



**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL**  
**PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**



**VINICIUS HELLVIG DA SILVA**

**CONVERSOR MONOFÁSICO MICROCONTROLADO**

Canoas, Julho de 2009



**VINICIUS HELLVIG DA SILVA**

**CONVERSOR MONOFÁSICO MICROCONTROLADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da ULBRA como um dos requisitos obrigatórios para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista

**Departamento:**

Engenharia Elétrica

**Área de Concentração**

Eletrônica de Potência

**Professor Orientador:**

MSc. Eng. Eletr. Dalton Luiz Rech Vidor – CREA-RS: 079.005-D

Canoas

2009



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Nome do Autor:** Vinicius Hellvig da Silva

**Matrícula:** 972103639-0

**Título:** Retificador Monofásico Microcontrolado

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da ULBRA como um dos requisitos obrigatórios para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista

**Professor Orientador:**

MSc. Eng. Eletr. Dalton Luiz Rech Vidor

CREA-RS: 079.005-D

**Banca Avaliadora:**

MSc. Eng. Eletr. André Luís Bianchi

CREA-RS: 89.197

Conceito Atribuído (A-B-C-D):

MSc. Eng. Eletr. Miriam Noemi Cáceres Villamayor

CREA-RS: 067.231-D

Conceito Atribuído (A-B-C-D):

**Assinaturas:**

---

Autor

Vinicius Hellvig da Silva

---

Orientador

Dalton Luiz Rech Vidor

---

Avaliador

André Luis Bianchi

---

Avaliador

Miriam Noemi Cáceres Villamayor

Relatório Aprovado em:



## **DEDICATÓRIA**

Dedico a minha esposa Dirce e meu filho Gustavo.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS, em primeiro lugar, por me iluminar em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais Doli e Herta pelo incentivo e motivação.

Ao Professor Dalton Luiz Rech Vidor pelo estímulo, dedicação e esforço proporcionado.

Ao colega e amigo Marcelo Ourique da Silva pelas sugestões e observações valiosas.

A todos os colegas do SENAI de Gravataí pelo incentivo.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, o meu reconhecimento.



## **EPÍGRAFE**

*Nada melhor que um dia depois do outro com uma noite no meio.*

*(moa)*



## **RESUMO**

Em função da necessidade de se manter equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, que necessitam da alimentação de baterias, em funcionamento a qualquer instante, é necessário se ter uma fonte de alimentação adequada para que a bateria e os equipamentos estejam prontos para o uso. Neste sentido, o presente trabalho implementa uma melhora no rendimento e prolongamento da vida útil da bateria. Esta melhora é proporcionada através de um retificador monofásico microcontrolado que tem a função de controlar os níveis de energia da bateria.

**Palavras chave:** Controle do nível de energia.



## **ABSTRACT**

Depending on the need to maintain electrical equipment and / or electronics, they need to feed batteries in operation at any time, you must have an adequate power supply to the battery and equipment are ready for use. Accordingly, this paper implements an improvement in efficiency and longer battery life. This improvement is provided through a single phase rectifier microcontroller that has the function of controlling the level of battery power.

**Keywords:** Controlling the level of energy .



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Símbolo do diodo .....	22
Figura 2: Símbolo do tiristor e vista transversal das três junções .....	23
Figura 3: Curva característica V-i.....	24
Figura 4: Operação com conversores .....	25
Figura 5: Microcontrolador PIC 16F877 – Diagrama de pinos.....	26
Figura 6: Característica da carga com tensão constante e corrente limitada.....	30
Figura 7: Característica da tensão com corrente constante .....	31
Figura 8: Acumulador de um elemento.....	32
Figura 9: Estrutura interna do acumulador.....	33
Figura 10: Símbolo do transistor bipolar e fototransistor .....	38
Figura 11: Esquemático do optoacoplador 4N25 .....	39
Figura 12: Esquemático do sistema de controle.....	40
Figura 13: Representação gráfica do amplificador operacional.....	42
Figura 14: Amplificador operacional LM 358 com monoalimentação .....	44
Figura 15: Amplificador operacional na configuração não inversora .....	45
Figura 16: Expressão matemática utilizada na configuração não inversora .....	46
Figura 17: Diagrama em blocos do sistema.....	47
Figura 18: Transformador utilizado para alimentação do sistema.....	48
Figura 19: Circuito de potência .....	49
Figura 20: Sinal de sincronismo.....	50
Figura 21: Sinal de sincronismo.....	50
Figura 22: Circuito de amplificação do sinal da “leitura da corrente” .....	51
Figura 23: Circuito de leitura da tensão .....	52
Figura 24: Foto do kit de microcontrolador (circuito de controle) .....	53



Figura 25: Circuito completo de todo o sistema em funcionamento (terceira bateria sendo carregada e transferência de informações pela porta serial RS-232.....	53
Figura 26: Fluxograma de funcionamento do software.....	55
Figura 27: Baterias utilizadas para testes com o retificador.....	58
Figura 28: Primeira bateria sendo carregada.....	59
Figura 29: Segunda bateria sendo carregada.....	60
Figura 30: Terceira bateria sendo carregada.....	60
Figura 31: Gráfico dos dados obtidos durante carregamento da terceira bateria.....	61
Figura 32: Primeira bateria .....	62
Figura 33: Segunda bateria.....	62



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Tensão Característica por Acumuladores.....36



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CA: Corrente Alternada;

CC: Corrente Contínua;

PIC: Controlador Integrado de Periféricos;

I/O: Input/output (entrada/saída);

d.d.p.: Diferença de Potencial;

LED: Diodo Emissor de Luz;

AOP: Amplificador Operacional.



## LISTA DE SÍMBOLOS

V – Volt;

A – Ampère;

Ah – Ampère hora;

mA – Miliampère;

V/ $\mu$ s – Volts/microsegundos;

V<sub>AK</sub> – Tensão anodo catodo;

V<sub>BO</sub> – Tensão de ruptura direta.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1. Visão geral do problema .....	17
1.1.1. Carregador com tensão e corrente constante.....	17
1.1.2. Carregador inteligente com tensão e corrente variável .....	17
1.2. Formulação do problema de engenharia.....	18
1.3. Formulação do problema comercial.....	18
1.4. Estudo de mercado.....	18
1.4.1. Identificação de interessados .....	18
1.4.2. Oportunidade de negocios .....	19
1.5. Definição do escopo do projeto.....	19
1.5.1. Objetivos gerais .....	19
1.5.2. Objetivos específicos .....	19
1.5.3. Metas .....	19
1.5.4. Resultados previstos.....	19
1.6. Universo das soluções .....	19
1.7. Justificativa Técnica e Econômica para a Solução Escolhida.....	20
1.7.1. Critérios.....	20
1.7.2. Benchmark .....	20
1.8. Especificações técnicas da solução escolhida .....	20
1.9. Recursos .....	21
1.9.1. Orçamento do projeto.....	21
1.9.2. Financiamento e cronograma orçamentário .....	21
1.10. Índice de qualidade .....	21
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1. Diodo de potência.....	22
2.2. Tiristor.....	22
2.3. Conversores.....	25
2.4. Controle geral - Microcontrolador .....	26
2.5. Acumuladores elétricos .....	27
2.5.1. Definições .....	27
2.5.2. Estrutura simplificada de um acumulador .....	32
2.5.3. Capacidade.....	33
2.5.4. Classificação dos acumuladores .....	34
2.5.5. Uso e aplicação dos acumuladores .....	36
2.6. Optoacopladores.....	37
2.6.1. Optoeletrônica.....	37
2.6.2. LED.....	38
2.6.1. Fototransistores .....	38
2.6.1. Optoacoplador.....	39
2.7. Sistema de controle.....	39
2.7.1. Tipos de sistemas de controle mais usados em controle de carga.....	40
2.8. Amplificadores operacionais.....	41
2.8.1. Conceito .....	41
2.8.2. Principais características .....	41
2.8.3. Descrição de funcionamento.....	41



2.8.4.	Aplicações do amplificador operacional .....	42
2.8.5.	Caraterísticas do amplificador operacional ideal.....	42
2.8.6.	Características do amplificador operacinal real.....	42
2.8.7.	Alimentação do amplificador operacional .....	43
2.8.8.	Métodos de polarização do amplificador operacional.....	44
2.8.9.	Amplificador não inversor .....	45
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
3.1.	Descrição Geral do Sistema .....	47
3.2.	Hardware.....	47
3.2.1.	Circuito de alimentação do sistema.....	48
3.2.2.	Circuito de potência.....	48
3.2.2.1.	Circuito de zero crossing .....	49
3.2.2.2.	Circuito amplificador de sinal.....	50
3.2.2.3.	Leitura de tensão .....	51
3.2.3.	Circuito de controle.....	52
3.3.	Software.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3.1.	Linguagem de programação .....	53
3.3.2.	Compilador.....	54
3.3.3.	Funcionamento.....	54
3.3.3.1.	Fluxograma Geral .....	54
3.3.3.2.	Função principal (Main).....	56
3.3.3.3.	Função salva horário .....	56
3.3.3.4.	Função inicializar .....	56
3.3.3.5.	Função inicializar teclado .....	56
3.3.3.6.	Função le ad .....	57
3.3.3.7.	Interrupção CCP1 e função zero crossing.....	57
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>3.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
	<b>OBRAS CONSULTADAS .....</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE A – DIAGRAMA ELÉTRICO DO CIRCUITO DE POTÊNCIA E CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO.....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
	<b>APÊNDICE B – CÓDIGO FONTE .....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
	<b>APÊNDICE C – FUNÇÃO SALVA HORÁRIO.....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
	<b>APÊNDICE D – FUNÇÃO INICIALIZAR.....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
	<b>APÊNDICE E – FUNÇÃO LE AD.....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
	<b>APÊNDICE F – INTERRUPTÃO CCP1 E FUNÇÃO ZERO CROSSING .....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
	<b>APÊNDICE G – VALORES DE TRANSMISSÃO DA SERIAL RS-232... ..</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
	<b>ANEXO A – DIAGRAMA ELÉTRICO DO KIT DE MICROCONTROLADOR.....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas encontrados na atualidade é o controle pela demanda de energia elétrica.

Considerando os equipamentos que dependam do uso de baterias, seja de uso contínuo ou esporádico, o problema encontrado refere-se às condições de fornecimento de energia da bateria para o sistema que dela dependam. Dessa forma faz-se necessário o controle dos níveis de energia da bateria.

Atuando-se diretamente no controle dos níveis de energia da bateria é possível fornecer-se uma maior confiabilidade ao sistema que dela dependa e prolongar a vida útil da bateria, evitando dessa forma o desgaste prematuro da bateria.

Como o desenvolvimento da tecnologia de microcontroladores gerou um grande impacto no controle e na sintetização da estratégia de controle para os dispositivos semicondutores de potência, a estratégia de comando pode ser bastante facilitada com o uso de um microcontrolador (figura 5), que além de proporcionar maior flexibilidade, reduz o número de circuitos integrados necessários para a geração dos sinais de comando para os SCR's, os quais são utilizados para entrega de energia a bateria.

## **1.1. Visão Geral do Problema**

Atualmente existem dois tipos de carregadores de baterias no mercado. Os carregadores de tensão e corrente constante e os carregadores com tensão e corrente variável.

### **1.1.1. Carregador com tensão e corrente constante**

Os carregadores de tensão e corrente constante, de primeira geração não possuem circuito capaz de detectar o fim da carga na bateria e conseqüentemente não conseguem interromper a carga, fazendo assim com que a bateria sofra um superaquecimento, podendo até derreter, comprometendo sua vida útil e os demais equipamentos que dependem dela. Um exemplo típico deste tipo de carregadores são os que usam lâmpada ou então aqueles de autoelétrica. Estes carregadores precisam de monitoramento constante por parte do usuário para evitar acidente e prejuízo. O valor de mercado deste tipo de carregador é menor dos que os carregadores considerados “inteligentes”.

### **1.1.2. Carregador “inteligente” com tensão e corrente variável**

Estes carregadores são de segunda geração, possuindo um circuito inteligente que monitora a bateria alternando tensão e corrente. O carregador inteligente começa a carga enviando uma baixa tensão (exemplo 8 volts) e vai subindo gradativamente enquanto a bateria vai assimilando a carga. Por outro lado começa enviando uma corrente mais alta (exemplo 5 A) e vai dividindo com a bateria, após isso ela vai diminuindo a corrente chegando a níveis baixíssimos entrando no que se chama de "modo de manutenção". Neste estágio a bateria encontra-se com mais de 13,8 V e uma corrente de 0,2 A, podendo ficar neste estágio por dias, semanas ou até meses. Estes modelos de carregadores são mais caros, mas tem também uma vida mais longa.

Cada carregador tem uma função específica, por exemplo: em uma carga mais rápida na bateria, se o usuário ficar controlando a bateria, a opção 1 é a mais viável, pois ele manda por exemplo 5 A contínuo e 13,8 V, resolvendo o problema da carga na bateria, porém este processo é para cargas de emergência, pois ao



aplicarmos este tipo de carga por muitas vezes, a vida útil da bateria pode ser comprometida.

Agora em uma bateria que se usa poucas vezes, e toda vez que se deseja usar a bateria ela esta descarregada, a opção 2 (carregador “inteligente”) é a mais indicada.

Muitas pessoas têm Jet Ski, por exemplo, e nunca sabem quando vão usar, pois dependem de um bom dia de sol. O carregador inteligente pode ser ligado diretamente na bateria do veículo, não necessitando que a bateria seja desconectada do veículo. Pois como o carregador inteligente monitora a carga, em caso de qualquer equipamento instalado no veículo, como por exemplo: alarmes, rastreadores, luz de cortesia, relógios etc, estiverem ligados, eles irão causar uma referencia no carregador inteligente que irá, dosar a carga na bateria e ao mesmo tempo manter uma carga para estes equipamentos não perderem a memória ou funcionamento.

## **1.2. Formulação do Problema de Engenharia**

Controlar os níveis de tensão e corrente de uma bateria com a finalidade de prolongar sua vida útil.

Controlar o ângulo de disparo dos SCR's para entrega de energia a bateria.

## **1.3. Formulação do Problema Comercial**

Através da melhora do sistema de carregamento da bateria é possível prolongar sua vida útil. Desta forma obtendo-se uma maior confiança nos equipamentos que dela dependam.

## **1.4. Estudos de mercado**

### **1.4.1. Identificação dos Interessados**



O público alvo deste produto abrange todos aqueles que necessitem utilizar baterias eventualmente, mas que quando solicitadas estejam em condições de uso adequado.

#### **1.4.2. Oportunidade de Negócios**

O mercado para este tipo de produto apresenta uma grande área, visto a grande versatilidade de uso deste como fonte de alimentação para baterias.

### **1.5. Definição do Escopo do Projeto**

#### **1.5.1. Objetivos Gerais**

O objetivo geral é implementar um conversor monofásico microcontrolado que monitora os níveis de tensão da bateria.

#### **1.5.2. Objetivos Específicos**

1 – Atuar no controle de fornecimento da tensão e corrente entregues (energia) para a bateria, desta maneira prolongando sua vida útil.

2 – Atuar no controle do ângulo de disparo dos SCR's.

#### **1.5.3. Metas**

Produzir um produto confiável de fácil acesso e utilização.

#### **1.5.4. Resultados Previstos**

Controle dos níveis de energia da bateria e o disparo do gatilho dos SCR's para fornecimento de energia para a bateria.

### **1.6. Universo das Soluções**

A utilização de um modelo mais simples de microcontrolador ou comparadores de tensão, e a utilização de um conversor analógico digital e portas de I/O externas, acarretaria ao circuito uma maior suscetibilidade a ruídos e eventuais problemas de mau contato, devido a um número maior de componentes.

## **1.7. Justificativa Técnica e Econômica para a Solução Escolhida**

A utilização de microcontrolador para este tipo de projeto o torna mais confiável e prático, devido ao grande número de recursos que podem ser utilizados. O baixo custo do hardware quando produzida em escala torna-o competitivo e de fácil aquisição.

### **1.7.1. Critérios**

A utilização de microcontrolador se deve a sua memória flash que possibilita ao projetista reescrever até 1000 vezes o programa de controle do sistema.

