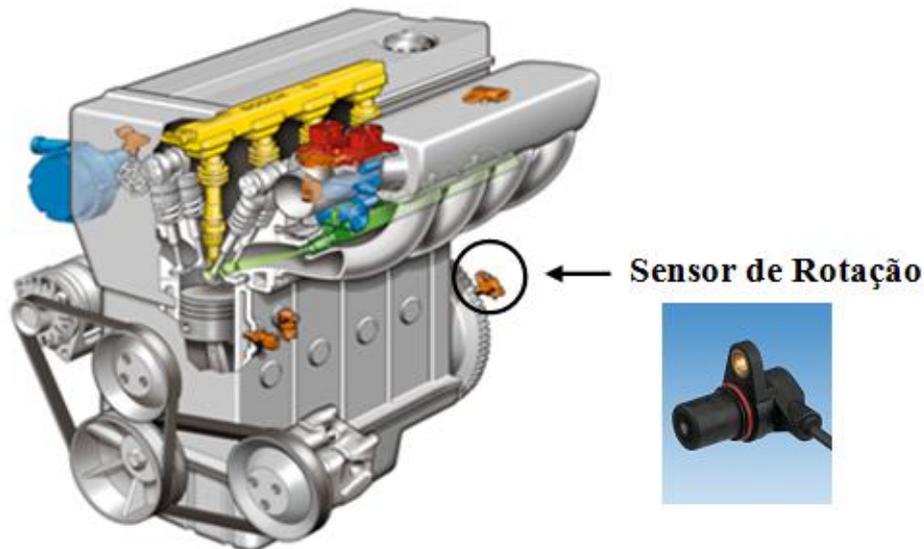


Figura 6: Posição do sensor de rotação no motor

Fonte: Apostila técnica, Bosch, 1999.

2.10 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.

A fim de superar essa limitação que ocorre 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 funcionar em veículos com comando de válvula variável.

Para a solução destes 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 7 abaixo mostra o posicionamento do sensor de rotação acoplado no motor.

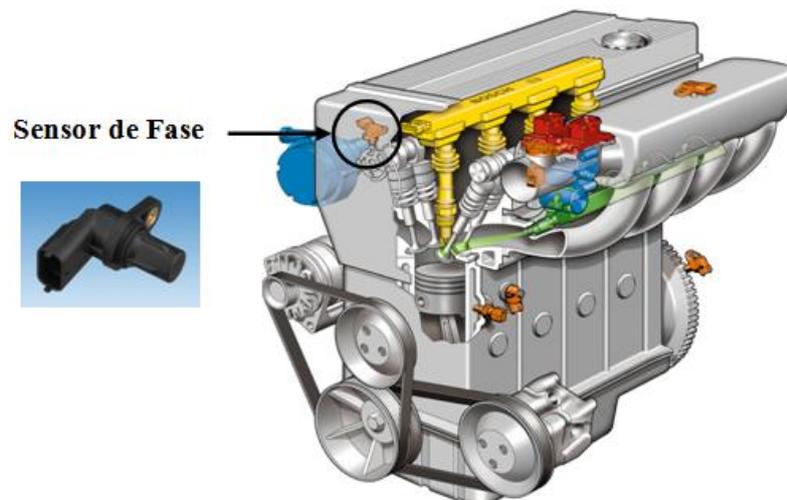


Figura 7: Posição do sensor de fase no motor

Fonte: Apostila técnica, Bosch, 1999.

2.11 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 8, onde o sinal de rotação se encontra em azul e o de fase em vermelho.

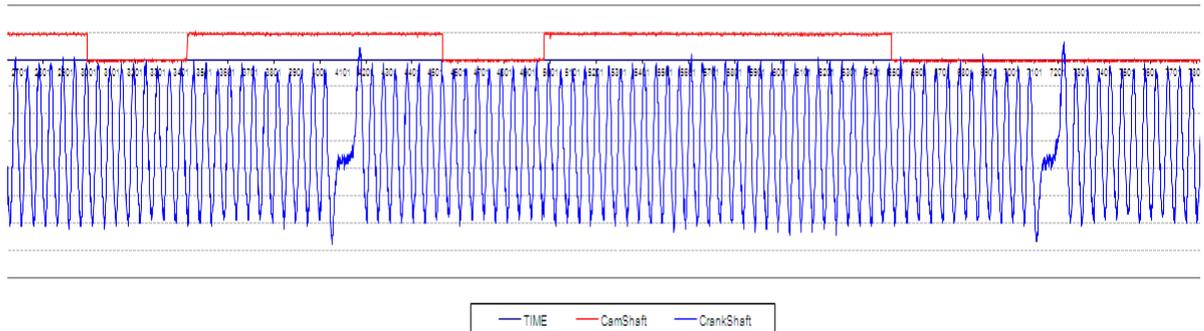


Figura 8: Sinal de fase (*Camshaft* – em vermelho) e Rotação (*Crankshaft* – em azul) produzidas pelo motor.

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

2.12 Unidade de Controle do Motor

A unidade de controle do motor (ECU), mostrada na figura 9 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 9 mostra o corpo de uma unidade de comando:



Figura 9: Imagem de uma unidade de controle do motor produzida pela Bosch.

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 10, que ilustram as entradas e saídas da ECU.

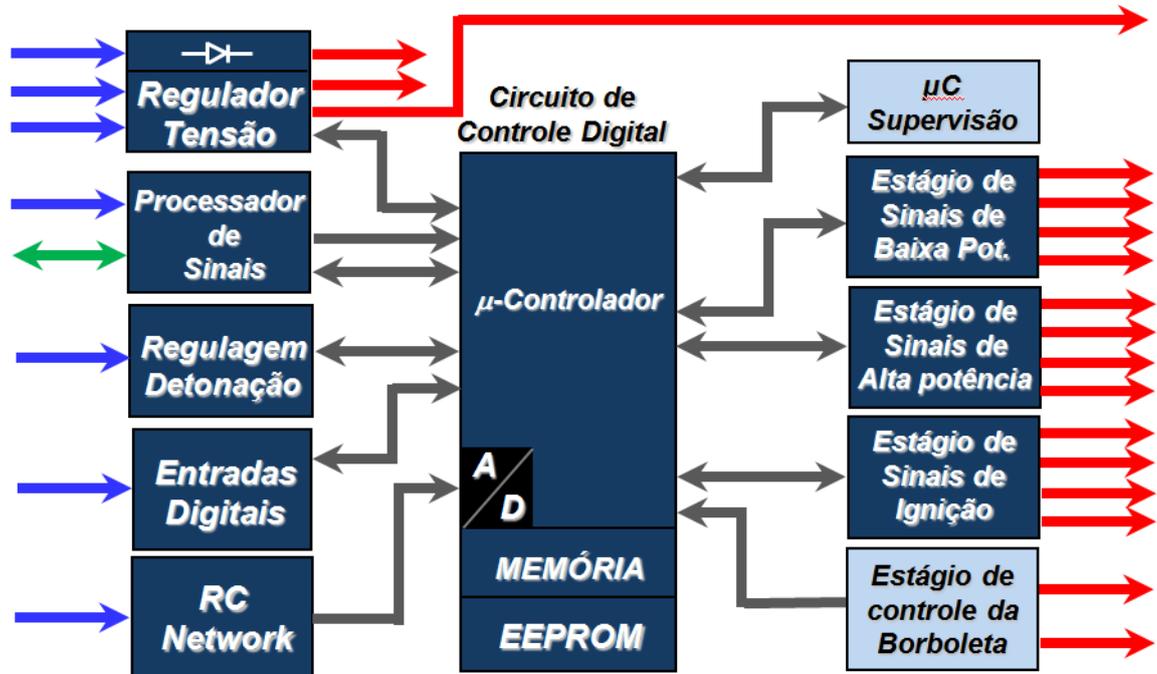


Figura 10: Arquitetura simplificada de sinais em uma ECU.

