

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

ADRIANO JOSÉ FORNASARI

DIEGO BIONDO

LUAN SALDANHA ROANI

**SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA DE AR CONDICIONADO
AUTOMOTIVO**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

PATO BRANCO

2013

ADRIANO JOSÉ FORNASARI
DIEGO BIONDO
LUAN SALDANHA ROANI

**SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA DE AR
CONDICIONADO AUTOMOTIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso de Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. César R. Claire Torrico.

PATO BRANCO
2013

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de diplomação intitulado **SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVO** foi considerada de acordo com a ata da banca examinadora N°150 de 2013.

Fizeram parte da banca os professores:

Professor Orientador: César R. Claire Torrico

Primeiro Membro da Banca: Kleiton Moraes Sousa

Segundo Membro da Banca: Diogo Vargas

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho de diplomação aos nossos familiares, aos nossos professores, que nos apoiaram nesta longa jornada que até aqui chegamos. Com a satisfação de nos tornamos pessoas melhores e mais qualificadas para a sociedade.

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos aos nossos familiares, que sempre nos apoiaram, acreditaram que íamos conseguir chegar até o final, mesmo sabendo que o caminho percorrido era longo e complicado. Muito obrigado a todos que acreditaram que conseguiríamos atingir nossos sonhos.

Agradecemos o professor César R. Claire Torrico, pela dedicação, pelo empenho e total compreensão, disponibilizando assim o tempo necessário para nos orientar. Fazendo como possível a realização de mais uma etapa de nossas vidas.

Agradecemos a todos os professores que souberam transmitir seus valores em conhecimentos, fazendo que se tornasse possível o entendimento das matérias aplicadas. Formando assim pessoas habilitadas para o mercado de trabalho e para o convívio com a sociedade.

EPÍGRAFE

Talento é 1% inspiração e 99% transpiração. (Thomas Edson)

A melhor visão é a intuição. (Thomas Edson)

O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência. (Henry Ford)

RESUMO

BIONDO, Diego; FORNASARI JOSÉ, Adriano; ROANI SALDANHA, Luan; Sistema de controle de temperatura de ar condicionado automotivo, 2013. Trabalho de Diplomação (Graduação em Tecnologia em Automação Industrial) – Programa de Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do protótipo de um sistema de controle de temperatura de ar condicionado automotivo que tem como função controlar temperatura interna de um veículo através de um sensor de temperatura. Um sistema microcontrolado é responsável pela aquisição do sinal do sensor de temperatura, pela apresentação do valor da temperatura obtida em um *display* de LCD (*display de cristal líquido*) e pelo controle e tratamento dos valores de resposta obtidos. O sistema funciona com um motor CC(*corrente contínua*) operado para aumentar ou diminuir fluxo de ar e um motor de passo que controla aletas de mistura de ar quente com frio, permitindo atingir a temperatura solicitada pelo usuário.

Palavras-chave: Controle de temperatura. Microcontrolador. Aquisição de sinal.

ABSTRACT

BIONDO, Diego; FORNASARI JOSE, Adriano; ROANI, Luan, system climate control air conditioning automotive, 2013. Completion of course work (undergraduate Technology in Industrial Automation) - Graduate Program in Technology, Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2013.

This paper presents the development of a prototype system for temperature control automotive air conditioning which is designed to control temperature inside a vehicle through a temperature sensor. A system microcontroller is responsible for acquiring the signal of the temperature sensor, the presentation of the temperature value obtained on an LCD display (liquid crystal display) and the treatment and control of response values obtained. The system works with a DC motor current (Continued) operated to increase or decrease airflow and a stepper motor that controls flaps mixing hot air with cold, allowing the temperature requested by the user.

Keywords: closed loop control; microcontroller; temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de refrigeração	16
Figura 2 – Fluxograma do ciclo de refrigeração	17
Figura 3 – Diagrama de Blocos PIC16F876.....	22
Figura 4 – Diagrama de blocos microcontrolador PIC com duas portas de E/S.....	23
Figura 5 – Arquitetura Harvard	24
Figura 6 – Sistema de mistura de ar	25
Figura 7 – Caixa de ar automotiva	26
Figura 8 – Lógica de programa em C, PWM e motor de passo.....	29
Figura 9 – Fluxograma geral do projeto.....	31
Figura 10 – Diagrama de ligação do controlador.....	33
Figura 11 – Placa controladora com LCD.....	34
Figura 12 – Diagrama elétrico do sistema de controle com interface	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais utilizados	27
Tabela 2 – Correção de temperatura	32

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

UTFPR - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LCD - LIQUID-CRYSTAL DISPLAY (*display de cristal líquido*)

CFC - CLOROFLUOROCARBONETO

ECM - ELETRONIC CENTRAL MODULE (*modulo central eletrônico*)

LED - DIODO EMISSOR DE LUZ

CC - CORRENTE CONTINUA

A/D – ANALOGICO – DIGITAL

CPU - CENTRAL PROCESSING UNIT (*unidade de processamento central*)

PWM - PULSE-WIDTH MODULATION (*modulação de Largura de Pulso*)

RISC – REDUCED INSTRUCTION SET COMPUTER (*Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. OBJETIVOS GERAIS	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1. SISTEMAS DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVOS	14
3.2. CICLO DE REFRIGERAÇÃO	15
3.2.1. FLUÍDOS REFRIGERANTES.....	17
3.2.2. COMPONENTES DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO	18
3.3. INTER-RELAÇÃO COM INJEÇÃO/IGNIÇÃO ELETRÔNICA.....	20
3.4. MICROCONTROLADORES	20
3.4.1. DESCRIÇÃO GERAL DE MICROCONTROLADORES.....	20
3.4.2. O MICROCONTROLADOR PIC16F876.....	21
4. MATERIAIS E METODOS	25
4.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO	25
4.2. MATERIAIS UTILIZADOS	26
4.3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PROJETO.....	27
4.4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ELETRÔNICO.....	28
4.5. FIRMWARE	30
4.6. HARDWARE.....	33
5. ANÁLISE E RESULTADOS	36
6. CONCLUSÕES.....	37
7. REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de conforto do ser humano se estende desde os tempos antigos até os dias de hoje. Quanto mais a tecnologia avança menor é o esforço por parte do ser humano, a evolução tecnológica contínua, torna cada vez mais fácil e tranquila a vida. Se focar somente na evolução do setor automotivo, percebe-se muito fácil que a cada dia surgem novas tecnologias embarcadas, tornando a condução do automóvel mais tranquila e segura.

Todo esse avanço tecnológico possui um preço, se for aplicar toda a tecnologia em um único modelo ele vai se tornar algo muito seletivo focando em uma área de mercado específico assim a indústria cria diversas linhas de automóveis cada um com sua particularidade para atender o potencial cliente. A particularidade de cada produto tem um nome itens opcionais e dentre estes o mais procurado no momento é o ar condicionado, principalmente em nosso país que é tropical onde esse item automotivo se faz cada vez mais desejado.

Os carros populares em sua maioria possuem ar condicionado manual como opcional, onde este pode selecionar apenas temperaturas fixas que devem ser alteradas pelo usuário se a temperatura ambiente alterar ou se a interna não o agrada. O ar condicionado digital possui um controle de temperatura, não necessitando que o usuário altere a temperatura interna se a externa alterar, somente com a seleção de temperatura feita pelo usuário o sistema do veículo trabalha para atendê-la.

Esse sistema está presente somente em carros de alto nível, ou seja, carros mais luxuosos e com seu valor consideravelmente maior devido seu padrão e categoria entre os demais, a linha popular de veículos não possui este controle visando reduzir custos.