A utilização de SCR's deve-se a possibilidade de “regular” a potência entregue a bateria, através do ângulo de disparo.

### **1.7.2. Benchmark**

Baseando-se nos carregadores de primeira geração que praticamente são controlados manualmente, o projeto proposto apresenta melhoria de não necessitar um controle manual sendo microcontrolado.

No que diz respeito aos carregadores de segunda geração, este projeto apresenta a melhoria de não permitir que a bateria entre em estado de descarga profunda ou sobretensão, mesmo que a bateria possua carga acoplada.

## **1.8. Especificações Técnicas da Solução Escolhida**

A solução escolhida utiliza um Kit Didático desenvolvido e utilizada pelos professores da Escola Educação Profissional SENAI Ney Damasceno Ferreira, Gravataí – RS.

Este Kit apresenta grande quantidade de recursos quanto a hardware, e rotinas prontas para serem utilizadas.



## **1.9. Recursos**

### **1.9.1. Orçamento do Projeto**

Estima-se um valor de R\$ 400,00 para a construção do protótipo e testes. Para produção em escala este produto pode ser reduzido para um valor de R\$ 100,00.

### **1.9.2. Financiamento e cronograma orçamentário**

Para a primeira etapa do projeto (construção do protótipo e testes) existe uma verba de R\$ 1.000,00 patrocinados pela empresa APADUCA de Farroupilha – RS.

## **1.10. Índices de Qualidade**

Disparo do gatilho do SCR para carregamento da bateria, controle dos níveis de tensão mínima, máxima e flutuação.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Diodo de potência

Os diodos de potência são similares aos diodos de sinal de junção pn, o símbolo do diodo de potência pode ser visto na figura 1. Entretanto, os diodos de potência têm maiores capacidades de potência, tensão e corrente que os diodos comuns. A resposta em frequência (ou velocidade de chaveamento) é baixa se comparada à dos diodos de sinal.

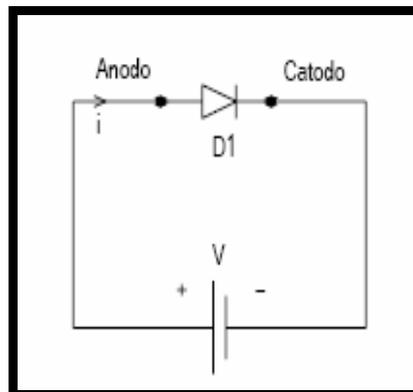


Figura 1 - símbolo do diodo

Da mesma forma que o diodo comum, quando o potencial do anodo é positivo em relação ao catodo, diz-se que o diodo está diretamente polarizado e conduz. Um diodo em condução tem uma queda de tensão no sentido direto relativamente pequena e sua amplitude depende do processo de fabricação e da temperatura da junção. Quando o potencial do catodo é positivo em relação ao anodo, o diodo está reversamente polarizado.

Sob estas condições uma pequena corrente da faixa de micro a miliampères flui e esta corrente de fuga aumenta lentamente em amplitude com a tensão reversa até que a tensão de avalanche, ou tensão Zener, é atingida.

### 2.2. Tiristor

Tiristor é o nome de uma família de componentes que possui um terminal extra (gatilho) cuja função é controlar o dispositivo, permitindo ou não a sua condução.

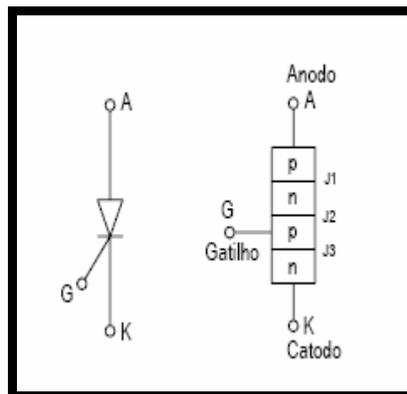
Alguns dos componentes pertencentes à família dos tiristores são:

- SCR – Diodo controlado de Silício;
- TRIAC – Triodo de Corrente Alternada;
- GTO – Gate-Turn-Off.

Ao contrário dos transistores bipolares e dos Fets, que podem funcionar como amplificadores lineares ou como chaves, os tiristores funcionam apenas como chave.

O SCR é um tiristor muito utilizado em equipamentos de controle industrial e é este o componente utilizado neste projeto.

O SCR é um dispositivo semicondutor de quatro camadas, de estrutura  $pnpn$ , com três junções  $pn$ . Ele tem três terminais: anodo, catodo e gatilho (gate). A figura 2 mostra o símbolo do SCR e uma vista da seção transversal das três junções  $pn$ .



**Figura 2 - Símbolo do tiristor e vista transversal das três junções**

**Fonte: Apostila da disciplina de Eletrônica de Potência edição preliminar 1.1 CEFET/SC**

Quando a tensão no anodo é positiva em relação ao catodo, as junções  $J_1$  e  $J_2$  estão polarizadas diretamente. A junção  $J_2$  está reversamente polarizada e apenas uma pequena corrente de fuga flui do anodo para o catodo. Diz-se então que o tiristor está na condição de bloqueio direto e a corrente de fuga é conhecida como corrente de estado desligado  $I_D$ .

Se a tensão anodo-catodo  $V_{AK}$  for aumentada a um valor suficientemente grande, a junção reversamente polarizada  $J_2$  romperá. Isto é conhecido como ruptura por avalanche e a tensão correspondente é chamada de tensão de ruptura direta. Como as junções  $J_1$  e  $J_3$  já estão diretamente polarizadas, haverá um movimento livre de portadores através de todas as três junções, resultando em uma

grande corrente de anodo no sentido direto. O dispositivo estará então no estado de condução, conforme mostra figura 3.

Uma vez que o tiristor conduz, ele se comporta como um diodo em condução e não há controle sobre o dispositivo. Ele continuará a conduzir porque não há camada de depleção devido ao movimento livre de portadores na junção  $J_2$ . Entretanto, se a corrente direta de anodo for reduzida abaixo de um nível conhecido como corrente de manutenção, uma região de depleção se desenvolverá em torno da junção  $J_2$ , devido ao reduzido número de portadores, o tiristor estará no estado de bloqueio.

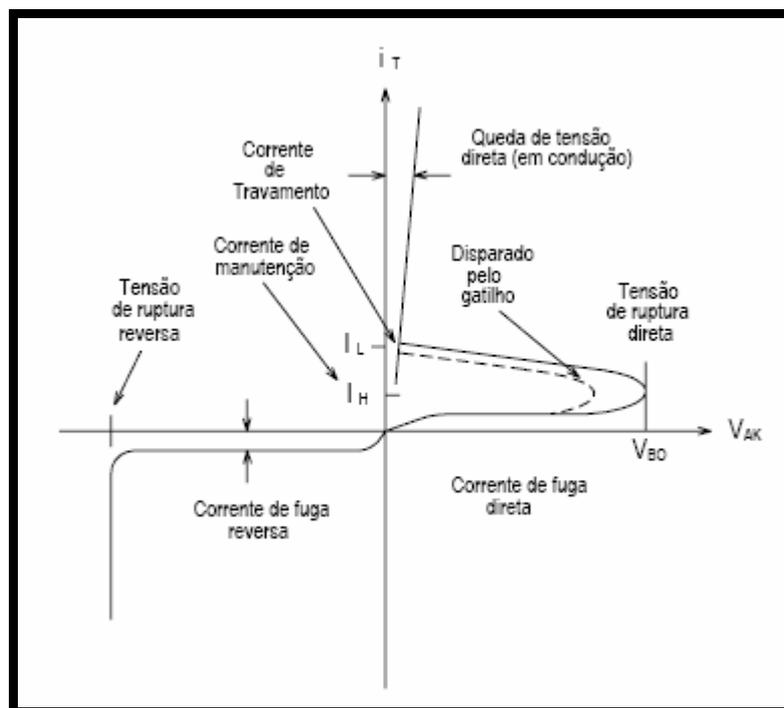


Figura 3 – Curva característica V – i

Fonte: Manual técnico de acumuladores elétricos - Embratel

Um tiristor pode ser ligado pelo aumento da tensão direta  $V_{AK}$  além de  $V_{BO}$ , mas essa forma de ligá-lo pode ser destrutiva. Na prática, a tensão direta é mantida abaixo de  $V_{BO}$  e o tiristor é ligado (disparado) pela aplicação de uma tensão positiva entre seus terminais de gatilho e catodo. Isto é mostrado na figura 3 pelas linhas pontilhadas. Uma vez que o tiristor seja disparado por um sinal no gatilho e sua corrente de anodo seja maior que a corrente de manutenção, o dispositivo continua a conduzir devido à realimentação positiva, mesmo que o sinal de gatilho seja removido. Um tiristor é um dispositivo de retenção ou de travamento.

## 2.3. Conversores

Para se obter tensão de saída controlada, é utilizada o controle de fase com tiristores em vez de diodos. A tensão de saída dos retificadores tiristorizados é controlada variando-se o ângulo de disparo ou de retardo dos tiristores.

Como estes retificadores convertem CA em CC, eles são também chamados conversores CA-CC e são muitos utilizados em aplicações industriais, especialmente em acionamento de velocidade variável.

Os conversores de fase controlada podem ser classificados em dois tipos, dependendo da alimentação de entrada:

- Conversores monofásicos;
- Conversores trifásicos.

Cada tipo pode ser subdividido em:

- Semicontrolado: é um conversor de um quadrante e tem polaridade da tensão e corrente de saída, conforme figura 4.
- Controlado ou totalmente controlado: é um conversor de dois quadrantes e a polaridade de sua tensão de saída pode ser positiva quanto negativa, figura 4. Entretanto, a corrente de saída do conversor controlado tem apenas uma polaridade.
- Conversor dual: pode operar nos quatro quadrantes, e ambas, tensão e corrente de saída, podem ser tanto positivas quanto negativas, conforme mostra a figura 4.

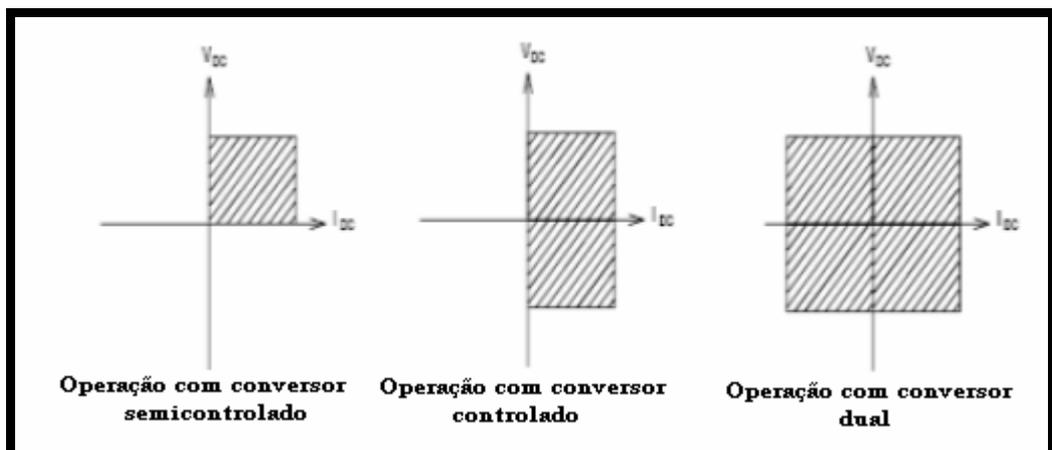


Figura 4 – Operação com conversores

## 2.4. Controle Geral - Microcontrolador

Com o objetivo de obter simplicidade no circuito de controle da carga e descarga das baterias optou-se pela utilização de um microprocessador, o que também repercutirá no tamanho do circuito montado, tornando-o menor do que se fosse todo montado de forma discreta.

Para uma programação inicial, ou implantação do controlador, o fato de ter memória flash, que pode ser apagada e reescrita por mais de 1000 vezes, torna o projeto mais flexível e barato minimizando o custo que acarretaria um erro no programa, pois caso o microcontrolador não tivesse memória apagável teria de ser descartado, além da possibilidade de ampliação ou atualização do sistema.

Inicialmente, optou-se por um modelo mais simples de microcontrolador PIC, da Empresa Microchip, e a utilização de um conversor analógico digital e portas de I/O externas. Porém, sabendo que um maior número de componentes acarreta ao circuito uma maior suscetibilidade a ruído e eventuais problemas de mau contato, optou-se pela utilização do PIC 16F877 de 8 bits e com quatro portas de I/O de 8 bits cada, bidirecionais e que podem ser configurados individualmente. Nestas portas existem entradas analógicas que facilitarão o trabalho eliminando, assim, os integrados de I/O e conversor analógico digital (figura 5).

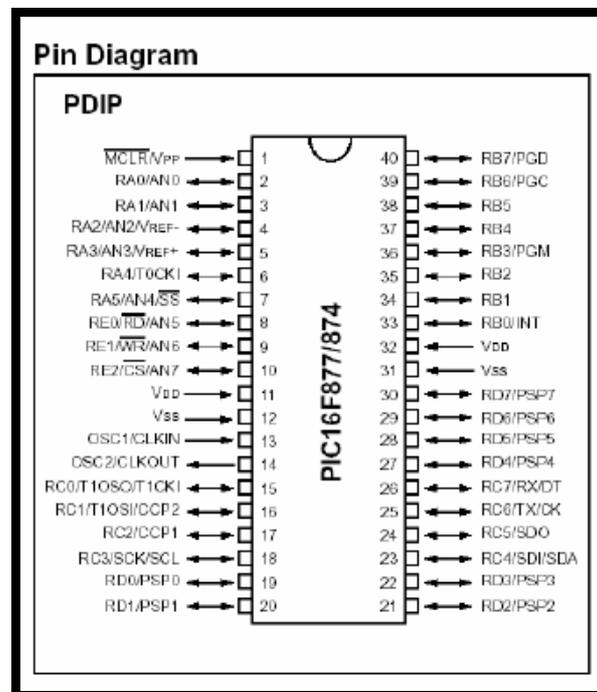


Figura 5 - Microcontrolador PIC 16F877, diagrama de pinos.

Fonte: [www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf](http://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf)



## 2.5. Acumuladores elétricos

A conversão de energia química em energia elétrica é uma modalidade de transformação energética de grande utilização para formação de fontes de energia. O dispositivo que efetua esta conversão é um gerador eletroquímico. Quando este processo de transformação é reversível, isto é, quando a energia química, consumida para produzir energia elétrica, é recuperada através do fornecimento de energia elétrica, o dispositivo que apresenta esta possibilidade é classificado como acumulador elétrico.

A energia transformada em energia elétrica é parte da energia liberada durante uma reação química. A outra parte é liberada sob forma de calor. Esta energia é resultante das forças de atração entre os átomos das moléculas das substâncias reagentes.

O gerador eletroquímico é formado por um eletrodo mergulhado em uma solução. Entre o eletrodo e a solução se estabelece uma diferença de potencial, denominada de potencial eletroquímico, causado pela diferença de cargas elétricas que se estabelece entre eles.

### 2.5.1. Definições

- Célula primária, também conhecida como pilha seca, é um conjunto de dois geradores eletroquímicos com uma solução comum, que geram eletricidade proveniente de reações químicas com a transformação das substâncias constitutivas de seus eletrodos. Uma vez consumidas as substâncias de seus eletrodos, a célula primária se torna inaproveitável. Isto é, as reações químicas são irreversíveis.

- Célula secundária ou acumulador elétrico é um conjunto de dois geradores eletroquímicos com uma solução comum, que recupera as substâncias originais dos seus eletrodos, que foram consumidos no fornecimento de energia elétrica, quando a ele se fornece, de volta, energia elétrica. Isto é, as reações químicas são reversíveis.

O acumulador elétrico é, portanto, uma célula reversível capaz de fornecer energia elétrica, liberada por reações químicas, a um circuito externo e acumulador de cargas elétricas, pelo processo das substâncias de seus eletrodos, causada por uma corrente elétrica aplicada entre eles.