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 11 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).

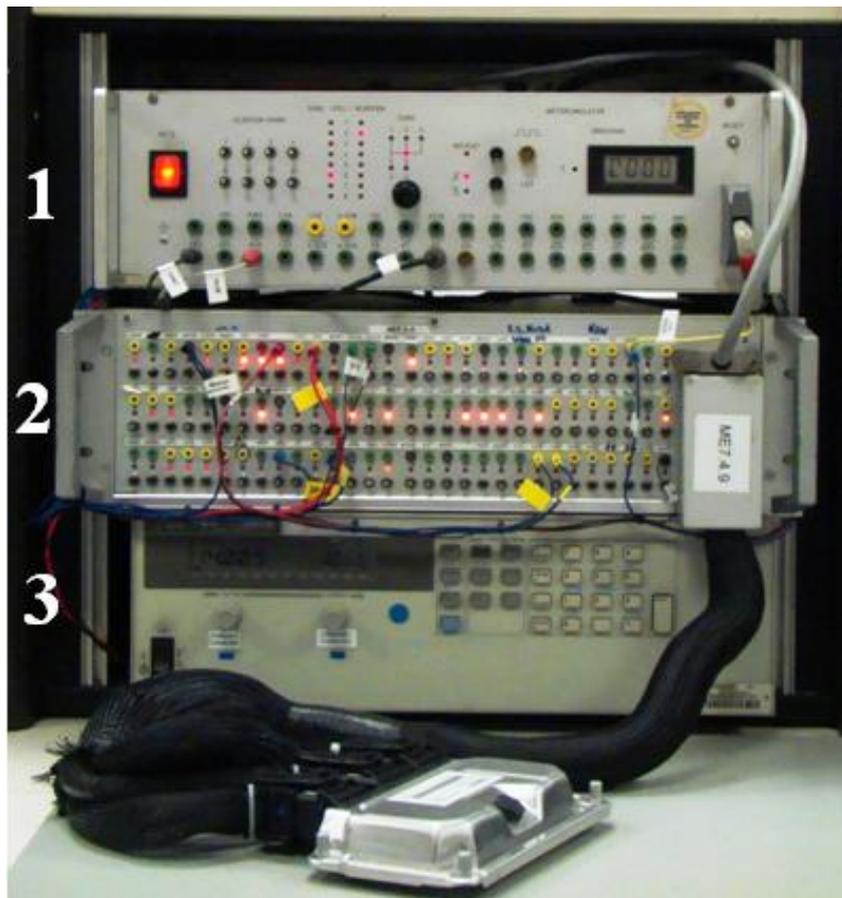


Figura 11: Imagem de uma bancada de desenvolvimento.

Fonte: Equipamentos do Laboratório de Desenvolvimento, Bosch.

De acordo com a figura 11, 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 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.

2.13 Comunicação CAN

O desenvolvimento da comunicação CAN começou quando mais e mais dispositivos eletrônicos foram implementados nos modernos veículos. Exemplos de tais dispositivos incluem sistemas de gerenciamento do motor, suspensão ativa, ABS, controle de câmbio, controle de luzes, ar condicionado, airbag e central de trava elétrica. Tudo isso significa mais segurança e mais conforto para o motorista e, é claro, uma redução de consumo de combustível e gases de emissão.

Melhorar as características do veículo era necessário para que os diferentes sistemas de controle (e seus sensores) pudessem trocar informações, Isto era normalmente feito por conexão discreta entre os diferentes sistemas (ou seja, ligação ponto a ponto). A exigência para a troca de informação cresceu de tal forma que foram necessários cabos com comprimento de até vários quilômetros e com muitos conectores. Isso acarretou problemas crescentes relativos ao custo do material, tempo de produção e confiabilidade.

Com o uso do CAN, a ligação ponto a ponto foi substituída por um barramento CAN que conecta todos os sistemas de gerenciamento. Isto é realizado inserindo-se um pequeno hardware específico do CAN em cada unidade de comando. Este hardware provê as “regras” ou o protocolo para transmitir e receber informações pelo barramento.

Segue a figura 12 abaixo, a ligação dos componentes no barramento CAN para realizar a comunicação.

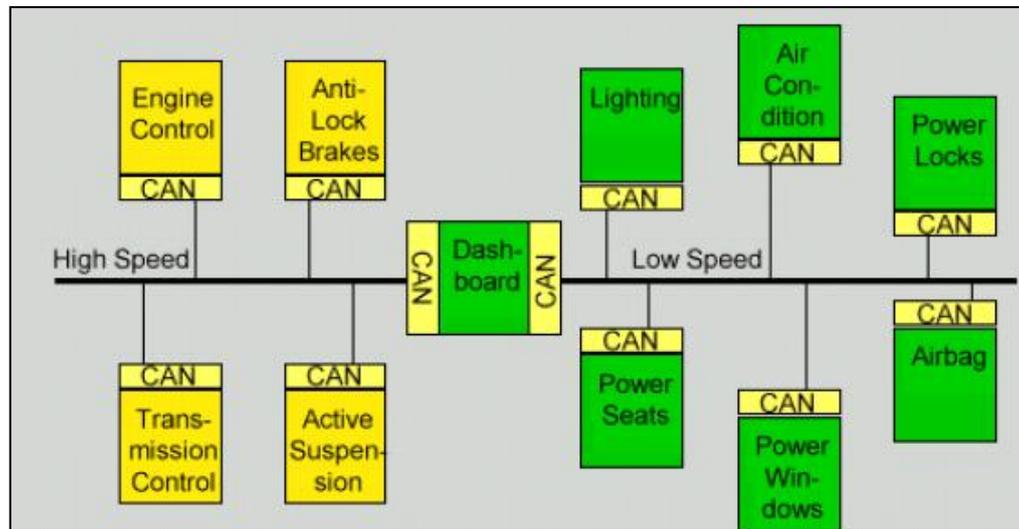


Figura 12: Componentes interligados no barramento CAN.

Fonte: CAN Controller Area Network – Bosch, 2002.

Segundo MARQUES, 2004, o barramento CAN ligado a vários módulos eletrônicos que serão responsáveis por captar, interpretar e analisar as informações relacionadas às respectivas partes controladas do automóvel.

As informações podem ser vistas através de um computador externo, local ou remoto, verificando se os componentes do veículo estão funcionando corretamente.

2.14 Microcontroladores PIC

Segundo SOUZA, 2011, poderíamos definir o microcontrolador como um pequeno componente eletrônico, dotado de uma “inteligência” programável, utilizado no controle de processos lógicos. A sigla PIC que significa “Controlador Integrado de Periféricos”, foi criado pela Microchip que adotou para a sua família de microcontroladores.

O microcontroladores atualmente é utilizado na maioria dos equipamentos eletroeletrônicos e são conhecidos como chips inteligentes, que tem um processador, como vários pinos de entradas e saídas e memória. Contudo ao realizar uma programação no microcontrolador pode – se controlar as saídas, tendo com referência a entrada ou o programa interno.

Existem vários tipos de microcontroladores, mas variam com tamanhos diferentes de memórias, velocidade de processamento etc. Atualmente as maiorias dos produtos eletrônicos utilizam essa tecnologia pelo custo ser muito baixas e com recursos muito avançados que conseguem controlar.

Nos veículos, por exemplo, o microcontroladores são muitos utilizados para o controle do motor, pois recebem sinais e controlam suas saídas através de cálculos matemáticos.

O PIC é um circuito integrado da família dos microcontroladores fabricados pela *Microship Technology Inc.*, pois é classificado com o o microcontrolador mais completo da classe onde tem todos as características para um sistema digital programável.

As memórias internas do PIC são constituídas em 2 tipos:

- PROM ira memorizar de maneira precisa todas as instruções do programa.
- RAM utilizada para memorizar todas as variaveis utilizadas pelo programa.