Neste trabalho propõe-se criar um sistema de baixo custo, pela utilidade e eficácia do mesmo, esse foi embasado em conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Tecnologia em Automação Industrial, pesquisas, estudos teóricos e práticos na área automobilística bem como na área de eletrônica. Contou ainda, com resultados decorrentes de ensaios práticos e montagem do protótipo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

Desenvolver um protótipo de controle de temperatura de ar condicionado automotivo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos consistem em quatro principais pontos:

- Elaboração de um sistema de condicionamento de sinal para um sensor de temperatura;
- Desenvolvimento de um sistema de acionamento que comande um motor elétrico 12V e um motor de passo;
- Elaboração de um circuito microcontrolado para interface com o usuário.
- Elaborar o software do microcontrolador.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. SISTEMAS DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVOS

Geralmente em países tropicais a temperatura no interior do veículo é mais alta que a externa. O conjunto de condicionamento do ar atua retirando calor do habitáculo do veículo para transferi-lo ao ambiente (FIAT, 2008).

A maioria dos sistemas de refrigeração trabalham removendo o calor do ar que passa sobre os tubos e aletas da unidade de evaporação. À medida que o calor é retirado, é provocada uma queda gradual da temperatura no interior do veículo (FIAT, 2008).

No funcionamento de um sistema de condicionamento de ar, é importante observar dois fenômenos básicos. Quando um líquido se evapora, passando ao estado gasoso, absorve calor do ambiente e quando um vapor se condensa, passando ao estado líquido, libera calor para o ambiente (FIAT, 2008).

O sistema de condicionamento de ar utiliza um fluido refrigerante para realizar as trocas de calor. O refrigerante atua como agente transportador de energia térmica de um corpo a outro. Em um sistema de condicionamento de ar, existem duas pressões distintas para controlar a transferência de calor. À pressão alta corresponde temperatura alta e à pressão baixa corresponde temperatura baixa (FIAT, 2008).

3.2. CICLO DE REFRIGERAÇÃO

No sistema de condicionamento de ar o ciclo se inicia com a compressão do fluido refrigerante em estado gasoso, provocando um rápido aumento da temperatura e da pressão do mesmo, através do compressor.

Após a compressão, o fluido cede calor ao exterior, através do condensador situado sempre próximo ao radiador do veículo. O fluido em estado líquido segue para o início da fase de expansão rápida, através da válvula de expansão. Esta diminui drasticamente a pressão no sistema transformando o fluido novamente para seu estado gasoso.

Para que a temperatura seja mantida constante, o fluido absorve calor do interior do habitáculo, através do evaporador, que fica localizado dentro do painel do veículo. Atrás do mesmo há o eletroventilador que é o responsável forçar a passagem de vento pelo evaporador e dirigindo-o a cabine.

Com o fluido percorrendo esse ciclo, o sistema pode absorver calor com baixa temperatura e restituí-lo com uma temperatura alta. Utilizando certa força de trabalho, consegue passar o calor de um corpo frio (interior do habitáculo) para outro mais quente (exterior).

Iniciando o ciclo, o compressor abre as válvulas de sucção e aspira o fluido em estado gasoso para o interior do cilindro. Então as válvulas se fecham e é

iniciada a compressão. Quando comprimido, o fluido sofre um rápido aumento de pressão e a temperatura chega a cerca de 80 a 100°C. As válvulas de descarga se abrem e o fluido é impulsionado para dentro do condensador, com pressão e temperatura altas. Ali será resfriado, até aproximadamente 60°C, passando ao estado líquido e cedendo calor para o ambiente (figura 1).

Na saída do condensador o fluido passa pelo filtro acumulador secador, onde é desumidificado e filtrado. Após ser liquefeito e comprimido, vai até a válvula de expansão. Essa irá regular a expansão do fluido, provocando queda de pressão e temperatura, que chega até -15°C. O fluido então entra no evaporador, que estará sendo atravessado pelo fluxo de ar que vem do interior do habitáculo (ou externo), enviado pelo eletroventilador do evaporador. O fluido absorve calor desse fluxo de ar, aquecendo-se até uma temperatura entre 6 a 12°C, quando então se evapora (RENAULT, 2012).

O ar cedeu calor ao fluido, tornando-se mais frio. Além disso, se condensa em contato com as aletas do evaporador, perdendo umidade. O fluido que sai do evaporador frio e de baixa pressão vai ser aspirado pelo compressor. Então, começa um novo ciclo (figura 2).

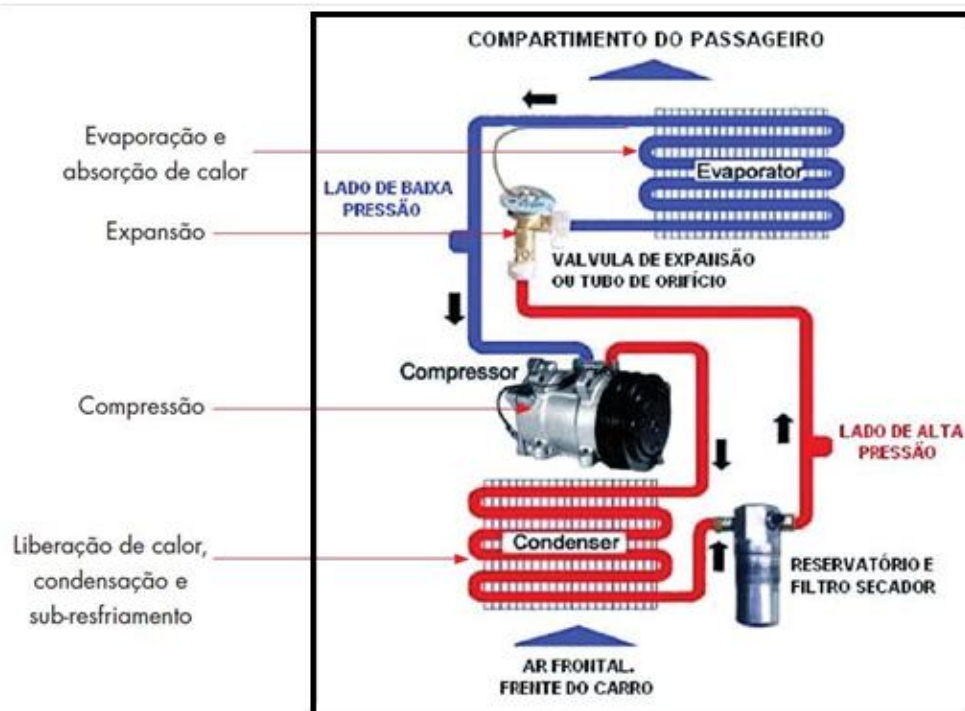


Figura 1 – Ciclo de refrigeração
Fonte: Apostila treinamento Fiat, 2008.