- Descarga do acumulador elétrico é o processo pelo qual se fornece corrente ao circuito externo, quando este circuito é estabelecido entre os seus eletrodos. Isto é, o acumulador fornece energia.

A circuito aberto, a energia química é a única forma de energia presente no acumulador. A quantidade desta energia armazenada é função da sua estrutura interna e das substâncias que formam os eletrodos e o eletrólito. Esta energia é transformada em energia elétrica, quando se estabelece um circuito externo entre os eletrodos do acumulador. A quantidade de energia elétrica, que pode ser liberada para o circuito externo, depende da quantidade de cargas, possíveis de serem formadas, durante as reações químicas no processo de descarga do acumulador. Esta quantidade de cargas denomina-se Capacidade do Acumulador e é aquela armazenada, quando a ele foi fornecida energia elétrica, no processo de carga.

Seja  $Q$  Coulomb esta quantidade de cargas elétricas ou capacidade e seja  $V$  volt o potencial entre os terminais do acumulador. A energia elétrica armazenada será  $E = VQ$  joule. A carga é difícil de ser medida porém, sendo  $Q = IT$  onde  $I$  ampères é uma corrente que flui no tempo  $T$  segundos, teremos:  $E = VIT$ . Sendo corrente e tempo fatores de fácil medição, prefere-se definir a capacidade como  $C = IT$  cuja unidade é Ah (ampère-hora). Assim se um acumulador tem uma capacidade de 10 Ah significa que se pode obter uma corrente de 2A durante 5 h, permanecendo a tensão entre seus terminais no valor nominal. Naturalmente haverá um limite superior para a corrente, além do qual o acumulador é danificado. Assim a capacidade do acumulador pode ser consumida em períodos de tempos diferentes com valores de corrente diferentes. As limitações de corrente ocorrem na faixa de valores extremamente elevados (corrente de curto, por exemplo), que podem levar o acumulador a sofrer danos internos que afetem o seu desempenho.

- Carga do acumulador elétrico é o processo no qual há recuperação das substâncias dos seus eletrodos, causada por uma corrente elétrica adequada aplicada entre eles. Isto é, o acumulador consome energia.

Os processos de carga, normalmente usados, são estabelecidos pelo fabricante do acumulador e servem de orientação para os usuários.

Os três tipos de carga, normalmente recomendados pelos fabricantes, são:

- carga de flutuação;
- carga normal;
- carga especial.



- Carga de flutuação:

A carga de flutuação é o fornecimento de energia elétrica ao acumulador, que mantém seu estado de plena carga, compensando suas perdas internas por autodescarga. Nesta condição o acumulador absorve o mínimo de energia da fonte externa. A corrente necessária para compensar estas perdas é característica para cada tipo de acumulador, sendo fornecida pelo fabricante, geralmente sob forma de curvas. Estas curvas relacionam esta corrente em mA com a capacidade do acumulador e é dada em mA/Ah, para a tensão nominal. Esta tensão é denominada tensão de flutuação.

- Carga normal:

Este tipo de carga, algumas vezes denominada de carga de equalização, é a energia elétrica necessária para repor pequenas perdas do acumulador causadas por descargas intermitentes e de curta duração. A finalidade deste tipo de carga é reconduzir o acumulador às suas condições nominais de capacidade. Para esta carga o fabricante especifica o valor máximo de tensão da fonte externa. Nesta condição esta fonte funciona como um gerador de tensão. O tempo necessário para completar a carga do acumulador é função da corrente de carga e da condição de descarga alcançada pelo acumulador.

- Carga especial:

Este tipo de carga só é utilizado quando é necessária a recuperação total da capacidade do acumulador, quando este atinge a descarga completa, pelo fornecimento contínuo de energia durante um longo período.

Para se dar carga ao acumulador é necessário a obediência às recomendações do fabricante com relação a sua duração, intensidade de corrente e o valor de tensão necessária. Normalmente o fabricante fornece estes dados em forma de curvas.

As duas modalidades de carga preconizadas pelo fabricante são:

- carga com tensão constante;
- carga com corrente constante.

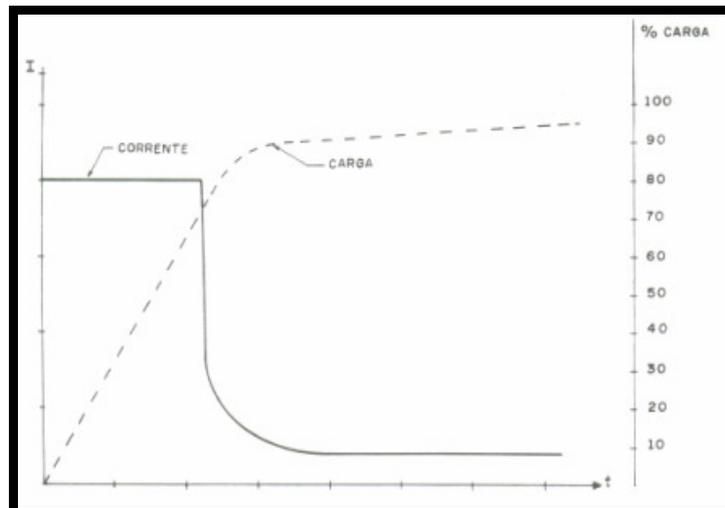
A modalidade de tensão constante se aplica nos casos de carga de flutuação e carga nominal. Para a carga especial qualquer das modalidades pode ser utilizada.

- Carga com tensão constante:

Nesta modalidade a fonte externa é um gerador de tensão constante, cujo valor é igual à tensão do acumulador, especificada pelo fabricante. As duas maneiras permitidas pelos fabricantes para se efetuar a carga do acumulador com tensão constante, são as seguintes:

- carga sem limitação de corrente;
- carga com limitação de corrente.

No primeiro caso, a fonte usada para efetuar a carga se comporta como uma fonte de tensão para qualquer corrente, enquanto no segundo caso ela se comporta como uma fonte de tensão limitada em corrente. As curvas da Figura 6 apresentam as duas etapas que ocorrem durante o processo de carga com limitação de corrente.



**Figura 6 – Característica de carga com tensão constante e corrente limitada**  
**Fonte: Manual técnico de acumuladores elétricos - Embratel**

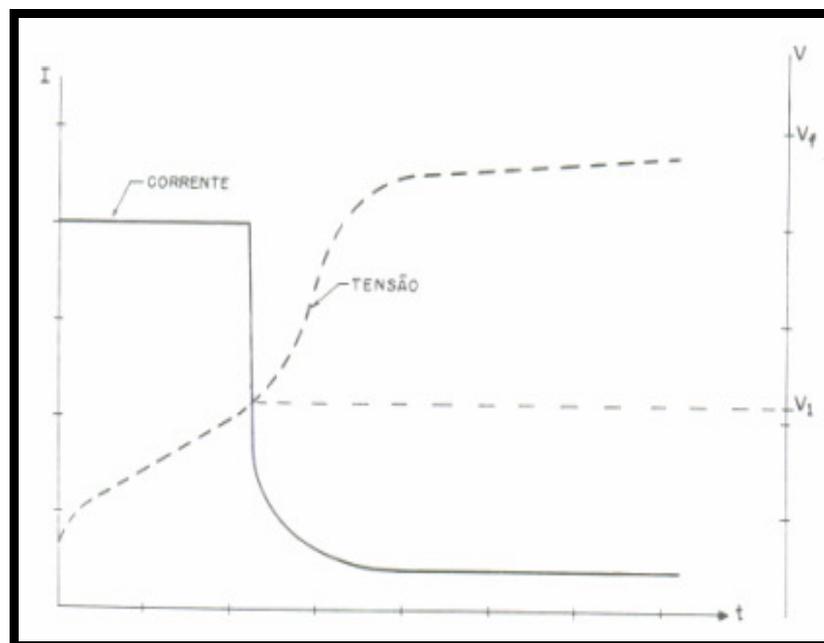
A primeira etapa da carga corresponde ao período onde a corrente se mantém no seu valor máximo. Na figura 6, a corrente (curva de linha cheia) tem seu valor máximo limitado por  $I$ . Durante este período o aumento de cargas no acumulador cresce rapidamente (curva tracejada).

Quando o acumulador atinge a condição de 70% da carga a corrente decresce rapidamente, passando a valores menores, estabilizando-se em um valor mínimo até o final da carga. Este período representa a segunda etapa do processo de carga com limitação de corrente. Nesta etapa, como mostra a figura, o aumento de carga no acumulador é feito lentamente até atingir o valor máximo no final da carga. No instante em que a corrente de carga sofre a transição do seu valor máximo para o valor mínimo há formação sensível de gases no eletrólito. Esta

gaseificação ocorre sempre em um valor bem definido de tensão durante a carga e é típico do acumulador.

- carga com corrente constante:

Nesta modalidade, a corrente é mantida constante enquanto a tensão do acumulador adquire valores crescentes até atingir um valor especificado. Nesta condição, a fonte externa funciona como um gerador de corrente. As recomendações do fabricante para este tipo de carga indicam valores diferentes de corrente de carga, um para início de carga e outro para final de carga. A figura 7 apresenta o comportamento do acumulador durante o processo de carga com corrente constante.



**Figura 7 – Característica da tensão com corrente constante.  
Fonte: Manual técnico de acumuladores elétricos - Embratel**

No processo de carga, por tensão constante ou por corrente constante, ocorre a formação de gases no interior do eletrólito. Este fenômeno é característico do processo e ocorre, para cada tipo de acumulador, sempre em valor de tensão bem definido.

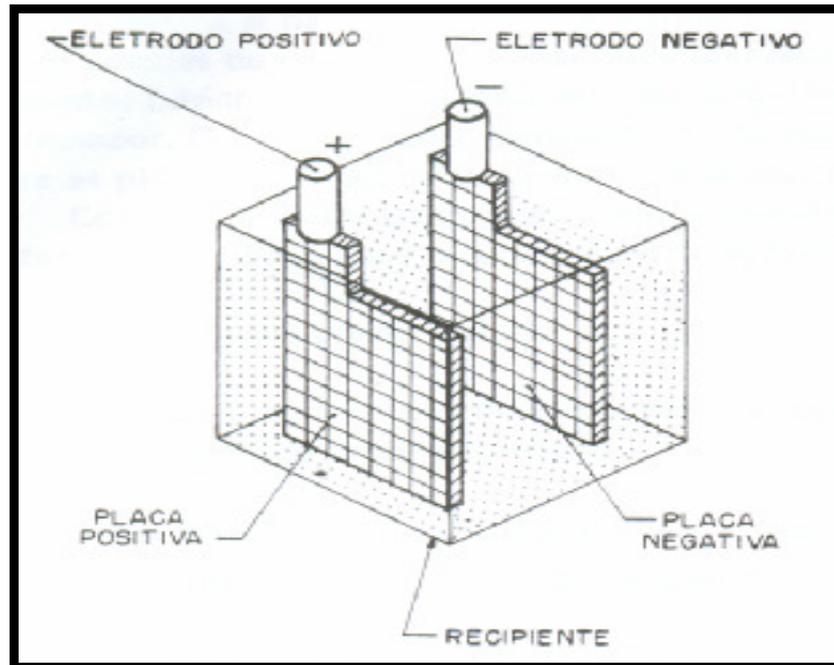
- tensão de gaseificação:

Durante o processo de carga, a tensão do acumulador aumenta gradativamente desde o valor da descarga até o final da carga. Ao alcançar um valor característico de tensão, ocorre um aumento substancial nos gases (oxigênio e hidrogênio) formados pela eletrolise da água do eletrólito. Este ponto caracteriza a tensão de gaseificação do acumulador. Na figura 7 este valor está identificado pela tensão  $V_1$ .

### 2.5.2. Estrutura Simplificada de um Acumulador

- Elemento básico

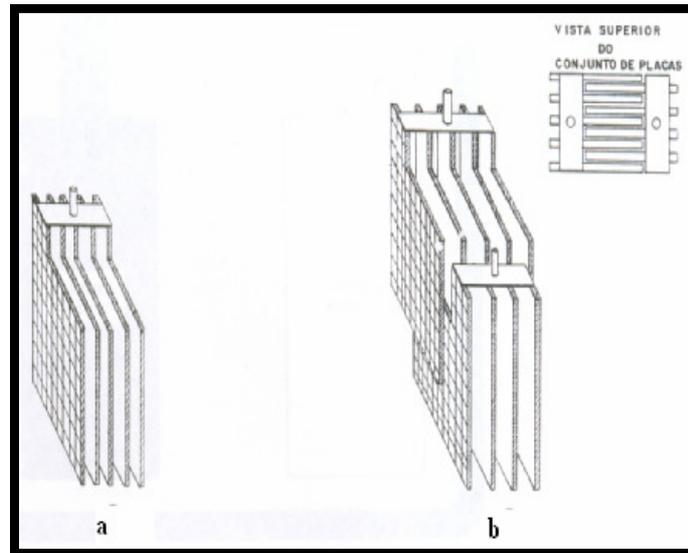
A célula secundária é a unidade elementar de um acumulador. Ela é formada por duas placas contendo substâncias reagentes diferentes, mergulhadas em uma solução aquosa, como mostra a figura 8.



**Figura 8 – Acumulador de um elemento.**  
**Fonte: Manual técnico de acumuladores elétricos - Embratel**

As placas são os eletrodos do acumulador entre as quais existe uma diferença de potencial (d.d.p.) cujo valor é função das substâncias reagentes e da solução aquosa ou eletrólito. As substâncias reagentes são suportadas, na placa através de uma estrutura de material condutor (normalmente em metal) e mantém contato direto com o eletrólito. A estrutura condutora das placas estabelece o contato elétrico do acumulador com o circuito externo. Este par de placas, em presença do mesmo meio aquoso, é denominado elemento básico, com características elétricas bem definidas. Assim a sua diferença de potencial e a quantidade de cargas elétricas que o elemento pode fornecer ao circuito externo são valores característicos do elemento. Sendo a quantidade de cargas elétricas, que o elemento pode fornecer, proporcional ao número de reações eletroquímicas entre as substâncias do eletrólito e das placas, e estas reações se processam nas superfícies das placas, a área de contato entre as placas e o eletrólito limita o fornecimento de corrente. Como as aplicações práticas exigem fornecimento de correntes elevadas,

os eletrodos do acumulador usual são estruturas formadas de varias placas em paralelo, conforme mostra o detalhe da figura 9.



**Figura 9 – Estrutura interna do acumulador**

**Fonte: Manual técnico de acumuladores elétricos - Embratel**

O detalhe *b* da figura 9 mostra a justaposição entre as placas de dois eletrodos, necessária para que as reações de oxidação em uma placa correspondam às reações de redução na outra. Isto é, vários elementos básicos são formados e com isto é conseguido o aumento de fornecimento de corrente pelo acumulador. Como se observa no detalhe *b* a formação de cada elemento exige um isolamento elétrico entre as placas. Com isto o aumento da área do contato entre o elemento e o eletrólito é conseguido. Como a diferença de potencial entre os eletrodos é função apenas das substâncias reagentes das placas e do eletrólito, ela é independente do número de placas de cada eletrodo do acumulador.

### **2.5.3. Capacidade**

A capacidade do acumulador é a quantidade de eletricidade que é capaz de fornecer, em regime de descarga, permanecendo a variação de sua força eletromotriz dentro dos limites especificados. Para cada tipo de acumulador a sua capacidade depende do regime de descarga, isto é, dependendo do valor da corrente da temperatura e da densidade do eletrólito, em função do grau de ionização. A capacidade se refere a um determinado tempo de descarga. Este parâmetro é fornecido pelo fabricante expresso em ampère-hora (Coulomb), indicando a corrente que o acumulador pode fornecer continuamente durante o número de horas estabelecido para a descarga.



A capacidade é fornecida pelo fabricante, sob forma de tabelas, com valores referidos a temperatura de 25°C e normalizados para cada regime de descarga. A indicação de capacidade do acumulador em Ah é denominada Capacidade Nominal, ou seja, é a máxima quantidade de carga que deve ser extraída do acumulador.

- Tempo de descarga:

O tempo de descarga representa o período dado pelo fabricante para o acumulador atingir a tensão final de descarga, em um determinado regime de débito de corrente. Assim, para uma mesma capacidade podemos ter mais de um tempo de descarga, dependendo da corrente de descarga.

