

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

CLAUDIO SOARES
RAFAEL DAMASCENO
THIAGO VINICIUS BACHAL

**SISTEMA DE CONTROLE DE ENERGIA PARA
VEÍCULOS DE RECREAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2012

CLAUDIO SOARES
RAFAEL DAMASCENO
THIAGO VINICIUS BACHAL

SISTEMA DE CONTROLE DE ENERGIA PARA VEÍCULOS DE RECREAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado a disciplina Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica e do Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadora: MSc. Simone Massulini Acosta

CURITIBA
2012

CLAUDIO SOARES
RAFAEL DAMASCENO
THIAGO VINICIUS BACHAL

SISTEMA DE CONTROLE DE ENERGIA PARA VEÍCULOS DE RECREAÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 05 de dezembro de 2012, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Curitiba, 05 de Dezembro de 2012

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Mecânica

Prof. Décio Estevão do Nascimento
Responsável pelo Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ubiradir Mendes Pinto

Prof^a. MSc. Simone Massulini Acosta
Orientadora

Prof. Dr. Valmir de Oliveira

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por nos proporcionar a vida, sempre guiando-nos e iluminando nossas escolhas. Por nos oferecer a possibilidade de trilhar nossos caminhos e prover as ferramentas necessárias para triunfarmos em nossa jornada.

As nossas famílias por serem sempre nossos alicerces, apoiando-nos nos momentos difíceis, e compartilhando conosco as alegrias dos bons momentos. Pelos esforços imensuráveis em nos ajudar sempre, por nos impedir de desistir mesmo perante as maiores dificuldades, sempre nos motivando a alcançar algo maior. Por tolerar e conviver com nossas ausências, fraquezas e defeitos, sem nos julgar ou abandonar.

À professora Simone Massulini Acosta, por aceitar o desafio de nos orientar neste projeto, nos dando todo o suporte necessário para alcançarmos mais esta conquista.

Ao professor Valmir de Oliveira, por toda ajuda e suporte, tirando dúvidas e auxiliando no desenvolvimento do trabalho.

RESUMO

BACHAL, Thiago Vinicius; SOARES, Claudio; DAMASCENO, Rafael. **Sistema de controle de energia para veículos de recreação**. 2012. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

Este projeto apresenta o desenvolvimento de um sistema de controle de energia para veículos de recreação (*motorhome*), que é um dispositivo eletrônico capaz de controlar, de forma autônoma, a saída de autotransformadores utilizados nesses veículos. Foi desenvolvido um sistema para controle de carga de baterias utilizando tiristores. Após esta etapa, foi implementado um sistema de ajuste de tensão utilizando contadores nas entradas de ajuste do autotransformador. Para identificar a tensão fornecida ao sistema pelas fontes externas, foi desenvolvido um circuito eletrônico de chaveamento de tensão, utilizando um microcontrolador PIC. Para realizar o controle do sistema foi desenvolvido um *software*, em linguagem C, para o microcontrolador, que gerencia todos os periféricos do sistema de forma autônoma. Na etapa final, todos os processos e sistemas citados acima foram integrados resultando na confecção do *hardware* final. A utilização do dispositivo desenvolvido tem o intuito de proporcionar a satisfação dos usuários de veículos de recreação, garantindo o controle de energia e a vida útil dos componentes agregados a estes veículos.

Palavras-chave: Veículos de recreação. Conversão de energia. Controle de Tensão. Microcontrolador.

ABSTRACT

BACHAL, Thiago Vinicius; SOARES, Claudio; DAMASCENO, Rafael. **Power control system for recreational vehicles**. 2012. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

This project presents the development of an electronic circuit for power control used in recreational vehicles (motorhomes), which is an electronic device able to automatically control the output of auto-transformers used in these vehicles. It was developed a system using thyristors to control the batteries charge. After this phase, a system for voltage adjustment was implemented using contactors in the input adjustment gates of the auto-transformer. To identify the voltage supplied to the system by outside sources, a voltage switching electronic circuit using a PIC microcontroller was developed. For controlling the system, a software was developed using C language for the microcontroller, which automatically manages all the others peripherals systems. In the final phase, all the processes and systems mentioned above were integrated, resulting in the complete hardware. This device was developed in order to provide satisfaction for the users of recreational vehicles, ensuring efficient control of power supply and thus maximizing the lifetime of components used in these vehicles.

Key words: Recreational vehicles. Power conversion. Voltage control. Microcontroller.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conversor de energia.....	13
Figura 2 – Autotransformador.....	15
Figura 3 – Esquema do autotransformador para veículos de recreação.....	16
Figura 4 – Transformador de corrente.....	16
Figura 5 – TC da empresa Phoenix Contact.....	17
Figura 6 – Minicontator de baixa tensão.....	19
Figura 7 – Símbolo do SCR.....	20
Figura 8 – Circuito interno do optoacoplador.....	21
Figura 9 – Modo de operação sem realimentação.....	22
Figura 10 – Modo de operação com realimentação positiva.....	22
Figura 11 – Modo de operação com realimentação negativa.....	23
Figura 12 – Imagem e pinagem do microcontrolador PIC16F877A.....	25
Figura 13 – Esquema simplificado para fornecimento de energia elétrica para os equipamentos em veículos de recreação.....	28
Figura 14 – Fluxograma de monitoramento da tensão de saída do conversor.....	30
Figura 15 – Fluxograma simplificado para o carregador de baterias.....	31
Figura 16 – Circuito eletrônico do controle de carga de baterias.....	32
Figura 17 – Dissipador com os dois tiristores.....	33
Figura 18 – Circuito redutor de tensão utilizando amplificador operacional.....	34
Figura 19 – Sistema de controle de carga de baterias.....	35
Figura 20 – Contator x tensão: tensão de entrada aumentando.....	36
Figura 21 – Contator x tensão: tensão de entrada diminuindo.....	36
Figura 22 – Circuito eletrônico de controle de tensão por contator.....	37
Figura 23 – Circuito retificador de tensão.....	38
Figura 24 – Mensagem de erro mostrada quando a tensão não se estabiliza dentro dos valores especificados.....	39
Figura 25 – Mensagem de inicialização do sistema.....	39
Figura 26 – Contatos 13 e 14: <i>feedback</i> de contator acionado.....	41
Figura 27 – Mensagem no <i>display</i> indicando o contator que apresenta falha.....	41
Figura 28 – Mensagem de erro indicando o contator que se encontra com defeito..	43
Figura 29 – Mensagem de erro indicando a bateria desconectada.....	44
Figura 30 – Mensagem de erro indicando bateria com defeito.....	45
Figura 31 – Montagem final da placa do <i>hardware</i>	47
Figura 32 – Integração de todo o projeto.....	47
Figura 33 – Acionamento dos relés em tensão de 127 V _{CA}	49
Figura 34 – Circuito de detecção de <i>zero-crossing</i>	51
Figura 35 – Leitura no osciloscópio de detecção de <i>zero-crossing</i>	52
Figura 36 – Acionamento dos tiristores 100% de carga na bateria.....	53
Figura 37 – Gráfico tensão x carga da bateria.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 PROBLEMA.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 CONVERSOR DE ENERGIA PARA VEÍCULOS DE RECREAÇÃO.....	13
2.2 AUTOTRANSFORMADOR.....	14
2.3 TRANSFORMADOR DE CORRENTE.....	16
2.4 SELETOR AUTOMÁTICO DE TENSÃO.....	17
2.5 CONTADORES.....	18
2.6 TIRISTORES.....	19
2.7 OPTOACOPLADORES.....	20
2.8 AMPLIFICADOR OPERACIONAL.....	21
2.9 CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL.....	23
2.10 MICROCONTROLADOR.....	24
2.11 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO C.....	26
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
3.1 MONITORAMENTO DA TENSÃO DE ENTRADA.....	29
3.2 CARREGADOR DE BATERIAS.....	30
4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	32
4.1 CONTROLE DE CARGA DE BATERIA.....	32
4.2 CHAVEAMENTO DE TENSÃO POR CONTATOR.....	35
4.3 CIRCUITO ELETRÔNICO DE CHAVEAMENTO.....	37
4.4 PROGRAMA DO MICROCONTROLADOR.....	40
4.4.1 Verificação de Segurança do Sistema.....	40
4.4.2 Teste de Tensão de Entrada da Rede.....	42
4.4.3 Seleção dos Contadores de Ajuste do Autotransformador.....	42
4.4.4 Análise de Tensão de Entrada da Bateria.....	43
4.4.5 Análise de Corrente de Carga da Bateria.....	44
4.4.6 Interface do <i>Display</i> LCD.....	45
4.5 INTEGRAÇÃO E MONTAGEM DO <i>HARDWARE</i>	46
5 TESTES E RESULTADOS	48
5.1 TESTES DE VARIAÇÃO DA TENSÃO DE ENTRADA.....	48
5.2 TESTES DE ACIONAMENTO DOS CONTADORES.....	48
5.2.1 Contadores Desacionados Antes de Iniciar a Operação.....	48
5.2.2 Acionamento Correto dos Contadores.....	49
5.2.3 Teste De Comutação dos Contadores.....	50
5.3 TESTE DO CARREGADOR DE BATERIA.....	50
6 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICE A Programa do Microcontrolador.....	59
APÊNDICE B Fluxograma do Programa Principal.....	75
APÊNDICE C Esquema Eletrônico Completo.....	76
APÊNDICE D PCB da Placa de Circuito Impresso.....	77

1 INTRODUÇÃO

Os veículos de recreação podem ser de dois tipos: *trailer* e *motorhome*. O *trailer* é basicamente um reboque, ou seja, uma casa sobre rodas que necessita de um veículo para puxá-lo. O *motorhome* é um equipamento totalmente independente, construído principalmente a partir de um ônibus ou caminhão, sendo uma casa sobre rodas com seu próprio motor propulsor.

O *motorhome* é dividido em duas partes: a “casa” e o “carro”. A casa possui as acomodações internas, quartos, sala, cozinha, banheiro, móveis, eletrodomésticos, eletroeletrônicos entre outros. O carro compreende todas as funcionalidades de um veículo de autopropulsão.

Nascido da necessidade dos campistas, os veículos de recreação se desvencilham dos paradigmas de horários, *check-in* de hotéis e pousadas, da liberdade de escolha de lugares sem a preocupação de disponibilidade de vagas. Aliando luxo, conforto e tecnologia, além da agilidade de transporte, facilidade e praticidade no próprio acampamento, os veículos de recreação proporcionam um lazer itinerante com a comodidade do próprio lar (PIVARI, 2007).

Vários veículos de recreação possuem equipamentos eletroeletrônicos capazes de garantir uma boa estadia, mesmo em ambientes extremos como o deserto do Atacama no Chile ou Bariloche na Argentina. Portanto, é necessário que o veículo esteja conectado a uma rede elétrica externa ou possuir outra fonte de energia, como por exemplo, gerador de energia, placas de energia solar, banco de baterias e conversor de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA).

Todo veículo de recreação deve possuir, ao menos, três dispositivos para garantir o bom funcionamento dos equipamentos internos: um conversor de energia, uma bateria e um conversor CC-CA.

O conversor de energia é um equipamento utilizado para fornecer energia elétrica para os equipamentos, disponíveis no veículo, que utilizam tensão de alimentação de 127 ou 220 V_{CA} e para carregar dois grupos distintos de baterias (TREILAR, 2011):

- A bateria acoplada ao conversor CC-CA, conhecida como “bateria da casa”, que é responsável pelo fornecimento de energia aos equipamentos internos do veículo na falta de tensão externa;
- A “bateria do carro”, bateria do ônibus ou caminhão, no caso de um *motorhome*, pois não existe “bateria do carro” em um *trailer*.

O inversor é um equipamento capaz de transformar a tensão CC da bateria em tensão CA, elevando seu potencial de 12 ou 24 V_{CC} para 127 ou 220 V_{CA} , dependendo do modelo. O inversor é utilizado durante os trajetos de viagens, fornecendo energia para o refrigerador, aparelhos de televisão e, em alguns casos, também, para a iluminação interna.

A qualidade de energia fornecida para os equipamentos internos do veículo de recreação é a razão para o desenvolvimento deste projeto. Muitos *campings* não possuem um correto dimensionamento dos circuitos de energia elétrica disponíveis para utilização nos veículos de recreação. Outros, ainda, são muito afastados dos centros urbanos e a energia elétrica fornecida pela concessionária atinge valores críticos ou inferiores aos estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), nas Portarias nº 47/78 e 04/89 do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), para o fornecimento de energia elétrica em condições normais. Segundo essas portarias, é permitida a variação de 109 até 132 V para a tensão de 127 V, e de 189 até 229 V para a tensão de 220 V (PACHECO, 2002).

Portanto, têm-se duas necessidades: compensar a variação na energia elétrica (ou *offset* de tensão) obtida de uma fonte deficitária externa ao veículo e manter o banco de baterias sempre carregado e disponível para utilização.

Os conversores de energia comerciais possuem um dispositivo para compensar a deficiência da rede, que utiliza uma chave seletora que deverá ser operada de forma manual pelo proprietário do veículo. Esta chave possui até dez níveis de ajuste para correção do *offset* de tensão. Porém, muitos usuários de veículos de recreação não sabem como manobrá-la, apesar de ser um dispositivo de fácil utilização. Desta forma, em muitos casos, os equipamentos internos do veículo de recreação são danificados devido à falta de destreza do usuário ou pelo desconhecimento de que a variação de energia pode ser prejudicial e levar a queima de certos equipamentos, como geladeira e ar-condicionado.

Atualmente, existem no mercado carregadores de baterias automáticos, conhecidos como “flutuantes” ou “inteligentes”, que monitoram o nível de tensão e o

fluxo de corrente de carga da bateria, disponibilizando somente os valores necessários e aumentando consideravelmente a vida útil das baterias. Os maiores veículos de recreação podem possuir um banco de baterias com até quatro baterias de 200 Ah, apenas para utilização da casa.

No Brasil, a maioria dos conversores de energia não são automáticos e necessitam que o usuário acione o carregamento manualmente (RIO, 2011). O carregador de baterias, normalmente, possui capacidade de carga de até 30 A, podendo danificar a bateria se o mesmo não for desligado quando a carga desta estiver completa. Portanto, os ocupantes do veículo sempre devem ficar atentos para evitar que venham a ter problemas por falta ou por excesso de carga na bateria.

Neste projeto foi desenvolvido um circuito para estabilizar a tensão de saída de um conversor de energia e, também, fazer com que o carregador de baterias se comporte de modo “flutuante” ou “inteligente”. Não foi desenvolvido um conversor de energia e sim o circuito para ser incorporado em um conversor existente no mercado.

1.1 PROBLEMA

Este projeto tem o propósito de solucionar dois problemas comuns aos usuários de veículos de recreação: a compensação da baixa tensão disponibilizada na rede elétrica nos *campings* e o monitoramento da carga das baterias.

Quando o valor de tensão de alimentação atinge níveis críticos, principalmente abaixo do valor nominal, pode comprometer o bom funcionamento de equipamentos, tais como geladeira, freezer ou ar-condicionado (PACHECO, 2002). Quando a tensão fornecida a estes equipamentos for inferior ao valor nominal, haverá um menor torque de partida do motor, o que fará com que o mesmo aumente o tempo de partida ou até mesmo se mantenha inerte, mantendo uma corrente elevada por maior tempo e conseqüentemente aumento da temperatura interna. A cada tentativa forçada de partida que o motor vier a sofrer, reduzirá consideravelmente sua vida útil, até que o mesmo venha a falhar, colocando em risco, também, a instalação elétrica do veículo (BRAGA, 2011).

Este problema também pode ocorrer se o veículo de recreação estiver utilizando a bateria com baixo nível de carga, juntamente com o inversor. Do mesmo modo, também não haverá um bom fornecimento de energia elétrica aos equipamentos e pode, inclusive, danificar o próprio inversor.

Portanto, é necessário que exista um sistema capaz de monitorar a tensão de saída do conversor de energia, mantendo-a em um valor próximo ao nominal para o bom funcionamento dos equipamentos elétricos, bem como manter o banco de baterias do veículo carregado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de controle de energia para veículos de recreação, com seletor automático de tensão de entrada, saída estabilizada e gerenciador de carregamento das baterias.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as características e funcionalidades necessárias para um conversor de energia para veículos de recreação;
- Analisar e implementar formas de controle de carga das baterias para modo flutuante;
- Analisar e implementar formas de controle da tensão de entrada por contator;
- Desenvolver um circuito identificador da tensão de 127 e 220 V_{CA};
- Desenvolver o programa do microcontrolador;
- Desenvolver o circuito proposto;
- Testar o conversor de energia com o circuito desenvolvido.

1.3 JUSTIFICATIVA

O controle da tensão da saída do conversor de energia e a manutenção da carga das baterias são indispensáveis para qualquer veículo de recreação, principalmente porque os campistas procuram se distanciar das grandes cidades em busca de tranquilidade, comprometendo, muitas vezes, o bom funcionamento dos equipamentos internos do veículo.

O desenvolvimento de um circuito eletrônico para monitorar e corrigir as variações da tensão fornecida aos equipamentos do veículo de recreação pelo conversor de energia e monitorar o carregador das baterias, é uma solução viável, pois não necessita da supervisão de uma pessoa. Outro ponto importante é que não se encontra disponível no mercado nacional um produto com estas características.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos dos principais componentes e equipamentos que foram utilizados neste projeto.

2.1 CONVERSOR DE ENERGIA PARA VEÍCULOS DE RECREAÇÃO

O conversor de energia é um equipamento indispensável para veículos de recreação, pois é responsável pelo funcionamento de todos os equipamentos elétricos do veículo, sejam em 12 ou 24 V_{CC} ou em 127 ou 220 V_{CA}, além de realizar o carregamento das baterias. O conversor de energia possui um autotransformador e um carregador de baterias.

A Figura 1 apresenta um conversor de energia produzido pela Treilar Motor Home (TREILAR, 2011).

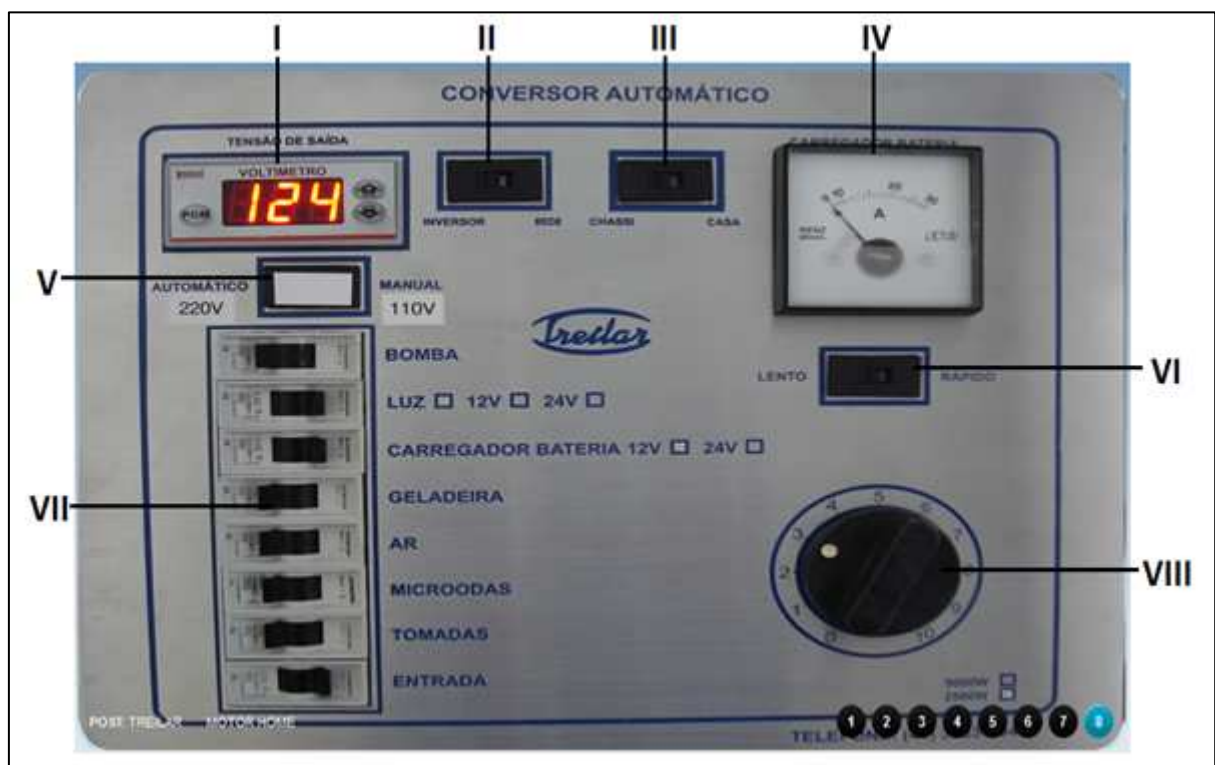


Figura 1 - Conversor de energia.
Fonte: Treilar (2011).