Os sistemas de I/O (entradas e saidas) servem para controlar diferentes tipos de sensores, sensores externos e até mesmo receber pulsos de outros componentes e chaves.

Com todas as suas características, e particularmente sendo um chip integrado e da família dos microcontroladores, podemos verificar que existe uma gama de trabalhos que podem ser desenvolvidos , utilizando poucos componentes.

2.15 PIC 16F877a

O microcontrolador 16F877 iniciou-se sua origem no ano de 1965, quando a companhia GI (*General Instruments*) , criou sua Divisão de Microeletrônica. Assim essa divisão foi umas das primeiras a criar arquiteturas de EPROM e EEPROM viáveis. Após esta arquitetura, surgiram os primeiros processadores 16 bits conhecidos como: CP16000.

Como este microprocessador tinha grandes deficiências na entradas/saídas, com inúmeras pesquisas a GI criou o PIC (*Peripheral Interface Controller*). O PIC foi projetado tendo em vista a rapidez para processar entradas e saídas para 16 bits, com isso ganhou mercado e atualmente está sendo muito utilizado na eletrônica.

Existe inúmeros tipo de PIC no mercado, as versões podem mudar as entradas, saídas, processamento, memória etc. O PIC 16F877a tem uma unidade lógica aritmética que pode realizar operações de adição, subtração e deslocamento de operações lógicas.

Um exemplo prático para a utilização do 16F877a, é a aplicação no Simulador de Sinais para Motor Otto que através de um software que gerencia os sinais de fase e rotação, deste modo, os métodos matemáticos foram utilizados para processar da melhor maneira o software.

Conforme a figura 13 abaixo, o corpo físico de um PIC 16F877a.

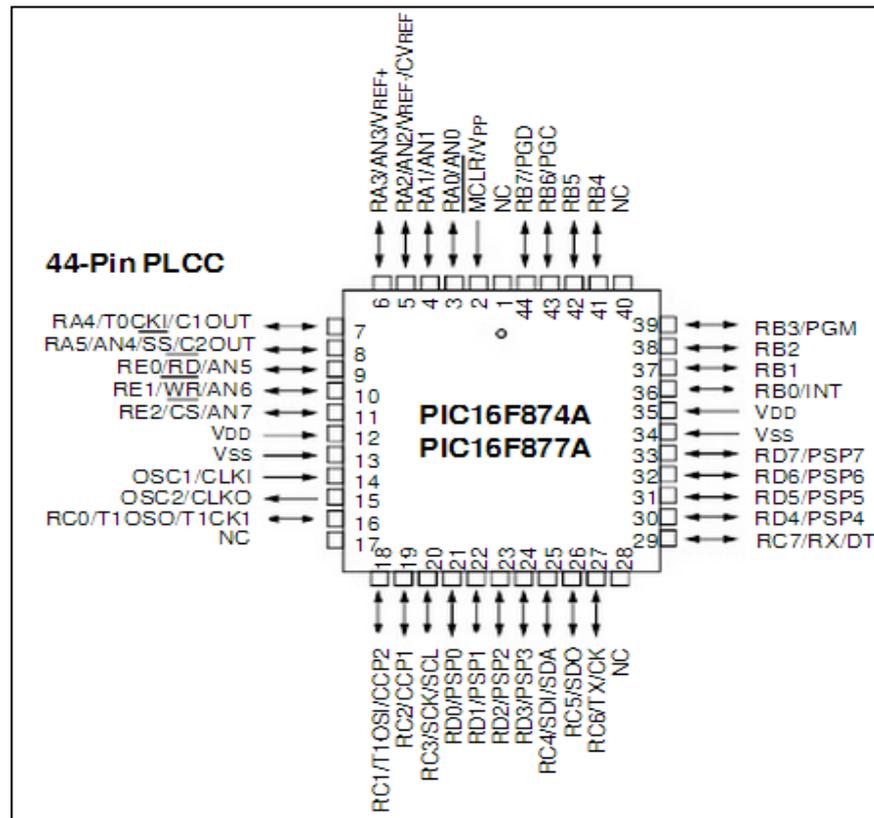


Figura 13: Representação do PIC 16F877a

Fonte: Microcontroladores PIC: Técnicas de Software e Hardware, Circuitos Eletrônicos, 2006

Tabela 1: Descrição dos pinos do PIC 16f877a - PLCC

Nome do pino	Pinos	Descrição
VSS	13,34	Ground para Digital I/O
VDD	12,35	Alimentação para Digital I/O
NC	1,17,28,40	Não conectado
RA0 – RA5	3,4,5,6,7,8	Digital I/O – Porta A
RB0 – RB7	36,37,38,39,41,42,43,44	Digital I/O – Porta B
RC0 – RC7	16,18,19,20,25,26,27,29	Digital I/O – Porta C
RD0 – RD7	21,22,23,24,30,31,32,33	Digital I/O – Porta D
RE0 – RE2	9,10,11	Digital I/O – Porta E
OSC1/ CLKI	14	Oscilador Cristal – Input
OSC2/ CLKO	15	Oscilador Cristal – Output

Fonte: PIC 16F87xA Datasheet – Microchip, 2003

3.0 METODOLOGIA

Para a realização do projeto do simulador foi proposto à construção de uma caixa plástica onde consiste simular os principais sinais de um veículo. Os sinais são gerados e controlados pela Unidade de Comando do veículo através de um software que gerencia da melhor maneira possível e transmite os dados para o Simulador de Sinais. O projeto tem um tamanho reduzido para ter mais versatilidade para o uso, para melhores aplicações e para garantir maior qualidade em simulação, e poder ser utilizado em campo.

Depois de estudar as condições do sistema foi construída uma caixa plástica com sinais de fase e rotação que contando com botões de interface, um display alfanumérico 16x2 para a seleção do tipo de motor e exibir a rotação em rpm do mesmo, bem como um micro controlador PIC16F877A, o que permitirá não só facilitar e agilizar a construção, mas também a atualização deste sistema para futuros motores. Também foi construído um circuito de tratamento dos sinais lógicos de saída do micro controlador para os corretos níveis de tensão e corrente, a fim de simular corretamente o funcionamento dos mesmos.

Para testar a Unidade de Comando um chicote elétrico foi desenvolvido para conectar até o simulador, através de dois conectores com 48 pinos cada. O simulador foi projetado com os 2 principais sinais do motor para poder simular e avaliar uma Unidade de Comando, este projeto não terá a necessidade de conectar componentes físicos para realizar testes, pois o próprio software gera esses principais sinais utilizados na unidade de comando.

Os sinais mais robustos foram descartados, pois precisam do sensor conectado no simulador e não tinham necessidades de serem aproveitados. Para que o projeto fosse validado, a simulação dos sinais foi testada em diferentes tipos de ECU necessitando não somente ser compreendido qualitativamente, mas também quantitativamente, onde a rotação do motor em rpm (rotações por minuto) informada pela caixa geradora no display gráfico.

Abaixo na figura 14 ilustrada o simulador de sinais.



Figura 14: Simulador de sinais para motores Otto.

3.1 Prática do projeto

O simulador foi realizado em duas versões de montagens diferentes, renomeados como versão I e versão II. Cada versão tem uma montagem diferente, o projeto resultou em um simulador de sinais, com isso a soma das versões I e II resultou o produto final. A versão II é a montagem mais atualizada.

Com metas x tempo definido, foram planejadas as prioridades para cada versão, obtendo os sinais que necessitam do microcontrolador para serem controlados.

3.1.2 Versão I e II

Com a finalidade de desenvolver a versão I para atender com os sinais de maior prioridade, a montagem foi realizada em um uma caixa plástica de 400x600 mm, com um visor LCD, para determinar a rotação desejada para diferentes tipos de projetos, podendo visualizar os sinais injetores e de ignição através de LED's.

