

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PROFESSOR BASILIDES DE GODOY
Mecatrônica**

**Gabriel Orlandin Dos Santos
Ramon Ranieri Lassen
Ricardo Silva de Souza Filho**

INJEÇÃO ELETRÔNICA PROGRAMÁVEL

**São Paulo
2024**

**Gabriel Orlandin Dos Santos
Ramon Ranieri Lassen
Ricardo Silva de Souza Filho**

INJEÇÃO ELETRÔNICA PROGRAMÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
mecatrônica da Etec Professor Basilides
de Godoy, orientado pelo Prof. Ivan
Vieira Gama como requisito parcial para
obtenção do título de técnico em
mecatrônica

**São Paulo
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA – Biblioteca Etec Professor Basilides de Godoy -CEETEPS Dados Internacionais de Catalogação na fonte

SANTOS, Gabriel Orlandin dos

Injeção Eletrônica Programável. / Gabriel Orlandin dos SANTOS, Ramon Ranieri LASSEN, Ricardo Silva de SOUZA FILHO. – São Paulo, 2024.

00f.

Monografia. Trabalho de Conclusão do Curso Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Mecatrônica. - - Etec Professor Basilides de Godoy – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza.

Orientador: Prof. Esp. Ivan Vieira Gama

1. Injeção Eletrônica. 2. Injeção Eletrônica Programável. 3. Motor à combustão. 4. Speeduino. 5. Programação automotiva.

. I. SANTOS, Gabriel Orlandin dos, II. LASSEN, Ramon Ranieri, III. SOUZA FILHO, Ricardo Silva de, IV. GAMA, Ivan Vieira, V. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Etec Professor Basilides de Godoy.

CDD 629 S237ie

Elaborada por Rogéria Maura Schimojo – Bibliotecária – CRB-8/10368

Gabriel Orlandin Dos Santos
Ramon Ranieri Lassen
Ricardo Silva de Souza Filho

INJEÇÃO ELETRÔNICA PROGRAMÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
mecatrônica da Etec Professor Basilides
de Godoy, orientado pelo Prof. Ivan
Vieira Gama como requisito parcial para
obtenção do título de técnico em
mecatrônica

Aprovado pela banca examinadora

São Paulo, de de 2024

Prof. Ivan Gama
Etec Professor Basilides de Godoy

Prof. Gláucia Zanotti
Etec Professor Basilides de Godoy

Prof.
Etec Professor Basilides de Godoy

RESUMO

A injeção eletrônica programável é uma tecnologia de gerenciamento de combustível e ignição que se destaca por sua capacidade de permitir ajustes e configurações personalizadas em motores de combustão interna. Esse sistema oferece uma alternativa aos sistemas de injeção eletrônica convencionais, que são limitados a parâmetros pré-programados e fixos de fábrica. Em contraste, a injeção eletrônica programável proporciona uma flexibilidade significativa, permitindo ajustes específicos para melhorar o desempenho, a eficiência de combustível e reduzir emissões. Os sistemas programáveis são amplamente utilizados em veículos de alto desempenho, onde a necessidade de ajustes precisos e otimizados é essencial para obter o melhor rendimento do motor. A capacidade de personalizar as configurações permite que entusiastas e profissionais ajustem a injeção de combustível e a ignição com base em diferentes cenários, como competições, mudanças nas condições climáticas, tipo de combustível ou mesmo para atender a preferências específicas de condução. Essa flexibilidade faz com que o sistema de injeção eletrônica programável seja uma ferramenta poderosa tanto para oficinas mecânicas quanto para aqueles que buscam melhorar ou adaptar o funcionamento do motor para obter mais eficiência e durabilidade. O nosso projeto tem como objetivo principal democratizar o acesso a essa tecnologia ao desenvolver um sistema de injeção eletrônica programável de baixo custo. A proposta é permitir que mais pessoas possam usufruir dos benefícios da tecnologia, geralmente restrita a veículos de alto desempenho devido ao alto custo das soluções no mercado. Com isso, buscamos viabilizar uma alternativa acessível, prática e eficaz para a população em geral, possibilitando que donos de veículos comuns possam ter um controle mais preciso sobre o funcionamento de seus motores. A solução desenvolvida foi idealizada para proporcionar uma interface amigável, que permite ajustes simples e rápidos, sem a necessidade de conhecimentos técnicos avançados. Além disso, foram considerados fatores como durabilidade e compatibilidade com diferentes tipos de veículos, visando garantir a abrangência e aplicabilidade do sistema. Em resumo, o desenvolvimento de um sistema de injeção eletrônica programável acessível visa não apenas melhorar o desempenho dos veículos, mas também contribuir para a economia de combustível e a redução de emissões. A nossa proposta é uma iniciativa que visa tornar a tecnologia mais acessível, contribuindo para a

modernização do parque automotivo e para o avanço tecnológico de maneira inclusiva.