- Tensão final de descarga:

A tensão final de descarga define o valor limite da força eletromotriz do acumulador, permitido durante o fornecimento de corrente ao circuito externo, que garante o processo de reversibilidade do acumulador. Teoricamente a tensão final do acumulador, em processo de descarga, é zero, porém o seu rendimento energético atinge o melhor índice quando a tensão entre os terminais do acumulador se encontra acima de zero, em valores especificados pelo fabricante.

Esta particularidade é exigida pelos fabricantes, devido às modificações estruturais que ocorrem nas substâncias dos eletrodos, impossibilitando a sua recomposição, durante o processo de eletrólise, quando a tensão é reduzida demasiadamente.

- Tensão nominal:

A tensão nominal do acumulador é a diferença de potencial entre os seus eletrodos, em circuito aberto, quando o seu eletrólito se apresenta com o menor valor de polarização. Este valor é característico de cada tipo de acumulador.

- Tensão final de carga:

A tensão final de carga representa o valor máximo de tensão alcançada nos terminais do elemento quando recebe energia CC, no processo de carga, para readquirir a sua capacidade total perdida por descarga. Esta tensão é típica para cada acumulador.

#### **2.5.4. Classificação dos Acumuladores**

A composição dos eletrodos permite a classificação dos seguintes tipos de acumuladores de uso comum:



- acumuladores de chumbo/ácido;
- acumuladores de níquel/cádmio;
- acumuladores de prata.

Os acumuladores de chumbo têm o seu eletrodo positivo formado por bióxido de chumbo e o eletrodo negativo formado por chumbo e utilizam eletrólito ácido.

Nos acumuladores de níquel se destacam dois tipos:

- acumuladores de níquel-cádmio, onde o eletrodo positivo é formado por hidróxido de níquel e o eletrodo negativo é formado por óxido de cádmio.
- acumuladores de níquel-ferro, onde o eletrodo positivo é formado por hidróxido de níquel e o eletrodo negativo é formado por óxido de ferro.

Nestes acumuladores se utiliza eletrólito alcalino.

Os acumuladores de prata se destacam em dois tipos:

- acumuladores de prata-zinco, onde o eletrodo positivo é formado por óxido de prata e eletrodo negativo é formado por zinco.
- acumuladores de prata-cádmio, onde o eletrodo positivo é formado por óxido de prata e o eletrodo negativo é formado por óxido de cádmio.

Também é utilizado eletrólito alcalino.

A tabela 2 resume valores característicos de tensões para os diversos tipos de acumuladores.

Tensões Características por Acumulador							
Tipo do Eletrólito	Eletrodos	Tensões em Volts					
		Vfa	Vca	Vda	V1	Vea	V2
Alcalino	Níquel-Cádmio	1,38 - 1,40	1,65	1,20	1,30	1,70	1,00
	Níquel-Ferro	1,50 - 1,55	1,65	1,20	1,40	1,70	1,00
	Prata-Zinco	1,96	2,0 - 2,1	1,75	1,80	2,0 - 2,1	1,00
Ácido	Bióxido de Chumbo- Chumbo	2,17 - 2,25	2,33 - 2,38	2,00	2,20	2,38	1,75
Vfa = tensão de flutuação		V1 = tensão a circuito aberto com carga plena					
Vca = tensão de carga normal		Vea = tensão de carga especial					
Vda = tensão nominal de descarga		V2 = tensão final de carga					

**TABELA 1- Tensões características por acumulador**  
Fonte: Manual técnico de acumuladores elétricos - Embratel

### **2.5.5. Uso e Aplicação dos Acumuladores**

O acumulador elétrico pode ser utilizado individualmente ou associado em série, dependendo da tensão e da quantidade de energia elétrica necessária para o consumidor. A associação em série de vários acumuladores é denominada de bateria de acumuladores ou simplesmente de bateria. Assim, uma bateria forma um dispositivo acumulador de energia elétrica, formado por unidades básicas que são os acumuladores.

Quando os acumuladores são associados em série obtém-se do conjunto uma tensão igual a  $n$  vezes a tensão do acumulador, sendo  $n$  o número de acumuladores associados. Desta forma podem-se formar baterias de tensões diferentes usando o mesmo tipo de acumulador, bastando para isso variar o número deles. Nesta condição a capacidade de fornecer corrente ao consumidor é limitada à capacidade de um acumulador. Para se conseguir um aumento na capacidade de fornecimento de corrente ao consumidor, usando o mesmo tipo de acumulador, a associação deve ser em paralelo. Nesta condição a tensão de associação é dada pela tensão de um acumulador, enquanto a corrente total da associação é  $n$  vezes a corrente fornecida por um acumulador.

Existem casos, porém, onde a tensão necessária de utilização é, por vezes, maior que a tensão nominal de um elemento, tornando-se mais prático a construção de um recipiente que possa abrigar mais de um elemento. Neste caso os



elementos são associados em série e reunidos em um único vaso, formando uma pequena bateria completa. É o caso, por exemplo, das baterias de automóveis. Neste tipo de bateria cada eletrodo pode ter a mesma estrutura do acumulador de um elemento, ou seja, pode ser constituído por associação de várias placas.

Quanto à natureza de sua função os acumuladores podem ser classificados nos seguintes tipos:

- acumuladores para partida; tais como níquel-cádmio, chumbo-ácido;
- acumuladores estacionários; tais como níquel-cádmio, chumbo-ácido;
- acumuladores para tração; tais como níquel-cádmio, níquel-ferro;
- acumuladores portáteis; tais como prata-cádmio, níquel-ferro.

Os acumuladores para partida encontram sua maior aplicação nos veículos automotores que utilizam motores de combustão interna. A sua característica principal é fornecimento de grande quantidade de corrente em intervalos de tempo pequeno (durante a partida do motor).

Os acumuladores estacionários formam as baterias de instalações fixas e são geralmente empregados como alimentação de emergência. A sua característica principal é fornecimento contínuo de energia durante um período prolongado.

Os acumuladores para tração são usados para fornecer energia aos veículos motores elétricos. A sua principal característica é fornecimento variado de energia em pequenos períodos de tempo. Eles são largamente empregados em pequenas máquinas operativas, tais como empilhadeiras.

Os acumuladores portáteis se caracterizam pelo tamanho reduzido e são atualmente de grande aplicação em aparelhos eletrônicos miniaturizados. A sua principal característica consiste na sua construção hermética, necessária para evitar o vazamento do eletrólito, o que acarretaria danos aos componentes eletrônicos do aparelho.

## **2.6. Optoacopladores**

### **2.6.1. Optoeletrônica**

A optoeletrônica combina elementos de tecnologia ótica e eletrônica. Os dispositivos optoeletrônicos que emitem ou detectam radiação ótica são

denominados componentes optoeletrônicos. Os circuitos optoeletrônicos têm aplicações nas mais diversas áreas, tais como telecomunicações, controle e sensoriamento.

### 2.6.2. LED

O LED diodo é um componente que apresenta uma junção PN, semelhante a um diodo, que emite luz visível ou radiação perto do infravermelho quando diretamente polarizado. LED de luz visível emitem em comprimentos de onda bastante definidos, tais como azul, amarelo, vermelho, laranja, verde, etc. Os LEDs são componentes cuja intensidade luminosa depende da corrente que circula pelos mesmos. Geralmente a corrente para a polarização de um LED deve ficar na faixa de 3 mA a 40 mA. (olhar datasheet do fabricante do componente).

### 2.6.3. Fototransistores

Todos os transistores são componentes que são sensíveis à luz. Os fototransistores são projetados para explorar essa propriedade de sensibilidade a luz dos transistores.

O princípio de funcionamento de um fototransistor é semelhante ao princípio básico de um transistor operando como chave.

Um transistor apresenta três terminais, como mostra a figura 10.a No entanto, um fototransistor pode apresentar apenas dois terminais (coletor e emissor). A base é que será sensível à luz. O símbolo de um fototransistor é semelhante ao de um transistor, sendo que a diferença são as setas apontando para a base, mostrando que a mesma é sensível à luz, conforme figura 10.b.

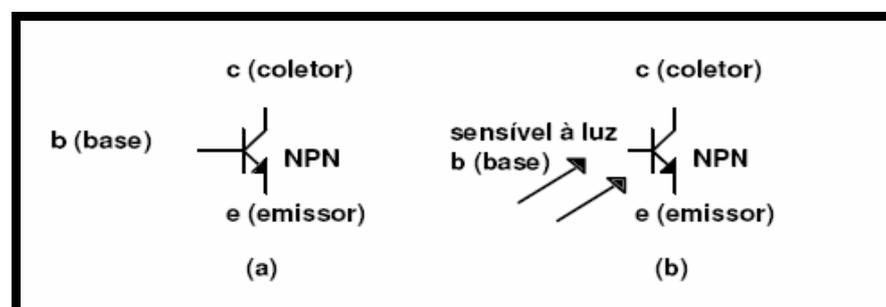


Figura 10: Símbolo do transistor bipolar e fototransistor

(a) Transistor Bipolar (b) Fototransistor

Fonte: <http://www.inep.ufsc.br/eletbas/aula05.pdf>

### 2.6.4. Optoacoplador

Também chamado de acoplador ótico ou optoisolador, é um componente formado basicamente por um LED e um fototransistor dentro de um CI com a função de transferir uma informação elétrica entre dois circuitos através de luz, ou seja, sem contato elétrico entre eles.

O princípio de funcionamento é bastante simples, aplica-se uma tensão nos pinos do LED, este acende e a luz polariza a base do fototransistor interno. Desta forma, o fototransistor conduz e faz a corrente circular por outro circuito isolado eletricamente.

O Optoacoplador é um componente eletrônico bastante utilizado em estruturas onde se deseja um isolamento total de sinal entre a entrada e a saída. Em diversas aplicações o terra da entrada não é o mesmo terra da saída. Dai a necessidade de uso de optoacopladores.

Um optoacoplador bem simples é mostrado na figura 11. Verifica-se a presença do diodo emissor de luz (pinos 1 e 2) e do fototransistor (pinos 4, 5 e 6). Assim, por exemplo, o circuito de entrada poderia ter o terra no pino 2 do circuito integrado e o circuito de saída teria o terra no pino 4, com isolamento total.

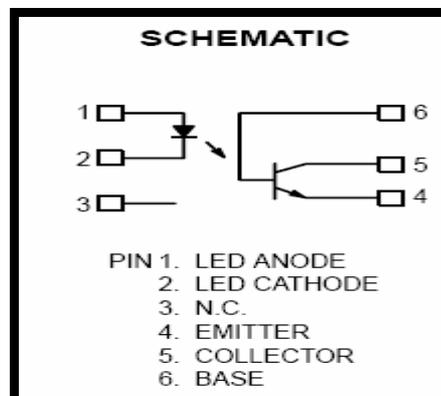


Figura 11: Esquemático do optoacoplador 4N25

Fonte: Datasheet Fairchild semiconductor

## 2.7. Sistemas de Controle

A Revolução Industrial trouxe consigo as invenções das máquinas de produção, como os teares industriais, tais máquinas assim como os moinhos de farinha exigiam certa constância da velocidade, evidenciando uma das desvantagens da energia eólica em relação à força animal e a roda d'água, que é o fato de sua ocorrência ser irregular e de intensidade variável. Para contornar a

variação de intensidade surgiram, ainda no século XVI, os primeiros sistemas de controle ou limitação de potência, sendo mencionados o freio aplicado ao eixo das pás - existindo inclusive esquemas de Leonardo da Vinci de um freio de cintas aplicado à roda acionadora - e a inclinação do eixo das pás em relação ao horizonte. Tais aperfeiçoamentos permitiram integrar os moinhos de vento também a estas unidades produtivas, e até o século XVIII - século do surgimento da máquina a vapor - os moinhos de vento, juntamente com as rodas d'água, marcavam muitas paisagens.

Um sistema de controle é um dispositivo ou um grupo de dispositivos que gerenciam o comportamento de um ou outros dispositivos, alguns dispositivos ou sistemas não são controláveis, é uma interconexão de componentes conectados ou relacionados, de tal maneira, a comandar, controlar ou ajustar a si mesmo ou outro sistema (figura 12).

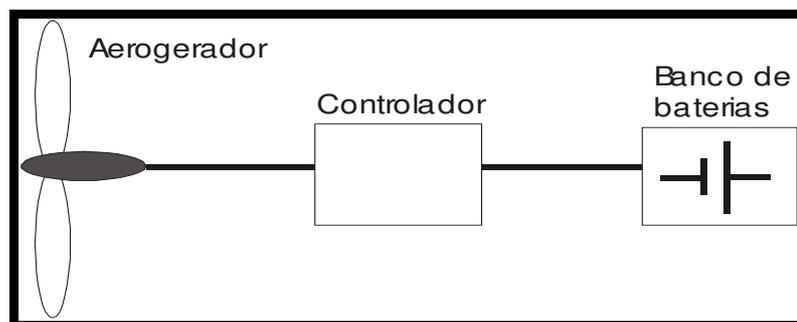


Figura 12 - Esquemática do sistema de controle

### **2.7.1. Tipos de Sistemas de Controle Mais Usados em Controles de Carga**

Os sistemas de controle de carga que protegem as baterias tem como princípio controlar o excesso de tensão, e serve como um regulador de carga de bateria flexível. O controlador analisa a tensão da bateria e determina se continua ou não carregando. Quando a tensão da bateria atinge seu ponto máximo de tensão, o controlador para a carga.

É importante lembrar que a eficiência da carga das baterias varia em temperaturas externas. Muitas vezes nessas condições são utilizados controladores externos com um sensor de compensação de temperatura para otimizar a razão da carga.

São três os tipos mais usados para o controle de carga: Derivação. Amplitude de Pulso Modulado (PWM) e Desvio de carga.

Os dois primeiros tipos carregam a bateria com a produção total da energia e reduzem a produção quando a bateria estiver em plena carga, já o tipo desvio de carga carrega as baterias e quando elas estão carregadas, desvia o excesso para uma resistência, permitindo utilizar a produção total mesmo com a bateria em plena carga. O uso mais comum para esse excesso de carga é ao aquecimento de água.

## **2.8. Amplificadores Operacionais**

### **2.8.1. Conceito**

O amplificador operacional (AOP) é um amplificador CC multiestágio, com entrada diferencial, cujas características se aproximam de um amplificador ideal.

### **2.8.2. Principais Características**

- Resistência de entrada infinita;
- Resistência de saída nula;
- Ganho de tensão infinito;
- Resposta de frequência infinita;
- Insensibilidade à temperatura.

### **2.8.3. Descrição de Funcionamento**

O AOP é um componente eletrônico compacto construído da junção de resistores, capacitores e transistores. Este componente em tempos passados era largamente utilizado para computar as operações matemáticas como soma, integrações. Por isso recebe o nome de Amplificador Operacional. De acordo com o avanço tecnológico o Operacional foi anexado ao nome devido a sua versatilidade em implementações antes complexas e nos mais variados projetos.

O AOP possui duas entradas e uma saída onde a função é apresentar na saída o múltiplo da diferença entre as duas entradas onde  $A$  é o ganho de tensão do Amplificador Operacional.

Sua representação gráfica é dada pela figura 13.

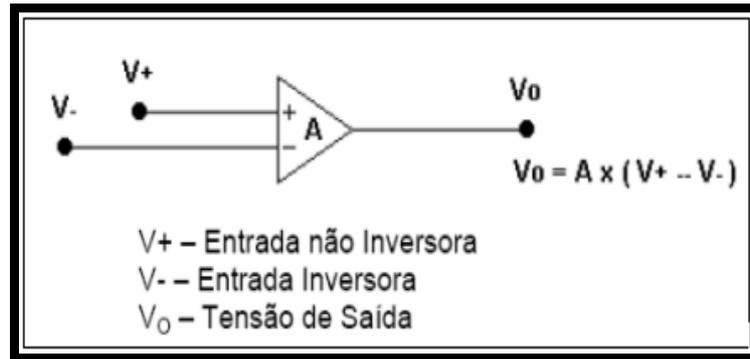


Figura 13: Representação gráfica do amplificador operacional

#### 2.8.4. Aplicações do Amplificador Operacional

Sua utilização está presente na maioria dos equipamentos de sistemas de controle industrial, instrumentação nuclear e petroquímica, equipamentos médicos, computadores, etc.