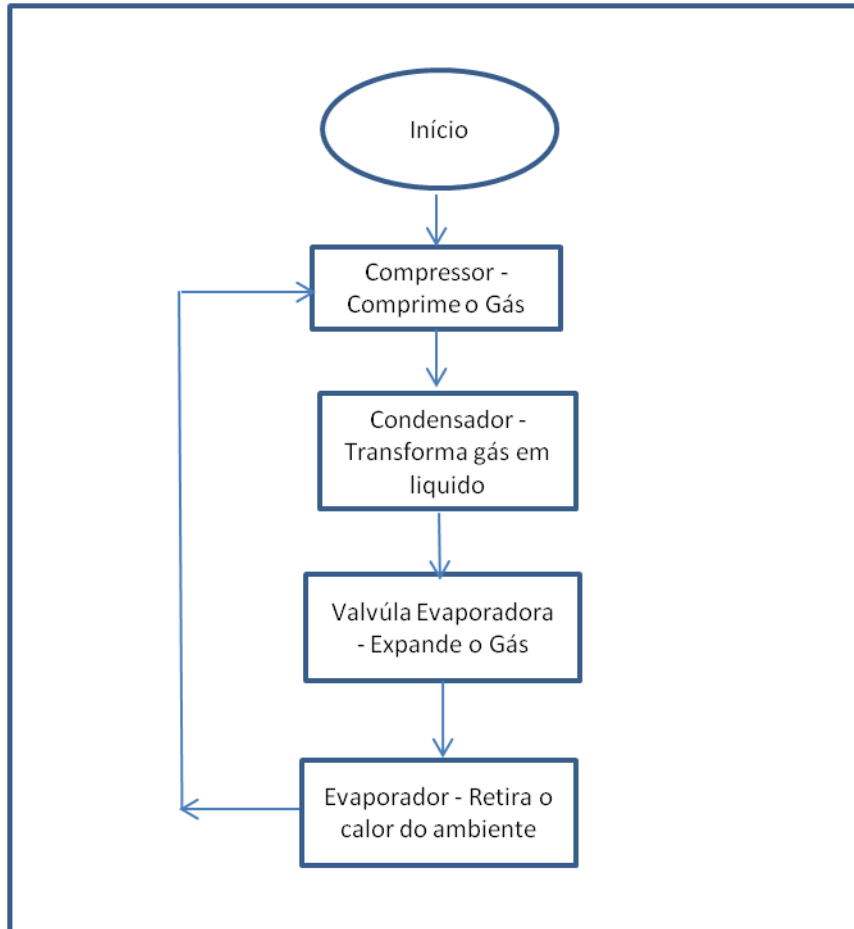


Figura 2 – Fluxograma do ciclo de refrigeração
Fonte: Autoria própria

3.2.1. FLUÍDOS REFRIGERANTES

Para serem usados em circuitos de condicionamento de ar, os fluídos refrigerantes devem ter baixo ponto de ebulição, passando ao estado gasoso com temperatura baixa, e baixo ponto de congelamento para evitar a solidificação. Deve ainda absorver muito calor com pequena quantidade de refrigerante e possuir baixa temperatura crítica (acima da qual o gás não pode ser liquefeito, independentemente da pressão). Essa não pode ser atingida durante o ciclo.

Além disso, o fluído não deve ser explosivo, inflamável, tóxico, nocivo, oxidante nem corrosivo para não danificar o sistema e nem poluir o meio ambiente.

O fluído ideal em termos de estabilidade precisa se misturar facilmente com lubrificante e ser inerte à maior parte dos metais, esse fluído é o diclorodifluormetano (CCl_2F_2), também chamado R-12 ou Freon 12.

Esse refrigerante era amplamente usado nos sistemas de condicionamento de ar. O freon 12 e os outros clorofluorcarbonetos (CFC) são prejudiciais à camada de ozônio que protege a Terra das radiações ultravioletas. Devido a esse problema os produtores de fluídos refrigerantes estão substituindo os compostos que contêm CFC pelos hidrofluorcarbonetos (HFC), que são inofensivos à camada de ozônio. Nos sistemas mais recentes de condicionamento de ar para veículos, o fluído mais utilizado é o tetrafluoretano, chamado de R-134a. Nos sistemas em que se usa freon 12 não se pode usar o R-134a. Assim, os componentes dos dois sistemas não são intercambiáveis (FIAT, 2008).

3.2.2. COMPONENTES DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Em um conjunto de ar condicionado automotivo existem vários componentes sendo cada com sua função, consiste basicamente em condensador, filtro acumulador secador, válvula de expansão, evaporador, pressostato de três níveis, sensor de pressão linear, termostato e pressostato anticongelamento, central de comando auxiliar e compressor.

O condensador é um trocador de calor, montado na frente do radiador, na parte frontal do veículo. Sua função é fazer com que o refrigerante em estado gasoso passe ao estado líquido a uma temperatura aproximada de 60°C, cedendo calor para o exterior.

O filtro acumulador secador tem duas diferentes funções. A primeira é acumular uma grande parte do fluído refrigerante utilizado no abastecimento do sistema, funcionando como um tanque de reserva. Também atua como secador, pois tem em seu interior sílica gel para sistemas com freon 12 ou zeolite para sistemas com R-134a, que absorvem as partículas de água, evitando que congele na entrada da válvula de expansão, o que prejudicaria o funcionamento do sistema (RENAULT, 2012).

A válvula de expansão é montada na entrada do evaporador e regula o fluxo e a expansão do fluído, provocando uma pulverização parcial e uma forte queda em sua pressão e temperatura, antes que entre no evaporador.

O evaporador está localizado na caixa de ar, com o eletroventilador de climatização. Ambos fazem parte do chamado grupo condicionador, junto com os comandos para regulagem do sistema. É o segundo trocador de calor do sistema, composto de tubos de cobre em forma de serpentinas e aletas de alumínio para aumentar a área de troca de calor. Está ligado à válvula de expansão, por meio dos tubos de entrada e saída.

O pressostato de três níveis está localizado junto ao filtro secador, na linha de alta pressão. Tem a função de ligar o eletroventilador do condensador para resfria-lo e baixar sua temperatura protegendo assim o compressor.

O sensor de pressão linear atua como o pressostato, porém, em vez de abrir e fechar contatos, o sensor envia sinais elétricos lineares para ECM (*Eletronic Central Module*), e esta por sua vez comanda o acionamento do eletroventilador e da embreagem eletromagnética do compressor, proporcionando a mesma lógica de funcionamento que o pressostato (RENAULT, 2012).

Em alguns veículos, o sistema condicionador de ar utiliza um termostato anticongelamento. Nesse caso o termostato é fixado na saída do evaporador, na caixa de ar. Esse evita que o evaporador se congele impedindo a passagem de ar pelo mesmo, desligando a embreagem eletromagnética do compressor.

Central de comando auxiliar tem a função de através de seus comandos, iniciar ou cessar o funcionamento do compressor. Porém, ativar o eletroventilador para resfriar o condensador e inserir a embreagem eletromagnética do compressor em algumas situações típicas do sistema, não depende do usuário. Um sistema auxiliar controla estas funções em alguns veículos. A escolha da central é feita de acordo com a motorização do veículo.

A central de comando age diretamente da seguinte forma: Quando o pressostato de três níveis atinge uma pressão pré-determinada a central comanda o eletroventilador de resfriamento do condensador para baixar sua temperatura e reduzir sua pressão. A central também impede o funcionamento do sistema se o termostato estiver com uma temperatura inferior a 0°C.

O compressor é o principal componente do sistema. Tem a função de receber o fluido refrigerante em estado gasoso e comprimi-lo, aumentando rapidamente sua pressão e temperatura para enviá-lo ao condensador, sob a forma gasosa. O compressor é acoplado ao motor por meio de uma correia, que liga a

polia do eixo de manivelas à polia da embreagem de engate eletromagnético, que é montado no eixo do compressor e acionado por uma tensão 12 Volts.

3.3. INTER-RELAÇÃO COM INJEÇÃO/IGNIÇÃO ELETRÔNICA

Quando o condicionador de ar é colocado em funcionamento, o motor perde potência, diminuindo o número de rotações, principalmente em marcha lenta, devido à entrada do compressor no sistema.

A central de injeção/ignição recebe um sinal informando que o condicionador foi ativado e faz aumentar o número de rotações em marcha lenta, antes que o compressor seja inserido. No caso de aumento na demanda de potência do motor, ou queda de rotações de marcha lenta abaixo de um limite, a central atua interrompendo o funcionamento do compressor.