Palavras-chaves: injeção eletrônica; injeção eletrônica programável; motor à combustão; speeduino; programação automotiva

ABSTRACT

The programmable electronic fuel injection is a fuel and ignition management technology that stands out for its ability to allow customized adjustments and configurations in internal combustion engines. This system offers an alternative to conventional electronic injection systems, which are limited to factory preset, fixed parameters. In contrast, programmable fuel injection provides significant flexibility, allowing specific adjustments to improve performance, fuel efficiency, and reduce emissions. Programmable systems are widely used in high-performance vehicles, where precise and optimized adjustments are essential for achieving the best engine output. The ability to customize settings allows enthusiasts and professionals to adjust fuel injection and ignition based on different scenarios, such as competitions, changes in weather conditions, fuel type, or even to meet specific driving preferences. This flexibility makes the programmable electronic fuel injection system a powerful tool both for automotive repair shops and for those seeking to enhance or adapt engine operation for increased efficiency and durability.

Our project's primary goal is to democratize access to this technology by developing a low-cost programmable electronic fuel injection system. The proposal is to enable more people to benefit from this technology, which is generally restricted to high-performance vehicles due to the high cost of available solutions on the market. Thus, we aim to create an accessible, practical, and effective alternative for the general population, enabling regular vehicle owners to have more precise control over their engine's performance. The solution developed was designed to provide a user-friendly interface, allowing for simple and quick adjustments without requiring advanced technical knowledge. Additionally, factors such as durability and compatibility with different types of vehicles were considered to ensure the system's range and applicability.

In summary, developing an affordable programmable electronic fuel injection system not only aims to improve vehicle performance but also contributes to fuel economy and emissions reduction. Our proposal is an initiative that seeks to make this technology more accessible, contributing to the modernization of the automotive fleet and fostering technological advancement in an inclusive way.

DEDICATÓRIA

Agradecemos imensamente a todos os nossos professores pelo apoio e orientação durante o desenvolvimento deste projeto. Em especial, expressamos nossa gratidão ao professor Rogério Campos da Silva, que compartilhou seu conhecimento e nos guiou na área de programação, e à bibliotecária Rogéria Maura Schimojo, cuja orientação foi fundamental para a formatação do nosso trabalho de acordo com as normas da ABNT.

Também somos profundamente gratos ao professor Ivan Gama, por ter nos incentivado desde o início, e às professoras Gláucia Zanotti e Maria Cristina, que contribuíram com sua dedicação e conhecimento ao longo de nossa jornada acadêmica.

Agradecemos, acima de tudo, a Deus, por nos abençoar e nos conceder sabedoria para superar os desafios, e aos nossos familiares, por todo o suporte e compreensão demonstrados durante essa caminhada.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Motor Monza família um.....	12
Figura 02 - Cambio.....	15
Figura 03 - Suporte do motor.....	15
Figura 04 - após a limpeza do motor.....	18
Figura 05 - Simulador de ECU.....	24

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Gastos.....28

Tabela 2 - Cronograma.....30

SUMÁRIO

1. Introdução.....	12
1.1 Contextualização e Relevância.....	13
1.2 Objetivo.....	14
1.3 Montagem.....	14
2. Conceito e Funcionamento da Injeção Eletrônica Programável.....	20
2.1 Componentes Principais do Sistema de Injeção Eletrônica Programável.....	21
2.2 Vantagens e Benefícios da Injeção Eletrônica Programável.....	22
2.3 Aplicações Práticas da Injeção Eletrônica Programável.....	23
2.4 Desafios e Considerações Técnicas.....	24
2.5 Futuro da Injeção Eletrônica Programável.....	25
3. Financeiro.....	28
3.1 Cronograma.....	28
4. Conclusão.....	31
Referências.....	33

1. Introdução

Devido a complexidade do tema, muito discutiu-se, desde o início do segundo ano do curso, sobre como faríamos esse trabalho, sendo que o apoio e o encorajamento recebidos dos professores foram fundamentais para prosseguirmos.

A parte prática foi ainda mais desafiadora: conseguir um motor adequado para os testes e a experimentação, a programação da injeção eletrônica em si, e a criação de um código que atendesse a todas as especificações do sistema. A ajuda dos professores foi fundamental, suas orientações e conhecimentos em programação nos ajudaram a superar muitas dificuldades técnicas.

Figura 1: LASSEN Ramon



Desafiadora, também foi a etapa do simulador, que serviu para rodar toda a programação, antes de aplicarmos no motor de verdade, a construção desse protótipo exigiu bastante dedicação e criatividade. Essa etapa do nosso projeto nos mostrou o quão complexo é o desenvolvimento de um sistema automatizado.

A parte escrita do TCC foi outra barreira significativa. Desde a estruturação das ideias até a formatação conforme as normas da ABNT, tivemos que ser meticolosos e organizados. Nesse ponto, as professoras de português foram

grandes aliadas, guiando-nos por cada detalhe das regras e garantindo que o trabalho estivesse em conformidade com os padrões acadêmicos.

1.1 Contextualização e Relevância

Nos últimos anos, há evoluções nos sistemas para gerenciar os motores a combustão, esses sistemas têm um papel de extrema importância para a melhoria do desempenho, a eficiência e controle de emissões em veículos automotores. No meio de todos esses sistemas, o que mais se destacou foi a injeção eletrônica programável, um tipo de tecnologia para maior flexibilidade e precisão no controle dos parâmetros de operações do motor.