Abaixo a figura 15, demonstrando o protótipo A finalizado.

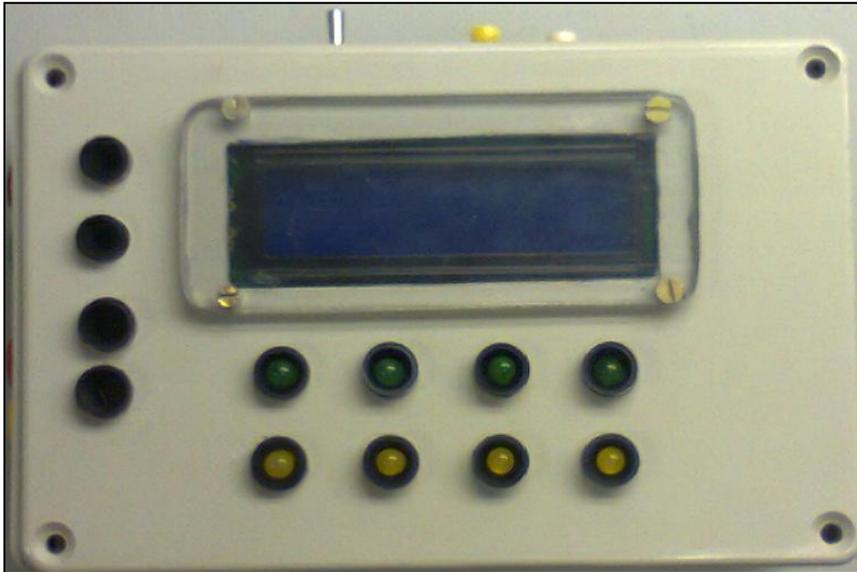


Figura 15: Representação do Protótipo A

Os sinais mais importantes que podemos ter em uma unidade de controle do motor, foram desenvolvidos na versão I, que é auxiliado através de um microcontrolador PIC16F877A. Em veículos os sinais de rotação e fase trabalham sincronizados para enviar a unidade de controle do motor qual a rotação exata e onde se encontra o cilindro do motor (admissão, expansão, compressão ou escape), com isso a injeção de combustível é administrado da melhor maneira. A figura 16 exhibe o sinal de rotação (em verde) e fase (em amarelo) geradas pelo sistema.

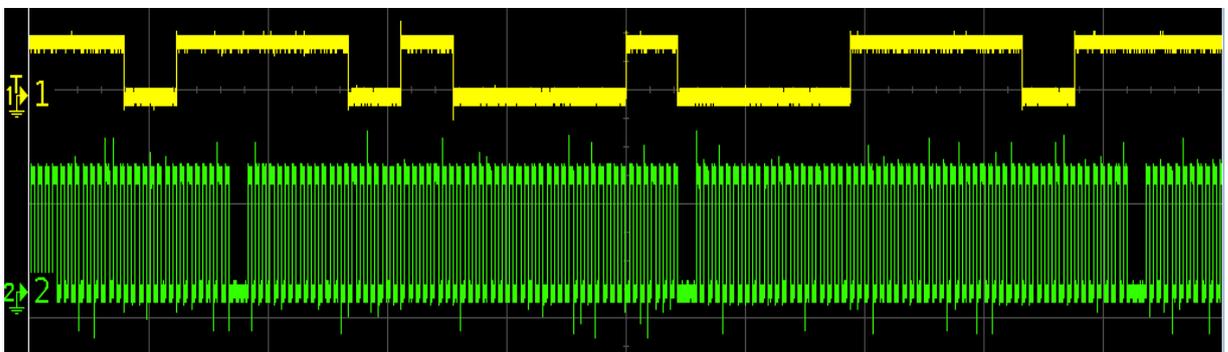


Figura 16: Medição dos sinais de rotação (em verde) e fase (em amarelo) gerados pelo módulo.

Fonte: Equipamento do Laboratório de desenvolvimento, Bosch, 2012.

Com os processos dos sensores de rotação e fase informando a ECU os dados importantes, dentro do sistema de injeção do motor, visualizamos os bicos injetores e o sistema de ignição, que tem sua importância no sistema do motor. A injeção com sua eficiência em determinar ao motor a quantidade de combustível correta, em função das condições atuais do motor, conduzindo o melhor rendimento dos veículos.

O sistema de ignição de seu veículo deve trabalhar em perfeita harmonia com o resto do motor. O objetivo é que o combustível seja queimado exatamente no momento certo, de modo que os gases em expansão possam produzir o maior trabalho possível. Se o sistema de ignição gerar a centelha no momento errado, a potência diminuirá e o consumo de combustível e as emissões de gases poderão aumentar.

3.1.3 Procedimentos de funcionamento

O procedimento de funcionamento do simulador, inicia-se com uma alimentação externa nos bornes de tensão com 12 V (volts), limitando a corrente da Fonte de Alimentação para 2A (ampère), para a segurança do circuito eletrônico e da Unidade de Comando. Após inserir a tensão correta o display irá se inicializar com o nome do projeto “**SIMULADOR**”. Através do botão “SEL”, pode-se selecionar 3 projetos de clientes como: PSA, VW ou FIAT.

Para cada projeto acima, é utilizado no software às especificações referentes a cada cliente, ou seja, para definir o sistema de rotação quantos “dentes” têm a roda fônica, e o tempo de sincronização do sensor de fase com o sensor de rotação.

Determinando o projeto desejado, o menu indicara a rotação atual e com isso os botões “↑” e “↓” pode variar o valor da rotação.

O botão KL15 no lado da caixa, alimentará a Unidade de Comando do veículo, inicializando o funcionamento. Com isso o valor fixo da rotação será informado a Unidade de Comando do veículo para controlar o tempo de injeção de combustível e o ângulo de avanço ou atraso da centelha da ignição. Contudo, os LED's no superior da caixa do projeto, simulará o momento em que o veículo esta injetando o combustível e ocorrendo a centelha da ignição.

Segue abaixo a figura 17, a versão II do simulador de sinais em funcionamento com os LED's piscando simulando a injeção e ignição.



Figura 17: Simulador de sinais em funcionamento

3.2 Procedimentos de montagem

Agregando os conteúdos enfatizados nos capítulos anteriores para efetuar a montagem e testes do circuito proposto em uma caixa plástica. Após executar as experiências com o projeto verificam-se possíveis ganhos em facilidade de uso, baixo preço e ganho em tempo, com base neste estudo agregou-se conteúdos teóricos e práticos adquiridos ao decorrer da graduação.

3.2.1 Placa eletrônica para tratamentos de sinais e para PIC

Inicialmente foi utilizada uma placa eletrônica já existente na empresa Robert Bosch, e para o projeto do simulador de sinais foi adaptada para as funções de tratamentos de sinais de Rotação e Fase.

Segue abaixo a figura 18, placa eletrônica para ser adaptada.

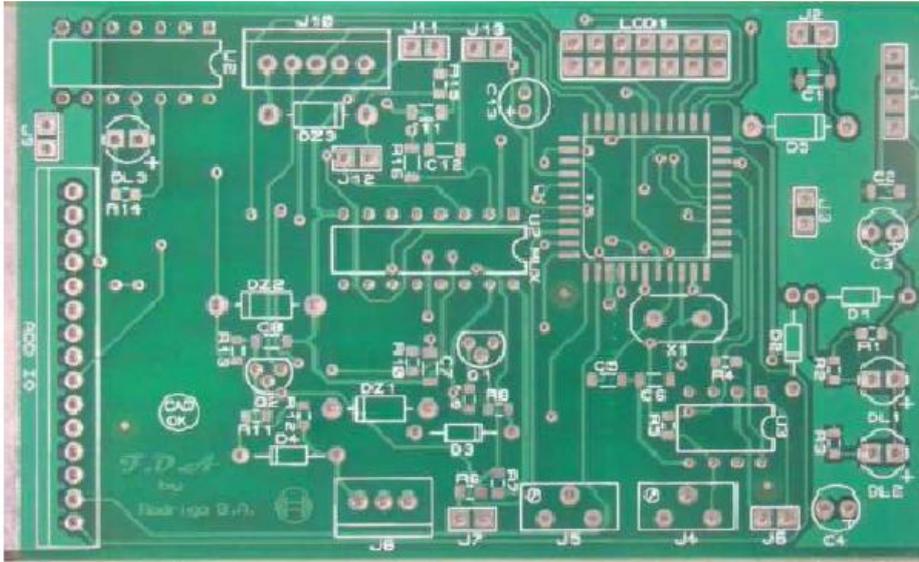


Figura 18: Placa eletrônica para os sinais de fase e rotação.