3.4 MICROCONTROLADORES

3.4.1 DESCRIÇÃO GERAL DE MICROCONTROLADORES

O microcontrolador é um pequeno componente eletrônico, dotado de uma tecnologia programável, utilizado no controle de processos lógicos. É pequeno porque em uma única pastilha de silício encapsulada existem todos os componentes necessários ao controle de um processo. Dotado de “inteligência” programável porque possui uma unidade lógica aritmética, onde todas as operações matemáticas e lógicas são executadas. E toda essa lógica é estruturada na forma de um programa e gravada dentro do componente, então, toda vez que o microcontrolador for alimentado o programa interno será executado. Utilizado no controle de processos, que deve ser entendido como o controle de periféricos como *led*, *displays*, relés, sensores, etc. São chamados de controles lógicos porque a operação do sistema baseia-se nas ações lógicas que devem ser executadas, dependendo do estado dos periféricos de entrada e saída. (PEREIRA, 2003)

São inúmeras as aplicações de microcontroladores, muitas vezes possuindo não um, mas vários microcontroladores, que juntamente com seus softwares, agregam valor e viabilizam a produtos com maiores funcionalidades, eficiência, usabilidade e segurança.

Os sistemas microcontrolados estão presentes nas mais diversas áreas, dentre as quais estão a automação industrial, automação comercial, automação predial, área automobilística, agrícola, produtos manufaturados, eletrodomésticos, telecomunicações, etc.

3.4.2 O MICROCONTROLADOR PIC16F876

O microcontrolador PIC16F876 pertence a uma classe de microcontroladores de 8 bits, com uma arquitetura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*- Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções). Conforme mostra figura 3.

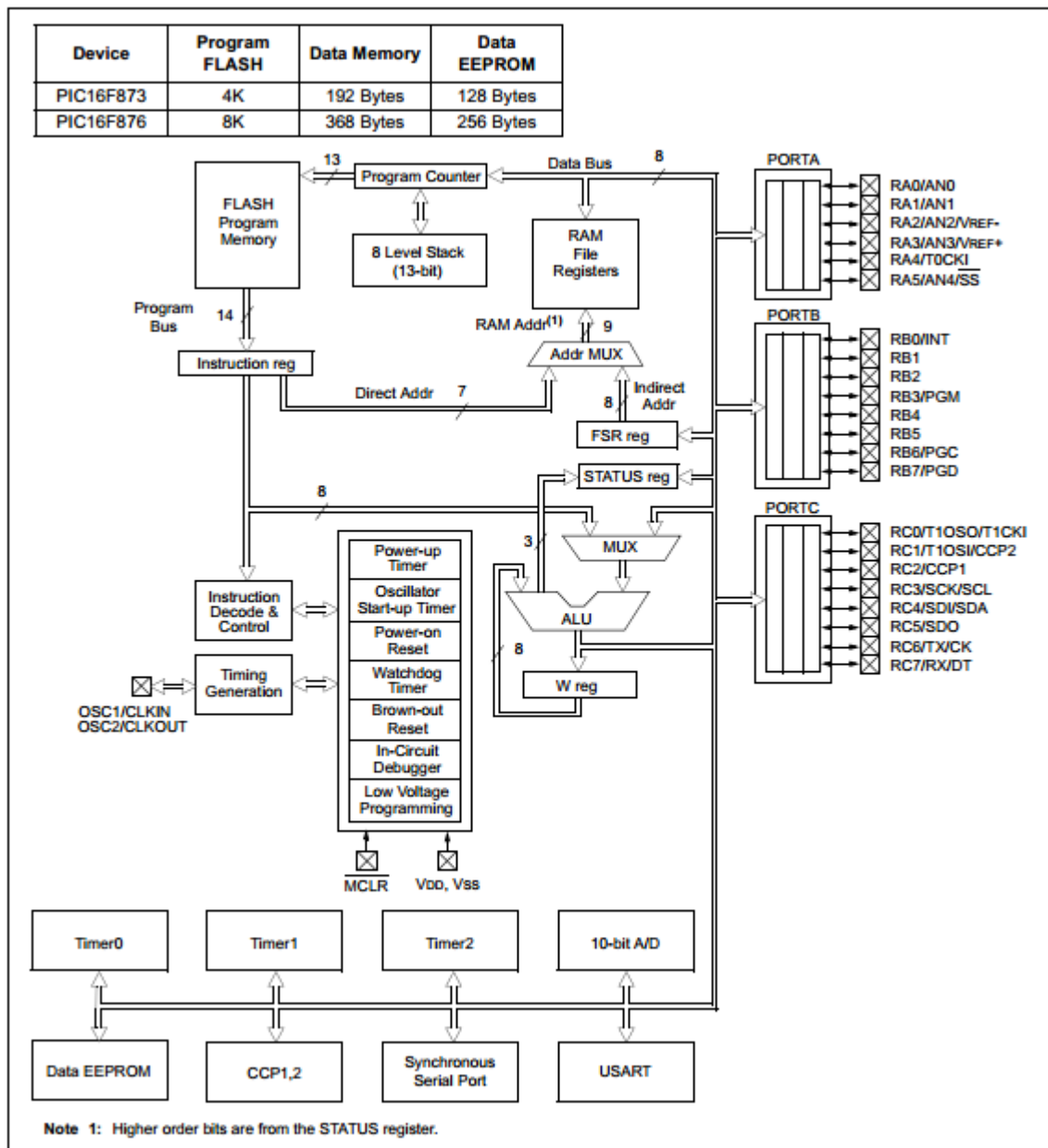


Figura 3– Diagrama de Blocos PIC16F876;
Fonte: Datasheet PIC16F876.

Os blocos básicos de uma estrutura genérica do PIC são divididos em seis partes (figura 4).

- Memória de programa (*flash*): Para armazenar as rotinas de programa. Como a memória *flash* pode ser programada e limpa mais que uma vez ela torna-se adequada para o desenvolvimento de vários tipos de dispositivos inclusive atendendo as necessidades do projeto;

- Eeprom: Memória dos dados que necessitam ser mantidos quando a alimentação é desligada;
- RAM: Memória de dados usada por um programa, durante a sua execução. Na RAM, são guardados todos os resultados intermédios ou dados temporários durante a execução do programa que são perdidos após desligamento de energia;
- Portas de entrada/saída (e/s): São ligações físicas entre o microcontrolador e o mundo exterior;
- Contador/temporizador: São registros de 8 bits no interior do microcontrolador que trabalham independentemente do programa. No fim de cada conjunto de quatro ciclos de relógio do oscilador, ele incrementa o valor armazenado;
- Unidade de processamento central (*CPU*): Faz a conexão com todos os outros blocos do microcontrolador. Ele coordena o trabalho dos outros blocos durante a execução do programa.