(BRAGA, Newton C. Eletrônica Básica para Mecatrônica, página 6; CHOLLET, H. M. O livro do mecânico e eletricista de automóveis, página 36; SILVA, Cristian FuelTech? Entenda como a ECU funciona, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

Diferentes de todos os sistemas comuns e convencionais, a injeção eletrônica, é pré-programada de fábrica e com as configurações fixas, a injeção eletrônica programável permite que os parâmetros de combustível e ignição possam ser alteradas e ajustadas pelo próprio usuário de acordo com as suas necessidades. Esse tipo de personalização é muito utilizada em veículos de alta performance, competição automobilística e projetos de tuning, onde a otimização do motor é muito importante

(SILVA, Cristian FuelTech? Entenda como a ECU funciona, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

A injeção eletrônica programável foi criada para melhorar as limitações dos sistemas de injeção convencionais, que, apesar de eficientes, não oferecem a flexibilidade necessária para ajustes personalizados. Em um cenário onde o desempenho veicular e a eficiência energética são cada vez mais valorizados, essa tecnologia se apresenta como uma ferramenta poderosa para engenheiros, mecânicos e entusiastas automotivos.

(CREDER,Hélio Manual do Instalador Eletricista, página 34; FUELTECH. Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

Além disso, a crescente demanda por veículos mais eficientes e menos poluentes impulsiona o desenvolvimento de tecnologias que permitam um controle

mais preciso sobre os processos de combustão. Nesse contexto, a injeção eletrônica programável não só possibilita otimizações de desempenho, como também contribui para a redução de emissões de poluentes, alinhando-se às exigências ambientais atuais.

(SILVA, Cristian FuelTech? Entenda como a ECU funciona, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo explorar os fundamentos da injeção eletrônica programável, suas principais características, vantagens e aplicações. Será discutido como essa tecnologia se diferencia dos sistemas convencionais e quais são as suas implicações na otimização do desempenho de motores. Além disso, o estudo abordará as considerações técnicas necessárias para a implementação e ajustes desse tipo de sistema, destacando os desafios e as oportunidades que ele apresenta.

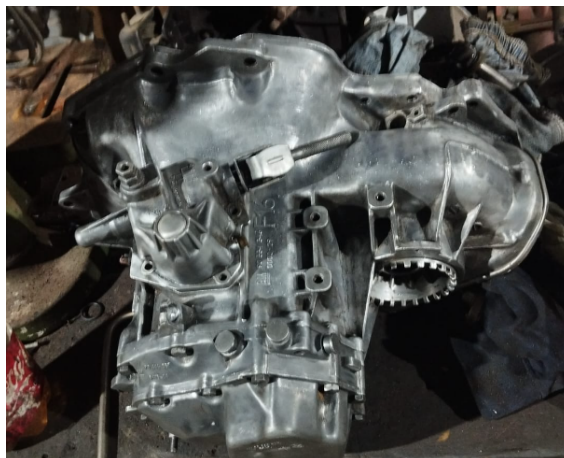
(MIZRAHI, Victorine Viviane Estudo Dirigido de Linguagem C, página 187)

1.3 Montagem

- **Desmontagem do Câmbio**

O processo inicial do projeto foi a desmontagem do câmbio. A principal dificuldade encontrada foi lidar com os resíduos acumulados ao longo dos anos, o que exigiu uma limpeza detalhada e persistente. Outro desafio enfrentado foi a condição das engrenagens da quinta marcha, que estavam fundidas nos eixos primário e secundário. Após a desmontagem completa, todas as peças foram devidamente polidas, e a carcaça foi remontada com novas tampas, com o objetivo de reduzir o peso do conjunto e aprimorar o desempenho do projeto.

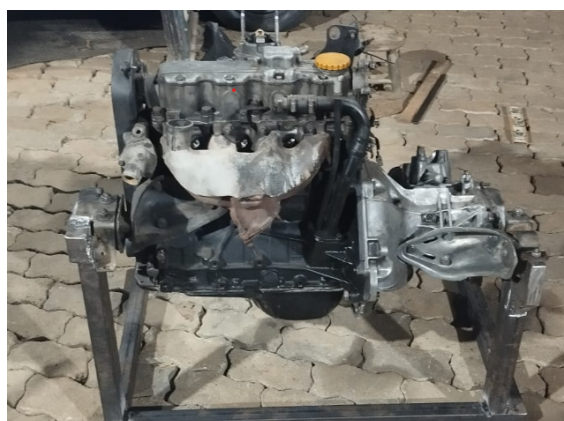
Figura 2: LASSEN Ramon



- **Fabricação do Suporte do Motor**

A fabricação do suporte do motor apresentou um grande desafio: definir as medidas ideais de altura e largura para garantir maior estabilidade. Na fase de desenvolvimento, essa tarefa foi simplificada pela experiência prévia da equipe em soldagem. O suporte foi confeccionado com pés retráteis, utilizando dobradiças de porta de veículo blindado, além de rodízios e vibra-stops para atenuar as vibrações. Para finalizar, todo o conjunto foi pintado para prevenir corrosão e melhorar sua durabilidade.