Na Figura 1, os itens marcados de I a VIII representam:

- I. **Voltímetro** – Apresenta o valor de tensão de saída.
- II. **Interruptor para seleção da REDE ou do INVERSOR** – Utilizado para a escolha da fonte de energia para alimentação do veículo de recreação: se obtida a partir da rede externa ou a partir das baterias.
- III. **Chave do carregador do banco de baterias** - “Casa” ou “Carro (chassi)”.
- IV. **Amperímetro** – Monitoramento da corrente das baterias.
- V. **Habilita chaveamento de tensão** – Esta chave permanece ligada e bloqueada, devendo ser manobrada quando a tensão de entrada for de 127 V_{CA} e ocorrer algum problema com o circuito de chaveamento. Caso a tensão de entrada seja de 220 V_{CA} , a chave deverá permanecer ligada mesmo se ocorrer defeito no circuito de chaveamento.
- VI. **Tipo de carregamento de baterias** – Esta chave seleciona se o carregamento da bateria será lento ou rápido.
- VII. **Disjuntores** – Utilizados para alimentação de equipamentos elétricos do veículo de recreação, bomba, iluminação e carregador de baterias.
- VIII. **Chave seletora** – Utilizada para a correção do *offset* da tensão de entrada disponibilizada para os equipamentos do veículo, ou seja, esta chave é utilizada para aumentar ou reduzir o valor da tensão de saída do conversor em relação ao valor nominal fornecido pela concessionária de energia elétrica.

2.2 AUTOTRANSFORMADOR

O transformador é um dispositivo utilizado, em corrente alternada, para modificar as correntes ou tensões em um circuito, sendo formado por dois ou mais enrolamentos que possuem um núcleo em comum. O princípio básico de funcionamento de um transformador é a indução eletromagnética, ou seja, quando uma bobina (enrolamento) é submetida a um campo magnético variável, aparecerá nessa um diferencial de potencial (ddp) com intensidade proporcional as variações do fluxo magnético (BRAGA, 2008).

O autotransformador é um tipo especial de transformador que possui um único enrolamento e, fazendo-se derivações ao longo do enrolamento, são obtidas

diferentes tensões. A Figura 2 apresenta um exemplo de autotransformador com uma derivação no enrolamento, podendo ser do tipo redutor, quando o número de espiras do primário (enrolamento AC) é superior ao do secundário (enrolamento AB), conforme Figura 2(a), ou do tipo elevador, no caso contrário, conforme Figura 2(b). Um dos terminais do primário sempre coincide com um dos terminais do secundário (WISBECK, 2001).

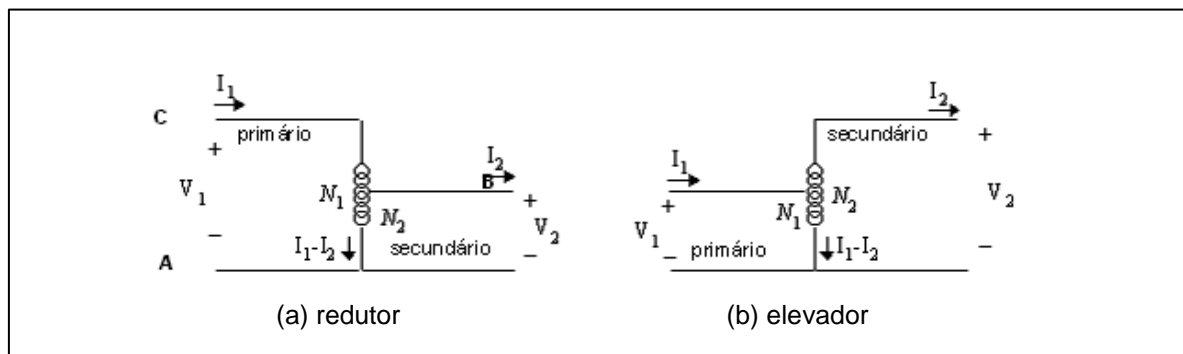


Figura 2 – Autotransformador.
Fonte: Wisbeck (2001).

As principais vantagens dos autotransformadores em relação aos transformadores comuns são: a redução de peso, a redução de volume do equipamento e a economia de matéria prima (lâminas de aço-silício do núcleo, fios de cobre dos enrolamentos e material isolante), além de menor queda de tensão e melhor rendimento (BRAGA, 2011).

A maior desvantagem do autotransformador em relação a um transformador é a perda do isolamento elétrico entre os enrolamentos do primário e do secundário, já que neste equipamento trata-se de um elemento único (BRAGA, 2011).

A Figura 3 apresenta o esquema do autotransformador para veículos de recreação utilizado neste projeto, onde os cinco *taps* estão representados pela nomenclatura dos contadores KQ1 a KQ5. Quanto maior o valor do contator mais alta será a saída. As ligações 127 e 220 são utilizadas tanto como entradas quanto como saídas, e têm referência no contator KQ3. As ligações 12 e 0 (zero) representam a saída do carregador de baterias com configuração de onda completa 12 + 12 V_{CC} que serão acoplados aos tiristores.

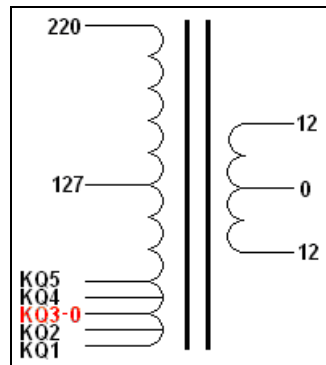


Figura 3 - Esquema do autotransformador para veículos de recreação.

Fonte: Autoria própria.

2.3 TRANSFORMADOR DE CORRENTE

Os Transformadores de Corrente (TC) são equipamentos que permitem a medição da corrente em um circuito de alta potência, ou onde é inviável a utilização de um amperímetro convencional. Os TCs possuem dois enrolamentos: o primário, que possui poucas espiras, e o secundário, que possui várias espiras (geralmente 5 voltas para o primário e 100 voltas para o secundário), conforme Figura 4 (SABER, 2011). A Figura 5 apresenta um TC da empresa da Phoenix Contact (PHOENIX, 2011).

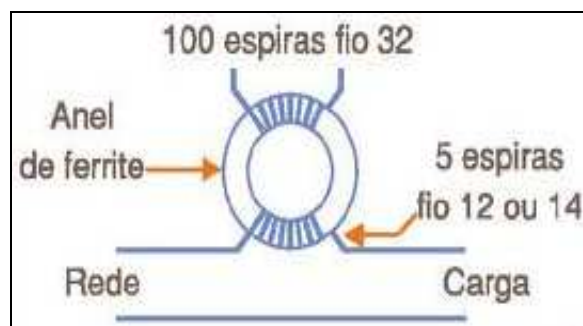


Figura 4 – Transformador de Corrente.
Fonte: Saber (2011).



**Figura 5 – TC da empresa *Phoenix Contact*.
Fonte: Phoenix (2011).**

Com um TC tem-se uma relação conhecida entre as espiras e, por ação do campo eletromagnético resultante formado em um cabo ou barramento, gera-se uma corrente menor no secundário. A saída do secundário é padronizada de 0 a 5 A, enquanto a corrente do primário possui uma grande gama de valores (50 A, 100 A, entre outros.). A corrente do secundário é analisada por um circuito que mede e multiplica o valor obtido pela constante da relação entre as bobinas, obtendo-se o valor de corrente no circuito principal. O TC gera uma tensão proporcional ao efeito eletromagnético criado pela passagem da corrente e, desta forma, pode-se saber o valor da corrente com base na tensão. Sabendo-se qual é a relação de transformação das bobinas, obtêm-se o valor correto de leitura da corrente que circula (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.4 SELETOR AUTOMÁTICO DE TENSÃO

Muitos equipamentos são projetados para o uso tanto em tensões de 127 V_{CA} quanto em 220 V_{CA} , bastando apenas que a tensão seja corretamente selecionada em uma chave seletora manual. Caso a chave seletora não seja posicionada corretamente e a tensão selecionada na chave seja diferente da tensão de alimentação, o equipamento pode não funcionar corretamente ou, até mesmo, danificar-se.

Um seletor automático de tensão é um circuito capaz de identificar o valor de tensão da rede de energia (se 127 ou 220 V_{CA}), e garantir a tensão correta para o funcionamento dos equipamentos que serão alimentados, sem a necessidade de se comutar chaves seletoras (BRAGA, 2009).

Para o conversor de energia, necessita-se de um circuito que identifique o valor de tensão e alimente corretamente o conversor de energia.

2.5 CONTADORES

Os contadores são os elementos principais de comandos eletromecânicos que permitem o controle de elevadas correntes por meio de um circuito de baixa corrente. O contador é caracterizado como uma chave não-manual, eletromagnética, capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito (FRANCHI, 2007).

Os contadores de baixa tensão são compostos por uma bobina que, quando não está energizada, através de molas, mantém o núcleo móvel afastado do núcleo fixo, fazendo com que o contador permaneça com os contatos abertos (posição aberta). Ao circular corrente pela bobina sob tensão nominal, há formação de um campo magnético que atrai o núcleo móvel juntamente com o cabeçote que suporta os contatos móveis, fechando o contador e permitindo a passagem de corrente. Quando a alimentação da bobina é interrompida, cessa a atração e as molas de curso e de contato afastam o núcleo móvel e o cabeçote, levando o contador à posição aberta (NARCIZO, 1998).

Cada contador é geralmente equipado com três, quatro ou cinco contatos sejam eles de força, auxiliares ou mistos. Os contatos de força ou principais tem a função de conduzir a corrente de operação. Os contatos auxiliares acionam os dispositivos de manobra (FRANCHI, 2007).

A Figura 6 apresenta um minicontador de baixa tensão onde A1/A2 representa a bobina, os terminais 1L1/2T1, 3L2/4T2, 5L3/6T3 representam os contatos de força e os terminais 13NO/14NO representam um contato auxiliar do tipo normalmente aberto (WEG, 2012).



Figura 6 – Minicontador de baixa tensão.
Fonte: WEG (2012).

2.6 TIRISTORES

O nome tiristor engloba uma família de dispositivos semicondutores de potência com quatro camadas (PNPN), que operam em regime de chaveamento. Os tiristores permitem por meio da adequada ativação do terminal de controle, o chaveamento do estado de bloqueio para estado de condução, sendo que alguns tiristores permitem o chaveamento do estado de condução para estado de bloqueio, também pelo terminal de controle (GUAZZELLI, 1988).

A principal vantagem que oferecem é converter e controlar grandes quantidades de potência em sistemas AC e CC, utilizando apenas uma pequena potência para controle (AHMED, 2000).

O retificador controlado de silício (SCR, *silicon controlled rectifier*) é o tiristor com uso mais difundido. O SCR possui três terminais: o ânodo (A) e o cátodo (K ou C) são os de potência, enquanto a porta (G, *gate*) é o de controle. A Figura 7 apresenta o símbolo do SCR (AHMED, 2000).

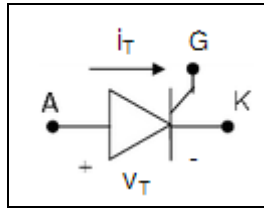


Figura 7 - Símbolo do SCR.
Fonte: Ahmed (2000).

Quando o SCR está diretamente polarizado (ânodo positivo em relação ao cátodo), uma dada corrente positiva na porta (com relação ao cátodo), passa o SCR para o estado ligado. Entretanto, não é a porta que desliga a corrente no SCR pois ela é desligada quando se interrompe a corrente no ânodo. O SCR bloqueia a corrente na direção inversa. Segundo Ahmed (2000), os três tipos de sinais básicos de disparo de porta são: sinais CC, sinais pulsados e sinais AC.

2.7 OPTOACOPLADOR

O optoacoplador é um componente eletrônico bastante utilizado em estruturas onde se deseja um isolamento total de sinal entre a entrada e a saída.

O optoacoplador é formado por um fotoemissor, um fotoreceptor e a transmissão do sinal luminoso entre o emissor e o receptor é feita por um caminho óptico interno. Os fotoemissores utilizados são diodos emissores de luz infravermelha e os fotoreceptores podem ser fotodiodos, fototransistores, foto-SCR, dentre outros dispositivos que sejam sensíveis a luz (RASHID,1999).

O circuito interno do optoacoplador 4N25, utilizando fototransistor, está apresentado na Figura 8 (DATASHEET, 2012).

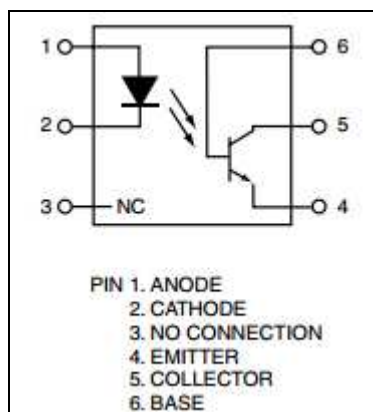


Figura 8 – Circuito interno do optoacoplador.
Fonte: Datasheet (2012).

2.8 AMPLIFICADOR OPERACIONAL

O amplificador operacional é um amplificador diferencial de ganho alto com impedância de entrada alta e baixa impedância de saída. Normalmente se utiliza o amplificador operacional para que se obtenham variações na tensão, para a construção de osciladores, filtros e alguns circuitos de instrumentação. É utilizado, também, para a realização de operações matemáticas, tais como, soma, subtração, comparação, entre outras (BOYLESTAD, 2004).

O amplificador operacional pode ser utilizado em três modos de operação (PERTENCE, 1988):

- Sem realimentação – O amplificador operacional opera em malha aberta, Figura 9, e utiliza o ganho do operacional estipulado pelo fabricante. Este modo de operação é utilizado em circuitos comparadores, onde existe a necessidade de comparar dois valores de tensão.

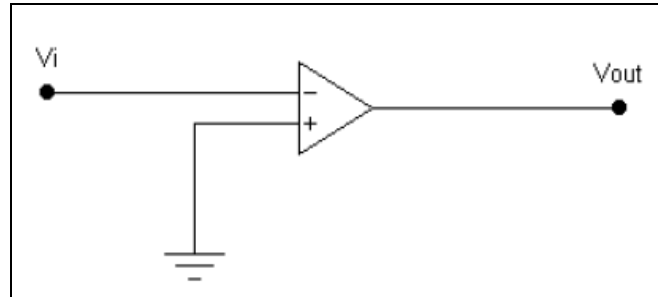


Figura 9 – Modo de operação sem realimentação.
Fonte: Pertence (1988).

- Com realimentação positiva – Este modo de operação é denominado de malha fechada, Figura 10. Neste modo, conduz o circuito a instabilidade, sendo utilizado em osciladores.

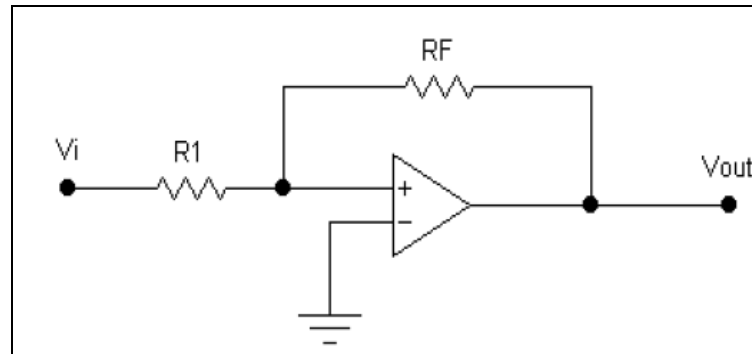


Figura 10 – Modo de operação com realimentação positiva.
Fonte: Pertence (1988).

- Com realimentação negativa – É o modo mais utilizado em circuitos com o amplificador operacional, possuindo também a característica de malha fechada, Figura 11. Existem várias aplicações para o amplificador operacional neste modo: amplificador inversor, amplificador não inversor, amplificador somador, amplificador diferencial, integrador, filtros ativos e muitos outros.

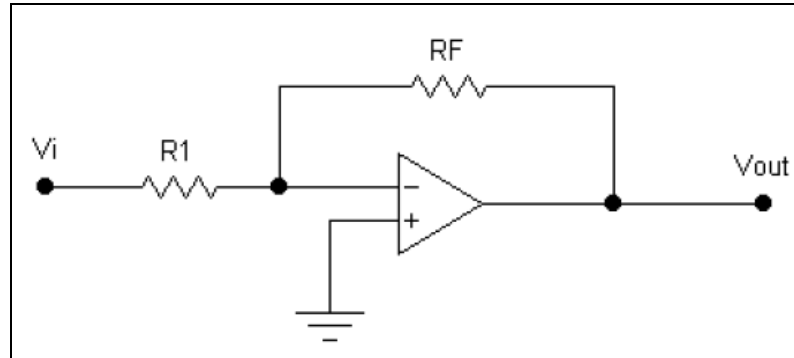


Figura 11 – Modo de operação com realimentação negativa.
Fonte: Pertence (1988).

Neste projeto optou-se por utilizar o amplificador operacional da série LM358 da *National Semiconductor* (NATIONAL, 2011). Este amplificador operacional é um dispositivo de grande utilização e versatilidade em projetos eletrônicos, e possui dois canais distintos no mesmo encapsulamento, reduzindo o custo do projeto.

2.9 CONVERSÃO ANALÓGICO DIGITAL

A eletrônica pode ser dividida em duas áreas: digital e analógica.

Um sistema digital possui apenas dois níveis diferentes de tensão (um alto e outro baixo) representando dois estados: ligado ou desligado, verdadeiro ou falso.

Um sistema analógico representa toda nossa percepção do mundo envolvendo grandezas com valores contínuos, tais como, temperatura, velocidade, pressão, distância, som, tensão, corrente, entre outros. Porém, para que um sistema digital possa interpretar estes valores, é necessário que se converta um sinal analógico em um correspondente proporcional na forma digital ou binária, sendo o conversor analógico digital (AD ou ADC) o dispositivo responsável por esta conversão.

Em aplicações eletrônicas, a representação digital é bem mais vantajosa do que a representação analógica, principalmente quanto ao armazenamento, processamento e transmissão de dados, uma vez que é mais fácil a comunicação realizada através de uma sequência binária, tornando-se também mais imune a ruídos externos (FLOYD, 2007).

2.10 MICROCONTROLADOR

O microcontrolador é um componente bastante versátil podendo, através de sua programação, possuir diversas aplicações. O microcontrolador pode realizar desde o controle da velocidade e posição de um guindaste até o controle das lâmpadas decorativas de uma árvore de natal. Basicamente, o modo de operação do microcontrolador irá variar de acordo com a necessidade.

Para a maioria dos sistemas dedicados, o microcontrolador apresenta-se como a solução mais viável em função do baixo custo, facilidade de uso, versatilidade e da enorme aplicabilidade (BATISTA, 2011).

Os microcontroladores reúnem em um único componente os elementos de um sistema microprocessado completo (memória ROM, memória RAM, interface paralela, interface serial, temporizador, contador de eventos, controlador de interrupções, entre outros). A parte mais importante do microcontrolador é o microprocessador ou a Unidade de Processamento Central (*CPU, Central Processing Unit*) (BERTONHA, 2007).