#### 2.8.5. Características do Amplificador Operacional Ideal

Um amplificador operacional ideal só amplifica a diferença dos sinais de entrada, nunca amplifica o sinal comum às duas entradas. Portanto podemos dizer que ele nunca satura. Não consome e nem fornece corrente através de suas entradas, conseqüentemente a impedância das entradas do amplificador operacional é infinita ( $R_i = \infty$ )

Deve possuir impedância de saída nula ( $R_o = 0$ ). Isto significa que a saída é uma fonte de tensão ideal independente da corrente drenada pela carga acoplada a saída. O ganho deve ser infinito ( $A = \infty$ ), ou seja para que a ampliação seja viável, inclusive para sinais de baixa amplitude o ganho de tensão é infinito.

O amplificador operacional ideal deve ter um ganho constante que independe do valor da frequência dos sinais de entrada, não deve introduzir defasagem ou mesmo atraso no circuito e o ganho é um número real e positivo. Deve apresentar insensibilidade a temperatura.

#### 2.8.6. Características do amplificador operacional real

##### Ganho de Tensão

O ganho de tensão é obtido através da relação entre a tensão de saída pela tensão de entrada.

### **Tensão de OFFSET**

Um amplificador operacional real tem a saída de um amplificador ideal nula, mas quando suas entradas estão em curto circuito. Nos amplificadores reais acontece um casamento de impedâncias imperfeito dos dispositivos de entrada normalmente diferencial a saída do AOP que pode ser diferente de zero quando ambas as entradas assumem potencial zero. Isso significa dizer que há uma tensão CC equivalente, na entrada chamada de tensão de OFFSET. Os valores desta tensão normalmente nos amplificadores comerciais estão situados na faixa de 1 a 100mV os componentes comerciais estão dotados de entradas para ajuste da tensão de OFFSET.

### **SLEW RATE**

Define-se SLEW RATE (SR) de um amplificador como sendo a máxima variação de tensão de saída por unidade de tempo. Normalmente o Slew Rate é dado em  $V/\mu s$ . Em termos gerais, podemos dizer que o valor de Slew Rate nos dá a “velocidade” de resposta do amplificador. Quanto maior o valor do Slew Rate, melhor será o amplificador.

Em termos técnicos costuma-se traduzir SLEW RATE por taxa de subida, taxa de resposta, taxa de giro, etc.

### **OVERSHOOT**

Existe uma outra característica citada nos manuais dos fabricantes denominada Overshoot, a qual costuma ser traduzida por “sobrepassagem” ou “sobredisparo”. O Overshoot é o valor, dado em porcentagem, que nos indica quanto o nível de tensão de saída foi ultrapassado durante a resposta transitória do circuito, ou seja, antes da saída atingir o estado permanente. Convém ressaltar que o OVERSHOOT é um fenômeno prejudicial, principalmente quando se trabalha com sinais de baixo nível.

#### **2.8.7. Alimentação do amplificador operacional**

A alimentação do amplificador operacional é feita de forma simétrica, podendo em alguns casos utilizar uma monoalimentação (figura 14).

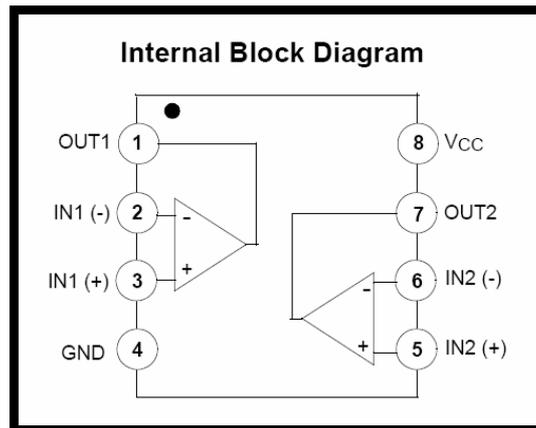


Figura 14: amplificador operacional LM 358 com monoalimentação

Fonte: [www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

### 2.8.8. Métodos de polarização do Amplificador Operacional

O amplificador operacional pode operação nos seguintes modos de polarização:

- Sem Realimentação;
- Realimentação Positiva;
- Realimentação Negativa;

#### Sem Realimentação

Este modo é conhecido como operação em malha aberta, por utilizar o ganho do operacional estipulado pelo fabricante, ou seja, não se tem o controle do mesmo. Este modo de operação é largamente empregado em circuitos comparadores.

#### Realimentação positiva

Este modelo de operação é denominado operação em malha fechada. Pois o ganho do operacional é obtido pelo projetista. Apresenta como desvantagem uma instabilidade ao circuito. Aplicado em circuitos osciladores.

#### Realimentação Negativa

É o mais importante e o mais utilizado em circuitos com amplificadores operacionais, a saída é reuplicada à entrada inversora do amplificador operacional através de um resistor de realimentação (RF). Existem várias aplicações para os amplificadores operacionais com realimentação negativa entre elas podemos destacar:

- Amplificador Inversor;
- Amplificador Não Inversor;
- Amplificador Somador;
- Amplificador Diferencial;
- Diferenciador;
- Integrador;
- Filtros Ativos, etc.

Este modo de operação como na realimentação positiva tem característica de malha fechada, ou seja, o ganho é determinado pelo resistor de entrada ( $R_1$ ) e resistor de realimentação ( $R_F$ ) e pode ser controlado pelo projetista.

Para uma melhor compreensão do projeto proposto neste trabalho, abordaremos apenas o amplificador operacional na configuração Amplificador Não Inversor com realimentação negativa.

### 2.8.9. Amplificador Não Inversor

Assim chamado porque não inverte o sinal de saída e permite controlar o ganho. Neste caso a tensão de entrada é aplicada à entrada não inversora do amplificador operacional.

A figura 15 mostra a configuração deste tipo de amplificador.

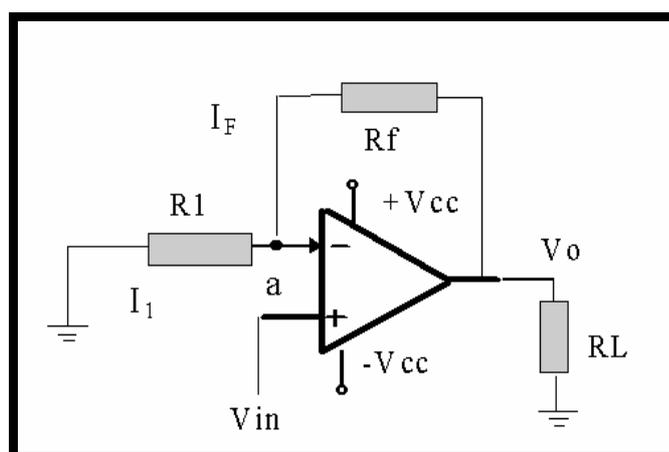


Figura 15: Amplificador operacional na configuração não inversora

A figura 16 mostra a expressão matemática utilizada para polarizar o amplificador operacional na configuração não inversora.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_f}{R_1} + 1$$

**Figura 16: Expressão matemática utilizada na configuração não inversora**

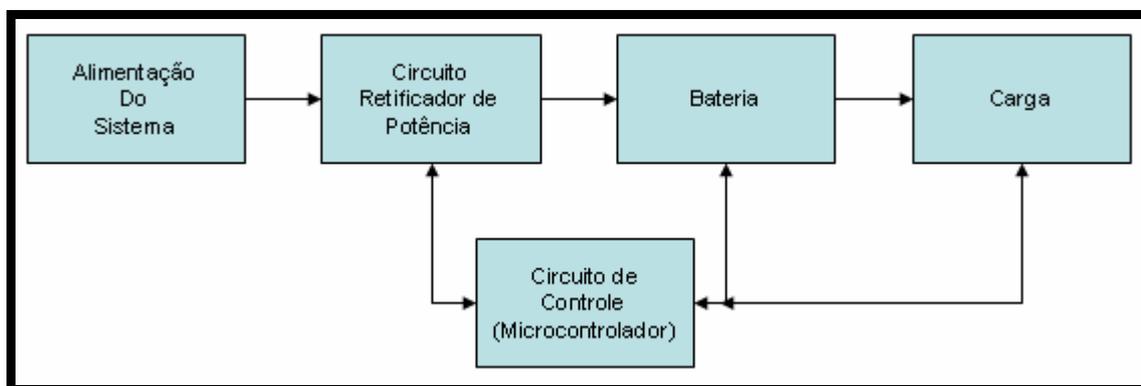
### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Descrição Geral do Sistema

Um transformador alimenta um circuito retificador de potência que é gerenciado por um circuito de controle (microcontrolador). A **Figura 17** mostra o diagrama em blocos do sistema

O circuito de controle através do microcontrolador tem a função de controlar o ângulo de disparo dos SCR's, através do monitoramento dos níveis de energia bateria. Este deverá monitorar os níveis de tensão da bateria (tensão mínima, máxima e flutuação) independentemente da bateria estar ou não com carga acoplada.

No caso de existir uma carga, que não necessite estar permanentemente ligada, esta poderá ser ligada através de um relé do circuito de controle. Caso contrário à carga pode ser acoplada diretamente na bateria.



**Figura 17: Diagrama em Blocos do Sistema**

#### 3.2. Hardware

O hardware do projeto pode ser dividido em três partes:

- Circuito de alimentação do sistema (Apêndice A);
- Circuito de potência (Apêndice A);
- Circuito de controle (Anexo A).

### 3.2.1. **Circuito de alimentação do sistema.**

O circuito de alimentação do sistema compreende toda a parte de fornecimento de energia elétrica para que os circuitos funcionem.

Utiliza-se de um transformador rebaixador com tomada central (Type Center) com as seguintes especificações mínimas: 220/110Vca – 18/0/18Vca-2A.

O valor de tensão no secundário de 18V deve-se ao fato de a bateria apresentar um valor máximo de tensão de 14V. Quanto ao valor da corrente por se tratar da alimentação de dois circuitos (circuito de retificação e circuito de controle). A Figura 1818 mostra o transformador utilizado para alimentação do sistema.

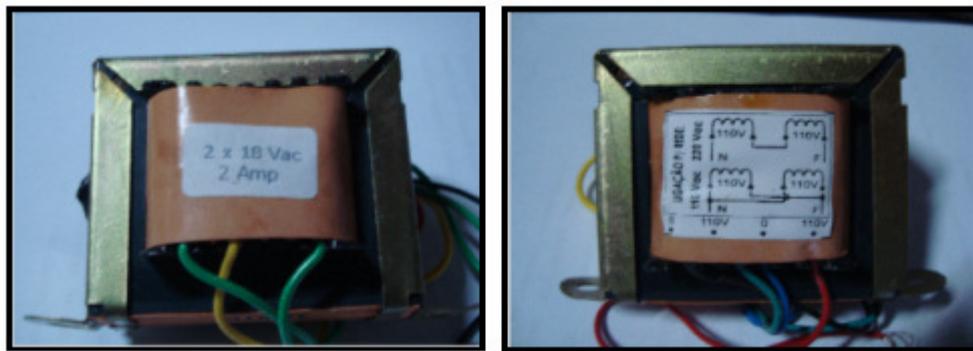


Figura 18: **Transformador utilizado para alimentação do sistema (Marca UNITEL)**

### 3.2.2. **Circuito de potência**

Neste circuito estão compreendidos os SCR's que são utilizados para entrega de energia a bateria.

Diodos de retificação 1N4007, apesar de utilizarmos um transformador de 2A estes diodos de no máximo 1A (D1 e D2) foram utilizados com a finalidade do detector de passagem por zero (circuito em paralelo com os SCR's) e um diodo (D3) com a finalidade de impedir retorno de corrente da bateria.

Optoacoplador utilizado para circuito detector de passagem por zero (zero crossing) que será explicado posteriormente no item 3.2.2.1. 'Circuito de zero crossing', amplificador operacional para ampliações dos sinais desejados (leitura dos A/D) também explicado no item 3.2.2.2. 'Circuito amplificador de sinal', resistores utilizados para limitar valores de tensão e corrente necessários ao sistema e capacitores para filtragem, a figura 19 mostra o circuito de potência, e o diagrama elétrico completo (circuito de alimenta e potência) pode ser visualizado no apêndice A.

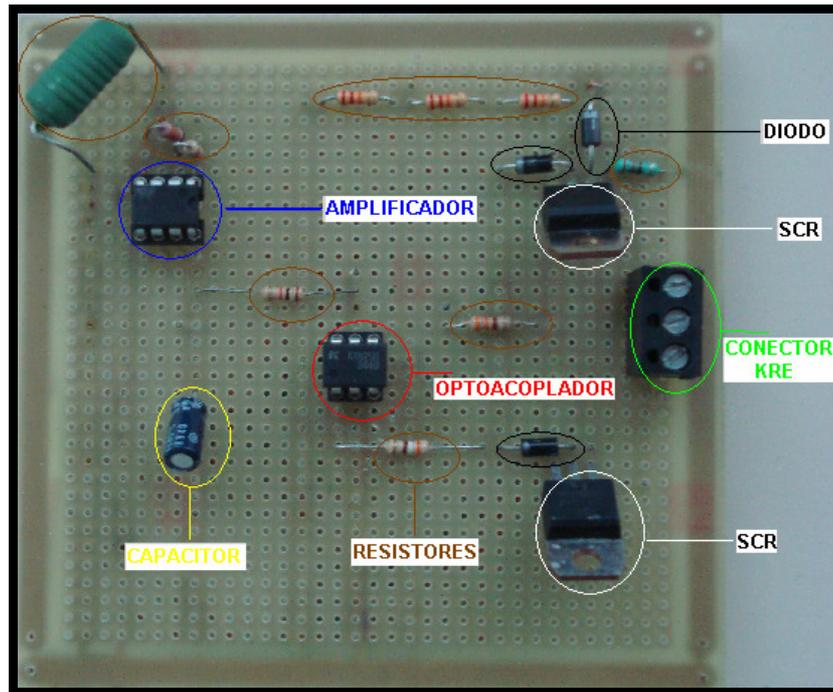


Figura 19: Circuito de Potência

### 3.2.2.1. Circuito de zero crossing

O circuito de zero crossing (CI 4N25) é utilizado para se detectar o momento exato em que o sinal da rede (sinal senoidal) cruza o eixo X (eixo do tempo).

Este sincronismo do sinal de zero crossing com o sinal da rede é necessário para se saber o momento exato em que o microcontrolador irá disparar o gatilho dos SCR's. Um retardo no tempo do disparo do gatilho do SCR's significa a entrega de uma menor potência ao sistema, ou um adiantamento no tempo do disparo dos SCR's significa a entrega de uma maior potência ao sistema, o sinal de sincronismo pode ser visualizado através da figuras 20 e 21.

O lead 5 deste CI esta conectado ao pino 17 (RC2/CCP1) do microcontrolador. O disparo do gatilho dos SCR's só ocorre conforme a função “interrupção CCP1 e zero crossing”, cujo fluxograma pode ser visto no apêndice F.