Figura 3: LASSEN Ramon



- **Remoção e Limpeza do Motor**

A remoção do motor do veículo original precisou ser realizada com rapidez, uma vez que um novo motor foi instalado imediatamente para atender à

proprietária do carro. O motor removido foi então limpo com produtos específicos, como limpa-bau e desengraxante universal. Em seguida, acessórios essenciais, como o motor de arranque, alternador, cano de água e mangueiras, foram reinstalados para assegurar o funcionamento adequado do conjunto quando posicionado no suporte.

- **Preparação do Projeto**

Na fase de preparação, o carburador e o coletor de admissão originais foram removidos para permitir a instalação do coletor de admissão de quatro bicos do Monza MPFI. O distribuidor original também foi substituído pela bobina de ignição do modelo Corsa de quatro pinos. Além disso, o sistema de escapamento foi retirado para ser tratado com pintura resistente a altas temperaturas e modificado, pois seu formato inicial não era compatível com o novo suporte. Foi construído um suporte para o radiador, com adaptações nas mangueiras, e também implementados o tanque de combustível, a bomba, o filtro e todo o mangueiramento necessário para alimentar o sistema de injeção.

Figura 4: LASSEN Ramon



Programação

Para conseguirmos desenvolver toda a programação, foi necessário vários dias, pois foi uma das partes que nos deu mais trabalho, tinha muitos detalhes pequenos que por muitas vezes passou despercebido e nós não

tínhamos muito conhecimento a respeito dos códigos. Um dos códigos utilizado foi:

CÓDIGO DE RPM

```
// Definir pinos dos sensores

const int tpsPin = A0;    // Sensor de posição do acelerador
const int mapPin = A1;    // Sensor MAP
const int tempPin = A2;   // Sensor de temperatura do motor
const int o2Pin = A3;     // Sensor de oxigênio (O2)
const int rpmPin = 2;     // Sensor de rotação (Interruptor)
const int injectorPin = 13; // Pino do injetor de combustível


// Variáveis globais

float tpsValue = 0;
float mapValue = 0;
float tempValue = 0;
float o2Value = 0;
volatile int rpmCount = 0; // Variável para armazenar contagem de pulsos do RPM
unsigned long lastRPMTIME = 0;
float rpm = 0;


// Configuração inicial

void setup() {

    pinMode(injectorPin, OUTPUT);

    pinMode(rpmPin, INPUT_PULLUP);

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(rpmPin), countRPM, RISING); // Configurar
    interrupção para RPM
```

```
Serial.begin(9600); // Inicializar a comunicação serial para monitoramento
}

// Função principal de loop
void loop() {
    // Ler valores dos sensores

    tpsValue = analogRead(tpsPin) / 1023.0; // Ler TPS (posição do acelerador)

    mapValue = analogRead(mapPin) / 1023.0; // Ler MAP (pressão absoluta do
    coletor)

    tempValue = analogRead(tempPin) / 1023.0; // Ler temperatura do motor

    o2Value = analogRead(o2Pin) / 1023.0; // Ler sensor de oxigênio

    // Calcular o RPM

    if (millis() - lastRPMTIME >= 1000) {

        rpm = (rpmCount / 2) * 60; // Supondo que o sensor gera dois pulsos por
        revolução

        rpmCount = 0;

        lastRPMTIME = millis();

    }

    // Calcular tempo de injeção (básico)

    float fuelPulseWidth = calculateFuelInjection(tpsValue, mapValue, rpm, tempValue,
    o2Value);

    // Acionar o injetor

    digitalWrite(injectorPin, HIGH);

    delayMicroseconds(fuelPulseWidth);
```

```

digitalWrite(injectorPin, LOW);

// Monitoramento serial
Serial.print("RPM: "); Serial.print(rpm);
Serial.print(" TPS: "); Serial.print(tpsValue);
Serial.print(" MAP: "); Serial.print(mapValue);
Serial.print(" Temp: "); Serial.print(tempValue);
Serial.print(" O2: "); Serial.println(o2Value);
}

// Função para contar os pulsos do sensor de RPM
void countRPM() {
    rpmCount++;
}

// Função para calcular o tempo de injeção (simplificado)
float calculateFuelInjection(float tps, float map, float rpm, float temp, float o2) {
    // Simples exemplo de cálculo de tempo de injeção baseado em TPS, MAP e RPM
    // Normalmente, haveria tabelas de mapeamento mais complexas (mapas de
    combustível)

    float basePulseWidth = 1000; // Base de tempo de injeção em microsegundos
    float pulseWidth = basePulseWidth * (tps + map) / 2; // Ajuste simplificado

    // Compensações
    if (temp < 0.5) { // Motor frio
        pulseWidth *= 1.2; // Enriquecer a mistura
    }
}

```

```

if (o2 < 0.5) { // Sensor de O2 indicando mistura pobre
    pulseWidth *= 1.1; // Ajustar para enriquecer a mistura
}

return pulseWidth; // Tempo de injeção em microsegundos
}

```

- **Instalação da Parte Elétrica**

Um dos desafios principais na parte elétrica foi encontrar terminais e soquetes compatíveis com o motor. Com esses componentes disponíveis, foram realizadas as conexões entre os sensores e a ECU programável Speeduino, integrando os sinais necessários para o funcionamento da injeção eletrônica.