Existem várias famílias de microcontroladores, dentre as quais estão:

- PIC – Fabricado pela Microchip;
- MCS51 – Fabricado pela Intel e outros;
- M68HC11 – Fabricado pela Motorola;
- AVR – Fabricado pela Atmel.

Os microcontroladores PIC (*Peripheral Interface Controller, Interface Controladora de Periféricos*) são componentes eletrônicos usados com programação lógica para controle de processos. Podem ser utilizados em controle de diversos periféricos, que podem ser conectados para controle, como sensores, chaves, botões, relês e teclados ou, simplesmente, mostrar resultados em *led's, displays* de sete segmentos e de cristal líquido. Assim, o controle lógico depende da interação com os periféricos de entrada e de saída (SOUZA, 2000).

Neste projeto foi utilizado o microcontrolador PIC16F877A (MICROCHIP, 2012), que é um poderoso microcontrolador com capacidade de 20 MIPS (20 execuções de instrução por micro segundo). Esse componente possui características que o tornam ideal para níveis avançados de aplicação na área automotiva, industrial, aparelhos e aplicações de consumo.

A Figura 12 apresenta a imagem e a pinagem do microcontrolador PIC 16F877A (MICROCHIP, 2012).

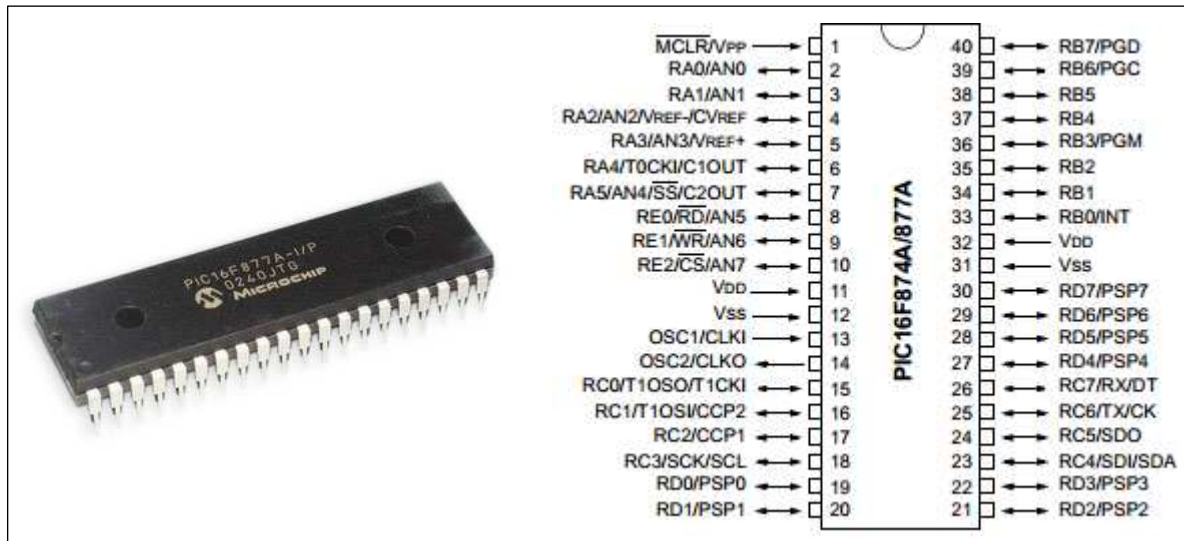


Figura 12 – Imagem e pinagem do microcontrolador PIC16F877A.
Fonte: Microchip (2012).

No PIC16F877A, em V_{DD} (pinos 11 e 32) e V_{SS} (pinos 12 e 31) tem-se a alimentação positiva e negativa, respectivamente. Nos pinos 13 e 14 tem-se a entrada e saída de *clock* do cristal oscilador. O pino 1 pode ser utilizado como entrada quando tem-se o objetivo de *reset*, sendo ativado em nível lógico baixo. As portas de entrada e saída R_A , R_B , R_C , R_D e R_E , além de serem utilizadas como *I/O* (*input/output*, entrada/saída), possuem também outras funções, como por exemplo (MICROCHIP, 2012):

- em R_A tem-se quatro entradas analógicas e tensões de referência para conversão analógico-digital ou comparadores;
- em R_B , interrupção externa ou *In-Circuit Serial Programming (ICSP)* que serve para programar o PIC direto no circuito cujo PIC será utilizado;
- em R_C , tem-se duas saídas PWM, *timer*, *Serial Peripheral Interface (SPI)*, que pode fazer interface com outro microcontrolador, por exemplo, ou a *Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART)* que pode ser utilizada para comunicação RS-232;
- em R_D , tem-se uma porta paralela escrava que pode ser usada para fazer interface com o barramento de um microprocessador;

- em R_E , que tem mais 3 entradas analógicas para o conversor analógico digital, ou sinais de controle de leitura e escrita para a porta paralela citada anteriormente.

Junto com o microcontrolador foi utilizado um *display* de cristal líquido (LCD, *liquid crystal display*), com a finalidade de mostrar os resultados preliminares e informações que auxiliem no manuseio do aparelho. Para colocá-lo em funcionamento é preciso configurá-lo, ou seja, precisa-se definir como transferir os dados para o *display* (8 ou 4 bits), quantas linhas serão utilizadas, se a mensagem deve ficar fixa ou rolar, se a escrita será da esquerda para direita ou da direita para esquerda, entre outras (SOUZA, 2011).

2.11 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO C

A primeira versão da linguagem de programação C foi desenvolvida nos Laboratórios AT&Bell, em 1972, por Dennis Ritchie para desenvolvimento do sistema operacional Unix. O ALGOL 60 é tido como o ancestral mais remoto da linguagem C. Era uma linguagem de muito alto nível, um pouco distante da realidade da época em que se exigia um bom conhecimento de *hardware* por parte do projetista. Em seguida, surgiu a linguagem de programação combinada (CPL) nas universidades de Londres e Cambridge, que nada mais é do que uma versão de baixo nível da linguagem ALGOL (RICARTE, 2011).

Ken Thompson, chefe da equipe de Dennis Ritchie, implantou um compilador para a versão básica para o CPL conhecido como BCPL, desenvolvido por Martin Richards em Cambridge, que chamou de linguagem B. Porém, se tornou uma linguagem muito básica, sem muitos recursos e lenta para certas aplicações. A linguagem C é uma versão aprimorada da linguagem B, com elementos de alto nível e suporte para tipos diferentes de dados (PINHO, 2011).

Por se tratar de uma linguagem de grande aceitação, em 1983 o Instituto Norte-Americano de Padrões (ANSI) criou um comitê a fim de padronizá-la. Em 1990, passou a ser adotada como padrão internacional, sendo que atualmente, a linguagem C é conhecida como padrão ANSI-C (RICARTE, 2011).

Entre todas as linguagens de programação, a linguagem C apresenta a curva de aprendizado mais elevada, possibilita a criação de aplicações de forma extremamente rápida e é viável para técnicas de programação de forma estruturada (SÁ, 2005).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este projeto foi desenvolvido utilizando um conversor de energia de 3,5kVA produzido e comercializado pela Treilar Motorhome (TREILAR, 2011). A solução baseia-se na inserção de cinco contatores nas entradas de ajuste de *offset* de tensão do autotransformador do conversor, onde se encontra a chave seletora. Neste ponto, os contatores serão acionados, apenas um por vez e de acordo com a variação da rede, a fim de estabilizar a tensão de saída. Quanto ao carregador de baterias, será monitorado o valor de tensão do acumulador e controlada a intensidade da corrente de carga necessária, utilizando-se um transformador de corrente (TC).

A Figura 13 apresenta, de forma simplificada, a disposição do circuito do conversor de energia e dos demais componentes necessários para o fornecimento de energia elétrica para os equipamentos eletroeletrônicos utilizados em veículos de recreação.

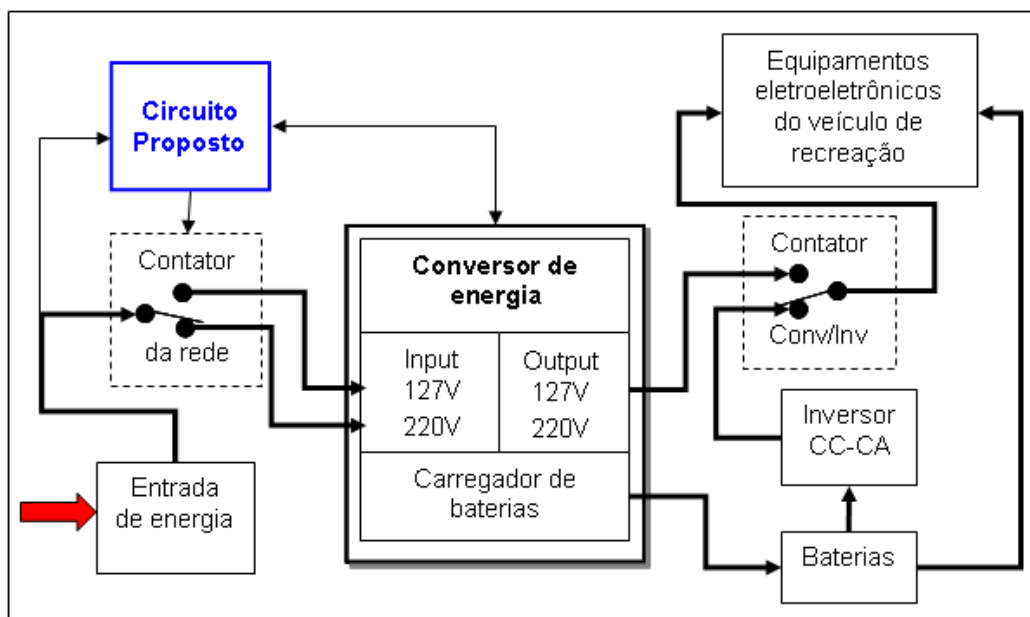


Figura 13 - Esquema simplificado para fornecimento de energia elétrica para os equipamentos de veículos de recreação.

Fonte: Autoria própria.

Conforme representado na Figura 13, a tensão de entrada chega até o circuito proposto, que por sua vez verifica o potencial ao qual está sendo submetido e chaveia o contator da rede para 127 ou 220 V_{CA}. Após isto aciona um dos

contatores de ajuste de *offset* para acionar o autotransformador que irá alimentar os equipamentos internos. O circuito proposto também verifica a presença da bateria e faz a leitura da tensão no acumulador, para então acionar o carregador de baterias, conforme a necessidade. Na ausência de tensão externa há um contator que faz o chaveamento entre rede externa e inversor, acionando este último por meio das baterias, fornecendo alimentação para todos os equipamentos do veículo de recreação.

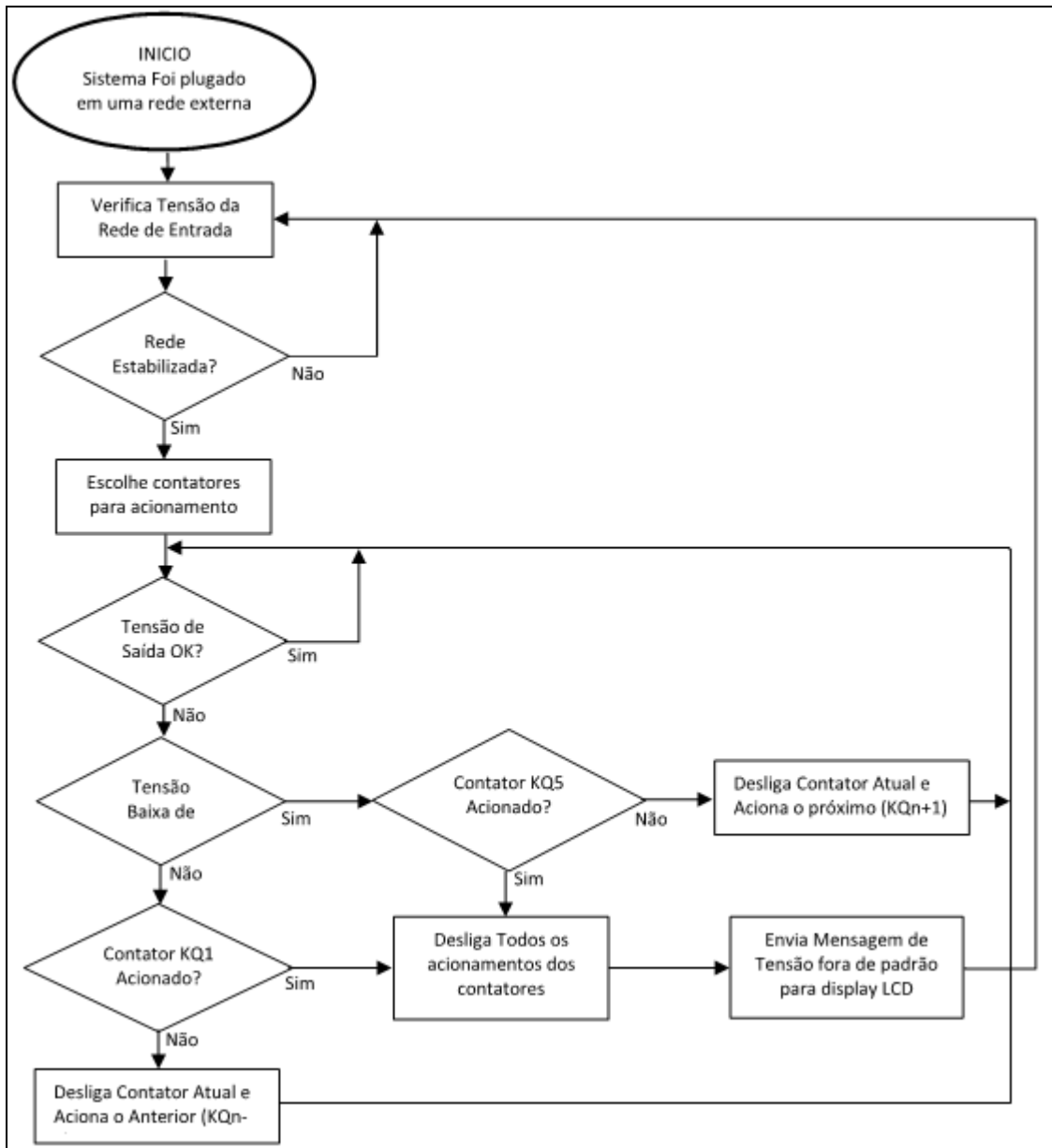
3.1 MONITORAMENTO DA TENSÃO DE ENTRADA

O conversor de energia possui internamente um autotransformador e, nas derivações de entrada do autotransformador, foram acoplados os contatores. Foi utilizado um conversor analógico digital na saída de um transformador 110 e 220 $V_{CA}/12+12 V_{CA}/1$ A, para obter uma amostra da tensão de entrada da rede onde o conversor está conectado, visando obter o sinal digital necessário para o circuito a ser desenvolvido.

Depois de realizada a aquisição da tensão de entrada, o sistema selecionará qual contator deverá ser acionado para que a saída do conversor tenha um valor adequado de tensão, conforme o estabelecido pelas portarias do DNAEE.

Caso a tensão de entrada esteja fora dos valores estabelecidos, de modo que não seja possível compensá-la com a tensão de incremento dos contatores de *offset*, todos os acionamentos dos contatores são desligados e o sistema retorna ao início para analisar a tensão de entrada novamente.

A Figura 14 apresenta o fluxograma de monitoramento da tensão de saída do conversor.



**Figura 14- Fluxograma de monitoramento da tensão de saída do conversor.
Fonte: Autoria própria.**

3.2 CARREGADOR DE BATERIAS

Enquanto a bateria estiver sendo carregada, o fluxo de corrente que é fornecido pelo carregador de baterias em forma de onda pulsada, poderá ser monitorado utilizando-se um transformador de corrente (TC). Para o controle da tensão na bateria, é realizado o seguinte procedimento: após desligar o carregador, o sistema aguarda um tempo para que a bateria estabilize a carga e o circuito realize a medição da tensão.

Se for constatada que a tensão na bateria está acima de 13,5V, o carregador funciona como carga flutuante. Neste caso, o circuito fornece apenas a energia suficiente para evitar a descarga natural das baterias. Um carregador de baterias em modo de carga flutuante possui um sistema de monitoramento de carga, com relação ao fluxo de corrente e do nível de tensão no acumulador ou bateria. Este sistema carrega até uma tensão pré-determinada e entra em modo de *standby*, mantendo um nível de corrente de carga suficiente para compensar a descarga natural da bateria. É possível encontrar no mercado sistemas mais complexos com controle proporcional de carga (RIO, 2011).

Se a tensão estiver abaixo da desejada, é ligado o carregador das baterias. Este processo é possível utilizando um circuito com tiristores e controlando o ângulo de disparo. O fluxograma simplificado é apresentado na Figura 15.

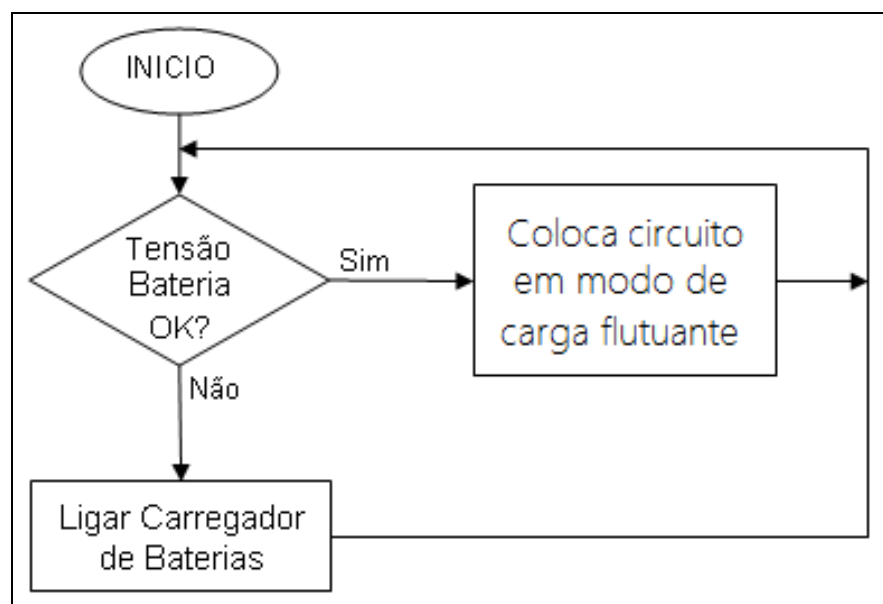


Figura 15 - Fluxograma simplificado para o carregador de baterias.
Fonte: Autoria própria.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

4.1 CONTROLE DE CARGA DE BATERIAS

O controle de cargas de bateria é um processo essencial em veículos de recreação, pois garante o fornecimento de energia para o sistema, gerenciando e mantendo as baterias em plena carga. Este processo garante tanto a vida útil das baterias, evitando a descarga total da mesma, quanto dos componentes instalados no veículo.

Os sistemas de controle convencionais constituem-se de um carregador de baterias com um retificador de tensão de meia onda ou onda completa, utilizando-se de diodos, com os quais não se é possível controlar o fluxo de carga, fazendo-se necessário o controle manual através de um disjuntor. Devido a esta limitação, os diodos foram substituídos por tiristores, uma vez que estes podem ser controlados a partir do seu ângulo de disparo. Desta forma é possível, baseado no estado de carga da bateria, acionar automaticamente o sistema que carrega as baterias.

A Figura 16 apresenta o circuito eletrônico do controle de carga de baterias.