1) Primeiro passo para a montagem da placa é inserir 2 potenciômetros de 2k2 Ω para a regulagem de brilho e contraste do display de LCD 16x2. Segue abaixo a figura 19, a configuração dos pontos para serem ligados os contraste e regulagem do brilho.

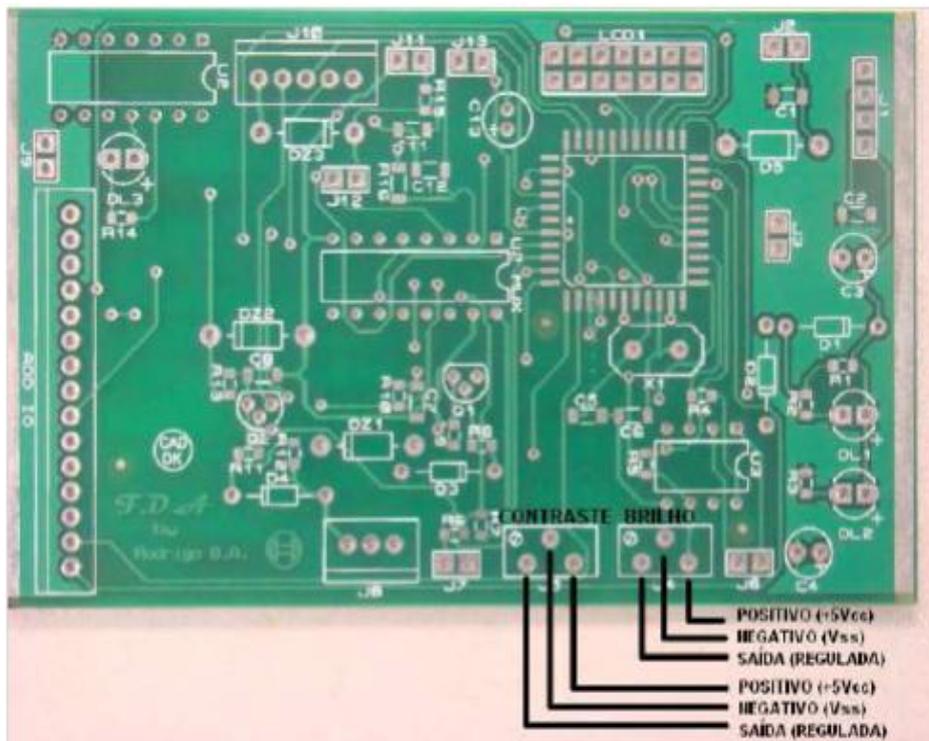


Figura 19: Configuração do contraste e brilho do LCD

3) Demonstração do pino 1 do PIC 16F877a, para se houver alguma necessidade de testar a alimentação ou tem maior facilidade de encontrar outros pinos através do pino1. Segue abaixo a figura 22.

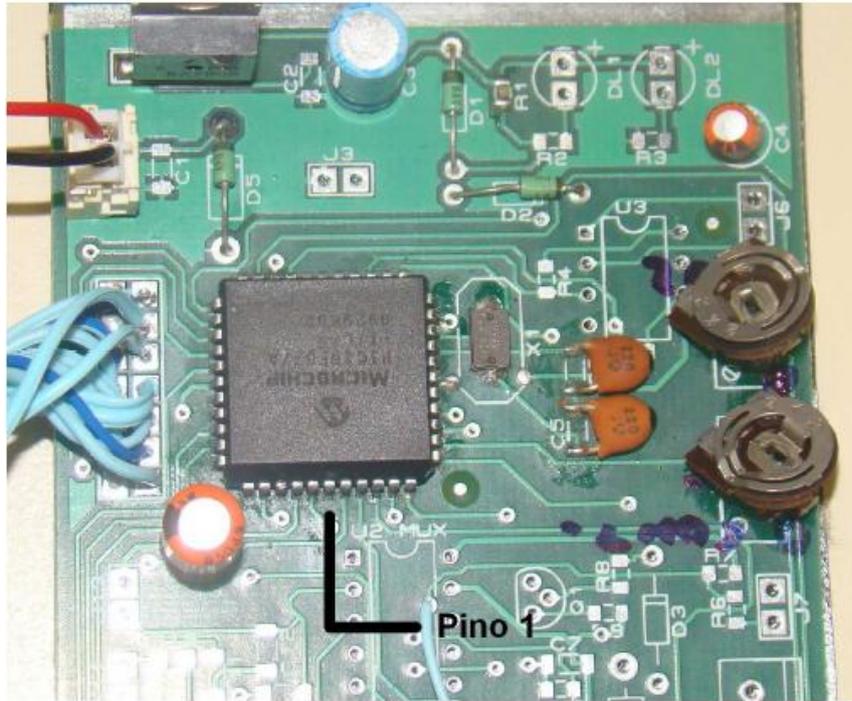


Figura 22: Demonstração do pino 1 do PIC 16F877a

4) Faz-se um jumper com solda nos seguintes pinos do regulador J1. Monta-se então o regulador de tensão LM 7805 da seguinte maneira. Segue abaixo a figura 23 com a demonstração de montagem:

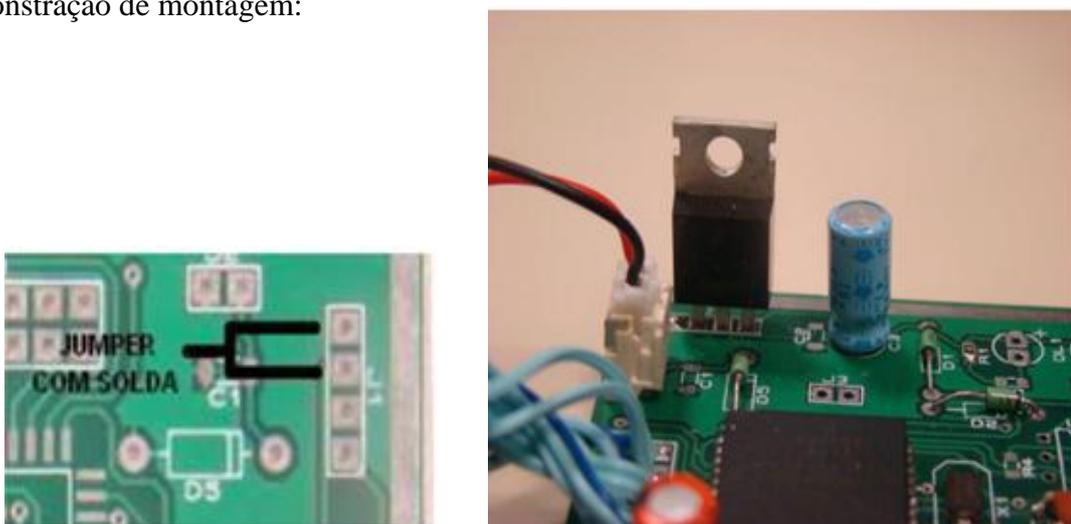


Figura 23: Procedimentos de montagem do regulador de tensão

3.2.3 Diagrama elétrico para montagem dos LED's da injeção/ignição

Com o desenvolvimento da placa eletrônica para gerar os sinais de fase e rotação, é necessário a montagem dos LED's para simular os bicos injetores e a ignição, com a rotação desejada os led's piscara determinando o momento de injeção de combustível e a centelha da ignição. Segue a figura 24 abaixo, o diagrama elétrico da injeção e ignição do simulador de sinais.