- **Conclusão do Projeto**

Na fase final, o motor passou por ajustes e calibrações finas. O Speeduino foi posicionado e configurado, e as taxas de injeção foram ajustadas para garantir uma marcha lenta estável e o funcionamento ideal do motor. Todas as programações foram testadas para assegurar que o sistema estivesse operando de maneira eficiente e alinhada aos objetivos do projeto.

2. Conceito e Funcionamento da Injeção Eletrônica Programável

A injeção eletrônica programável é um sistema avançado de gerenciamento do motor que permite o controle preciso sobre a quantidade de combustível injetada e o momento da ignição. Diferente dos sistemas de injeção eletrônica convencionais, que vêm pré-programados de fábrica e possuem parâmetros fixos, os sistemas programáveis oferecem a capacidade de ajustar essas configurações de acordo com as necessidades específicas do motor e as preferências do usuário

(CREDER,Hélio Manual do Instalador Eletricista, página 50; FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

O sistema é composto por uma unidade de controle eletrônico (ECU), sensores e atuadores. A ECU é o cérebro do sistema, responsável por processar informações recebidas de vários sensores, como temperatura do motor, pressão do ar, fluxo de ar, posição do acelerador e rotação do motor. Com base nesses dados, a ECU calcula e ajusta em tempo real a quantidade de combustível a ser injetada nos cilindros e o momento exato da ignição.

(CREDER,Hélio Manual do Instalador Eletricista, página 50; FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

Essa flexibilidade permite que o motor opere de maneira otimizada sob diferentes condições, seja para maximizar o desempenho em um carro de corrida ou para melhorar a eficiência de combustível em um veículo de rua.

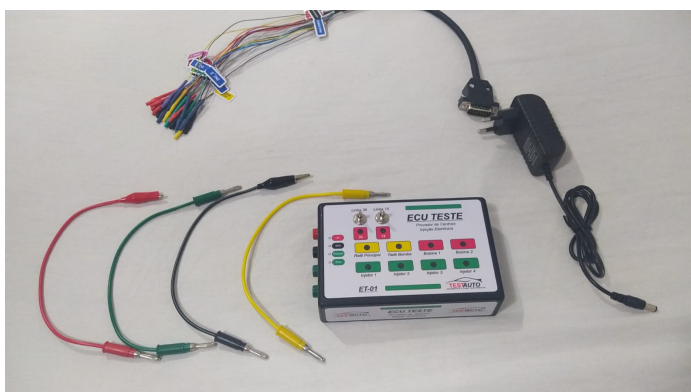
2.1 Componentes Principais do Sistema de Injeção Eletrônica Programável

Os principais componentes de um sistema de injeção eletrônica programável incluem:

- **Unidade de Controle Eletrônico (ECU):** A ECU é a peça central do sistema, onde as decisões sobre a injeção de combustível e a ignição são tomadas. Em sistemas programáveis, a ECU pode ser reconfigurada ou reprogramada para alterar mapas de injeção e ignição, permitindo ajustes finos de acordo com as necessidades específicas do motor.

(MIZRAHI, Victorine Viviane Estudo Dirigido de Linguagem C, página 100)

Figura 5: SOUZA Ricardo



- **Sensores:** Diversos sensores são utilizados para monitorar as condições do motor e fornecer dados para a ECU. Isso inclui sensores de temperatura, pressão, posição do acelerador, fluxo de ar, entre outros. Esses sensores são fundamentais para garantir que a ECU tenha informações precisas para tomar decisões de controle.

(BRAGA, Newton C. Eletrônica Básica para Mecatrônica, pagina 89; CREDER,Hélio Manual do Instalador Eletricista, página 50)

- **Atuadores:** Atuadores são dispositivos que implementam as decisões da ECU, como injetores de combustível e bobinas de ignição. Eles respondem aos comandos da ECU para controlar a quantidade de combustível injetada e o momento da ignição.

(FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

- **Interface de Programação:** Sistemas de injeção eletrônica programável geralmente incluem uma interface de software que permite aos usuários ajustar e monitorar os parâmetros do motor. Essas interfaces são acessíveis via computador ou dispositivos móveis e oferecem uma ampla gama de ajustes e diagnósticos em tempo real.

(FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

2.2 Vantagens e Benefícios da Injeção Eletrônica Programável

A injeção eletrônica programável oferece diversas vantagens em relação aos sistemas convencionais:

- **Personalização e Flexibilidade:** A capacidade de reprogramar a ECU permite que os usuários ajustem o comportamento do motor para diferentes cenários. Isso é particularmente útil em motores modificados, onde os parâmetros de fábrica podem não ser ideais.

(FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

- **Otimização de Desempenho:** Em aplicações de alta performance, como carros de corrida, a injeção eletrônica programável permite extrair o máximo

de potência do motor, ajustando precisamente o fornecimento de combustível e o tempo de ignição.

(SILVA, Cristian FuelTech? Entenda como a ECU funciona, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

- **Eficiência de Combustível:** Com a capacidade de ajustar a mistura de ar-combustível com precisão, é possível melhorar a eficiência de combustível, reduzindo o consumo em condições específicas.

(BRAGA, Newton C. Eletrônica Básica para Mecatrônica, página 90)

- **Redução de Emissões:** A otimização do processo de combustão também contribui para a redução das emissões de poluentes, ajudando a cumprir normas ambientais rigorosas.

(FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

- **Diagnóstico e Monitoramento Avançado:** A maioria dos sistemas programáveis oferece recursos de monitoramento em tempo real, permitindo que problemas sejam identificados e corrigidos rapidamente.

(CHOLLET, H. M. O livro do mecânico e eletricista de automóveis, página 25)

2.3 Aplicações Práticas da Injeção Eletrônica Programável

A injeção eletrônica programável é amplamente utilizada em diversas aplicações:

- **Esportes Motorizados:** Em carros de corrida e motocicletas, onde o desempenho máximo é crítico, a injeção eletrônica programável permite ajustar o motor para cada pista e condição de corrida.

(SILVA, Cristian FuelTech? Entenda como a ECU funciona, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

- **Veículos Modificados:** Para entusiastas do tuning, que fazem modificações significativas no motor, a injeção eletrônica programável permite adaptar o sistema de combustível e ignição às novas características do motor.

(FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

- **Veículos Off-Road:** Em competições off-road, onde as condições são extremas e variáveis, a injeção eletrônica programável permite ajustes rápidos para garantir o melhor desempenho.

(CHOLLET, H. M. O livro do mecânico e eletricista de automóveis, página 64)

- **Aeronaves Leves e Embarcações:** Em motores de aviação leve e náuticos, a precisão e a confiabilidade da injeção eletrônica programável são essenciais para o desempenho e a segurança.

(BRAGA, Newton C. Eletrônica Básica para Mecatrônica, página 23)

2.4 Desafios e Considerações Técnicas

Embora a injeção eletrônica programável ofereça inúmeras vantagens, sua implementação exige um alto nível de conhecimento técnico. Ajustes inadequados podem resultar em problemas como pré-detonção, aumento do consumo de combustível, ou até danos graves ao motor. Além disso, a instalação e a calibração do sistema requerem equipamentos especializados e um entendimento profundo do funcionamento do motor.

(MIZRAHI, Victorine Viviane Estudo Dirigido de Linguagem C, página 157)

Outro desafio é a conformidade com as regulamentações de emissões. Em alguns países, a modificação dos sistemas de injeção pode ser restrita por leis ambientais, e a injeção eletrônica programável deve ser configurada para garantir que o veículo permaneça dentro dos limites legais de emissão de poluentes.

(CREDER, Hélio Manual do Instalador Eletricista, página 50)

2.5 Futuro da Injeção Eletrônica Programável

Com o avanço da tecnologia, a injeção eletrônica programável continua a evoluir. As futuras gerações desses sistemas provavelmente integrarão ainda mais sensores e utilizarão algoritmos de aprendizado de máquina para otimizar automaticamente os parâmetros do motor. Isso permitirá que os motores se adaptem

em tempo real a diferentes condições de operação, melhorando ainda mais a eficiência, o desempenho e a confiabilidade.

(FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

Além disso, espera-se que a injeção eletrônica programável desempenhe um papel significativo na transição para motores híbridos e elétricos, onde o controle preciso da energia e do fluxo de potência é crucial.

(FUELTECH Sobre a FuelTech, Acesso em: 21 mar. 2024 17h42min)

3. Financeiro

A gestão financeira foi um ponto crucial para o desenvolvimento do nosso projeto de injeção eletrônica programável de baixo custo. Com um orçamento total de R\$4.564,00, tivemos que planejar e administrar de forma cuidadosa cada compra, assegurando que todas as peças e materiais essenciais fossem adquiridos dentro dos limites financeiros estabelecidos. Para garantir o sucesso dessa iniciativa, realizamos as compras entre março e outubro, um período no qual dedicamos tempo para pesquisar os melhores preços e a qualidade dos itens necessários.

As peças adquiridas foram essenciais para a montagem e configuração do sistema de injeção eletrônica, cada uma desempenhando um papel fundamental no funcionamento do projeto. Uma das primeiras compras foi a correia do alternador, adquirida por R\$37,00, seguida de um quarto de tinta, no valor de R\$40,00. A tinta foi necessária para garantir um acabamento estético adequado e a proteção dos componentes.

Para a parte estrutural, foram comprados três discos flap 120 por R\$45,00, usados para o acabamento de peças metálicas. Adquirimos também uma chapa de 15x12 cm, com espessura de 3mm, pelo valor de R\$70,00. Essa chapa foi utilizada para a fabricação de suportes e fixações para componentes do sistema. Juntamente com a chapa, compramos um sensor de temperatura por R\$70,00, que é uma peça essencial para monitorar e controlar o funcionamento do motor.

Visando o controle de vibrações e estabilidade, adquirimos sete vibra stops por R\$80,00, seguidos de quatro rodas bobas no valor de R\$120,00, necessárias para a mobilidade de partes do equipamento. Além disso, compramos um tubo quadrado de 30x30 mm por R\$120,00 e um tubo retangular de 40x60 mm por R\$130,00, ambos utilizados na estruturação e montagem dos componentes.

Para a soldagem, adquirimos cinco quilos de eletrodos E6013 por R\$75,00, que foram empregados para unir as peças metálicas de forma segura. Além disso, compramos 40 discos de corte, ao custo de R\$79,00, utilizados para cortes e ajustes precisos de peças metálicas. Outra aquisição importante foi a cebolinha de óleo, no valor de R\$98,00, fundamental para monitorar a pressão de óleo do motor.