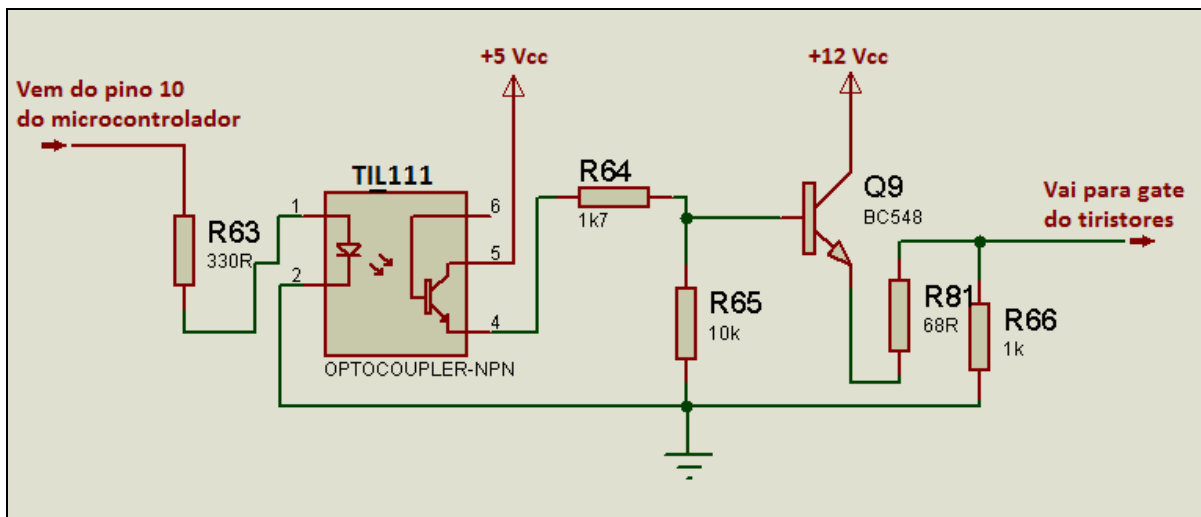


Figura 16 - Circuito eletrônico do controle de carga de baterias.
Fonte: Autoria própria.

Caso o sistema detecte a presença da bateria e identifique que a mesma não apresenta falhas, o sistema, controlando o ângulo de disparo do tiristor, envia um pulso de largura de $500\mu\text{s}$ para o *gate* de cada tiristor para que a carga seja proporcional a necessidade da bateria. Conforme o circuito da Figura 16, o sinal vem

do pino10 do microcontrolador acionando o optoacoplador, que por sua vez polariza o transistor Q9. Este então fornece ao *gate* do tiristor 2, tensão e corrente suficientes para o acionamento do carregador de baterias em modo flutuante.

A Figura 17 apresenta o dissipador com os dois tiristores.

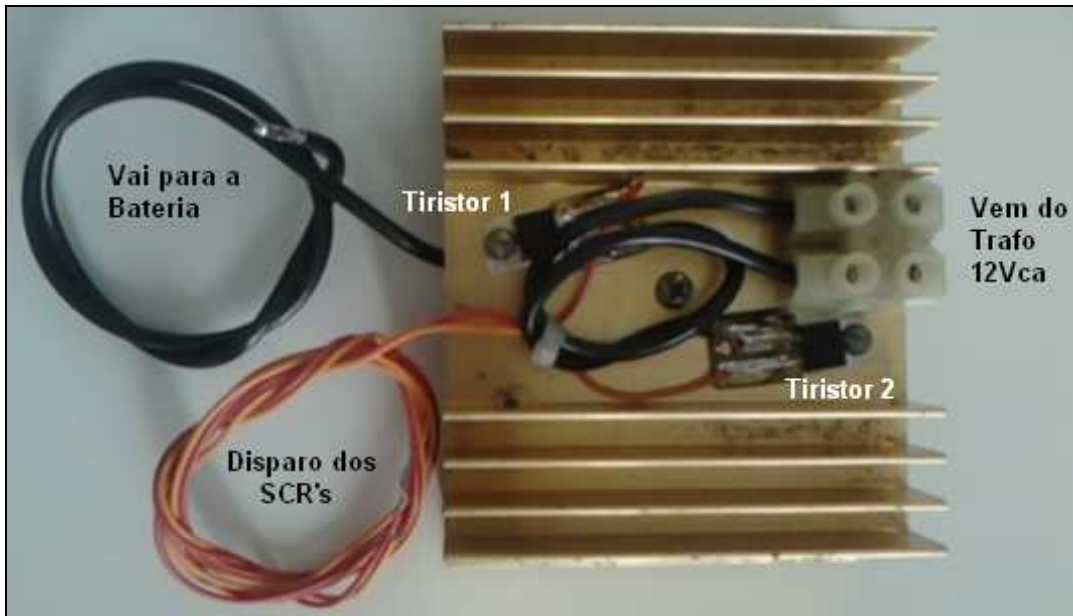


Figura 17 - Dissipador com os dois tiristores.
Fonte: Autoria própria.

O monitoramento do estado de carga das baterias é feito utilizando o microcontrolador PIC 16F877A (MICROCHIP, 2012), que, baseado na necessidade ou não de carga das baterias, envia um sinal acionando os tiristores e, por sua vez, fornecendo carga às baterias. O circuito que monitora a carga das baterias é composto por um amplificador operacional, que reduz proporcionalmente a tensão da bateria a um nível compatível com a tensão admissível pelo microcontrolador. O circuito possui ainda um fusível que protege o sistema contra sobrecarga de corrente e também um diodo *zener* que limita a tensão em $4,7 V_{CC}$, conforme Figura 18.

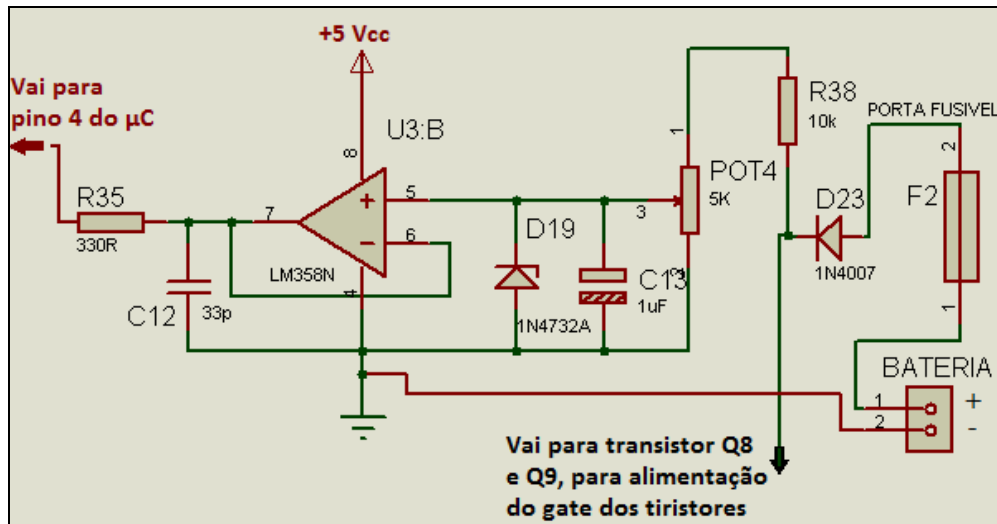


Figura 18 - Circuito redutor de tensão utilizando amplificador operacional.
Fonte: Autoria própria.

Quando a bateria atinge sua carga máxima, o sistema de controle de carga continua carregando a bateria através da carga flutuante. A carga flutuante é a carga mínima necessária para manter a bateria carregada durante os períodos em que não está sendo utilizada, ou seja, não está fornecendo alimentação a nenhum equipamento. Uma vez identificada a necessidade da carga flutuante, o microcontrolador envia um sinal com um atraso de 130° ao *gate* dos tiristores, fornecendo assim, uma corrente de carga de aproximadamente 5% da corrente nominal do carregador de baterias.

Esta carga é necessária, pois quando uma bateria não está sendo utilizada, sofre um fenômeno que se denomina auto-descarga. Isso é decorrente de suas características físicas e de fatores externos, como por exemplo, a temperatura ambiente (TUDOR, 2012). A auto-descarga das baterias pode ser maior ou menor dependendo diretamente dos materiais utilizados em sua fabricação.

A recomendação dos fabricantes de baterias é que a mesma deva ser carregada em intervalos de no máximo 120 dias, caso contrário, a sua vida útil pode ser reduzida (TUDOR, 2012).

Após a bateria ser conectada, o sistema verifica o estado de carga da mesma. Caso esteja com plena carga, o sistema entra em modo de carga flutuante. Caso não esteja carregada, a tensão da bateria é analisada e, sendo menor que $11,5 V_{CC}$, a bateria é carregada com 100% da carga. Caso a tensão seja maior que $11,5 V_{CC}$, a bateria é carregada de forma proporcional a sua necessidade.

O processo de controle de cargas de baterias está representado na Figura 19.

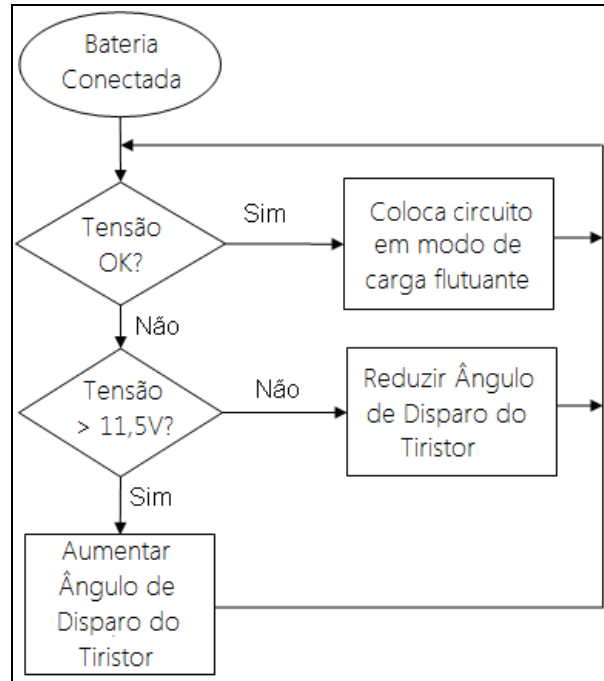


Figura 19 - Sistema de controle de carga de baterias.
Fonte: Autoria própria.

4.2 CHAVEAMENTO DE TENSÃO POR CONTATOR

O sistema de controle de tensão AC do autotransformador é baseado em uma lógica com cinco contatores dispostos na entrada, sendo que cada um está conectado a uma derivação que possui uma variação diferente de ajuste de tensão conforme o Quadro 1.

Contatores	Incremento na entrada
KQ1	-18 V _{CA}
KQ2	-10 V _{CA}
KQ3	0 V _{CA}
KQ4	+11 V _{CA}
KQ5	+24 V _{CA}

Quadro 1 – Incremento de tensão usando contatores.
Fonte: Autoria própria.

Se o veículo de recreação está conectado a uma fonte externa de energia com valores próximos à 127 V_{CA}, o sistema que monitora a tensão de entrada enviará um sinal e acionará o contator KQ3. Porém se houver uma variação nesta mesma fonte externa, o sistema decidirá, baseado nos valores definidos na lógica de programação, pelo contator que proporcionará a melhor entrada de tensão para o autotransformador.

Toda a lógica do microcontrolador é intertravada a fim de que não haja indecisão no acionamento dos contatores, conforme apresentado nos gráficos contator versus tensão da Figura 20 e da Figura 21.

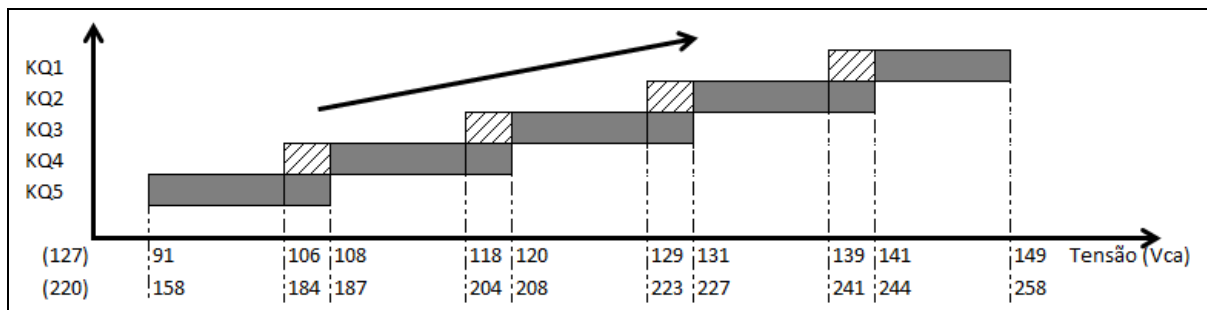


Figura 20 - Contador x tensão: tensão de entrada aumentando.
Fonte: Autoria própria.

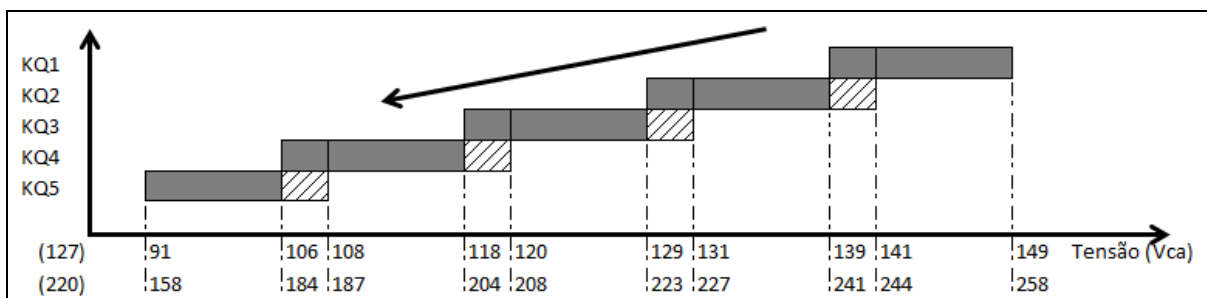


Figura 21 - Contador x tensão: tensão de entrada diminuindo.
Fonte: Autoria própria.

As partes tracejadas nas Figuras 20 e 21 indicam que o contator está bloqueado para operação por intertravamento.

O intertravamento consiste em bloquear um dos contatores quando um determinado *range* de tensão for comum entre dois deles. Como exemplo, na Figura 20, contator KQ1 está acionado e o contator KQ2 está bloqueado no mesmo

range de tensão e, na Figura 21, o contator KQ2 está acionado e o contator KQ1 está bloqueado.

A Figura 22 apresenta o circuito eletrônico de controle de tensão por contator. O sinal que vem do pino 34 do microcontrolador alimenta o optoacoplador, polarizando o transistor Q1, o qual realiza o chaveamento do relé RLKQ_1. Este por sua vez alimenta a bobina de acionamento do contator KQ1, para a correção do *offset*.

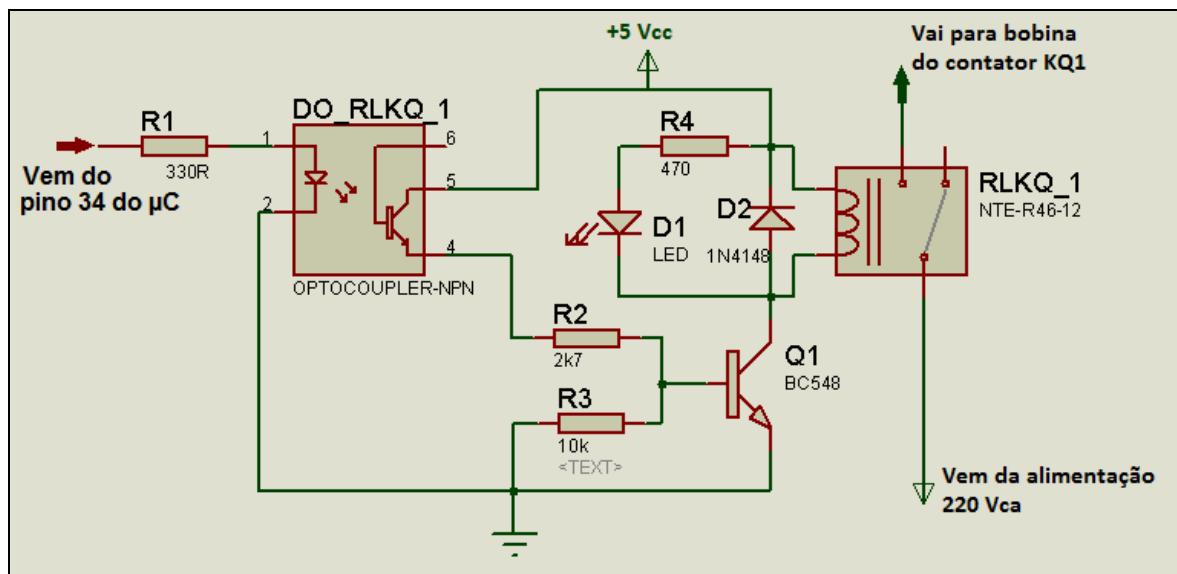


Figura 22 – Circuito eletrônico de controle de tensão por contator.
Fonte: Autoria própria.

4.3 CIRCUITO ELETRÔNICO DE CHAVEAMENTO

O circuito de chaveamento é constituído por um transformador redutor de tensão, responsável por enviar uma amostra da tensão de entrada com um valor compatível com a tensão admissível pelo microcontrolador, ou seja, quando o valor da tensão de entrada for, por exemplo, 127 V_{CA} , o transformador irá reduzi-la para 12 V_{CA} . Após isto, este sinal passa por um circuito retificador de tensão e pelo fusível F1 de 200mA. Um divisor de tensão com o potenciômetro POT2 garante o ajuste de tensão na entrada, a qual também é filtrada pelo capacitor C7. Um diodo *zener* de 4,7 V_{CC} e um amplificador operacional configurado na forma de *buffer*, oferecem proteção ao microcontrolador, conforme apresentado na Figura 23.

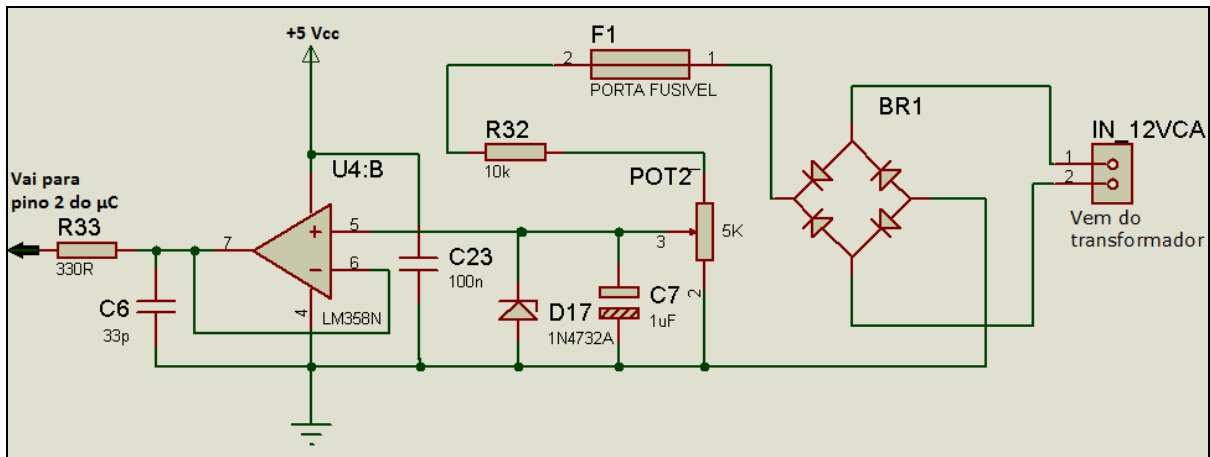


Figura 23 – Circuito retificador de tensão.
Fonte: Autoria própria.

Entrada Alimentação externa	Saída Abaixador de tensão
110 V _{CA}	1,7 V _{CC}
115 V _{CA}	1,79 V _{CC}
127 V _{CA}	1,96 V _{CC}
200 V _{CA}	3,10 V _{CC}
210 V _{CA}	3,25 V _{CC}
220 V _{CA}	3,41 V _{CC}

Quadro 2 – Transformador abaixador de tensão.
Fonte: Autoria própria.