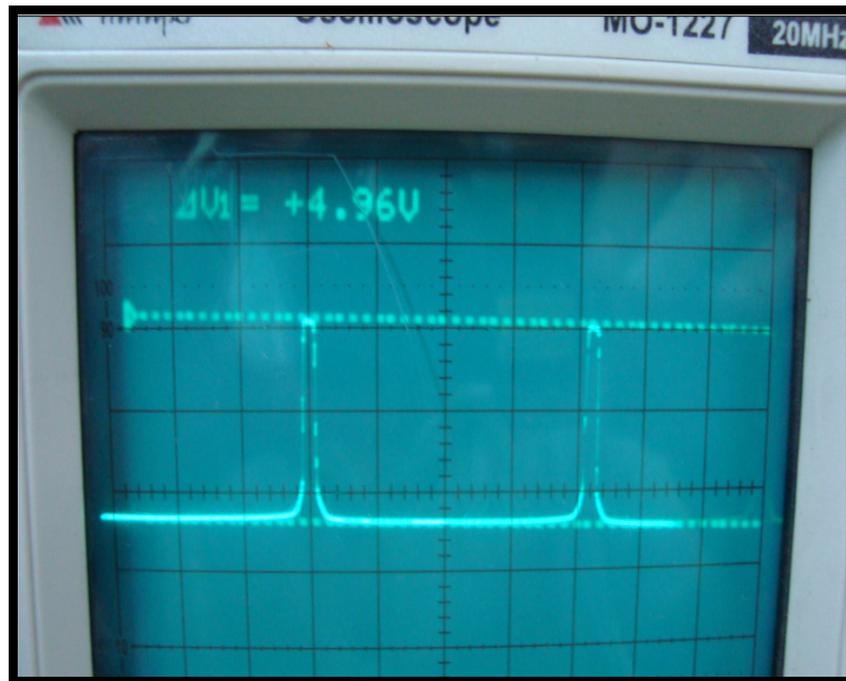


Figura 20: sinal de sincronismo



Figura 21: Sinal de sincronismo.

### 3.2.2.2. Circuito amplificador de sinal

Utilizou-se um amplificador operacional (CI LM358), para realizar a amplificação da “leitura da corrente” enviada para bateria, fornecendo um ganho de aproximadamente 4,6 vezes em relação ao sinal da entrada, o circuito de amplificação de sinal pode ser visualizado na figura 22.

A leitura da corrente que esta sendo enviada para a bateria é feita através de um resistor de precisão ( $1\Omega 5W-1\%$ ), colocado em série com o terminal negativo da bateria.

Na verdade o que se faz é ler o valor da diferença de potencial no resistor através do pino 2 do microcontrolador (AN0) e dividi-lo por seu valor de resistência, desta forma obtemos o valor da corrente (levando em conta a amplificação deste sinal). Esta conversão é feita através de software e pode ser vista no código fonte disponível no apêndice B.

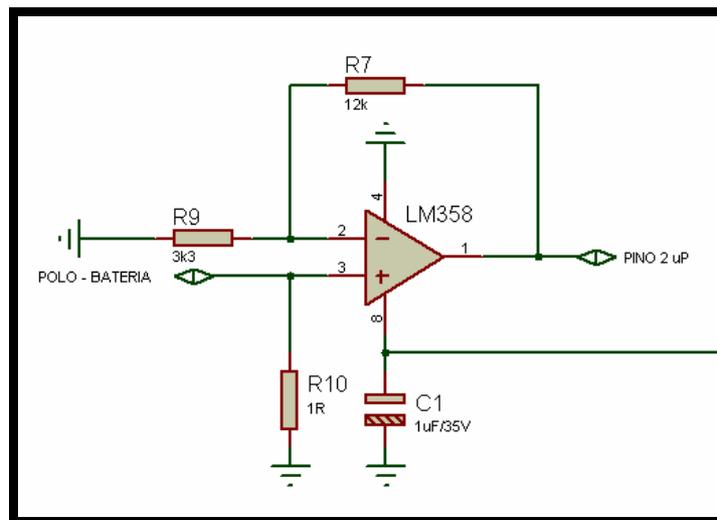


Figura 22: Circuito de amplificação do sinal da “leitura da corrente”

### 3.2.2.3. *Leitura da tensão*

Para se ler o valor da tensão na bateria utilizou-se um divisor de tensão, através de três resistores de  $22K\Omega$  cada.

Através da figura 23, podemos ver que o pino 3 do microcontrolador (AN1) está conectado entre os resistores R3 e R2. Desta forma o valor máximo que podemos obter entre o resistor R2 e o terra é de  $4,6V$ , visto que o valor máximo de fornecimento de tensão para a bateria é de  $14V$  (estabelecido no software escrito).

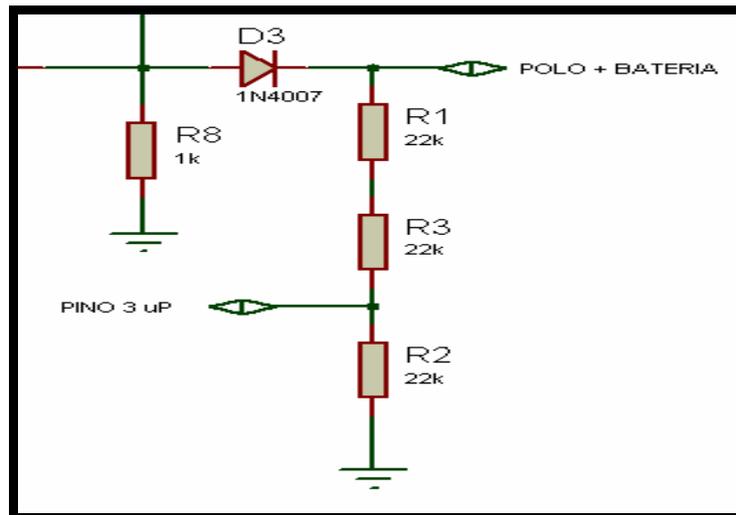


Figura 23: Circuito de leitura de tensão

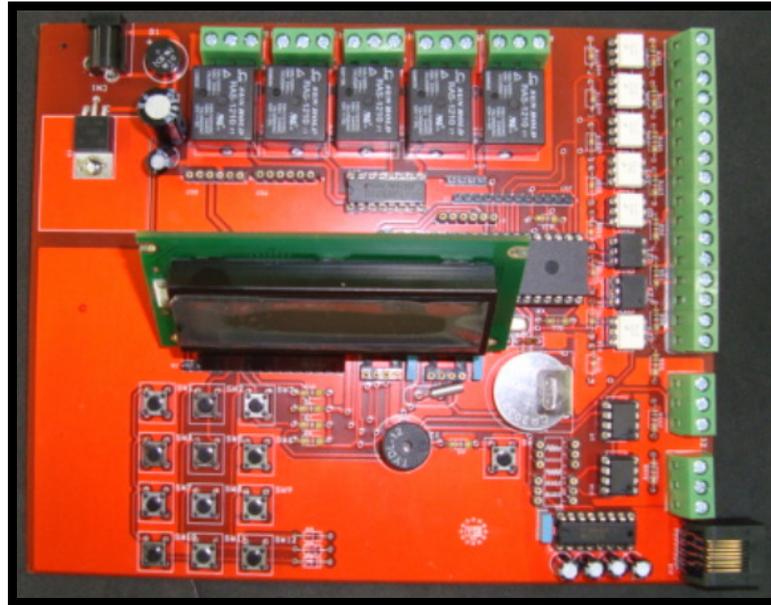
### 3.2.3. Circuito de Controle

O circuito de controle compreende toda a parte de gerenciamento do sistema. É neste circuito que será processada toda informação necessária para o funcionamento adequado do sistema, através da utilização de um microcontrolador.

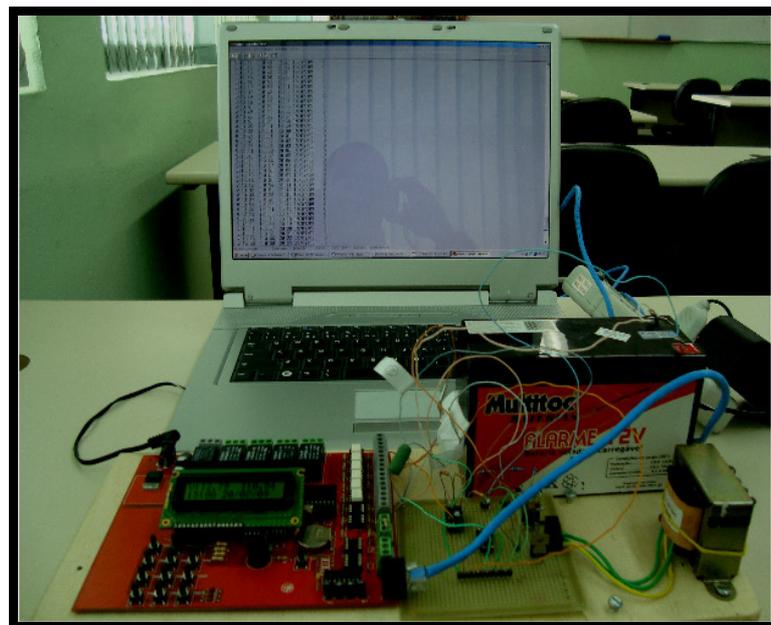
Neste circuito será feita a aquisição de dados necessários para o controle do sistema de monitoramento da bateria, amostragem de informações através de um display de LCD e envio de informações quando solicitado para o computador, através da porta serial RS-232.

Para a montagem deste circuito, utilizou-se um kit de microcontrolador desenvolvido e utilizado pelos professores da Escola Educação Profissional SENAI Ney Damasceno Ferreira, Gravataí – RS, podendo ser visualizado na figura 24, o diagrama elétrico pode ser visualizado no anexo A.

O circuito completo de todo o sistema pode ser visto na figura 25.



**Figura 24: Foto do kit de microcontrolador (circuito de controle)**



**Figura 25: Circuito completo de todo o sistema em funcionamento (terceira bateria sendo carregada e transferência de informações pela porta serial RS-232)**

### **3.3. Software**

#### **3.3.1. Linguagem de programação**

A linguagem de programação C foi utilizada para a elaboração do software, pois existem várias ferramentas de programação disponíveis gratuitamente para o microcontrolador utilizado no projeto, que é um modelo da família PIC da empresa



Microchip Inc. Também devido ao grande número de rotinas já existentes disponíveis gratuitamente.

### **3.3.2.      *Compilador***

O compilador utilizado foi o CCS disponível gratuitamente em versão demo na pagina [www.ccsinfo.com](http://www.ccsinfo.com).

### **3.3.3.      *Funcionamento***

#### **3.3.3.1.    *Fluxograma Geral***

O fluxograma de funcionamento do software é apresentado na figura 26.

## Função Main()

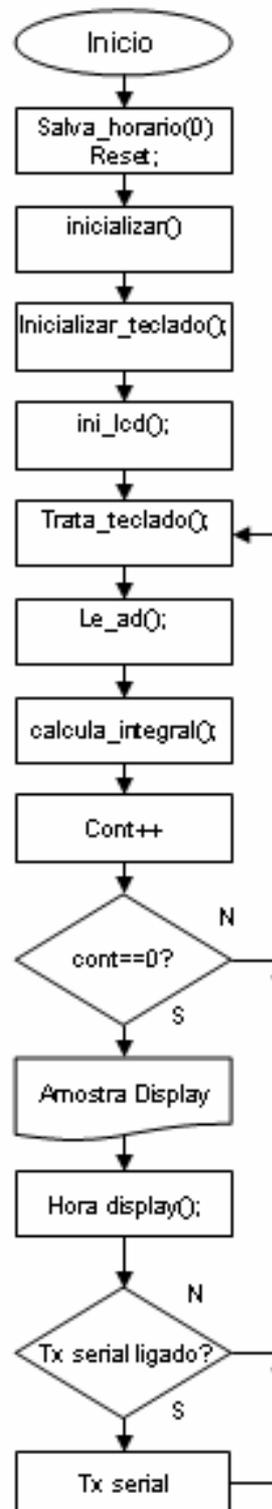


Figura 26: Fluxograma de funcionamento do software

### **3.3.3.2. Função principal (Main)**

O objetivo desta função é realizar a chamada da função inicialização do microcontrolador, periféricos tais como conversores A/D, timers e interrupções externas, o teclado e o display LCD, bem como também executar o laço principal do programa. Dentro do “laço” principal do programa encontramos as chamadas das seguintes funções:

- Leitura e tratamento do teclado matricial;
- Leitura dos canais analógicos que fazem a aquisição da tensão e corrente do sistema;
- Cálculo da integral da tensão e corrente do sistema;
- Atualização das informações no display de LCD (tensão, corrente e horário).
- Transmissão dos parâmetros do sistema através da porta de comunicação RS-232 para o computador

### **3.3.3.3. Função salva horário:**

Esta função realiza a escrita na EEPROM do microcontrolador. Utilizada para salvar o estado da carga, hora, minuto e o último endereço utilizado. Sua utilização é de suma importância visto que, se houver uma desenergização do sistema os dados são lidos novamente da EEPROM.

O fluxograma desta função pode ser visto no apêndice C.

### **3.3.3.4. Função inicializar:**

Esta função é utilizada para inicializar a configuração dos canais analógicos do microcontrolador como entradas, frequência de conversão do canal A/D e o pino de interrupção do zero crossing habilitando sua interrupção.

O fluxograma desta função pode ser visto no apêndice D.

### **3.3.3.5. Função inicializar\_teclado:**

Esta função realiza a chamada de leitura do teclado matricial, bem como o tratamento da resposta do teclado. O teclado é utilizado apenas para ligar ou desligar a transmissão dos parâmetros através da porta serial RS-232, utilizando as teclas #(sustenido) e \*(asterisco) do teclado matricial.



### **3.3.3.6. Função *le\_ad*:**

A função *le\_ad* realiza a leitura do conversor A/D do microcontrolador (leitura de corrente e tensão), armazenando-as dentro de um vetor de 32 posições utilizado pela função que integra esses valores e calcula sua média.

O fluxograma desta função pode ser visto no apêndice E.

### **3.3.3.7. Interrupção CCP1 e função *Zero\_crossing*:**

A cada passagem por zero da tensão e da corrente, ocorre o chamado da interrupção e, esta função realiza o cálculo do ângulo de disparo dos tiristores através de parâmetros estabelecidos na programação. Também executa o controle de nível de tensão de recarga da bateria.

O fluxograma desta função pode ser visto no apêndice F.

## 4. RESULTADOS

Para a comprovação do funcionamento do retificador utilizaram-se três baterias de marcas diferentes, conforme figura 27, cortesia do professor Luis Antônio Aranseguy.

As baterias utilizadas são do tipo usadas para sistemas de alarme residenciais.



Figura 27: Baterias utilizadas para os testes com o retificador

Características da primeira bateria:

- Marca UNIPOWER;
- UP1245 12V/4,5AH;
- Bateria de Chumbo-Ácida Selada Regulada por Válvula.

Características da segunda bateria:

- Marca HAZE POWER;
- HLLA 00033-12 12V/3,3AH;
- Bateria de Chumbo-Ácido Sulfúrico e Polipropileno.

Características da terceira bateria:

- Marca MULTITOC;
- 12V/7AH;
- Bateria de Chumbo-Ácido Sulfúrico Diluído e Plástico.

As figuras 28, 29 e 30 mostram as três baterias sendo carregadas, juntamente é possível comparar o valor de tensão mostrado no display do sistema e o valor mostrado pelo multímetro (Minipa modelo ET-1400).