Para a parte elétrica, foi necessário adquirir um jogo de cabos por R\$150,00, além de uma sonda lambda pelo mesmo valor, R\$150,00, a qual é responsável por monitorar a mistura ar-combustível. Também compramos fios para chicotes, ao custo de R\$200,00, necessários para interligar os diversos componentes do sistema.

Os bicos injetores foram adquiridos por R\$200,00, e desempenham um papel essencial na injeção de combustível de maneira precisa. As bobinas, que foram compradas pelo valor de R\$250,00, são fundamentais para o sistema de ignição. Já o Speeduino, um componente crucial para a programação do sistema de injeção eletrônica, teve um custo de R\$500,00.

Outros componentes importantes incluíram a roda fônica, adquirida por R\$600,00, e o simulador de ECU, que foi a peça de maior valor, custando R\$750,00. Ambos os itens foram necessários para garantir a precisão no controle do sistema de injeção eletrônica e na simulação das funções do módulo de controle do motor.

Além dessas aquisições, tivemos o custo de R\$800,00 referente ao corte do motor, um procedimento indispensável para adequar o sistema de injeção eletrônica ao motor utilizado no projeto. Esse gasto foi um dos maiores, mas também um dos mais importantes para garantir a adaptação e o correto funcionamento do sistema.

Sintetizando, a gestão financeira do projeto foi desafiadora, mas essencial para que conseguíssemos alcançar nosso objetivo de desenvolver um sistema de injeção eletrônica programável de baixo custo. Cada item foi adquirido de forma estratégica, visando otimizar o desempenho do sistema e garantir a qualidade do produto final, dentro das limitações orçamentárias. Esse planejamento financeiro nos permitiu concluir o projeto de maneira bem-sucedida, atingindo o objetivo de proporcionar uma alternativa acessível e eficaz para o controle eletrônico de motores de combustão interna.

Tabela 1: Custos - SOUZA Ricardo

DATA	MES	NOME	VALOR
21/03/2024	mar	Correia do ATL	R\$ 37,00
21/03/2024	mar	1/4 tinta	R\$ 40,00
21/03/2024	mar	3 discos flap 120	R\$ 45,00
22/03/2024	mar	Sensor de temp.	R\$ 70,00
22/03/2024	mar	Chapa 15x12 3mm	R\$ 70,00
24/03/2024	mar	7 vibrastop	R\$ 80,00
25/03/2024	mar	4 rodas bobas	R\$ 120,00
03/05/2024	mai	Tubo quadrado 30x30	R\$ 120,00
03/05/2024	mai	Tubo retangular 40x60	R\$ 130,00
15/05/2024	mai	5kg de eletroudo E6013	R\$ 75,00
15/05/2024	mai	40 discos de corte	R\$ 79,00
27/05/2024	mai	Cebolinha de óleo	R\$ 98,00
03/09/2024	set	Jogo de Cabo	R\$ 150,00
13/09/2024	set	Sonda lambda	R\$ 150,00
15/09/2024	set	Fio para chicote	R\$ 200,00
27/09/2024	set	Bicos injetores	R\$ 200,00
27/09/2024	set	Bobinas	R\$ 250,00
27/09/2024	set	Speeduino	R\$ 500,00
05/10/2024	out	Roda fonica	R\$ 600,00
22/10/2024	out	simulador de ecu	R\$ 750,00
31/10/2024	out	Corte motor	R\$ 800,00
TOTAL			R\$ 4.564,00

3.1 Cronograma

O cronograma do nosso projeto foi cuidadosamente elaborado para garantir que todas as etapas fossem cumpridas de forma organizada e dentro dos prazos estabelecidos. A jornada começou em agosto de 2023, com a fase inicial de planejamento e pesquisa, e se estendeu até outubro de 2024, quando todas as etapas foram concluídas, culminando na entrega final do trabalho.

Agosto de 2023 a Fevereiro de 2024: Planejamento e Pesquisa:

Nos primeiros meses, de agosto de 2023 a fevereiro de 2024, concentramos nossos esforços no planejamento do projeto e na pesquisa teórica. Durante esse período, discutimos as necessidades técnicas e estabelecemos os objetivos e a viabilidade do projeto. Também nos dedicamos a coletar informações sobre os sistemas de injeção eletrônica programável, identificando quais componentes seriam necessários para nossa proposta de baixo custo.

Março de 2024 a Maio de 2024: Início do Desenvolvimento e Primeiras Compras:

Em março de 2024, iniciamos oficialmente o desenvolvimento prático do projeto. Nesse período, adquirimos as primeiras peças, começando pela correia do alternador e 1/4 de tinta. Além disso, compramos três discos flap 120 por e um sensor de temperatura. Durante esses meses iniciais, focamos principalmente na estrutura básica e nas ferramentas de acabamento necessárias.