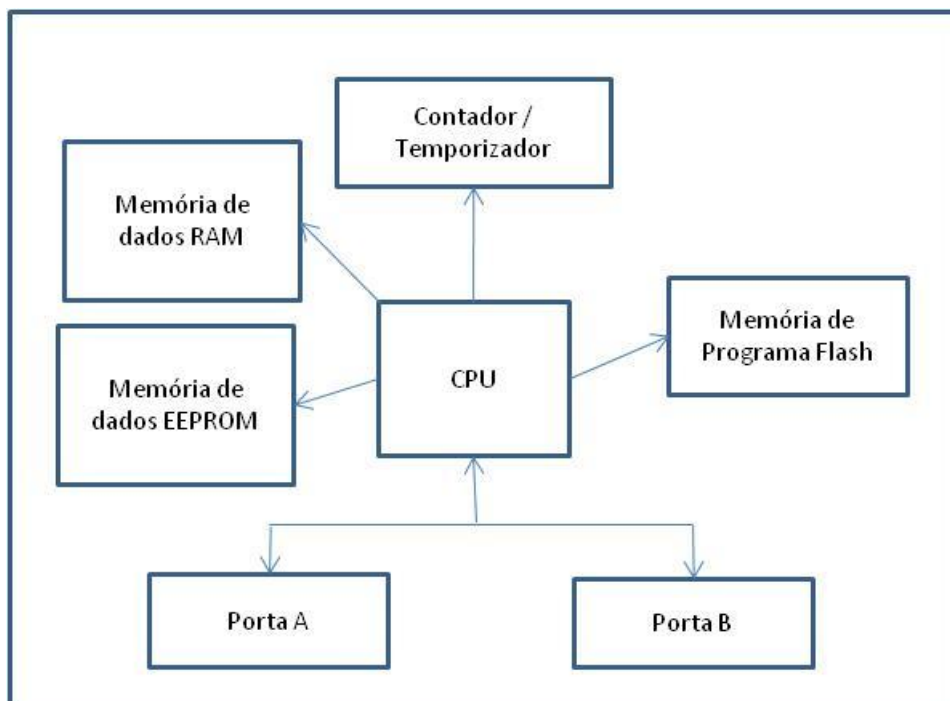


Figura 4 – Diagrama de blocos microcontrolador PIC com duas portas de E/S.
Fonte: Datasheet PIC16F876.

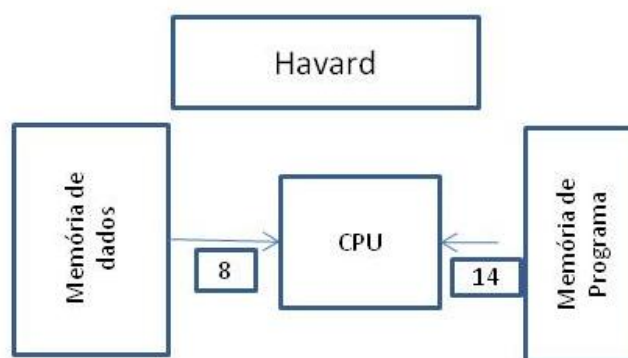


Figura 5 - Arquitetura Harvard.

Fonte: <<http://www.microchip.com/> acesso em 10-07-13>

A diferença principal entre microcontroladores e microprocessadores é a sua funcionalidade. Para que um microprocessador possa ser usado, outros componentes devem ser adicionados ao circuito, tais como, memória e componentes para receber e enviar dados. O microcontrolador foi projetado para ter tudo em só dispositivo, podendo operar sem outros componentes externos.

Os microcontroladores PIC apresentam uma arquitetura Harvard (figura 5) onde a memória de dados está separada da memória de programa. Assim, é possível um acesso concorrente às duas memórias e assim, obter uma maior velocidade de funcionamento. A separação da memória de dados da memória de programa, faz com que as instruções possam ser representadas por palavras de mais que 8 bits. O PIC16F876 usa 14 bits para cada instrução, o que permite que todas as instruções ocupem uma só palavra de instrução. É também típico da arquitetura Harvard ter um conjunto reduzido de instruções, (figura 5), geralmente executadas em apenas um ciclo de máquina. No caso do PIC 16F876 este conjunto é formado por apenas 35 instruções. Esta característica lhe rende também a designação de dispositivo RISC. Todas as instruções são executadas num único ciclo de máquina, exceto no caso de instruções de salto e de ramificação.

4. MATERIAIS E METODOS

4.1.DESCRICÃO DO PROJETO

O projeto foi desenvolvido a partir de uma caixa de ar condicionado automotiva, que fica localizada em baixo do painel do veículo, a mesma tem a função de abrigar o radiador do ar quente, o evaporador, o painel de comando e as aletas internas de direcionamento do ar conforme figura 6.

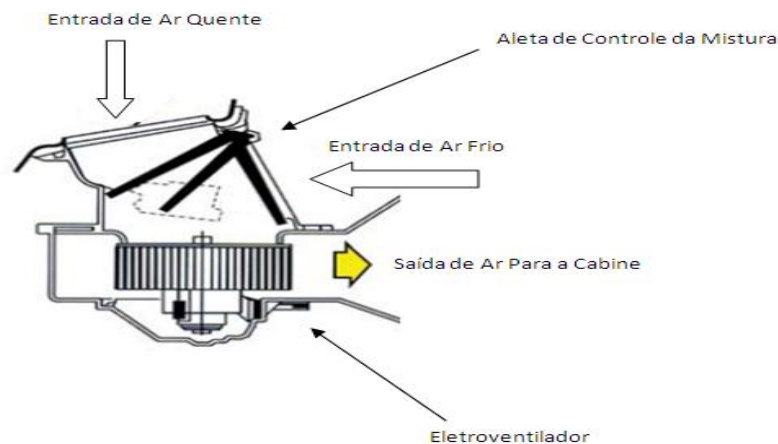


Figura 6 – Sistema de mistura de ar
Fonte: FIAT 2008

Dessa caixa foram retirados todos os acionamentos e instalados/adaptados os novos acionamentos que trabalham de forma independente, acionada pelo controlador. O controlador por sua vez faz a aquisição e tratamento do sinal de um sensor de temperatura que fica instalado no interior do veículo.

A aquisição de temperatura ocorre com taxa de aquisição de 1 segundo, esse valor de temperatura interna é comparado com a temperatura selecionada pelo usuário via teclado, o controlador tem também a função de mostrar através de um LED à necessidade de acionar o compressor caso a temperatura externa não seja suficiente para se aproximar da temperatura desejada. O projeto foi desenvolvido como protótipo devido à necessidade da realização de vários testes em bancada antes de implementar em um veículo conforme figura 7.



Figura 7 – Caixa de ar automotiva.
Fonte: Elaboração própria.

4.2. MATERIAIS UTILIZADOS

Na tabela 1 estão relacionados todos os componentes utilizados detalhando o valor de cada um e informando a quantidade utilizada para a funcionalidade do protótipo construído.

Estes componentes por sua vez, utilizados na placa de controle com interface LCD e teclado de comunicação / interação com o usuário.

Componente	Valor	Tolerancia	Quantidade
Resistor	10K	10%	7
Resistor	2K	10%	1
Resistor	1,5K	10%	1
Trimpot	10K	-	1
Diodo	1n4004	-	1
Led	high-light	-	1
Capacitor	1uF	10%	1
Capacitor	10uF	10%	1
Capacitor	100uF	10%	1
Capacitor	22pF	10%	2
Capacitor	100nf	10%	1
Transistor	bc548	-	2
Transistor	2n2222	-	1
Transistor	2N3906	-	1
Mosfet	IRFZ44N	-	1
Cristal	8Mhz	-	1
Mini-chave	NA	-	3
CI	LM324N	-	1
CI	Pic 16f876	-	1
CI	LM7805	-	1
CI	ULN2003	-	1
CI	LM35	-	1
Display	LCD 16pinos	-	1
Motor	Motor de Passo	-	1

Tabela 1 - Materiais utilizados.

Fonte: Autoria Própria.

4.3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PROJETO

O sistema elétrico do automóvel é alimentado em 12V (tensão da bateria automotiva), tem um motor de passo e um motor de corrente contínua que também são alimentados em 12V, os demais circuitos são alimentados com 5V (sistema microcontrolado). O motor de corrente contínua está ligado a uma turbina de ar que é responsável por “soprar” o ar para dentro do veículo, ele é acionado por um mosfet trabalhando com PWM (*modulação de Largura de Pulso*). O PWM foi configurado a

uma frequência de 10416Hz. O motor de passo é do tipo 4 bobinas e é acionado por um drive ULN2008.