**Figura 28: Primeira bateria sendo carregada**

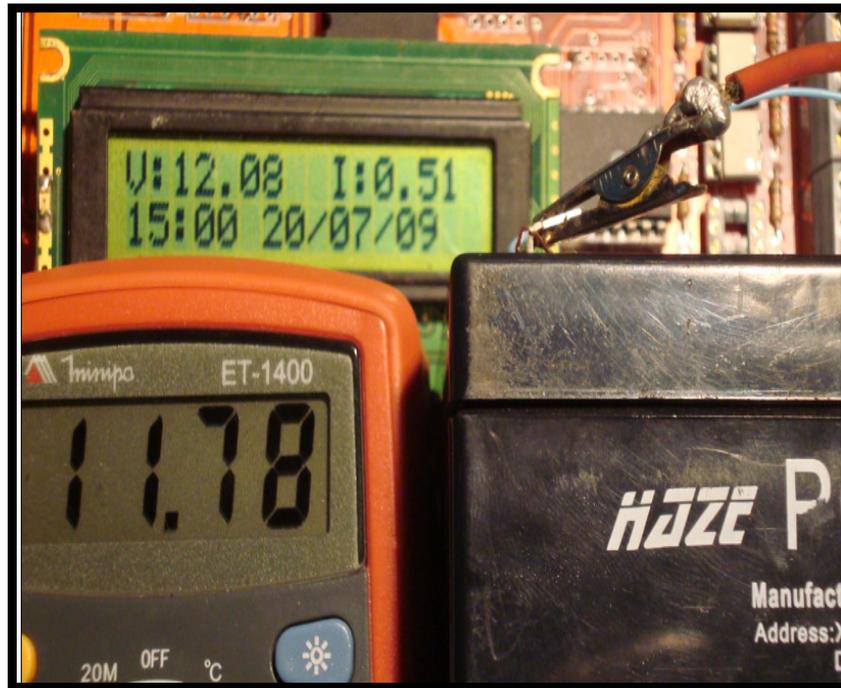


Figura 29: Segunda bateria sendo carregada

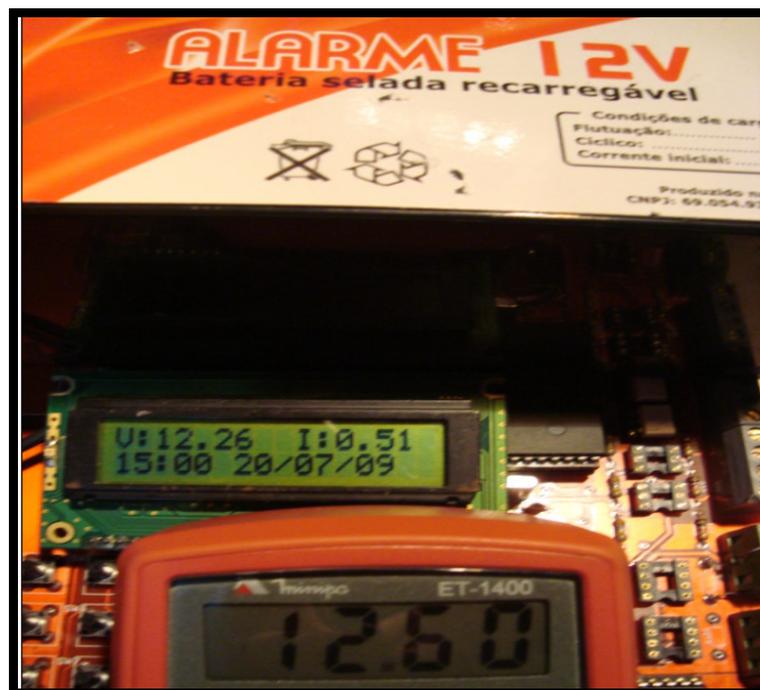
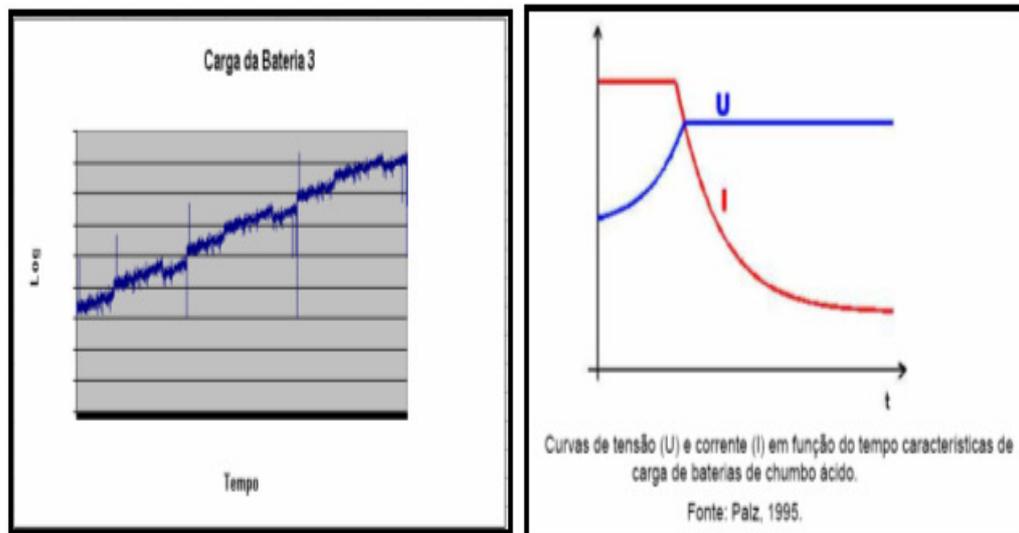


Figura 30: Terceira bateria sendo carregada

Para a terceira bateria realizou-se também um teste com 447 amostragens, num total de 8,5 horas, através do envio de informações do circuito de controle transmitidas pela porta serial RS-232 para o Hiper Terminal do Windows. Desta forma visualizando a cada minuto as condições de energia da bateria, este resultado pode ser visualizado no gráfico da figura 31, e comparado com ao lado

(gráfico padrão de carga de baterias para tensão e corrente). No apêndice H pode ser visto os valores transmitidos via porta serial RS-232 durante a carga da terceira bateria.



**Figura 31: gráfico dos dados obtidos durante carregamento da terceira bateria**

Para as duas primeiras baterias foram realizados testes de 3 horas cada com o objetivo de visualizar o ângulo de disparo dos SCR's conforme pode ser visualizado através da figuras 32 e 33.



**Figura 32: primeira bateria**

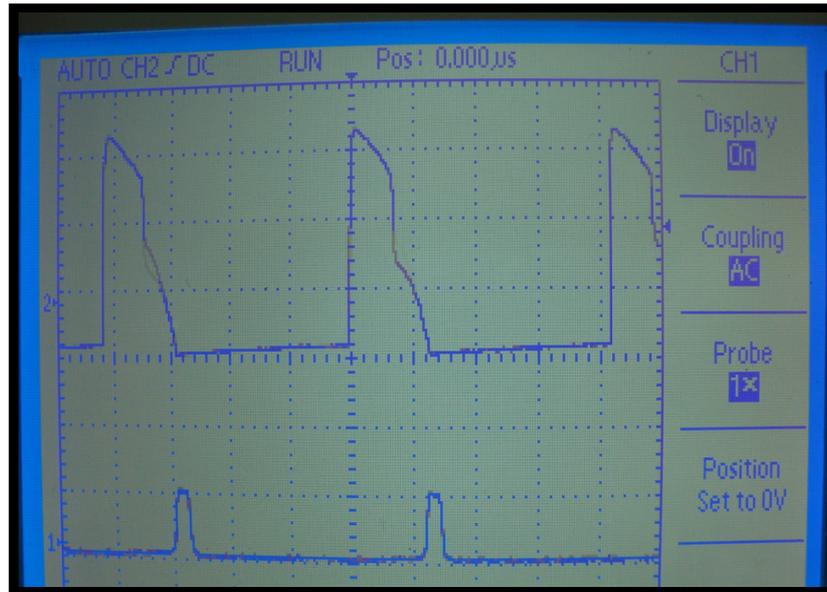


Figura 33: segunda bateria



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o sistema de amostragem via porta serial RS-232, que envia dados da condição da bateria a cada minuto do monitoramento, para uma amostragem mais fiel ao sistema, seria necessário criar uma rotina que enviasse os dados a cada 2 segundos no máximo. Isto devido ao fato de em um minuto numa frequência de 60 Hz termos 120 semiciclos (o SCR atua em cada semiciclos).

Mas considerando que esta parte do projeto não estava estabelecido como uma das metas propostas e sim como um meio auxiliar para monitoramento do estado de energia da bateria, ela pode ser relevada e melhorada futuramente.



## 6. CONCLUSÃO

Apesar de ser um protótipo o projeto implementado e não visar sua comercialização no estágio atual em que se encontra, utilização de kit microcontrolador e transformador de baixa potência, podemos observar que ele funciona de forma clara e eficiente atendendo as metas estabelecidas.

Para uma futura comercialização deste projeto seria necessária alguma alteração tanto em hardware como software para seu melhor desempenho.

Deixo dessa forma algumas sugestões para futuras alterações no projeto original.

- Implementação de modo de baixo consumo de energia para quando o carregamento não estiver ativo, circuitos de proteção para o sistema de controle;
- Ampliação do sistema monofásico para sistema trifásico de alta potência.



## REFERÊNCIAS

Pereira, Fábio – Microcontroladores PIC Programação em C - 7a. Ed. – São Paulo: Editora Érica Ltda., 2009.

Lander, Ciry W. – Eletrônica Industrial: teoria e aplicações - 2a. Ed. – São Paulo: Makron Books, 1997.

Boylestad, Robert, Nashelsky, Louis – Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos - 6a. Ed. – Rio de Janeiro: Prentice Hall, 1998.

Manual técnico de acumuladores elétricos – Embratel (André Luis Bianchi)

MICROCHIP, Data sheet microprocess. PIC16F877.URL:

<http://www.microchip.com/1010/pline/picmicro/category/embctrl/8kbytes/devices/16f877/index.htm>.

CANZIAN, Edmur. Comunicação Serial - RS232. 2002. Disponível em  
<[www.apostilando.com/download.php?cod%3D333%26categoria%3DOutras%2520Apostilas+%22Comunica%C3%A7%C3%A3o+Serial+-+RS232%22&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=1](http://www.apostilando.com/download.php?cod%3D333%26categoria%3DOutras%2520Apostilas+%22Comunica%C3%A7%C3%A3o+Serial+-+RS232%22&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=1)>.



## **OBRAS CONSULTADAS**

Bianchi, André Luis – Desenvolvimento de um Controlador para Acumuladores Eletroquímicos de Energia – Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do Título de Engenheiro Eletricista – ULBRA - Canoas, 2004.

Venturini, Rodrigo – Projeto de um Retificador Monofásico Microcontrolado com Alto Fator de Potência – Projeto de Graduação para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista – Universidade Federal do Espírito Santo - Vitória, 2007.



## **APÊNDICE A**

### **DIAGRAMA ELÉTRICO DO CIRCUITO DE POTÊNCIA**

### **E CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO**





## **APÊNDICE B**

## **CÓDIGO FONTE**

**CÓDIGO FONTE**

```
//***** INCLUDES *****
#include <16F877A.h>
#include <lcd.h>
#include <teclado.h>
#include <DS1307.h>
//***** DIRETIVAS DO COMPILADOR *****
#use delay(clock = 20000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
#Fuses HS
#Fuses NOWDT
#Fuses PUT
#Fuses NOPROTECT
#Fuses NOBROWNOUT
#Fuses LVP
//***** DEFINIÇÃO DAS CONSTANTES *****
#define potencia PIN_C5
#define rele1 PIN_B0
#define rele2 PIN_B1
#define rele3 PIN_B2
#define rele4 PIN_B3
#define rele5 PIN_B4
//***** PROTÓTIPOS DAS FUNÇÕES *****
void inicializa(void);
void le_ad(void);
void calcula_integral(void);
void salva_horario(unsigned char estado_);
void trata_teclado(void);
//***** VARIÁVEIS GLOBAIS *****
unsigned int16 integral_tensao1[32];
unsigned int16 integral_tensao2[32];
float tensao;
float corrente;
unsigned char amostra = 0;
unsigned char estado_carga = 1;
unsigned int16 atraso = 6000;
unsigned char tecla;
unsigned char envia_serial = 0;
unsigned char minuto_anterior = 60;
void main(void)
{
    unsigned char cont, minuto_atual;
    salva_horario(0);
    inicializa();
    inicializa_teclado();
    ini_lcd();
    printf("Placa Resetada \r\n");
```



```
while(true)
{
    trata_teclado();
    le_ad();
    calcula_integral();
    cont++;
    if(!cont){
        le_rtc(&str_relogio[0]);
        minuto_atual = str_relogio[1];
        sprintf(matrix_lcd,"V:%f I:%f ",tensao,corrente);
        if((minuto_atual!=minuto_anterior)&&(envia_serial)){
            printf("%s ",&matrix_lcd[0]);
        }
        escreve_mensagem_lcd(1, 1);
        sprintf(matrix_lcd," : / / ");
        converte_relogio(&str_relogio[2],&matrix_lcd[1]);
        converte_relogio(&str_relogio[1],&matrix_lcd[4]);
        converte_relogio(&str_relogio[4],&matrix_lcd[7]);
        converte_relogio(&str_relogio[5],&matrix_lcd[10]);
        converte_relogio(&str_relogio[6],&matrix_lcd[13]);
        if((minuto_atual!=minuto_anterior)&&(envia_serial)){
            printf("%s\r\n",&matrix_lcd[0]);
            minuto_anterior = minuto_atual;
        }
        escreve_mensagem_lcd(2, 1);
        cont = 0;
    }
    RESTART_WDT();
}

}

#int_ccp1
void zero_crossing(void)
{
    if(corrente<0.5){
        if(atraso>0)atraso--;
    }
    else if(corrente>0.55){
        if(atraso<8000)atraso++;
    }
    delay_us(atraso);
    if(estado_carga==1){
        if(tensao<14)output_high(potencia);
        else {
            output_high(rele1);
            salva_horario(estado_carga);
            estado_carga = 2;
        }
    }
}
```



```
        }
    }
    else {
        if(tensao<11){
            output_low(rele1);
            salva_horario(estado_carga);
            estado_carga = 1;
        }
    }
    delay_us(150);
    output_low(potencia);
}

void inicializa(void)
{
    SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_32);
    SETUP_ADC_ports(AN0_AN1_AN3);
    do {
        delay_ms(1);
        le_ad();
    }while(amostra);
    enable_interrupts(INT_CCP1);
    setup_ccp1(CCP_CAPTURE_RE);
    enable_interrupts(GLOBAL);
}

void le_ad(void)
{
    SET_ADC_CHANNEL(0);
    delay_ms(1);
    integral_tensao1[amostra] = read_adc();
    SET_ADC_CHANNEL(1);
    delay_ms(1);
    integral_tensao2[amostra] = read_adc();
    amostra++;
    if(amostra==32)amostra = 0;
}

void calcula_integral(void){
    unsigned char i;
    float integral1, integral2;

    integral1 = 0;
    integral2 = 0;
    for(i=0; i<32; i++){
        integral1 += integral_tensao1[i];
        integral2 += integral_tensao2[i];
    }
}
```



```
        }
        corrente = integral1/20000;
        tensao = integral2/2267;
    }
void salva_horario(unsigned char estado_)
{
    unsigned char endereco;
    le_rtc(&str_relogio[0]);
    endereco = read_eeprom(255);
    if(endereco==255)endereco = 0;
    write_eeprom(endereco,estado_);
    endereco++;
    write_eeprom(endereco,str_relogio[2]);
    endereco++;
    write_eeprom(endereco,str_relogio[1]);
    endereco++;
    write_eeprom(255,endereco);
}

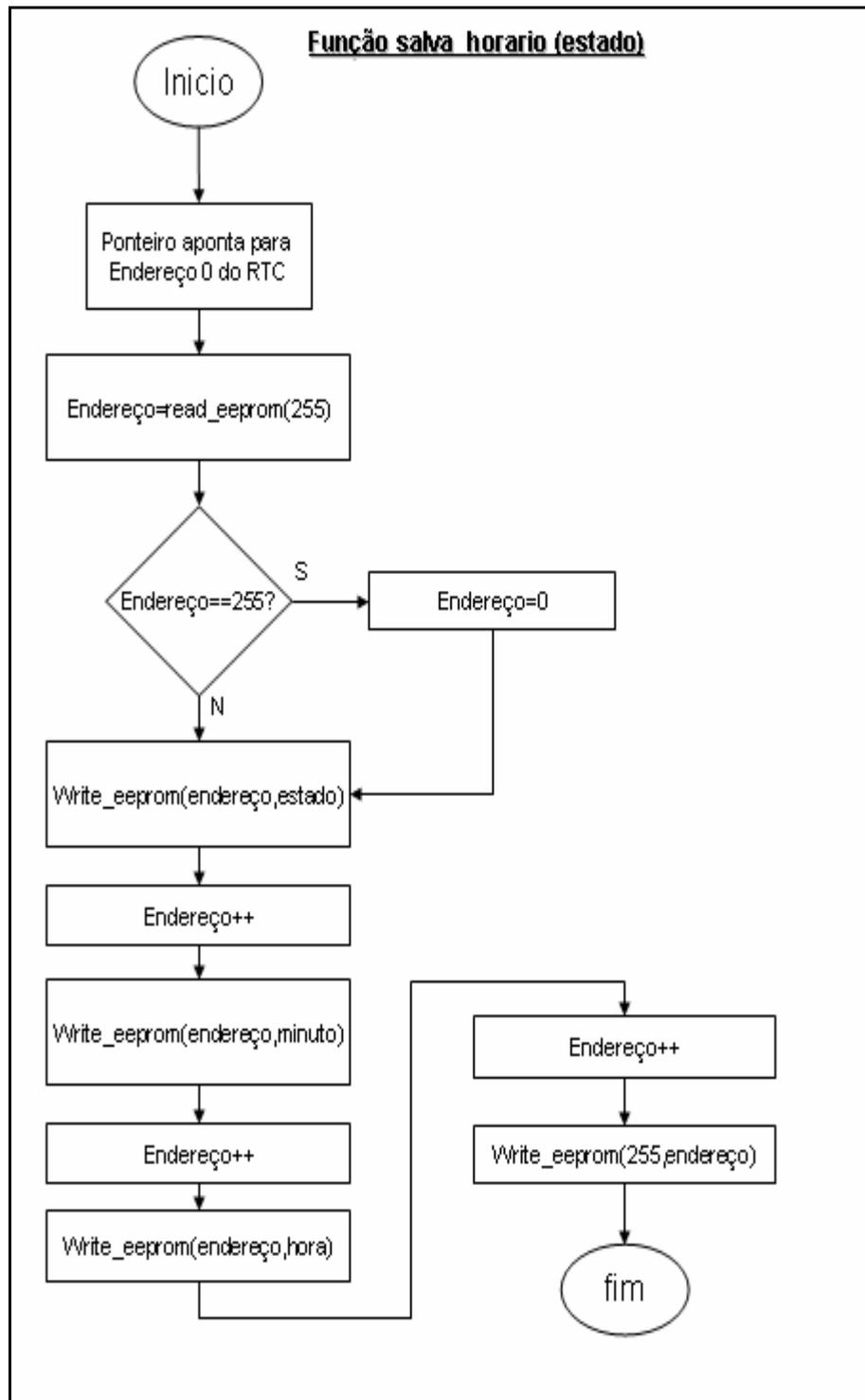
void trata_teclado(void){
    unsigned char tecla;

    tecla = varre_teclado();
    if(tecla){
        switch(tecla){
            case 11:
                {
                    envia_serial = 1;
                    break;
                }
            case 12:
                {
                    envia_serial = 0;
                    break;
                }
        }
    }
}
```