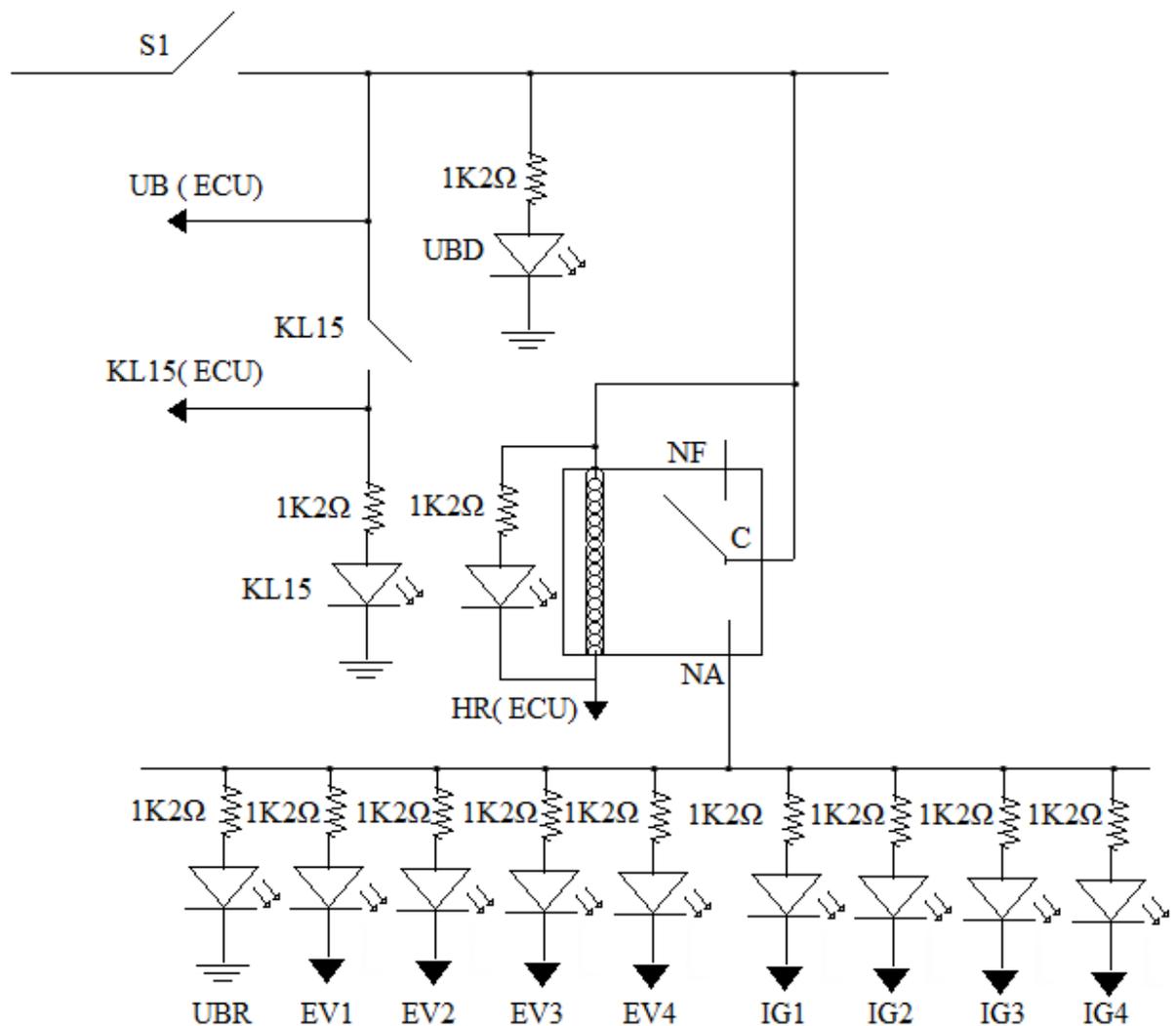


Figura 24: Diagrama elétrico dos bicos injetores e ignição do simulador de sinais.

Com o acionamento da chave S1 obterá a tensão de 12 V, com isso energizara todo o circuito. Após a chave ser comutada o simulador está alimentado com a tensão de 12V, deste modo o led UBD acendera indicando a caixa energizada.

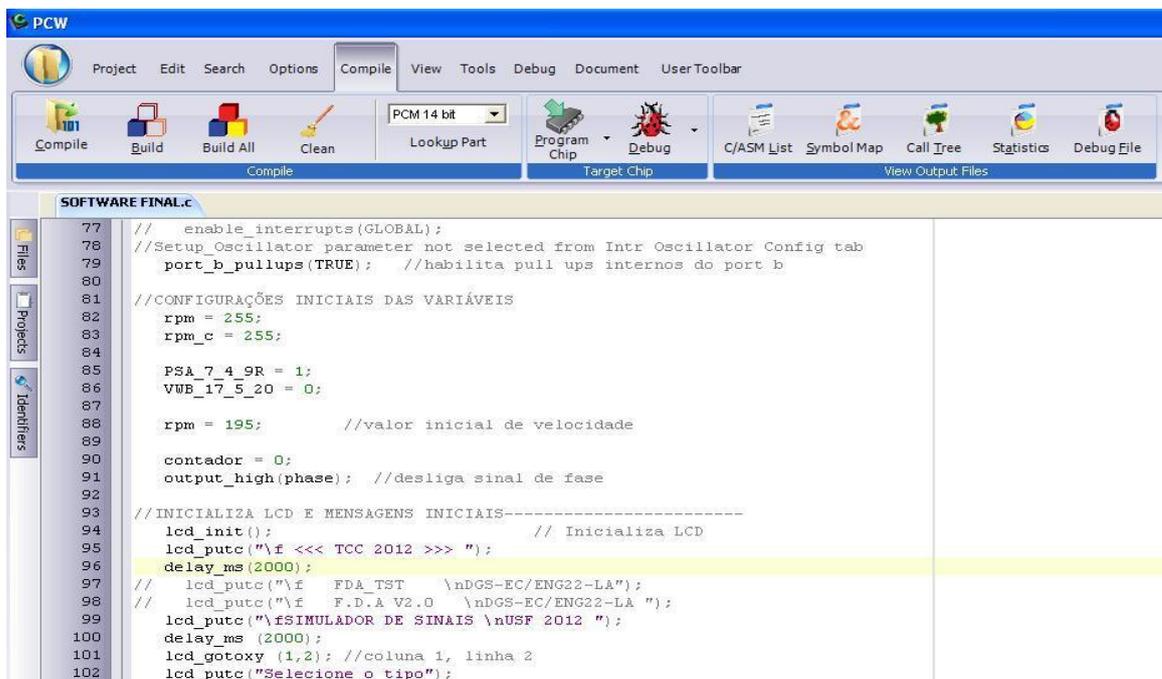
Para o simulador entrar em funcionamento é necessária a comutação da chave KL15, que enviara um sinal para a ECU através do chicote elétrico, a mesma ira processar e entender esses dados enviados pelo simulador de sinais, e retornara um sinal de HR, que seria a alimentação do relé. O HR entra em funcionamento e alimentara os led's de injeção e ignição. As setas representadas na figura 24 indicam que estes sinais estão sendo enviados para a ECU captar as informações e entrar em funcionamento.

O funcionamento em conjunto da placa eletrônica de fase e rotação e a montagem elétrica da injeção e ignição é o resultado final do simulador de sinais, que terá o ciclo de montagem finalizado.