O sensor de temperatura escolhido foi o LM35, ele tem uma escala linear de resposta de 0V a 1V para uma faixa de temperatura entre 0° e 100°C, como o microcontrolador tem um canal de A/D de 10 bits que pode variar de 0V à 5V, foi configurado um circuito amplificador não inversor com ganho 5, assim a escala de temperatura passou de (0V à 1V) para (0V à 5V), foi montado juntamente neste circuito um filtro usando um capacitor para atenuar variações de tensão.

Para a seleção de temperatura foi configurado um teclado, onde o usuário seleciona a temperatura que desejar entre os valores de 16° à 30°C. O controlador também dispõe de um *display* LCD, nele está a temperatura ambiente e a temperatura escolhida pelo usuário.

Quando o controlador é desligado, ele salva a temperatura escolhida e também a posição do motor de passo, ou seja, quantos passos/voltas ele está da posição inicial.

4.4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ELETRÔNICO

Inicialmente, foi verificado que o motorista do veículo com ar condicionado manual teria de ajustar a temperatura de tempos em tempos até atingir um ambiente agradável. Isso gera uma problemática tanto a distração ao volante, quanto a um controle não preciso do equipamento. Outro ponto inicial levantado é a opção de ar condicionado automático para carros populares cujos quais, não têm essa opção de fábrica (ar com controle digital).

A partir dessa análise, foi iniciado o estudo de viabilidade de implantação do sistema no veículo para manter o ambiente mais homogêneo. Dando início ao projeto em si, foram analisadas tecnologias conhecidas para aplicação ao projeto, desde controladores, sensores e atuadores, sempre com análise voltada para uma concepção com componentes acessíveis, de menor custo.

Na concepção atual do ar condicionado mecânico, o motorista realiza a função do sensor de temperatura, a partir do seu gosto ou necessidade momentânea, há atuação do mesmo para ajustar o sistema. Na concepção do

sistema automático, surgiu a ideia do motorista apenas selecionar a temperatura conveniente ao momento (via teclado). O controlador fará o ajuste necessário no sistema para manter o nível selecionado.

Foi realizado um estudo de componentes no mercado a fim de fazer esse controle com boa precisão e fácil implementação. O sistema basicamente é constituído de chaves para seleção de temperatura, um *display* para informar a temperatura ao usuário e um sensor que verifica a temperatura ambiente.

O protótipo possui dois tipos de controle separados em seu método, onde o controle de mistura (parte do sistema que controle o motor de passo) é PI (acumulativo), o qual atua diretamente em relação ao erro, conforme ilustra a figura 8 abaixo.

```
int contaPWM(){
    int valor = 0;

    if ( tlido > tset ){// comparação, verifica se esta esfriando ou esquentando!
        valor = (tlido/10) - (tset/10);
        output_high ( compress );// alerta compressor ar frio ligado
    }else{
        valor = (tset/10) - (tlido/10);
        output_low ( compress );// alerta compressor ar frio desligado
    }
    if (valor >= 21) // atribue o maximo valor de 20
        valor = 20;
    return valor;// retorna o valor
}

void contapasso(){
    unsigned int valor = 0,x = 127;

    // if ( tlido > tset ){ // esfriar!
        valor = (tlido/10) - (tset/10);
        if (pmotor < (x+valor))
            motorf();// esfria!!
    // }else{ // esquentar!
        valor = (tset/10) - (tlido/10);
        if (pmotor > (x-valor))
            motorq();// esquentar!
    // }
    /* if ( tlido < tset ){ // esfriar!
        valor = (tlido/10) - (tset/10);
        if (pmotor > (x-valor))
            motorq();// esfria!!
    }else{ // esquentar!
        valor = (tset/10) - (tlido/10);
        if (pmotor < (x+valor))
            motorf();// esquentar!
    }*/
}
```

Figura 8 – Lógica de programa em C, PWM e motor de passo.
Fonte: Elaboração própria.

Conforme a temperatura ambiente varia em relação à estipulada pelo usuário, o controlador realiza as ações necessárias para corrigir a diferença entre elas e tentar manter o ambiente na temperatura selecionada.

O sistema de controle tem um sensor que verifica a temperatura ambiente e dois atuadores para equilibrar a temperatura, um deles é o misturador, ele é o

responsável pela mistura ar quente e ar frio, e a turbina de ar (*cooler*), essa atua na intensidade do ar (exemplificado conforme tabela 2).

4.5. FIRMWARE

Para a programação do microcontrolador foi utilizado o software da Microchip MPLab com compilador em C da CCS, inc. O material de apoio, para a programação foi o livro Programando PIC em C.

Para a execução das ações do microcontrolador foram configuradas portas A/D, PWM, *display* LCD, a um timer com tempo de 1s e ainda a configuração de uma leitura de Portas (teclado) a cada 250ms. A execução basicamente trabalha na leitura de dados a cada 1mili segundo onde é verificada a tensão de alimentação da fonte se ela estiver acima de 9Vdc ele executa as próximas ações, caso não, ou seja a alimentação esteja abaixo desse valor ele realiza a gravação de valores de posição do misturador (motor de passo) e valor da temperatura escolhida na memória do micro e aguarda o desligamento, a próxima ação é a leitura (conversão A/D) oriundo do LM35 ligado a porta do microcontrolador em um tempo de 1 segundo, já a leitura do teclado é realizada a cada 250 milisegundos, caso haja interação do usuário o valor da temperatura selecionada é incrementada ou decrementada

Na figura 9 demonstra através de um fluxograma a sequência de operações.