Quando o veículo é conectado à fonte externa de alimentação, o microcontrolador identifica a tensão de entrada e realiza testes, em um determinado intervalo de tempo, até que esta tensão de entrada estabilize. Após isto, o microcontrolador aciona o contator responsável pela comutação entre 127 e 220 V_{CA} na entrada do autotransformador. Se for detectado algum valor fora dos valores de tensão máxima e mínima admitidos pelo sistema, ou a tensão não estabilize após um minuto. O sistema emitirá um sinal de alarme, indicando no *display* LCD uma mensagem de erro, conforme mostrado na Figura 24, e não permitirá que nenhum contator seja acionado nestas condições.



**Figura 24 – Mensagem de erro mostrada quando a tensão não se estabiliza dentro dos valores especificados.
Fonte: A autoria própria.**

Se ocorrer a falha descrita acima, após alguns segundos, o sistema é reinicializado por *reset* interno e uma mensagem de inicialização é mostrada no *display* LCD, conforme mostrado na Figura 26, e o sistema é resetado até que a tensão se estabilize.

Este procedimento é necessário devido ao fato de, em alguns casos, o sistema de alimentação externo disponível apresentar instabilidade ou grandes variações de tensão. Desta forma é possível proteger o sistema elétrico e os equipamentos instalados nos veículos.



**Figura 25 – Mensagem de inicialização do sistema.
Fonte: A autoria própria.**

4.4 PROGRAMA DO MICROCONTROLADOR

O programa do microcontrolador PIC16F877A foi elaborado em linguagem C no ambiente de programação MPLAB IDE v8.84, utilizando o compilador HI-TECH C Compiler V9.83, ambos distribuídos pela Microchip (MICROCHIP, 2012).

O código do programa encontra-se no Apêndice A e o fluxograma da programação no Apêndice B.

Esse código do programa foi dividido em seis etapas principais:

- Verificação de segurança do sistema;
- Teste de tensão de entrada da rede;
- Seleção dos contadores de ajuste do autotransformador;
- Análise de tensão da bateria;
- Análise da corrente de carga da bateria;
- Interface do *display* LCD.

4.4.1 Verificação de Segurança do Sistema

Considerando que o sistema trabalha com diversos contadores que, caso estejam acionados de maneira incorreta ou travados, podem ocasionar danos no sistema, foi necessário desenvolver uma rotina que verifica o estado do fornecimento da tensão de entrada e o estado dos contadores de ajuste de tensão.

Esta rotina baseia-se na verificação da continuidade entre os contatos 13 e 14 de cada contador. Estes contatos selam o *feedback* de "contator acionado", conforme a Figura 26.

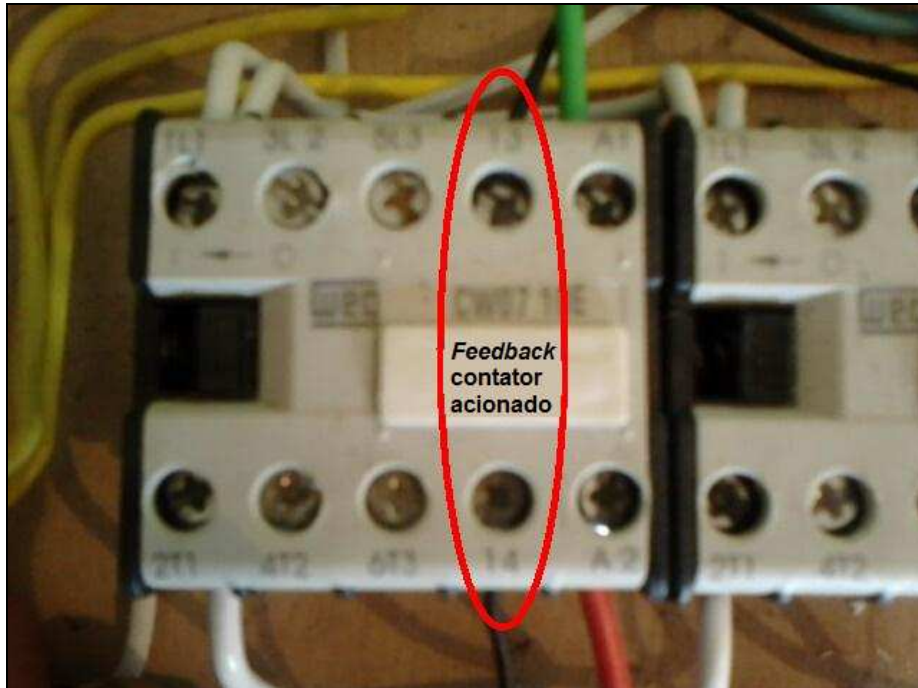


Figura 26 – Contatos 13 e 14: *feedback* de contator acionado.
Fonte: Autoria própria.

Esta informação é enviada ao microcontrolador que, caso identifique que algum dos contadores não está enviando um *feedback* coerente de acordo com seu estado solicitado pelo sistema, bloqueia todos os acionamentos e emite um sinal sonoro, indicando no *display* LCD qual contator está com problemas, conforme mostrado na Figura 27.



Figura 27 – Mensagem no *display* LCD indicando o contator que apresenta falha.
Fonte: Autoria própria.

4.4.2 Teste de Tensão de Entrada da Rede

Para realizar o teste de tensão de entrada da rede, descrito no item 5.1, foi implementado no microcontrolador uma rotina que, através da aquisição de uma sequência de cinquenta amostras de tensão da rede, realiza a média destes valores e determina a tensão de entrada.

No entanto, alguns sistemas de geração de energia como, por exemplo, os grupos geradores, demoram um determinado tempo para estabilizar o fornecimento de tensão. Baseado nisto, foi necessário implementar no programa uma sub-rotina que verifica e aguarda a tensão estabilizar. Esta sub-rotina coleta cinco amostras de tensão em um intervalo de $500\mu\text{s}$ entre elas, calcula a média e armazena este valor em uma variável do programa. Esta ação é repetida a cada um segundo e o valor atual da variável é comparado com o valor anterior. Caso a diferença entre estes valores seja menor do que $2 V_{CA}$, o sistema interpreta que a tensão está estabilizada.

Após esta verificação, a rotina de teste de tensão de entrada é executada para definir e informar a tensão de entrada ao sistema, acionando o contator responsável pela comutação $127/220 V_{CA}$.

4.4.3 Seleção dos Contatores de Ajuste do Autotransformador

Após identificada a tensão de entrada, o sistema executa uma rotina que aciona um dos contatores de ajuste do autotransformador, de forma a compensar a tensão de acordo com a demanda do sistema, 127 ou $220 V_{CA}$. Uma vez identificado o contator a ser acionado, o microcontrolador aciona o mesmo e recebe um sinal, através dos contatos 13 e 14 do contator, confirmando o acionamento. Caso o microcontrolador não receba este sinal, o sistema é bloqueado, um sinal sonoro é emitido e o contator com problema é indicado no *display* LCD, conforme mostrado na Figura 28.



Figura 28 – Mensagem de erro indicando o contator que se encontra com defeito.

Fonte: Autoria própria.

4.4.4 Análise de Tensão da Bateria

Conforme descrito no item 5.3, é necessário realizar um acompanhamento do estado de carga das baterias, de modo a mantê-las sempre em plena carga.

Para isto foi desenvolvida uma rotina onde uma porta analógica do microcontrolador recebe a informação do estado de carga da bateria. Baseando-se nesta informação, tem-se três possíveis situações: bateria descarregada, bateria carregada e bateria desconectada.

Caso seja identificado que a bateria está descarregada, o sistema realiza o acionamento do carregador de bateria. Para isto, o microcontrolador envia um sinal aos tiristores, dando início ao processo de carga das baterias.

Se a bateria estiver carregada, o carregador assume a condição de carga flutuante. Caso o microcontrolador identifique que a bateria não está conectada, nenhuma forma de carga será selecionada, será acionado um sinal sonoro e o *display* indicará a falta de bateria, conforme Figura 29.



Figura 29 – Mensagem de erro indicando a bateria desconectada.
Fonte: Autoria própria.

4.4.5 Análise da Corrente de Carga da Bateria

Uma das funcionalidades implementadas no microcontrolador é a análise da corrente de carga das baterias durante o processo de carregamento. Esta rotina, por meio de um transformador de corrente (TC) conectado na saída do carregador de baterias, faz a leitura da corrente de carga da bateria e retorna ao microcontrolador uma tensão proporcional a corrente.

Durante o processo de carregamento das baterias, a corrente de carga deve diminuir proporcionalmente ao aumento de tensão nos acumuladores. Baseado nisso, a cada 30 minutos, a rotina analisa a corrente de carga, armazena esse valor em uma variável do microcontrolador e compara com o valor anterior. Caso esta variação seja menor do que 1 A, significa que a bateria não está acumulando carga. Para garantir a confiabilidade, a análise é repetida e, caso a variação se repita, um sinal é enviado ao *display LCD* informando que a bateria pode apresentar defeitos, conforme Figura 30.



Figura 30 – Mensagem de erro indicando bateria com defeito.
Fonte: Aatoria própria.

Desta forma, é possível analisar se a bateria está mantendo a carga, ou seja, identificar se a bateria continua em condições de uso.

Esta rotina é desabilitada durante a carga flutuante, pois considera-se que durante a carga flutuante a bateria está carregada, ou seja, em condições de uso.

4.4.6 Interface do *Display* LCD

O *display LCD* é a interface de comunicação entre o sistema e o usuário, sendo que durante a execução das rotinas do programa, várias informações e avisos são exibidos no *display*.

Todas as vezes em que é necessário enviar uma mensagem ao *display*, o comando "*lcd_puts()*" é chamado na rotina. As mensagens exibidas no sistema estão descritas a seguir:

- INICIALIZANDO SISTEMA...
- REDE XXX,XX V_{CA} : Identificação da tensão de entrada da rede.
- FREQUÊNCIA XX Hz.
- BATERIA XX,XX V: Tensão da bateria.
- CORRENTE DA BATERIA XX,XX: Corrente de carga da bateria.

- FALHA NO CONTATOR X: Identificação de falha em um dos contatores.
- BATERIA COM FALHA: Informa que a bateria pode apresentar falhas.
- BATERIA DESCONECTADA: Informa ao usuário que a bateria está desconectada.
- FALHA DE TENSÃO NOK: Informa que a tensão da rede de entrada não está estável ou fora dos valores máximo e mínimo.

4.5 INTEGRAÇÃO E MONTAGEM DO *HARDWARE*

Após a definição dos blocos principais do sistema, foi realizado o dimensionamento e a confecção da placa de circuito impresso, onde todo o *hardware* do sistema foi implementado. O esquema eletrônico completo do *hardware* está apresentado no Apêndice C e a PCB da placa de circuito impresso no Apêndice D. A Figura 31 representa a montagem final do *hardware* e a Figura 32, a integração de todo o projeto com o conversor de energia, contatores de ajuste de *offset*, contatores de chaveamento 127/220 V_{CA} e a bateria.

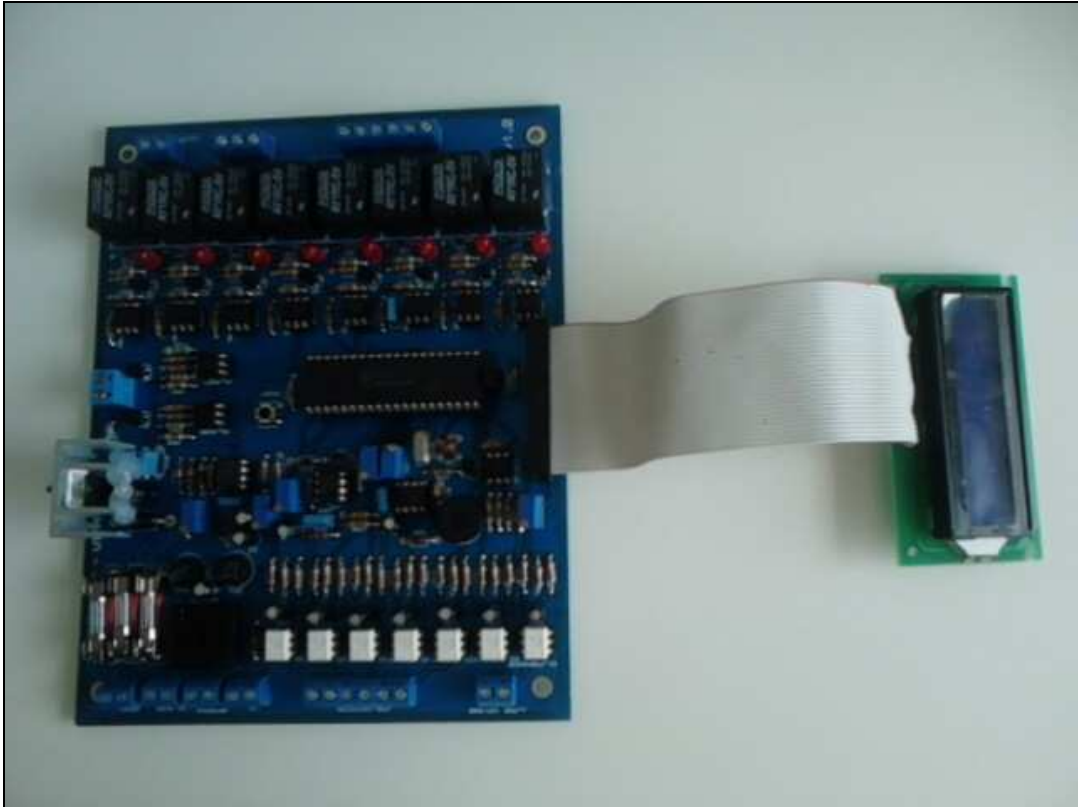


Figura 31 – Montagem final da placa do *hardware*.
Fonte: Autoria própria.

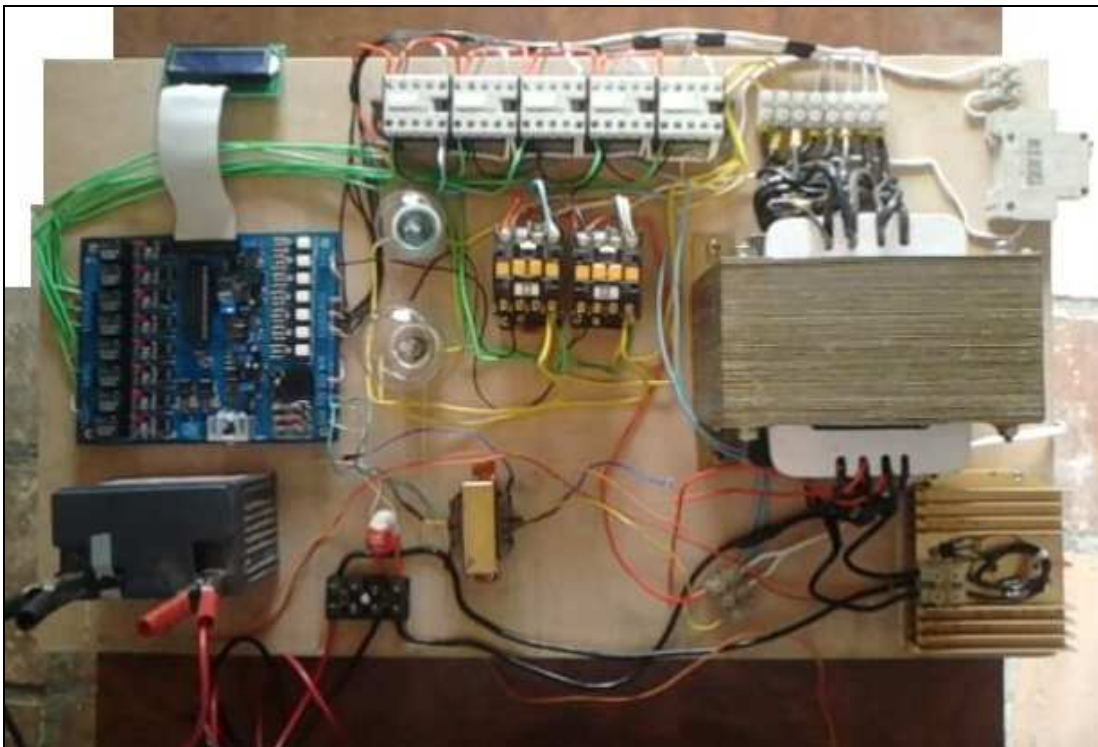


Figura 32 – Integração de todo o projeto.
Fonte: Autoria própria.

5 TESTES E RESULTADOS

Durante o desenvolvimento do projeto e para a realização dos testes foram utilizados equipamentos, tais como, osciloscópio, fontes de tensão, voltímetro, e um transformador de 1 A, além dos laboratórios do Departamento de Eletrônica da UTFPR.

5.1 TESTES DE VARIAÇÃO DA TENSÃO DE ENTRADA

Utilizando a fonte de tensão foram simuladas variações na tensão de entrada, variando de valores abaixo até valores acima dos valores aceitáveis pelo sistema, conforme apresentado na Figura 20 e Figura 21.

5.2 TESTES DE ACIONAMENTO DOS CONTADORES

5.2.1 Contadores Desacionados Antes de Iniciar a Operação

O primeiro teste foi realizado para verificar o estado dos contadores no início da operação, a fim de verificar se todos os contadores estão desacionados e evitar o funcionamento incorreto do sistema. Nenhum dos contadores pode estar acionado antes do reconhecimento da tensão de entrada pois, caso isto ocorra, existe o risco do contator errado estar acionado, fornecendo uma tensão errada ao sistema.

Durante o teste, quando todos os contadores estavam desacionados, o *display* exibiu a mensagem “SEGURANÇA OK!”. Após isto, forçou-se o acionamento de um contator e realizou-se o teste novamente. O sistema identificou o problema e exibiu a mensagem de contator com falha no *display*.

5.2.2 Acionamento Correto dos Contatores

O segundo teste consistiu na verificação do acionamento do contator correto, garantindo que a tensão fornecida pela fonte externa está realmente ajustada para a demanda do veículo.

Utilizando um potenciômetro, foram realizadas variações nas tensões de entrada de acordo com as Figuras 20 e 21, verificando se o contator correto está sendo acionado. Na placa do *hardware* foi adicionado um *LED* para cada acionamento de contator e, verificou-se o acionamento correto dos contatores, respeitando o apresentado nas Figuras 20 e 21.

Quando o sistema é alimentado com entrada de rede externa de 127 V_{CA}, verifica-se através dos *leds*, o acionamento dos relés, conforme Figura 33, onde o relé "127V" aciona o contator de entrada 127 V_{CA}, o "Relé Contator KQ3" aciona o contator mencionado e o relé "Chaveamento da Placa" faz a comutação da alimentação do mini transformador de alimentação da placa, que por *default* permanece em 220 V_{CA}.



Figura 33 – Acionamento dos relés em tensão de 127 Vca.
Fonte: Autoria própria.

5.2.3 Teste de Comutação dos Contatores

Para que dois contatores não sejam acionados ao mesmo tempo quando ocorre a comutação, o sistema realiza testes para garantir o desacionamento de um contator antes de acionar outro.

Foram realizados vários testes simulando a falha de desacionamento e também falha de acionamento. Nos dois casos o sistema desligou todos os contatores até então acionados, identificou o problema e mostrou no *display* o contator com falha.

5.3 TESTE DO CARREGADOR DE BATERIA

O *hardware* possui um sistema para detecção de zero *crossing*, ou seja, para detecção da passagem da tensão por zero. Quando o zero *crossing* é detectado, é enviado um sinal para o microcontrolador, que dispara o tiristor com um pulso com largura de 500 μ s e atraso de ângulo de acionamento de acordo com a tensão da bateria.

A Figura 34 apresenta o circuito de detecção de zero-crossing utilizado pelo sistema, e a Figura 35 apresenta a leitura realizada pelo osciloscópio, onde verificam-se os pulsos gerados pelo amplificador operacional e que são enviados ao pino 33 do microcontrolador.