3.2.3 Programas para o desenvolvimento do software no PIC 16F877a

Como comentando anteriormente para o simulador foi utilizado um software para controlar os sinais de fase e rotação, com isso os sensores físicos não foram utilizados, pois o propósito é apenas simular os sinais através de leds.

Desenvolveu-se um software através do programa **CCS C COMPILER** em programação com linguagem C. A figura 25 é representação do programa utilizado para desenvolver o software:



```

77 // enable_interrupts(GLOBAL);
78 //Setup_Oscillator parameter not selected from Intr Oscillator Config tab
79 port_b_pullups(TRUE); //habilita pull ups internos do port b
80
81 //CONFIGURAÇÕES INICIAIS DAS VARIÁVEIS
82 rpm = 255;
83 rpm_c = 255;
84
85 PSA_7_4_9R = 1;
86 VWB_17_5_20 = 0;
87
88 rpm = 195; //valor inicial de velocidade
89
90 contador = 0;
91 output_high(phase); //desliga sinal de fase
92
93 //INICIALIZA LCD E MENSAGENS INICIAIS-----
94 lcd_init(); // Inicializa LCD
95 lcd_puts("\f <<< TCC 2012 >>> ");
96 delay_ms(2000);
97 // lcd_puts("\f FDA_TST \nDGS-EC/ENG22-LA");
98 // lcd_puts("\f F.D.A V2.0 \nDGS-EC/ENG22-LA ");
99 lcd_puts("\fSIMULADOR DE SINAIS \nUSF 2012 ");
100 delay_ms(2000);
101 lcd_gotoxy(1,2); //coluna 1, linha 2
102 lcd_puts("Selecione o tipo");

```

Figura 25: Programa utilizado para desenvolver o software em linguagem C

Após o desenvolvimento do software e revisão do mesmo, é salvo um arquivo .hex que será usado para a gravação do software no PIC. É necessária a utilização do programa **MPLAB** para gravar o software desenvolvido no PIC, com isso carrega-se o arquivo .hex e está pronto para o processo de gravação.

Segue a figura 26 com o programa MPLAB para ser utilizado para a gravação do PIC.

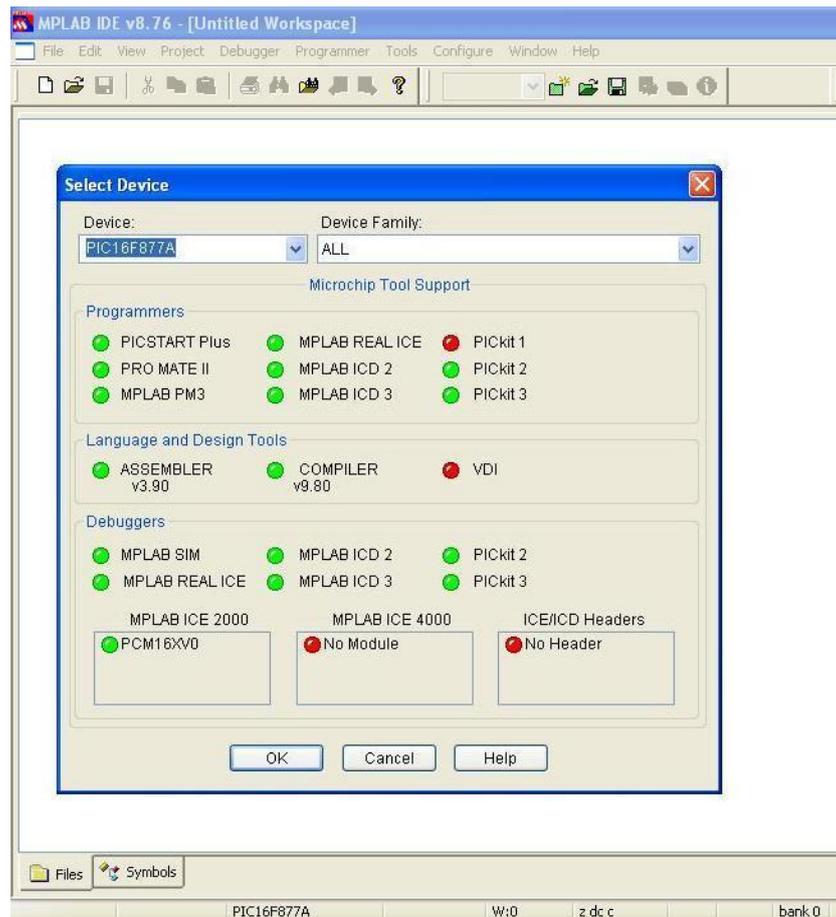


Figura 26: Programa utilizado para gravar o software no PIC 16F877a.

Para ter maior facilidade para a gravação o simulador de sinais tem os bornes externos na caixa para a gravação do PIC, e com isso não precisa ser retirado do circuito para ser programado, pois isso tem maior garantia no momento da execução. A figura 27 mostra os bornes do simulador para a gravação do software no PIC.

Esse método chama-se ICSP, é um circuito utilizado para programar PIC através da porta USB ou porta serial, isso facilita os processos de gravação do software. Para usar o método ICSP é necessário ter um chicote dos pinos PGD, GND, PGC, VPP ligados em uma

ponta com conexão USB, deste modo com a utilização do MPLAB, consegue-se a gravação sem a necessidade de retirar o PIC do circuito.

Na figura 27 o simulador de sinais com os bornes externos para a utilização do método ICSP:



Figura 27: Bornes com os sinais necessários para gravação do software.

As descrições de funcionalidade dos pinos de gravação são:

PGD - *Program Data do microcontrolador*

PGC - *Program Clock do microcontrolador*

GND - *Ground (negativo)*

VPP - *Master Clear do microcontrolador*

4.0 RESULTADOS

O resultado foi um simulador de sinais de fase e rotação que varia de 612 à 7612 rotações por minuto (rpm), iniciando em 800 rpm – rotação média dos motores em ponto morto após partida. Para a validação do projeto, o sistema deveria cumprir dois objetivos, um qualitativo e outro quantitativo.

Para a validação qualitativa, ao ligar a ECU no simulador de sinais através de um chicote elétrico, inserindo um sinal de rotação e fase o led indicador de injeção de combustível começa a piscar, sinalizando que a mesma está interpretando os sinais recebidos e está entrando em operação. Nesta etapa o sistema se comportou perfeitamente em todos os motores testados.

O simulador foi utilizado na empresa Robert Bosch em linhas de produção de ECU, que após a ECU montada, utilizou-se o simulador de sinais para garantir à qualidade da peça e mostrar que está apta para o uso, deste modo à abrangência do simulador envolveu Engenharia de Software/Hardware e setores de qualidades.

A figura 28 exhibe o sinal de rotação (em verde) e fase (em amarelo) geradas pelo sistema.