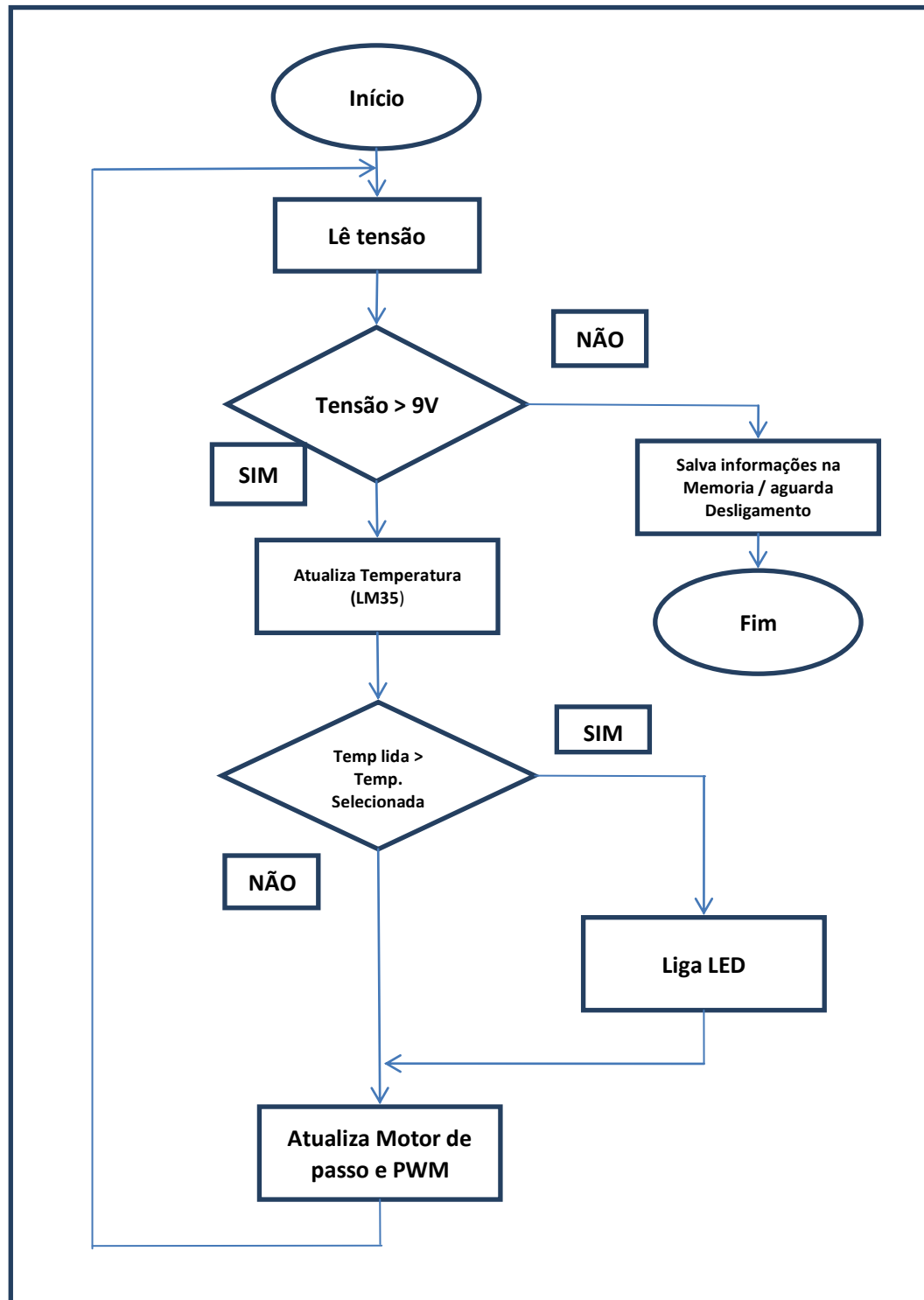


Figura 9 - Fluxograma geral do projeto.
Fonte: Autoria própria.

Após a verificação da tensão, do LM35 e teclado, o controlador realiza uma aritmética para verificar o erro do sistema, isso é feito da seguinte maneira:

Foi estipulada uma escala de temperatura com um valor máximo e um mínimo para o controle dos atuadores, esse valor fica em $+20^{\circ}\text{C}$ e -20°C do valor setado como referência, ou seja, o fim da escala é 20°C acima ou a abaixo da

temperatura ambiente, Ex: temperatura ambiente em 10°C e temperatura selecionada 30°C o erro é de 20°C, para corrigir o erro, o PWM fica com 100% e o misturador aumenta gradativamente saturando em 100% de ar quente (O passo de cada degrau de movimento do misturador é proporcional ao erro). Essa correção de valores pode-se observar na tabela 2 onde possui os valores de temperatura ambiente com valores de temperatura selecionada constando cada reação do *fan* (*cooler*).

Cooler (PWM)	FAN (PWM)
100%	100%
95%	95%
90%	90%
85%	85%
80%	80%
75%	75%
70%	70%
65%	65%
60%	60%
55%	55%
50%	50%
45%	45%
40%	40%
35%	35%
30%	30%
25%	25%
20%	20%
15%	15%
10%	10%
5%	5%

Tabela 2 – Lógica de comando da ventilação.
Fonte: Autoria própria.

No mesmo tempo da aquisição dos dados de temperatura também é indicado visualmente através de um LED a necessidade de acionamento ou não do compressor do sistema. Basicamente é alertado ao usuário sobre a necessidade de ligar o compressor do ar condicionado.

O LED ligando demonstra que o sistema apenas de ventilação não está corrigindo a diferença de temperatura (erro do sistema) e requer uma ajuda para se aproximar da temperatura selecionada.

O usuário disponibiliza desta opção por motivos de uma possível economia de combustível e reduzindo o desgaste de componentes do compressor, evitando ligar e desligar frequentemente.

4.6. HARDWARE

O *hardware* foi construído em uma placa matriz de furos, todas as ligações foram feitas e testadas individualmente, a montagem foi dividida em seis etapas, para uma melhor organização na placa e também para o teste de cada circuito. A primeira etapa foi a ligação do regulador de tensão 5Vdc, após realizada a segunda etapa que consistiu na ligação do microcontrolador, cristal e *display* LCD, Após o funcionamento do display foi realizada a terceira etapa que é a configuração da porta A/D do microcontrolador e montagem do circuito do LM35, com a montagem finalizada foi realizada a calibração da temperatura do sensor, na quarta etapa foi a montagem e teste do acionamento de potencia do PWM, na quinta etapa o circuito de saída do motor de passo conforme figura 10. E por último foram realizadas as ligações do protótipo (figura 11).

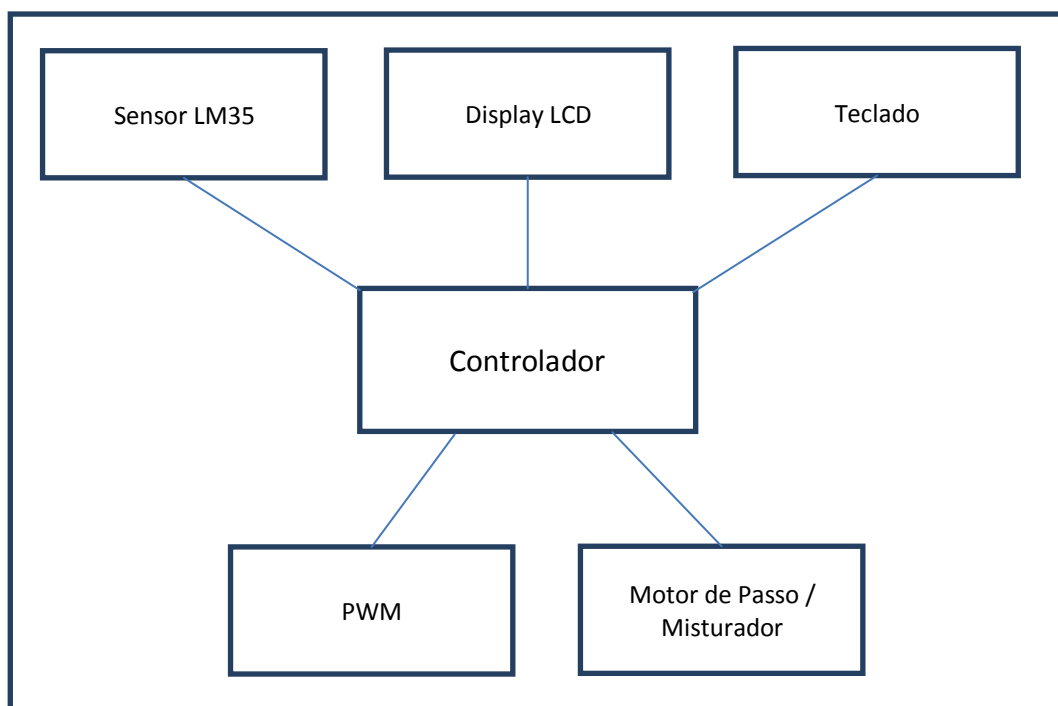


Figura 10 – Diagrama de ligação no controlador.
Fonte: Autoria própria.