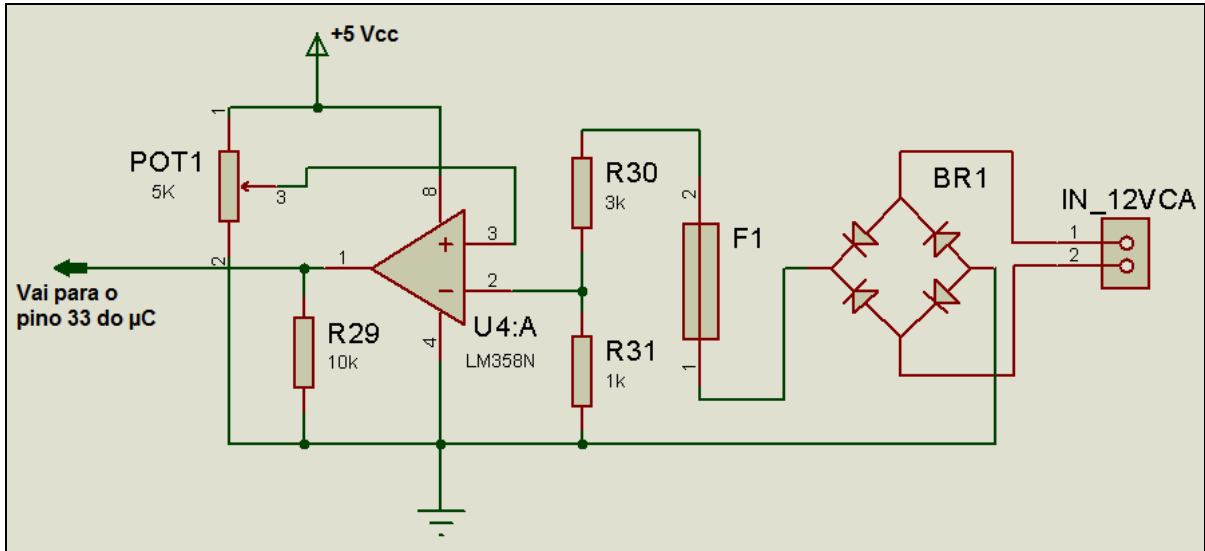


Figura 34 – Circuito de detecção de zero-crossing.
Fonte: Autoria própria.

Para valores abaixo de $10 V_{CC}$, o sistema identifica e mostra no *display* que a bateria encontra-se com defeito.

Para valores de tensão entre 10 e $11,5 V_{CC}$, o tiristor é acionado sem atraso no ângulo de disparo, conforme a Figura 35, carregando a bateria com 100% da capacidade de carga. Na Figura 36, tem-se:

- O canal 1 representa a tensão antes dos tiristores;
- O canal 2 representa o pulso de detecção de passagem por zero, enviado ao microcontrolador;
- Os canais 3 e 4 representam o pulso de $500 \mu s$ aplicado aos gates dos tiristores.

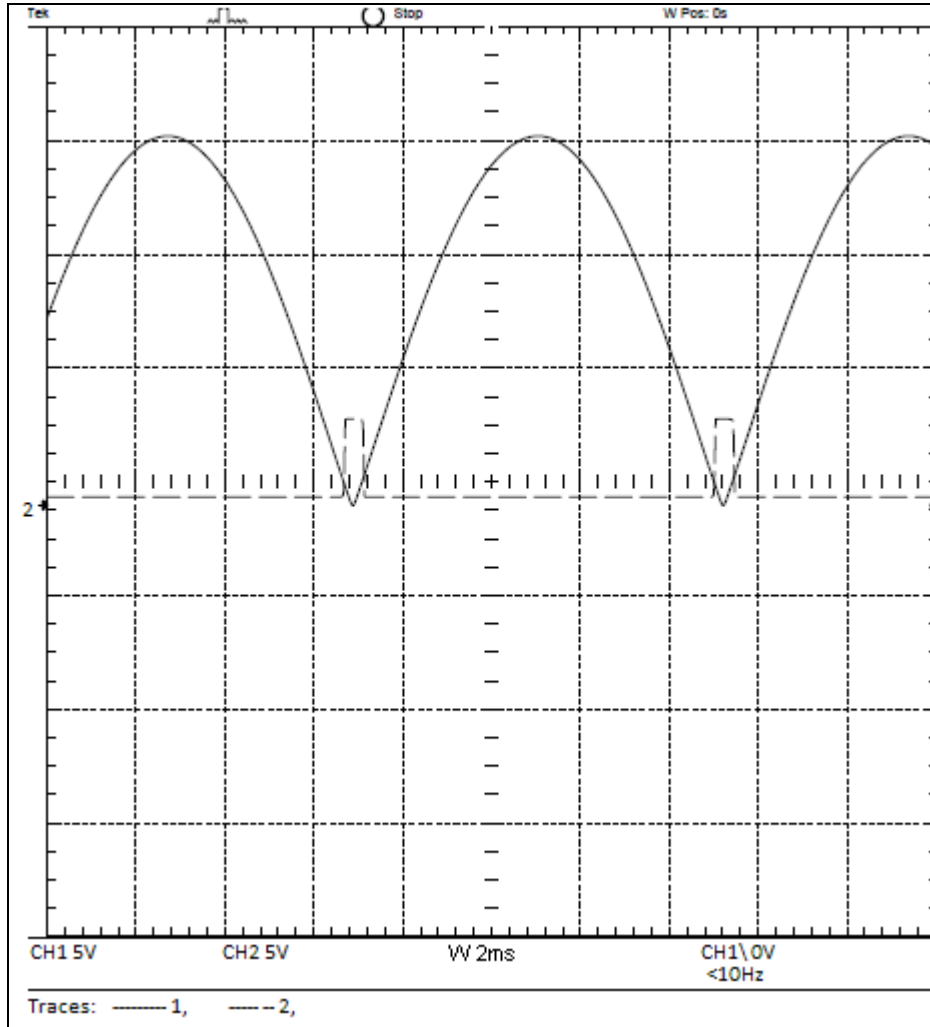


Figura 35 – Leitura no osciloscópio de detecção de *zero-crossing*.
Fonte: Autoria própria.

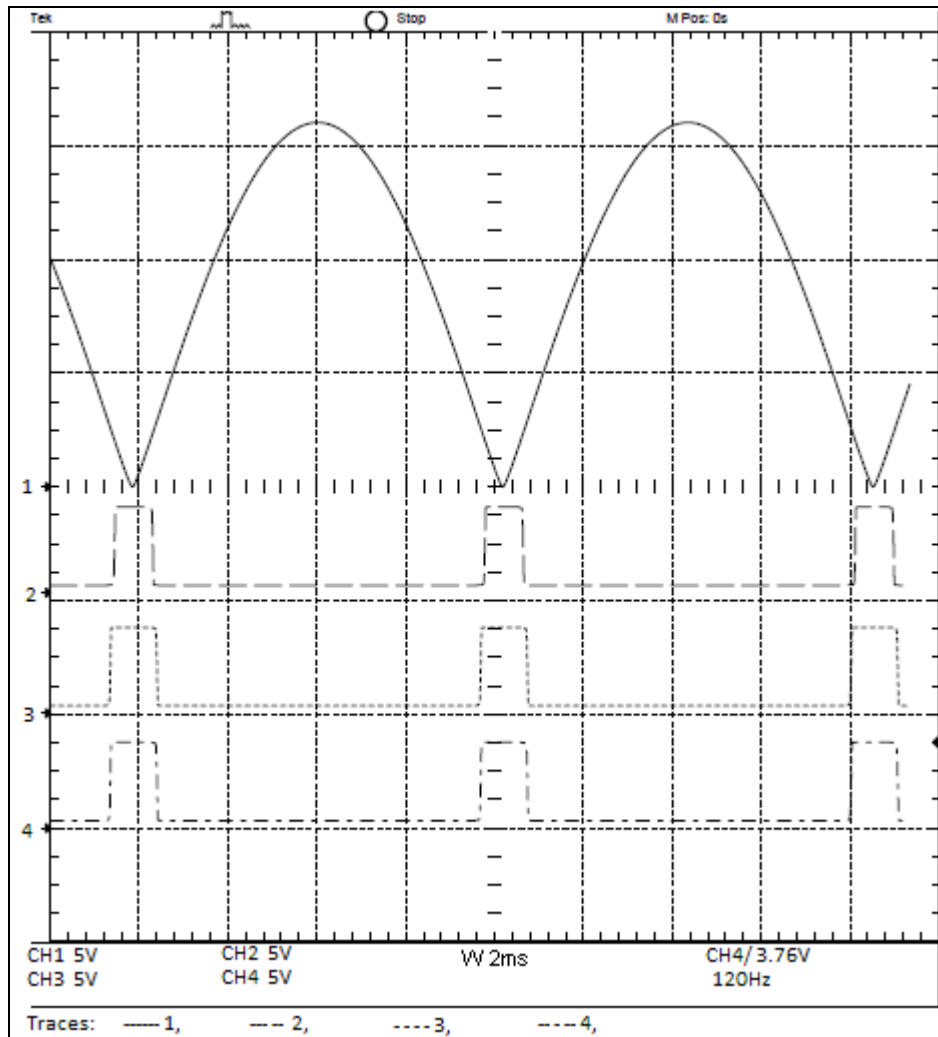


Figura 36 – Acionamento dos tiristores 100% de carga na bateria.
Fonte: Autoria própria.

Para valores entre 11,5 e 13,5 V_{CC} , o ângulo de disparo é atrasado progressivamente, carregando a bateria de forma proporcional, conforme o gráfico tensão versus carga da bateria da Figura 37.

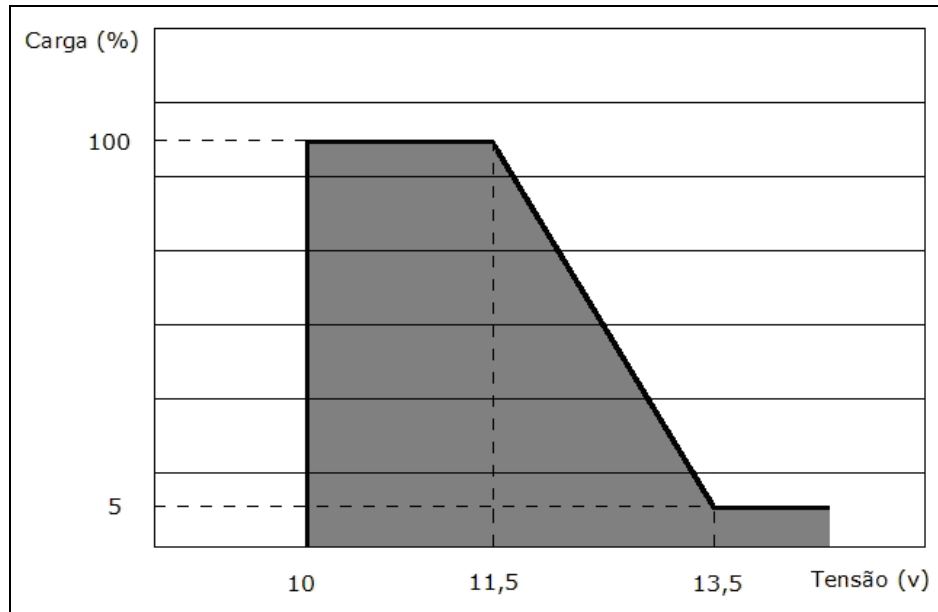


Figura 37 – Gráfico tensão x carga da bateria.
Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do sistema de controle de energia para veículos de recreação surgiu da necessidade de solucionar um problema frequentemente encontrado nos mesmos: a instabilidade da tensão de alimentação em *campings* e a carga das baterias. Para solucionar estes problemas, a linha principal de estudo foi baseada no gerenciamento autônomo de energia.

O estudo e análise dos conversores atualmente comercializados e utilizados no país, contribuiu para a compreensão do funcionamento do sistema e dos métodos que poderiam ser implementados neste projeto, para verificar as tensões de entrada e ajustá-la automaticamente de acordo com a necessidade. Baseado nos dados e resultados das pesquisas, a utilização do microcontrolador PIC16F foi a opção escolhida, pois o mesmo apresenta várias qualidades que se adequam a proposta do projeto: fácil utilização, alto desempenho e baixo custo.

No que refere-se a carga das baterias, a solução utilizada foi o sistema de carga flutuante, pois mantém um constante carregamento das baterias de acordo com o consumo.

Com a simulação de utilização do sistema e a realização dos testes, verificou-se a solução dos problemas apresentados, uma vez que o sistema de energia dos veículos se manteve satisfatório mesmo com a instabilidade da rede. A manutenção das cargas das baterias dos veículos foi também obtida com êxito. A aplicação das cargas em modo flutuante resulta em um aumento da vida útil das mesmas, uma vez que evita os danos causados pelo frequente descarregamento sofrido pelas baterias, devido tanto a alta demanda quanto ao tempo sem utilização que as mesmas são expostas.

Uma vez instalado nos veículos de recreação, um dos maiores benefícios do sistema será a redução dos custos de manutenção desses veículos. A queima e troca de aparelhos eletro-eletrônicos devido aos problemas apresentados neste trabalho, representa uma grande parcela dos custos de manutenção dos veículos de recreação.

REFERÊNCIAS

AHMED, Ashfaq. **Eletrônica de potência**. 1. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000.

BATISTA, Ygo Neto; **Microcontrolador PIC**. Disponível em:
<http://ygo.pesqueira.ifpe.edu.br/didaticos/micro_PIC.pdf>. Acesso em: 04 set. 2011.

BERTONHA, Eduardo. **Microcontroladores 8051**. UTFPR: Curitiba, 2007.

BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

BRAGA, Newton C.. **Conheça os transformadores, relés e solenóides**. Revista Mecatrônica Fácil. Ano 6. nº41. São Paulo: Editora Saber Eletrônica, 2008.

_____. **Seletor automático de tensão - 110/220 V**. 2009. Disponível em:
<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/artigos/54-dicas/835-seletor-automatico-de-tensao-110220-v-art117.html>>. Acesso em: 20 set. 2011.

_____. **Transformadores e fator de potencia (EL104)**. Disponível em:
<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletrotecnica/2193-el134.html>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

_____. **Flutuações da tensão de rede de energia (EL021)**. Disponível em:
<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletrica-domiciliar/2306-el021.html>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

DATASHEET. **Datashheet catalog**. Disponível em:
<<http://www.datasheetcatalog.com/>>. Acesso em: 02 mar. 2012.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2007.

GUAZZELLI, M.B. Paiva. **Eletrônica de potência: aplicação de diodos e tiristores**. 2ª Ed. Campinas, CLE/Unicamp, 1988, 261 p.

FLOYD, Thomas L. **Sistemas digitais fundamentos e aplicações**. 9. ed. São Paulo: Bookman, 2007.

MICROCHIP. **PIC16F87XA data sheet**. Disponível em:
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

_____. **Development Tools Main Page**. Disponível em:
<http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=81&redirects=developmenttools>. Acesso em: 20 mar. 2012.

NARCIZO, Almir Luiz. **Equipamentos de manobra: TT 264**. Apostila. 1998.

NATIONAL. *National Semiconductor*. **LM324 operational amplifier**. Disponível em:
<<http://www.national.com/ds/LM/LMV321.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2011.

PACHECO Filho, Levy. **Norma técnica Copel – NTC 831001**. Curitiba, 4. ed. Julho 2002. Disponível em:
<[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/AA61592F6376CB95032574FD006D2347/\\$FILE/NTC%20831001%20-%20Projeto%20de%20RDR_Jul-2002.pdf.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/AA61592F6376CB95032574FD006D2347/$FILE/NTC%20831001%20-%20Projeto%20de%20RDR_Jul-2002.pdf.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2011.

PERTENCE, Antônio. **Amplificadores operacionais e filtros ativos**. 5. ed. São Paulo: Makron Books, 1988.

PHOENIX. **Transformador de corrente**. Disponível em:
<http://www.phoenixcontact.com.br/noticias/33013_33030.htm>. Acesso em: 15 set. 2011.

PINHO, Márcio Sarroglia. **Histórico da linguagem C**. Disponível em:
<<http://www.inf.pucrs.br/~pinho/Laprol/Historico/Historico.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2011.

PIVARI, Marcos, **Campismo com alma**. Motor Home, Curitiba, 4. ed. Abril/Maio 2007.

RASHID, M. H. **Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações**. São Paulo: Makron Books, 1999.

RICARTE, Ivan L. M. **Programação C**, Disponível em:
<<http://www.dca.fee.unicamp.br/cursos/EA876/apostila/HTML/node122.html>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

RIO. **O conversor no seu veículo de recreação.** Disponível em: <<http://www.grupoamigosdorio.com.br/artigos/Oconversornoseuvehiculoderecreacao.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2011.

SÁ, Maurício C. **Programação C para microcontroladores 8051.** São Paulo: Érica, 2005.

SABER. **Transformador de corrente.** Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/235>>. Acesso em: 20 set. 2011.

SOUZA, D. J. **Desbravando o PIC: baseado no microcontrolador PIC16F84.** 5. ed. São Paulo: Editora Érica, 2000.

SOUZA, Vitor Amadeu: **Programação em C para o AVR ATMEGA16 com base no Code Vision.** 1. ed. Clube dos Autores. 2011.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações.** São Paulo: Érica, 2005.

TREILAR. **Treilar Motor Home.** Disponível em: <<http://www.treilar.com.br>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

TUDOR. **Baterias.** Disponível em: <<http://www.tudor.com.br/pt-br/Perguntas-Frequentes>>. Acesso em: 09 ago. 2012.

WEG. **Catálogo de minicontatores.** Disponível em: <<http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-minicontatores-50009832-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2012.

WISBECK, John Oersted. **Tipos e aplicações dos transformadores.** 2001. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/eng04030/aulas/teoria/cap_13/tiaptran.htm>. Acesso em: 25 set. 2011.