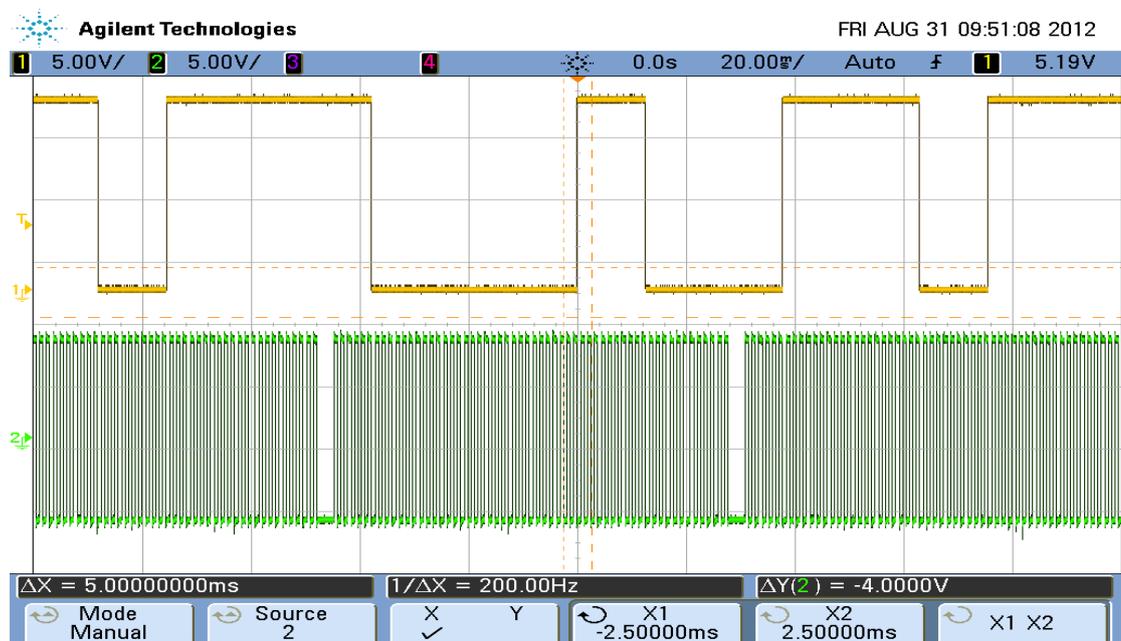


Figura 28: Medição dos sinais de rotação (em verde) e fase (em amarelo) gerados pelo simulador.

Para a validação quantitativa, o simulador de sinais como fase e rotação proporcionou uma melhor economia em tempo x dinheiro. Pois como na figura 5 a bancada do laboratório de desenvolvimento – Bosch, tem um equipamento para cada da cliente para testar os sinais das ECU, com as demandas de projetos, as bancadas são cada vez mais utilizadas, deixando Engenheiros em lista de espera para utilizá-la.

Com o desenvolvimento do protótipo de um simulador, aliviou-se a espera da utilização das bancadas, deste modo o simulador passou ser muito utilizado pelo fácil manuseio, utilizado para todos os clientes Bosch apenas selecionando o projeto correto.

O simulador não tem sua aplicação ampla para simular todos os sinais como a bancada, porém os sinais mais importantes consegue-se ver o estado da ECU, se houver erro a bancada do laboratório pode ser utilizada para análise mais profundas, caso contrário o simulador garante que a peça esteja em bom funcionamento.

Em um mês foi identificado uma redução de 70% na lista de espera para a utilização da bancada, com a redução de tempo conseqüentemente obteve a redução de custos, pois os Engenheiros irá ter mais disponibilidade de equipamentos para realizar seus testes, com isso o simulador pode realizar o primeiro teste para saber o estado da ECU, com isso o usuário pode definir, se necessita de um teste mais robusto (utilizar a bancada) ou apenas o simulador suporta as necessidades de testes iniciais.

Tabela 2: Simulador de sinais reduz a lista de espera para realizarem testes em ECU.

Cargo que utiliza os equipamentos	Horas de espera que o usuário aguarda por dia	Redução de horas em % que o simulador aplica (dia)	Vantagem da utilização do simulador
Engenheiro	3 horas	70%	Diminui o tempo de espera, possibilitando utilizar o simulador para o teste inicial.

Fonte: Pesquisa realizada no laboratório de desenvolvimento – Bosch.

Vantagem da utilização do simulador de sinais em laboratório de desenvolvimento: Realizado uma pesquisa mensal, definiu-se os números que foram obtidos nas reduções de tempos e custos com a implementação do simulador de sinais.

O protótipo foi projetado para atender as necessidades de testes para ECU, porém uma grande atenção nos estudos da parte física do simulador, para conseguir realizar uma caixa compacta e com poucos custos, diferentes dos equipamentos existentes hoje.

Tabela 3: Valores para a construção do simulador, visando um modelo de baixo custo.

Nome Projeto	Tempo de construção (dias)	Abrangência com clientes.	Custo do simulador (Dollar)
Simulador de sinais	120	3 clientes	\$ 80,00

Fonte: Estudos de custos realizados no laboratório de desenvolvimento – Bosch.

Valores para a construção do simulador, visando um modelo de baixo custo: Após vários estudos sobre a montagem do protótipo definiu-se projetar um simulador de baixo custo com grande abrangência para testar clientes diferentes com o mesmo hardware.

5.0 CONCLUSÃO

O sensor de fase é uma tendência cada vez maior nos motores, pois tal recurso reduz a emissão de poluentes e torna a partida do motor mais eficiente, portanto o simulador de sinais foi projetado para possuir um sistema simples e atualizável. Para acrescentar novos clientes é necessário apenas atualizar o software (firmware).

O uso de um microcontrolador e da programação em C foram os fatores chave para que este sistema fosse simples, de baixo custo e fácil de ser modificado, trazendo ainda a vantagem de que outros tipos de sinais possam ser incorporados a este módulo futuramente, visto que ainda sobraram alguns pinos do microcontrolador sem fazer uso.

Quanto à faixa de rotação, embora a rotação máxima esteja excelente, o sistema não é capaz de iniciar em rotações inferiores a 612 rpm, o que seria necessário em testes mais avançados de funcionamento, embora estes tipos de testes são feitos somente um veículo real .

Para futuras melhorias do projeto podem-se acrescentar mais sinais referentes aos sensores que existem em um veículo, para ampliar a simulação de testes, podendo inserir funções de partida, simulando ainda melhor o funcionamento de um veículo. Com isso é necessário dedicação aos estudos para atingir a um simulador completo e obter maior utilidade com diversos clientes Bosch.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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

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

BOSCH, R. , Ignição. São Paulo. 1999.

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

FASSI, R.L, Controlador para Adaptação de Injeção Eletrônica em Motores Ciclo Otto Originalmente Carburados. 2011, 96f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecatrônica, Faculdade de Tecnologia e Ciências, Salvador, 2011. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/57585508/TCC-Rafael-Fassi-Lobao>>. Acesso em: 4 de Agosto de 2012.

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: 14 de Setembro de 2012.

MARQUES, A.M. , Can Automotivo – sistema de monitoramento. 2004, 163f. Trabalho de Pós Graduação – Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Itajubá, 2004. Disponível em : <<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0030994.pdf> > Acesso em : 25 de Setembro de 2012.

ZANCO, S.W, Microcontroladores PIC- Técnicas de Software e Hardware para projetos de Circuitos Eletrônicos. São Paulo, SP: Editora Afiliada, 2.ed. ,2008.

SOUZA, J.D, Desbravando o PIC ampliando e atualizado para PIC 16F628A. São Paulo, SP: Editora Erica Ltda, 12 ed. ,2011.

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

APÊNDICE – Lista de materiais do simulador de sinais

Lista de materiais para o Simulador de Sinais:

Material	Unidades	Cor	Identificação	Produto nacional ou internacional
Led	4	Amarelo	Ev1,Ev2,Ev3,Ev4	Nacional
Led	4	Azul	Ig1,Ig2,Ig3,Ig4	Nacional
Led	1	Verde	Kl15	Nacional
Led	1	Verde	Ubd	Nacional
Led	1	Verde	Hr	Nacional
Led	1	Verde	EV's	Nacional
Suportes para Led	12	Preto	Ig,Ev,Hr,Ubd,Kl15,Ev's	Nacional
Botões	2	Preto	Up, Down, Start, Reset	Nacional
Chave seletora	2	Prata	Kl15, Chave Geral	Nacional
Display 16x2	1	Verde	LCD	Nacional
Bornes de alimentação	1	Preto	Negativo	Nacional
Bornes de alimentação	1	Vermelho	Positivo	Nacional
Bornes para gravação	2	Verde	Pgc,Pgd	Nacional
Bornes para gravação	1	Preto	Gnd	Nacional
Bornes para gravação	1	Vermelho	Vpp	Nacional
Caixa plástica	1	Cinza	Simulador	Nacional