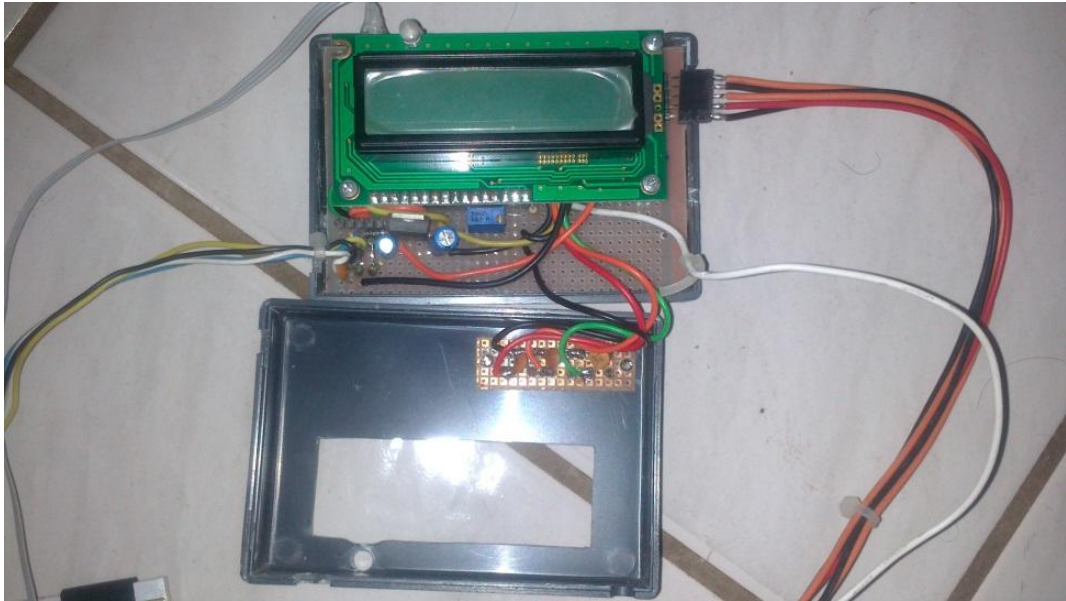


Figura 11 – Placa controladora com LCD.
Fonte: Autoria própria.

Com todo o hardware montado foi realizado os teste em bancada para verificar o funcionamento do protótipo e analisar as atuações do controlador, também verificar se estas eram as esperadas.

Na figura 12 abaixo demonstra o diagrama elétrico do sistema de controle desenvolvido com interface visual, bem como com ligação de cada pino.

5. ANÁLISE E RESULTADOS

De acordo com a lógica de controle da tabela 2, e analisando o comportamento do controlador, pode-se observar que o funcionamento foi obtido conforme o esperado. Foram realizadas varias simulações da variação de temperatura, a primeira utilizando um trimpot no lugar do sensor, para assim variar o sinal de “temperatura” mais rapidamente e analisar se as respostas do controlador eram imediatas. A segunda simulação foi realizada com o sensor LM35, esquentando e esfriando o mesmo. Nos dois casos foram constatados o funcionamento do controlador, assim que a temperatura é variada o controlador atua realizando a correção da temperatura. Para o teste em bancada com o protótipo montado, os resultados foram satisfatórios com a proposta apresentada.

Foram levantados alguns pontos de sugestões como melhorias para possíveis implementações futuras. Dentre elas destaca-se uma melhoria na parte de controle de abertura da aleta colocando reduções com engrenagem, propõe-se com um parafuso rosca sem fim e uma engrenagem dentada facilitando a abertura e também aumentando a vida útil do motor que controla a mesma.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho desenvolveu-se uma alternativa de baixo custo para controle de temperatura em automóveis, mais especificamente em automóveis da categoria popular. O sistema foi desenvolvido considerando necessidades de controle automático de temperatura reduzindo ao máximo a necessidade da intervenção do usuário.

O projeto foi desenvolvido a partir de informações fornecidas por usuários que gostariam de adquirir um controle automático de ar condicionado mas não queriam investir alto. A partir destes dados, pesquisas foram realizadas para a determinação dos componentes a serem utilizados para desenvolver o protótipo. Ao analisar os resultados obtidos, constata-se que as expectativas propostas pelos objetivos específicos foram alcançadas, atendendo aos prazos estipulados e as especificações de funcionamento, porém o protótipo não foi aplicado ao veículo devido a cada veículo possuir uma arquitetura diferente e cada montadora possuir normas específicas para agregar acessórios em seus veículos.

Após simulações foi possível se deparar com situações onde poderiam ser implementadas melhorias bem como sistemas de engrenagens com reduções para aletas proporcionando mais controle e precisão na mistura do ar, também aumentando a vida útil do motor que não terá de exercer tanta força.

Todos os testes realizados demonstraram que o protótipo reage de forma estável e confiável, tendo em vista que os testes foram realizados exclusivamente em ambiente laboratorial. Para utilização do protótipo em veículos automotores, é necessária a realização de testes em campo, este projeto não contava com disponibilidade de um veículo para instalação e testes em campo.

7. REFERÊNCIAS

TREINAMENTO E PADRÕES DA REDE FIAT, **Climatizadores**, Impresso nº 53001118 - 04/2008 SENAI – Londrina – PR

TREINAMENTO E PADRÕES DA REDE FIAT, **Redes Veiculares**, Impresso nº 7422138 - 04/2009 SENAI - Curitiba – PR

TREINAMENTO E PADRÕES DA REDE FIAT, **Ar Condicionado Automotivo**, Impresso nº 5890345 - 04/2009 SENAI – Londrina – PR

TREINAMENTO WEB FIAT, **Noções de Ar-condicionado**, Disponível em: <<http://www.treinamentowebfiat.com.br/Login.aspx?ReturnUrl=%2f>> Acesso em agosto de 2009.

TREINAMENTO WEB FIAT, **Eletricidade Básica**, Disponível em: <<http://www.treinamentowebfiat.com.br/Login.aspx?ReturnUrl=%2f>> Acesso em julho de 2009.

TREINAMENTO WEB FIAT, **Eletrônica Embarcada**, Disponível em: <<http://www.treinamentowebfiat.com.br/Login.aspx?ReturnUrl=%2f>> Acesso em fevereiro de 2010.

TREINAMENTO WEB FIAT, **Ar Condicionado Tri-zone Fiat Freemont**, Disponível em: <<http://www.treinamentowebfiat.com.br/Login.aspx?ReturnUrl=%2f>> Acesso em agosto de 2012.

PROGRAMAÇÃO EM C, **Microcontroladores PIC**, Fabio Pereira, Editora Érica Ltda, 2007

TREINAMENTO A REDE RENAULT, Elarning, **Eletricidade e Ar-condicionado**, Disponível em: <<http://renault.micropower.com.br/Performa/Web/Portal/Main/Home.aspx>> Acesso em abril de 2013.

APOSTILA PROGRAMANDO EM “C”, **material de apoio UTFPR**, Marcos Marini 2008.

APOSTILA CURSO DE LINGUAGEM C, **Material de apoio UFMG**, Henrique José dos Santos, Santos SP

MATIC, Nebojsa; ANDRIC, Dragan. **The PIC Microcontroller, tradução de Alberto Jerônimo**. [S.l.]: V. Book 1, 2000.

SOUZA, David J. D. **Desbravando o PIC**. 12. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2010.

TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L. **Sistemas Digitais: princípios e aplicações**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2007.

MICROCHIP. **Datasheet PIC16F876**. Disponível em: <<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010239>>. Acesso em: abril 2013.

OGATA , K., **Engenharia de Controle Moderno**. 4ª ed. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2003.

THOMAZINI, D., ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 3ª ed. São Paulo: Érica

OLIVEIRA, André Schneider de; ANDRADE, Fernando Souza de. **Sistemas embarcados: Hardware e firmware na prática**. São Paulo: Érica, 2006.

SILVA, Remi Benedito; **Ar Condicionado**. São Paulo, 1968