APÊNDICE A – Programa do Microcontrolador

```

/*****
                                CONTATOR.H
*****/

#ifndef contator_H
#define contator_H

        #define KQ_in_comum    RC3    // Contator de entrada comum ou não

        // VARIÁVEIS GLOBAIS
unsigned char    KQ_X          ;    // Contator de Ajuste
unsigned char    KQ_Entrada    ;    // Contator de Entrada
unsigned char    safety        ;    // Acionamento dos contadores no PORTB
bit             contator_127_220 ;    // Primeiro acionamento dos contadores
unsigned char    fault         ;    // Auxiliar de falha
unsigned int     wait          ;    // Tempo para monitorar o carregador de baterias

        // Protótipos de função
void    seguranca(void)      ;    // Função que verifica intertravamento e falha de contator
void    contator(void)       ;    // Função que escolhe o contator
void    entrada(void)        ;    // Função que verifica e entrada da rede
void    corrige(void)        ;    // Função que corrige offset de tensão por contator
unsigned int tensao_in(void) ;    // Função que verifica tensão de entrada da rede
unsigned int voltage(char i) ;    // Função que verifica tensão
void    acionamento(void)    ;    // Função que carrega variável para acionamento dos contadores
void    offset(void)         ;    // Função que aciona todos os contadores e aguarda feedback
void    carregador(void)     ;    // Função que carrega variável para Timer 1

        /*      Esquema Elétrico
Saída      Entrada      .      Função
RB0      .      ---      .      INTE
RB1      .      RD1      .      KQ1
RB2      .      RD2      .      KQ2
RB3      .      RD3      .      KQ3
RB4      .      RD4      .      KQ4
RB5      .      RD5      .      KQ5
RB6      .      RD6      .      Contator 127
RB7      .      RD7      .      Contator 220
---      .      RC3      .      Jumper Apenas um contator para 127/220
RD0      .      ---      .      Buzzer!
RE0      .      ---      .      Relé mini trafo 127/220
*/

#endif

/*****
                                MAIN.H
*****/

#ifndef MAIN_H
#define MAIN_H

        #define _XTAL_FREQ 4000000    // Ciclo = (Xtal/4) = (12/4MHz) = 3MHz = 333 nS

        // Protótipos
void    main(void)          ;    // Função principal
void    falha(unsigned char x) ;    // Função que trata todas as falhas
void    emergency(void)     ;    // Função que desabilita acionamentos por emergência
#endif

/*****
                                LCD.H
*****/

```

```

*****/
#ifndef __LCD_H
#define __LCD_H

//FunçãoSaída
#define LCD_RS      RC0          // - RA1 - Habilita comando ou dado
#define LCD_E      RC1          // - RA2 - Enable
#define SAIDAS_LCD  PORTC       // - PORTB - LCD porta C

//PROTÓTIPO DE FUNÇÕES UTILIZADAS NA MANIPULAÇÃO DO DISPLAY
void init_lcd(void)           ; // Inicia LCD
void lcd_goto(char i, char j) ; // Seleciona linha no LCD
void lcd_clear(void)         ; // Limpa LCD
void lcd_puts(char * texto)  ; // Envia string para LCD
void lcd_cmd(unsigned char cmd) ; // Envia Comando para LCD
void env_dado(unsigned char dado) ; // Envia dados para LCD
void env_byte(unsigned char alta, unsigned char baixa) ; // Envia caractere para LCD
void print_l1(char * i)      ; // Imprime na 1ª Linha do LCD
void print_l2(char * i)      ; // Imprime na 2ª Linha do LCD
void valor(int x)           ; // Imprime valores no LCD

#endif

/*****
                                AD.H
*****/

#ifndef AD_H
#define AD_H

// VARIÁVEIS GLOBAIS
unsigned char strADC[6] = 0 ; // Variável para escrita no display LCD
bit conv ; // Variável pedido de conversão sem ponto flutuante

// Protótipos de função
unsigned long le_adc( char channel ) ; // Função Leitura do canal ADC
//int ler_ad(int ch) ; //
char num_ascii(char valor) ; // Converte número para ASCII
void adc_itof(unsigned int num) ; // Converte número para string

/*      Esquema
Entrada      FDBk .      Função
RA0 .      --- .      Tensão de Entrada para chaveamento
RA1 .      --- .      Tensão 127v do Trafo para malha fechada
RA2 .      --- .      Tensão 12v da bateria
RA3 .      --- .      Tensão do TC
*/

#endif

/*****
                                INTERRUPTAO.H
*****/

#ifndef interrupcao_H
#define interrupcao_H

// Variáveis Globais
unsigned char Hz ; // Variável de frequencia da rede
unsigned int carrega ; // Variável do Timer 1 para Ligar Tiristores
bit status_on ; // Status de feedback de transformador ligado
bit bat ; // Status de pedido de carregamento de baterias
//Prototipos
void ini_lExt(void) ; // Função inicialização das interrupções
void interrupt tc_int(void) ; // Função que trata das interrupções
void frequencia(void) ; // Função que verifica a frequencia da rede

/*      Esquema

```

```

Entrada FDBk .      Função
RB0   .      ---   .      INTO
RE1   .      ---   .      TIRISTOR 1
RE2   .      ---   .      TIRISTOR 2
*/
#endif

/*****
                                MAIN.C
*****/
#include <htc.h>
#include "interrupcao.h"
#include "contator.h"
#include "main.h"
#include "lcd.h"
#include "AD.h"

// Configuração de Bits
__CONFIG(WDTE_ON & FOSC_HS & CP_OFF & LVP_OFF & BOREN_ON & PWRTE_ON & DEBUG_OFF);

/////////////////////////////////////////////////////////////////
                                FUNÇÃO PRINCIPAL DO PROGRAMA
/////////////////////////////////////////////////////////////////

void main(void)
{
    unsigned int i;

/*****
                                ^^^^^          INICIALIZAÇÃO PRINCIPAL DE REGISTROS          ^^^^^
*****/

//CONFIGS. DOS REGISTROS
OPTION_REG = 0xDF ; // Pág 25 datasheet
TRISA      = 0x1F ; // Entrada Analógica
TRISB      = 0x01 ; // RB1 como saída
TRISC      = 0x0C ; // SAIDAS LCD + jumper contator 127/220
TRISD      = 0xFC ; // Feedback contatores
TRISE      = 0x00 ; //RE0 - Saída relè mini trafo + Tiristores
PORTA      = 0x00 ; //Entrada Analógica
PORTB      = 0x00 ; //Acionamento dos contatores
PORTC      = 0x00 ; //LCD
PORTD      = 0x00 ; //Feedback contatores
PORTE      = 0x00 ; //Saída relè mini trafo
CMCON      = 0x00 ; // Desliga o modo comparador
ADCON0     = 0x40 ; // Fosc/16 - (RA0..RA4) é a entrada do conversor A/D e está
desligado. Não usa RA4.
ADCON1     = 0x82 ; // Fosc/16 - 5 A/D + 3 Digital + tensao de entrada como referencia
GO_DONE    = 0x00 ; // Não pede nenhuma conversão AD no momento
T2CON      = 0x78 ; //Timer2 acionamento dos contatores
TMR2       = 0x00 ;
PR2        = 0xFF ;

//CONFIGS. DE VARIÁVEIS
KQ_X       = 0x00 ; // Contator de Ajuste
KQ_Entrada = 0x00 ; // Contator de Entrada
safety     = 0x00 ; // Acionamento dos contatores no PORTB
contator_127_220 = 0x1 ; // Primeiro acionamento dos contatores
carrega   = 0x00 ; // Variável do Timer 1
fault      = 0x00 ; // iniciliza variável de falha
status_on  = 0x00 ; // Status de feedback de transformador ligado via Interrupção
wait       = 0x00 ; // Tempo para monitorar o carregador de baterias
bat        = 0x00 ; // Status de pedido de carregamento de baterias

/*****
                                ^^^^^          FIM DA INICIALIZAÇÃO PRINCIPAL          ^^^^^
*****/

```

```

__delay_ms(1000)      ; // Aguarda estabilização de entrada
init_lcd()           ; // Inicializa LCD
ini_ext()            ; // Inicia Interrupções
__delay_ms(1000)     ; // Aguarda estabilização de entrada

// Envia mensagem de inicialização do sistema
print_l1(" INICIALIZANDO") ; // Mensagem de Inicialização
print_l2(" SISTEMA...") ; // Mensagem de Inicialização
/*****
***          Execução Principal          -          Loop Infinito          ***
*****/
entrada()            ; // Primeira verificação de tensão da rede
carregador()         ; // Primeira verificação de tensão da bateria
T2CON = 0x7E         ; // Configura Timer 2 para tempo de carga da bateria
TMR2IE = 1           ; // Habilita Interrupção do Timer 2
while (1){
  fault = 0          ; // Inicializa variável de falha a cada ciclo
  seguranca()       ; // Verifica segurança do sistema
  frequencia()       ; // Verifica frequência da rede
  corrige()           ; // Verifica se houve variação de tensão na Rede
  print_l1("Tensão da rede:") ;
  print_l2("   VCA") ;
  valor(voltage(1))   ; // Indica tensão da Rede no LCD
  __delay_ms(1000)   ;
  print_l1("Tensão da rede:") ;
  print_l2("   VCA") ;
  valor(voltage(2))   ; // Indica tensão da bateria no LCD
  __delay_ms(1000)   ;
  if (TMR2IE ==0)    ;
  carregador()        ; // Verifica tensão da bateria durante a carga
}
}
// Fim do programa

/*****
                                CONTATOR.C
*****/
#include <htc.h>
#include "interrupcao.h"
#include "contator.h"
#include "main.h"
#include "lcd.h"
#include "AD.h"

void entrada(void)
{
  unsigned long T_Entrada      ; // Tensão de Entrada

  seguranca()                 ; // Verifica se contadores estão OK!
  T_Entrada = tensao_in()      ; // Verifica tensão de entrada
  if (T_Entrada ==0)           ; //
  falha(12)                    ; // Falha Conversor analógico!!!

  // Verifica range de tensão de entrada!
  if (T_Entrada <= 91 || (T_Entrada >= 149 && T_Entrada <= 160) || T_Entrada >= 258){
  KQ_Entrada = 0                ; //
  falha(10)                     ; // Falha Tensão de entrada Fora do Padrão!!!
  }
  print_l1(" SEGURANCA OK!") ;

  //Testa se é 220V
  if ((T_Entrada > 160) && (T_Entrada < 258)){
  RE0 = 0                        ; // relè mini trafo permanece desligado
  print_l2("REDE PADRAO 220V") ; //
  KQ_Entrada = 220                ; //
}
}

```

```

    __delay_ms(1000)          ;      //
}

//Testa se é 127V
if ((T_Entrada > 91) && (T_Entrada < 149)){
    RE0 = 1                    ;      //      Aciona relè mini trafo
    print_I2("REDE PADRAO 127V") ;      //
    KQ_Entrada = 127           ;      //
    T_Entrada *= 1,73          ;      //
    __delay_ms(1000)          ;      //
}

//Escolhe Contator Pela Primeira Vez
if (T_Entrada >= 158 && T_Entrada < 187) //
    KQ_X = 1                        ;      //
if (T_Entrada >= 187 && T_Entrada < 208) //
    KQ_X = 2                        ;      //
if (T_Entrada >= 208 && T_Entrada < 227) //
    KQ_X = 3                        ;      //
if (T_Entrada >= 227 && T_Entrada < 244) //
    KQ_X = 4                        ;      //
if (T_Entrada >= 244 && T_Entrada < 258) //
    KQ_X = 5                        ;      //

// Verifica se está em modo contator comum
if (KQ_in_comum==1 && KQ_Entrada==220){ ;      //      Se jumper na posição comum
    KQ_Entrada = 0                    ;      // Não pede acionamento do Contator 220
    contator_127_220 = 0              ;      // Não pede mais acionamento dos contadores 127/220
}

// Aciona Todos os contadores selecionados
acionamento()                       ;      //
}
void corrige(void)
{
    unsigned long Tensao_Trafo        ;      // Tensão 127 do Trafo para malha fechada

    Tensao_Trafo = voltage(0)          ;      // Verifica tensão do trafo
    Tensao_Trafo /= 3,65                ;      // 1024 / 3,65 = 285v Tensão máxima de leitura.
    if (Tensao_Trafo > 130 || Tensao_Trafo < 122){
        if (Tensao_Trafo < 122){
            switch(KQ_X){
                case 1: {
                    KQ_X = 2            ;      //
                    break                ;      //
                }
                case 2: {
                    KQ_X = 3            ;      //
                    break                ;      //
                }
                case 3: {
                    KQ_X = 4            ;      //
                    break                ;      //
                }
                case 4: {
                    KQ_X = 5            ;      //
                    break                ;      //
                }
                case 5: {
                    KQ_X = 0            ;      //
                    break                ;      //
                }
            }
        }
        else{
            switch(KQ_X){
                case 1: {

```



```

    KQ_X = 0          ; //
    break            ; //
}
case 2: {           //
    KQ_X = 1        ; //
    break          ; //
}
case 3: {           //
    KQ_X = 2        ; //
    break          ; //
}
case 4: {           //
    KQ_X = 3        ; //
    break          ; //
}
case 5: {           //
    KQ_X = 4        ; //
    break          ; //
}
}
}
seguranca()        ; // Verifica feedback de contator antes de alterar acionamento
contator_127_220 = 1 ; // Habilita acionamento dos contadores 127/220
acionamento()     ; // Aciona contadores
}
}
//Fabricante informa tempos de abertura e fechamento dos contadores: Entre 8 e 30 ms
void acionamento(void)
{
char x              ; //
// Chaveamento 127 / 220
    if (KQ_Entrada == 127 && contator_127_220 == 1) // Contator atua apenas para 127V
        safety = 0x40 ; // Aciona RB6

    if (KQ_Entrada == 220 && contator_127_220 == 1) // Se tensão igual a 220, contator não liga
        safety = 0x80 ; // Aciona contator 220

    offset()        ; //
    contator_127_220 = 0 ; // Não pede mais acionamento dos contadores 127/220

// Offset de tensão
switch(KQ_X){      //
case 0: {         //
    safety = 0     ; // Desaciona contadores
    offset()      ; //
        while(safety == 0){ //
            falha(10) ; //
            __delay_ms(3000) ;
            OPTION_REG = 0xD8 ; // Reset por WDT
        while(1)
        NOP()      ; // Aguarda Reset
        }
        break     ; //
}
case 1: {         //
    safety = (safety & 0xC0) + 2 ; // RB1 = 1 / Aciona Contator 01
    offset()      ; //
        break     ; //
}
case 2: {         //
    safety = (safety & 0xC0) + 4 ; // RB2 = 1 / Aciona Contator 02
    offset()      ; //
        break     ; //
}
case 3: {         //
    safety = (safety & 0xC0) + 8 ; // RB3 = 1 / Aciona Contator 03
    offset()      ; //
}
}
}

```

```

        break          ;           //
    }
    case 4:            {           //
        safety = (safety & 0xC0) + 16 ; // RB4 = 1 / Aciona Contator 04
        offset()      ;           //
        break         ;           //
    }
    case 5:            {           //
        safety = (safety & 0xC0) + 32 ; // RB5 = 1 / Aciona Contator 05
        offset()      ;           //
        break         ;           //
    }
}
// Função de manobra de contadores
void offset(void)
{
    int a, b, i          ;           // Variáveis locais

    i = 0                ;           // Inicializa variável
    status_on = 0        ;           // Inicializa Status de feedback de transformador ligado
    if (contator_127_220 == 1) // Controle de acionamento da entrada
        safety = safety & 0xC0 ; // Filtra contator 127 / 220 se estiver acionado
    PORTB = safety        ;           // Aciona contadores
    a = safety << 1       ;           // Filtra acionamento de contadores
    b = PORTD << 1        ;           // Filtra feedback de contadores
    __delay_ms(30)        ;           // Aguarda tempo de comutação (dado fabricante)
    while (a != b){       ;           // Aguarda feedback dos contadores selecionados
        __delay_ms(30)    ;           // Tempo máximo 30ms * (4 + 1) = 150 ms.
        if (i > 5)        ;           // Após 150 ms chama rotina de segurança para
            seguranca() ;           // Indicar qual contator está em falha
        i++               ;           // incrementa variável de falha
        b = PORTD << 1    ;           // Filtra apenas feedback de contadores
    }
}
void seguranca(void)
{
    char a, x, KQ_on, i    ;           //

    x=0                    ;           //

    //Compara 5 vezes o feedback dos contadores por segurança
    for (i=0; i<5; i++){   //
        a = PORTD << 1     ;           // Verifica status de contadores ligados RD1..RD7
        KQ_on = PORTB << 1 ;           // Verifica status de contadores ligados RB1..RB7
        __delay_ms(30)     ;           //
        if(KQ_on != a){    //
            i = 0           ;           //
            x++             ;           //
            if (x > 2){     //
                if(RB1!=RD1 && fault!=1) //
                    falha(1) ;           // Falha Contator KQ1
                if(RB2!=RD2 && fault!=2) //
                    falha(2) ;           // Falha Contator KQ2
                if(RB3!=RD3 && fault!=3) //
                    falha(3) ;           // Falha Contator KQ3
                if(RB4!=RD4 && fault!=4) //
                    falha(4) ;           // Falha Contator KQ4
                if(RB5!=RD5 && fault!=5) //
                    falha(5) ;           // Falha Contator KQ5
                if(RB6!=RD6 && fault!=6) //
                    falha(6) ;           // Falha Contator 127
                if(RB7!=RD7 && fault!=7) //
                    falha(7) ;           // Falha Contator 220
            }
        }
    }
}

```

```

}
void falha(unsigned char x)
{
    /*
    falha(1);      // Falha Contator KQ1
    falha(2);      // Falha Contator KQ2
    falha(3);      // Falha Contator KQ3
    falha(4);      // Falha Contator KQ4
    falha(5);      // Falha Contator KQ5
    falha(6);      // Falha Contator 127
    falha(7);      // Falha Contator 220
    falha(8);      // Falha 7 bateria desconectada
    falha(9);      // Falha na Bateria Tensão ñOK
    Falha(10);     // Falha Tensão de entrada Fora do Padrão
    falha(11);     // Falha Tensão de entrada Não Estabilizada
    falha(12);     // Falha Conversor analógico!!!
    falha(13);     // Falha feedback depois de equipamento em funcionamento
    */
    switch(x){
        case 1: {
            print_l1("Perigo Falha!!!") ;
            print_l2("Contator KQ1") ;
            if (status_on == 1)
                fault = 1 ;
            else
                emergency() ;
            break ;
        }
        case 2: {
            print_l1("Perigo Falha!!!") ;
            print_l2("Contator KQ2") ;
            if (status_on == 1)
                fault = 2 ;
            else
                emergency() ;
            break ;
        }
        case 3: {
            print_l1("Perigo Falha!!!") ;
            print_l2("Contator KQ3") ;
            if (status_on == 1)
                fault = 3 ;
            else
                emergency() ;
            break ;
        }
        case 4: {
            print_l1("Perigo Falha!!!") ;
            print_l2("Contator KQ4") ;
            if (status_on == 1)
                fault = 4 ;
            else
                emergency() ;
            break ;
        }
        case 5: {
            print_l1("Perigo Falha!!!") ;
            print_l2("Contator KQ5") ;
            if (status_on == 1)
                fault = 5 ;
            else
                emergency() ;
            break ;
        }
        case 6: {
            print_l1("Falha Contator") ;

```

```

    print_l2("De Entrada 127")      ;
    if (status_on == 1)             ;
    fault = 6                        ;
    else                             ;
    emergency()                     ;
    break                           ;
}
case 7: {
    print_l1("Falha Contator")      ;
    print_l2("De Entrada 220")      ;
    if (status_on == 1)             ;
    fault = 7                        ;
    else                             ;
    emergency()                     ;
    break                           ;
}
case 8: {
    print_l1("!!! Bateria !!!")     ;
    print_l2("Desconectada...")     ;
    fault = 8                        ;
    bat = 0                          ;           // Desliga tiristores
    break                             ;
}
case 9: {
    print_l1("Atencao! Falha")      ;
    print_l2("na Bateria")          ;
    fault = 9                        ;
    bat = 0                          ;           // Desliga tiristores
    break                             ;
}
case 10: {
    print_l1("Falha de Tensao")     ;
    print_l2("Padrao NOK!!!")       ;
    break                             ;
}
case 11: {
    print_l1("Falha de Tensao")     ;
    print_l2("Rede Ruim!")          ;
    if (status_on == 1)             ;
    fault = 11                       ;
    else                             ;
    emergency()                     ;
    break                             ;
}
case 12: {
    print_l1("Falha ADC_0!!!")      ;
    print_l2("Ver CI U4")           ;
    if (status_on == 1)             ;
    fault = 12                       ;
    else                             ;
    emergency()                     ;
    break                             ;
}
case 13: {
    print_l1("Falha Feedback")      ;
    print_l2("Contator Entrada")    ;
    if (status_on == 1)             ;
    fault = 13                       ;
    else                             ;
    emergency()                     ;
    break                             ;
}
}
if (fault != 0){                   // Aviso de problema no sistema
    RD0 = 1                          ;
    __delay_ms(600)                  ;
    RD0 = 0                          ;
}

```



```

        if(wait == 27744) {                //      Apos 30 minutos
            wait = 30000                    ;      //
            bat = 0                          ;      //      Desliga carregador de baterias
        }
        if (wait > 30925)                   //      Aguarda 1' para estabilizar tensão da bateria
            wait = 0                          ;      //      desliga tempo de carga
            TMR2IE = 0                       ;      //      desliga interrupção do Timer 2
        }
    }
// FUNÇÃO QUE VERIFICA FREQUÊNCIA
void frequencia(void)
{
    while(RB0)                              ;      // Aguarga zerar nivel alto em RB0
    __delay_us(100)                          ;      // Garante nivel baixo ao iniciar a contagem
    Hz = 0                                    ;      // Zera variável para iniciar contagem com INT0
    __delay_ms(497)                          ;      // Aguarda 500ms frequencia INT0 = 2x da rede normal
    conv = 1                                 ;      // Pede conversão em string sem ponto flutuante
    adc_itof(Hz)                              ;      // Converte variável Hz em String para LCD
    lcd_clear()                               ;      // Limpa LCD
    __delay_ms(50)                            ;      //
    lcd_goto(1,3)                             ;      // Desloca Mensagem para 1ª Linha coluna 3
    __delay_ms(1)                             ;      //
    lcd_puts("Frequencia da")                 ;      // Envia mensagem para LCD
    __delay_ms(1)                             ;      //
    lcd_goto(2,6)                             ;      // Desloca Mensagem para 2ª Linha coluna 9
    __delay_ms(1)                             ;      // Aguarda 1ms para enviar próxima mensagem
    lcd_puts(strADC)                          ;      // Imprime valor da frequencia no LCD
    __delay_ms(1)                             ;      //
    lcd_goto(2,4)                             ;      // Desloca Mensagem para 2ª Linha coluna 3
    __delay_ms(1)                             ;      //
    lcd_puts("Rede:")                        ;      // Envia mensagem para LCD
    __delay_ms(1)                             ;      //
    lcd_goto(2,13)                            ;      // Desloca Mensagem para 2ª Linha coluna 3
    __delay_ms(1)                             ;      //
    lcd_puts("Hz")                           ;      // Envia mensagem para LCD
    __delay_ms(1500)                          ;      // Aguarda 1,5s
}
// Fim do programa