Junho de 2024 a Julho de 2024: Aquisição e Montagem Estrutural:

No período de junho a julho de 2024, passamos para a fase de montagem estrutural do projeto. Compramos a chapa 15x12 3mm por, sete vibra stops e quatro rodas bobas. Além disso, adquirimos tubos quadrados 30x30 e tubos retangulares 40x60, materiais essenciais para a construção da estrutura do projeto. Essa fase foi fundamental para estabelecer a base física na qual todos os componentes seriam instalados.

Agosto de 2024 a Setembro de 2024: Instalação dos Componentes Elétricos e de Controle:

Em agosto e setembro de 2024, avançamos para a instalação dos componentes elétricos e de controle. Adquirimos cinco quilos de eletrodo E6013 por e 40 discos de corte, que foram utilizados para ajustes precisos de peças. Também foi comprado o jogo de cabos e fios para chicotes, fundamentais para a ligação dos componentes ao sistema central. Além disso, foram adquiridos bicos injetores e bobinas, assim como a sonda lambda.

Outubro de 2024: Finalização e Testes:

No mês de outubro de 2024, concentramos nossos esforços na instalação e configuração dos últimos componentes críticos do sistema, como o Speeduino, a roda fônica e o simulador de ECU. Essa etapa foi crucial para garantir a precisão e o controle do sistema de injeção eletrônica programável. Além disso, tivemos o corte do motor, um processo que foi indispensável para adaptar o sistema ao motor utilizado. Após a instalação completa dos componentes, realizamos testes detalhados para verificar a eficiência e o desempenho do sistema. Essa fase final foi

4. Conclusão

A injeção eletrônica programável representa um marco significativo na evolução do gerenciamento de motores de combustão interna, possibilitando um controle aprimorado e altamente customizável dos parâmetros operacionais do motor. Este tipo de tecnologia permite ajustar e refinar com precisão fatores como tempo de ignição, injeção de combustível e respostas do acelerador, possibilitando a otimização do desempenho de acordo com as necessidades específicas de cada motor e aplicação. Além disso, sua flexibilidade torna possível o desenvolvimento de configurações distintas para diferentes condições de operação, sejam elas relacionadas ao clima, altitude ou até mesmo tipos de combustível, promovendo uma adaptabilidade que é crucial em projetos de alto desempenho.

No contexto de competições automobilísticas e tuning, a injeção eletrônica programável permite aos entusiastas e profissionais alcançar níveis de eficiência e potência que seriam impossíveis com sistemas convencionais. Sua implementação, apesar de demandar conhecimento técnico avançado e equipamentos adequados, é amplamente recompensada pela capacidade de extração máxima do potencial dos motores, oferecendo maior controle e precisão na configuração de diversos parâmetros. Isso também tem reflexos na durabilidade dos componentes e na segurança das operações, uma vez que a possibilidade de ajustes finos evita desgastes prematuros e problemas decorrentes de configurações inadequadas.

Com o avanço contínuo das tecnologias associadas, tanto de hardware quanto de software, espera-se que a injeção eletrônica programável continue a se expandir e a se consolidar como uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de soluções inovadoras na área automotiva. Isso inclui não apenas os setores de competição e personalização, mas também aplicações que busquem maximizar a eficiência energética e reduzir emissões, alinhando-se às crescentes demandas por sustentabilidade e responsabilidade ambiental. Assim, a injeção eletrônica programável demonstra ser um componente vital no futuro dos motores a combustão interna, sendo capaz de acompanhar as tendências do mercado e as necessidades de um público cada vez mais exigente em termos de desempenho, economia e respeito ao meio ambiente.

A realização deste projeto sobre injeção eletrônica programável não apenas possibilitou um aprofundamento prático e teórico no controle de motores de combustão interna, mas também destacou a importância dessa tecnologia como um avanço essencial na automação e customização dos sistemas de injeção. A aplicação prática e o desenvolvimento da injeção eletrônica programável permitiram à equipe explorar uma gama de possibilidades de ajustes e parametrizações, consolidando o aprendizado técnico em eletrônica, programação e mecânica, fundamentais para a configuração eficiente de motores.

Referências

BRAGA, Newton C. **Eletrônica Básica para Mecatrônica**: 1. ed. São Paulo: Editora Saber Ltda, 2005.

CHOLLET, H. M. **O livro do mecânico e eletricista de automóveis**: São Paulo: Hemus Editora Ltda, v 1 - 4, [s.d.].

CREDER, Hélio **Manual do Instalador Eletricista**: 2. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC Ltda, 2004

FUELTECH. **O que é FuelTech**: Rio Grande Do Sul: 2021. Disponível em: <https://fueltech.com.br/blogs/news/o-que-e-fueltech>. Acesso em: 21 mar. 2024

FUELTECH. **Sobre a FuelTech**: Rio Grande Do Sul: 2021. Disponível em: <https://fueltech.com.br/pages/sobre-nos>. Acesso em: 21 mar. 2024

MANZANO, José Augusta N. G. **Estudos Dirigido de Linguagem C**: 12. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2009.

MIZRAHI, Victorine Viviane **Treinamento em linguagem C**: 2. ed. São Paulo: Editora Pearson Ltda, 2009.

SILVA, Cristian. **FuelTech? Entenda como a ECU funciona**: Rio Grande Do Sul: 2021. Disponível em: <https://www.fteducation.com.br/blog/>. Acesso em: 21 mar. 2024