```

```

/*****
                                TENSÃO.C
*****/
#include <htc.h>
#include "interrupcao.h"
#include "contator.h"
#include "main.h"
#include "lcd.h"
#include "AD.h"

// Tensão de entrada para seleção de contator 127/220
unsigned int tensao_in(void)
{
    unsigned int valorAD, dummy              ;      // Declaração de Variáveis locais
    int a,i                                  ;      // Declaração de Variáveis locais

    TMR2 = 0                                 ;      // Carrega valor de contagem de Timer 2
    TMR2ON = 1                               ;      // Liga Timer 2
    valorAD = 0                              ;      // inicializa variável
    dummy = 0                                ;      // Aguarda aproximadamente 1 minuto
    for(i=0; i<5; i++){                      // Faz 5 leituras analógicas
        while(RB0!=1)                        ;      // Aguarda..
        while(RB0=1)                          ;      // Borda de descida
        __delay_us(500)                       ;      // __delay_us(500);
        dummy = dummy + le_adc(0)             ;      // Recebe valor analógico
        dummy = dummy /5                      ;      // Faz uma média de 4 leituras
        if (dummy > valorAD)                  ;      // Compara qual valor é maior
        valorAD = dummy - valorAD            ;      // Verifica diferença entre os valores
    }
}

```

```

else
valorAD = valorAD - dummy ; // Verifica diferença entre os valores
dummy = 0 ; // inicializa variável
}
if(valorAD < 7){ // Compara se valor é menor que 2 Volts
for(a=0; a<50; a++ ) // Faz a média da tensão já estabilizada
valorAD = valorAD + le_adc(0) ; // Tensão de entrada ADC0
valorAD = valorAD / 50 ; // Faz uma média de 50 leituras
TMR2ON = 0 ; // Desliga Timer 2
valorAD /= 3,65 ; // 1024 / 3,65 = 285v Tensão máxima de leitura.
return valorAD ; // Retorna valor de tensão com valor do ADC (até 1024)
}
if (TMR2IF==1){ // Verifica flag de interrupção
TMR2IF = 0 ; // Limpa o flag de interrupção
TMR2 = 0 ; // Carrega novo valor para Timer 2
a++ ; // Incrementa variável para média de tensão
}
}
TMR2ON = 0 ; // Desliga Timer 2
falha(11) ; // Chama rotina de falha de tensão
return 0 ; // Retorna 0
}
/* Verifica Tensão:
AN1 - 127 do trafo
AN2 - Bateria
AN3 - TC carregador
*/
unsigned int voltage(char i)
{
    unsigned int valorAD = 0 ; // Declaração de Variáveis locais
    int a ; // Declaração de Variáveis locais

    for(a=0; a<40; a++ ){ // Faz a média da tensão
        valorAD = valorAD + le_adc(i) ; // Tensão de entrada ADC0 + "i"
        __delay_us(230) ;
    }
    valorAD = valorAD / 40 ; // Faz a média das tensões lidas
    return valorAD ; // Retorna valor de tensão com valor do ADC (até 1024)
}
// Gestão da Bateria
void carregador(void)
{
    /*
    Tensão bits
    0 0
    1 60
    8 481
    11,5 692
    14 842
    15 902
    17 1023
    */
    unsigned int bat ; // Tensão da bateria (17V = 1023)

    bat = voltage(2) ; // Verifica tensão da bateria (canal 2)
    if (bat<60 && fault !=8) // Verifica se bateria está conectada < 1V
        falha(8) ; // Falha 8 bateria desconectada
    if ((bat<480 || bat>900) && fault !=9){ // Verifica se tensão da bateria < 8V ou > 15V
        falha(9) ; // Falha 9 Bateria Tensão ãOK
        carrega = 0 ; // Se bateria em falha não liga tiristores
        return ;
    }
    if (bat >= 843) // 14V = 843 / 11,5V = 692
        carrega = 57930 ; // Carrega valor para carga flutuante
    else
        bat = 843 - bat ; // Bat recebe offset de valor, alteração de ângulo do tiristor
    if (bat < 151) // Se diferença < que 2V

```

```

        carrega = (bat * 50) + 57930      ;           // Carrega valor de tempo para Timer 1
        if (bat >= 151)
            carrega = 65500              ;           // Valor máximo de carga da bateria
            bat = 1                        ;           // Aciona carregador de baterias
    }
// Fim do Programa

/*****
                                     AD.C
*****/

#include <htc.h>
#include "main.h"
#include "AD.h"
#include "lcd.h"

// FUNÇÃO DE CONVERSÃO AD -> TENSÃO
unsigned long le_adc( char channel )
{
    unsigned int valorAD                ;

    channel <= 3                        ;
    ADCON0 = 0x41 | channel              ;           // Liga AD e Seleciona Canal para conversão
    __delay_us(100)                      ;
    GO_DONE = 1 ;
    while (GO_DONE)                      ;           // Aguarda término da conversão
    ADON = 0                              ;           // Desliga ADC
    valorAD = ADRESH                      ;
    valorAD <= 8                          ;
    valorAD |= ADRESL                     ;
    //valorAD /= 20,48                     ;           // Se ADC = 1024, ValorAD = 50
    return valorAD;
}

// FUNÇÃO QUE RETORNA UM VALOR PARA UMA STRING "FLOAT" PARA LCD
void adc_itof(unsigned int num)
{
    strADC[0] = ''                        ;
    strADC[1] = ''                        ;
    strADC[2] = ''                        ;
    strADC[3] = ''                        ;
    strADC[4] = ''                        ;
    strADC[5] = ''                        ;

    if (num>0 && conv ==0){                ;           // Cria Ponto flutuante
        strADC[2] = '0'                    ;
        strADC[3] = ','                    ;
        strADC[4] = '0'                    ;
    }
    conv = 0                               ;           // Não cria ponto flutuante
    if (num>=10000){
        strADC[0] = num_ascii(num/10000);
        strADC[1] = '0'                    ;
        num = num%10000                    ;
    }
    if (num>=1000){
        strADC[1] = num_ascii(num/1000) ;
        strADC[2] = '0'                    ;
        num = num%1000                    ;
    }
    if (num>=100){
        strADC[2] = num_ascii(num/100) ;
        strADC[4] = '0'                    ;
        num = num%100                    ;
    }
    if (num>=10){
        strADC[4] = num_ascii(num/10) ;
        strADC[5] = '0'                    ;
        num = num%10                    ;
    }
}

```



```

    }
    if (num>=0 && num<10)
        strADC[5] = num_ascii(num) ;
}
char num_ascii(char valor)
{
    char i ;

    switch(valor){
        case 0: {
            i = '0' ;
            break ;
        }
        case 1: {
            i = '1' ;
            break ;
        }
        case 2: {
            i = '2' ;
            break ;
        }
        case 3: {
            i = '3' ;
            break ;
        }
        case 4: {
            i = '4' ;
            break ;
        }
        case 5: {
            i = '5' ;
            break ;
        }
        case 6: {
            i = '6' ;
            break ;
        }
        case 7: {
            i = '7' ;
            break ;
        }
        case 8: {
            i = '8' ;
            break ;
        }
        case 9: {
            i = '9' ;
            break ;
        }
        default: {
            i = '' ;
            break ;
        }
    }
    return i ;
}
// fim do Programa

```

```

/*****

```

LCD.C

```

*****/

```

```

#include <htc.h>
#include "main.h"
#include "lcd.h"
#include "AD.h"

```

```

void init_lcd (void)

```

```

{
    /*
    LCD_E = 0 ; // Inicia enable como 0
    LCD_RW = 0 ; // Opção - Write
    LCD_RS = 0 ; // Inicia lcd para receber comandos
    */
    SAIDAS_LCD = 0 ;
    __delay_ms(2000) ;

    lcd_cmd(0x03) ;
    lcd_cmd(0x03) ;
    lcd_cmd(0x03) ;
    lcd_cmd(0x02) ;
    lcd_cmd(0x28) ; // 4-bit mode - 2 line - 5x7 font.
    lcd_cmd(0x0C) ; // Display no cursor - no blink.
    lcd_cmd(0x06) ; // Automatic Increment - No Display shift.
    lcd_cmd(0x01) ; // Address DDRAM with 0 offset 80h.
    SAIDAS_LCD = 0 ;
}

void lcd_goto(char i, char j) // Indica Linha de escrita Posição no LCD
{
    if(i == 1) // 1 à 16 para ambas as linhas
        lcd_cmd(127 + j) ;
    if(i == 2)
        lcd_cmd(191 + j) ;
}

void lcd_clear(void)
{
    lcd_cmd(0x01) ;
    SAIDAS_LCD = 0 ;
}

void lcd_puts(char * texto)
{
    while(*texto){
        env_dado(*texto) ;
        *texto++ ;
    }
    SAIDAS_LCD = 0 ;
}

void lcd_cmd(unsigned char cmd)
{
    unsigned char alta, baixa ;

    alta = cmd & 0xF0 ; // faz uma máscara com a parte alta de 'cmd'
    baixa = cmd & 0x0F ; // faz uma máscara com a parte baixa de 'cmd'
    baixa <<= 4 ; // move 4 bits à esquerda (em direção à MSB)
    env_byte(alta, baixa) ; // chama a função que envia o byte
}

void env_dado(unsigned char dado)
{
    unsigned char alta, baixa ;

    LCD_RS = 1 ; // Envia dado ao LCD
    alta = dado & 0xF0 ; // faz uma máscara com a parte alta de 'dado'
    alta = alta | 0x01 ; // Mantém LCD_RS em 1. Modo Dado.
    baixa = dado & 0x0F ; // faz uma máscara com a parte baixa de 'dado'
    baixa <<= 4 ; //move 4 bits à esquerda (em direção à MSB)
    baixa = baixa | 0x01 ; // Mantém LCD_RS em 1. Modo Dado.
    env_byte(alta, baixa) ; //chama a função que envia o byte
    LCD_RS = 0 ; // Volta LCD_RS para zero, para aceitar comandos
}

void env_byte(unsigned char alta, unsigned char baixa)
{
    SAIDAS_LCD = alta ; //joga a parte alta no lcd
    __delay_us(60) ;
    LCD_E = 1 ; //seta enable (faz clock)
}

```

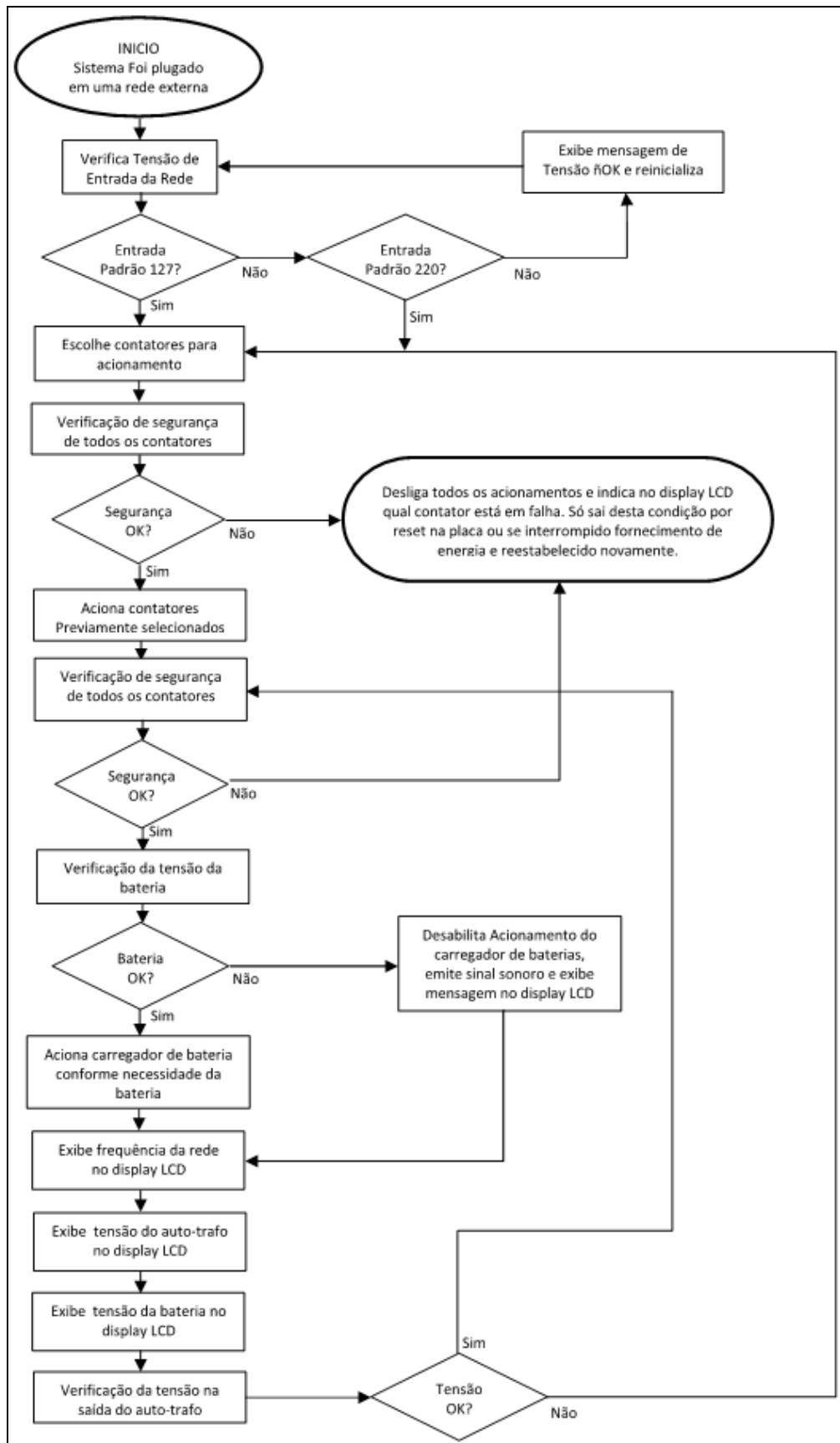
```

        __delay_us(50)           ;
        LCD_E = 0                ; //reseta enable
        __delay_us(200)         ;
        SAIDAS_LCD = baixa      ; //joga a parte baixa no lcd
        __delay_us(60)          ;
        LCD_E = 1                ; //seta enable (faz clock)
        __delay_us(50)          ;
        LCD_E = 0                ; //reseta enable
        __delay_us(250)         ;
    }
// Imprime na 1ª Linha do LCD
void print_l1(char * i)
{
    lcd_clear()                 ;
    __delay_ms(50)              ;
    lcd_goto(1,1)                ;
    __delay_ms(1)               ;
    lcd_puts(i)                  ;
    __delay_ms(100)             ;
}
// Imprime na 2ª Linha do LCD
void print_l2(char * i)
{
    lcd_goto(2,1)                ;
    __delay_ms(1)               ;
    lcd_puts(i)                  ;
    __delay_ms(1500)            ;
}

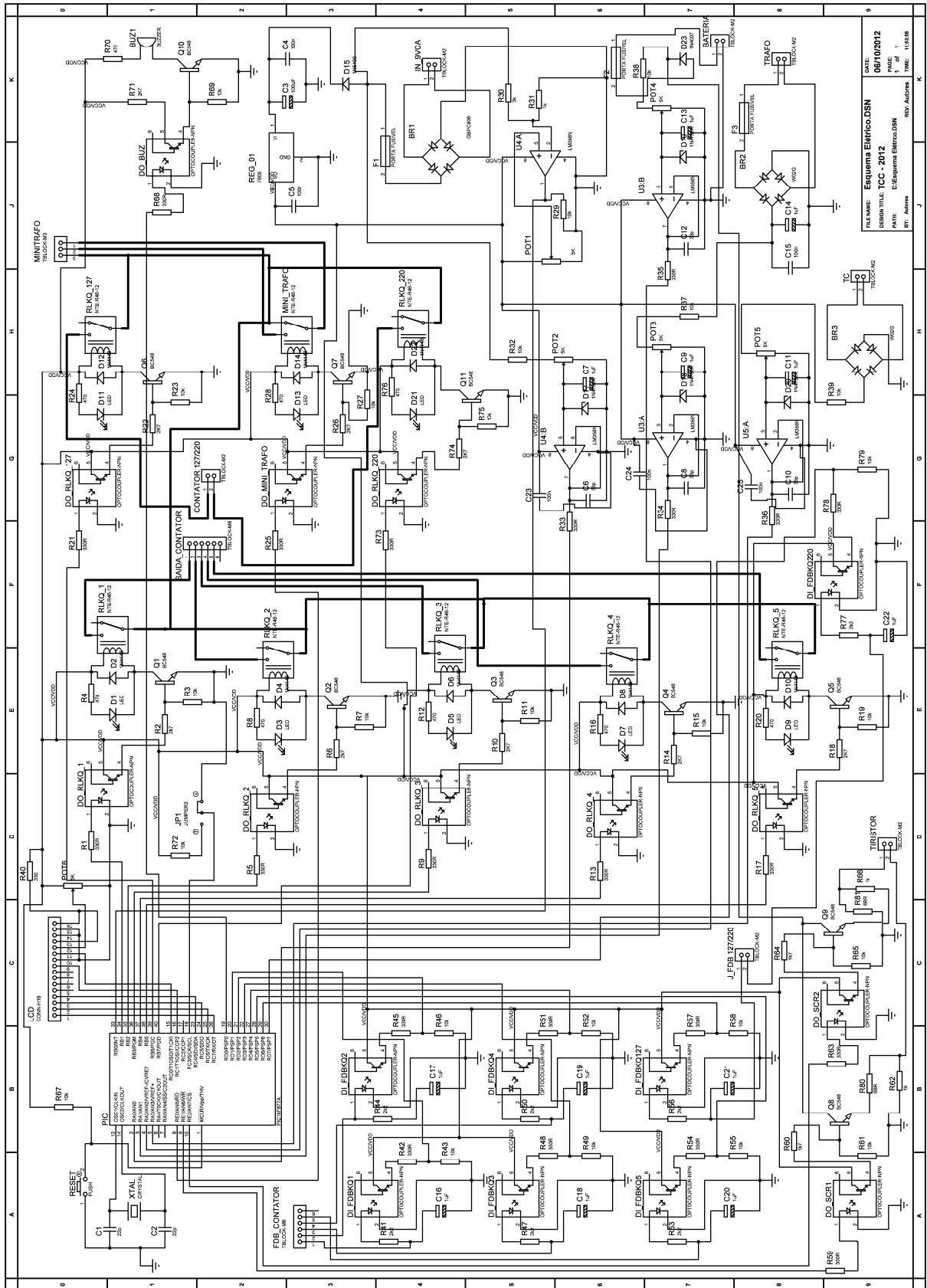
// Imprime valores
void valor(int x)
{
    adc_itof(x)                  ;
    __delay_ms(1)               ;
    lcd_goto(2,3)                ;
    __delay_ms(1)               ;
    lcd_puts(strADC)             ;
    __delay_ms(500)             ;
    lcd_goto(2,1)                ;
    __delay_ms(500)             ;
}
// Fim do programa

```

APÊNDICE B – Fluxograma do Programa Principal



APÊNDICE C – Esquema Eletrônico Completo



APÊNDICE D – PCB da Placa de Circuito Impresso