## **APÊNDICE C**

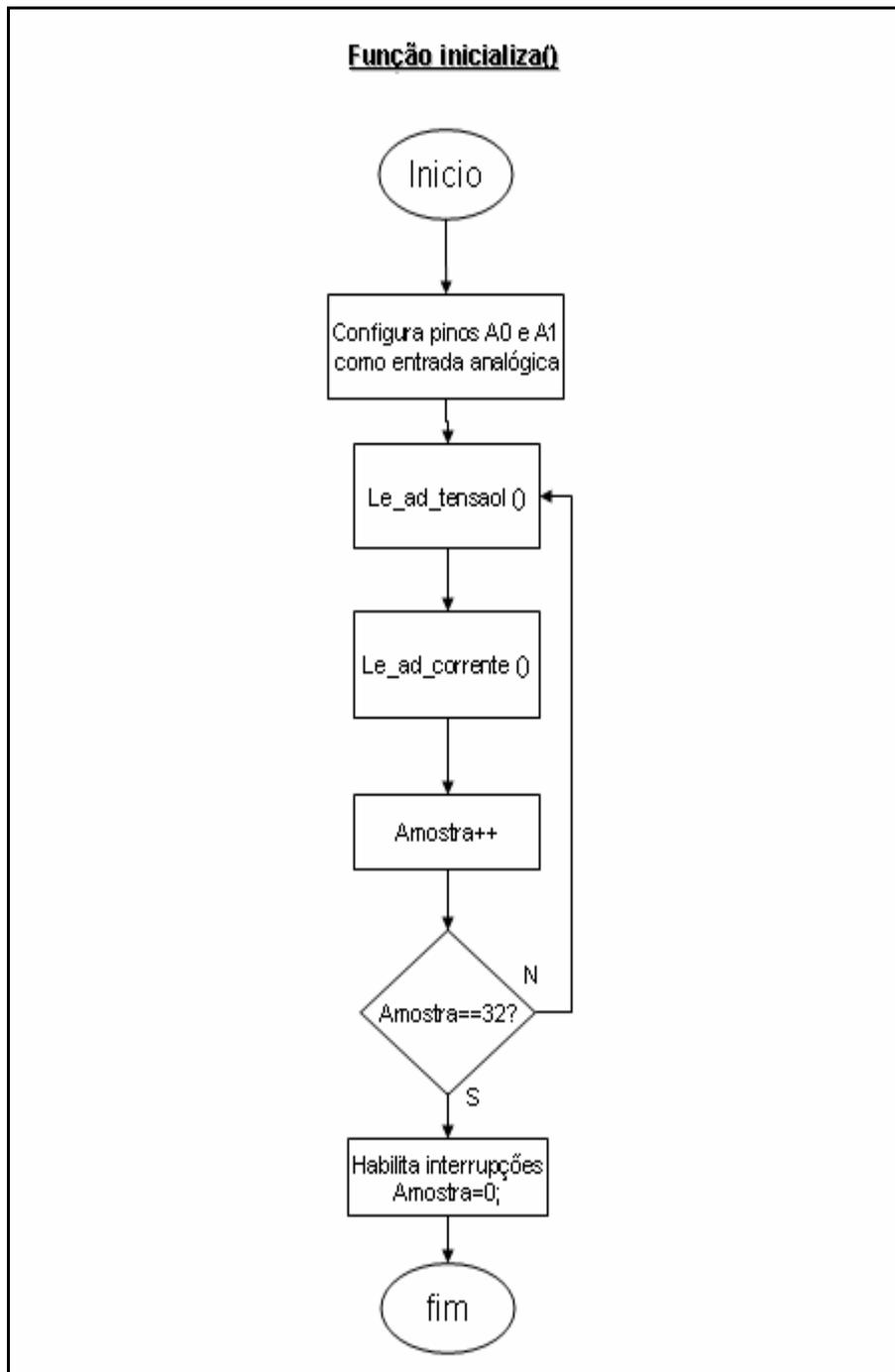
### **FUNÇÃO SALVA HORÁRIO**





## **APÊNDICE D**

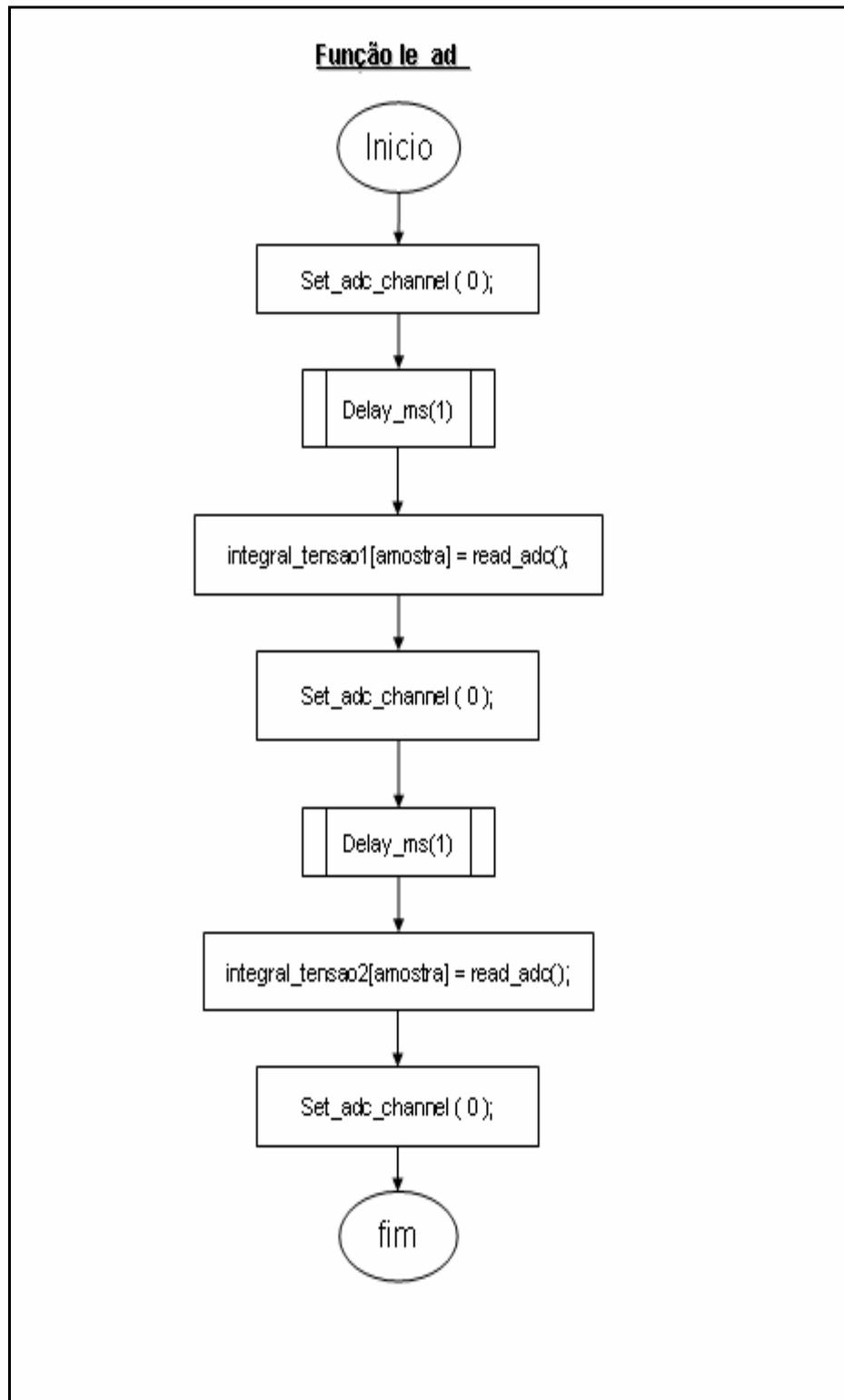
### **FUNÇÃO INICIALIZAR**





## **APÊNDICE E**

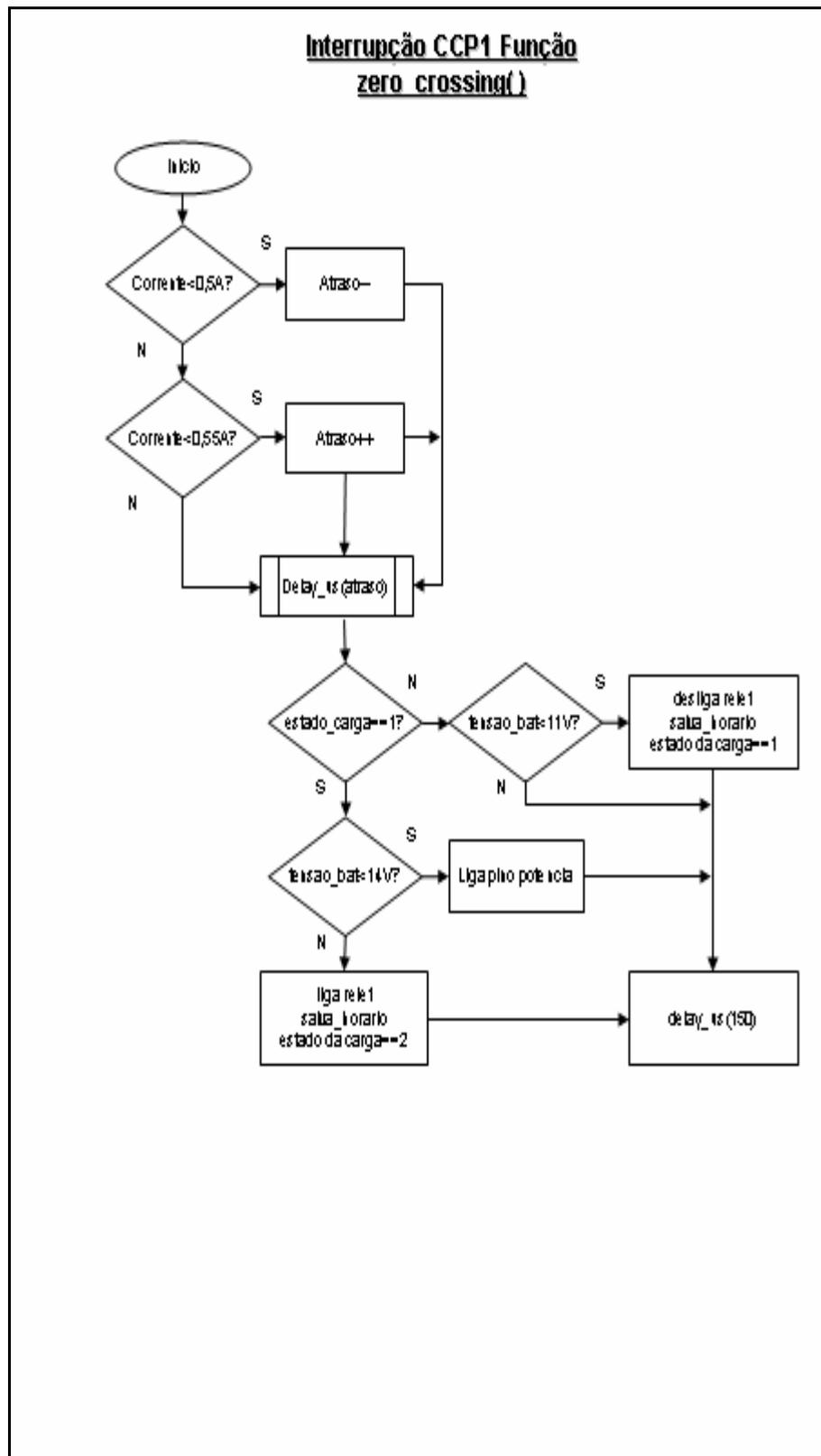
### **FUNÇÃO LE AD**





## **APÊNDICE F**

### **INTERRUPÇÃO CCP1 E FUNÇÃO ZERO CROSSING**





## **APÊNDICE G**

### **VALORES DE TRANSMISSÃO DA SERIAL RS-232**



	Tensão	Corrente	Horário	Data		Tensão	Corrente	Horário	Data
1	V:13.16	I:0.44	12:42	19/7/2009	51	V:13.28	I:0.53	13:41	19/7/2009
2	V:13.22	I:0.51	12:43	19/7/2009	52	V:13.20	I:0.54	13:42	19/7/2009
3	V:12.98	I:0.56	12:44	19/7/2009	53	V:13.17	I:0.58	13:43	19/7/2009
4	V:13.05	I:0.56	12:45	19/7/2009	54	V:13.23	I:0.47	13:44	19/7/2009
5	V:13.07	I:0.47	12:46	19/7/2009	55	V:13.05	I:0.53	13:45	19/7/2009
6	V:13.10	I:0.50	12:47	19/7/2009	56	V:13.17	I:0.50	13:46	19/7/2009
7	V:13.19	I:0.51	12:48	19/7/2009	57	V:13.16	I:0.48	13:47	19/7/2009
8	V:13.14	I:0.50	12:49	19/7/2009	58	V:13.11	I:0.55	13:48	19/7/2009
9	V:13.19	I:0.52	12:50	19/7/2009	59	V:13.12	I:0.56	13:49	19/7/2009
10	V:13.14	I:0.55	12:51	19/7/2009	60	V:13.18	I:0.50	13:50	19/7/2009
11	V:13.07	I:0.56	12:52	19/7/2009	61	V:13.06	I:0.53	13:51	19/7/2009
12	V:13.17	I:0.53	12:53	19/7/2009	62	V:13.12	I:0.51	13:52	19/7/2009
13	V:13.12	I:0.56	12:54	19/7/2009	63	V:13.21	I:0.48	13:53	19/7/2009
14	V:13.11	I:0.47	12:55	19/7/2009	64	V:13.18	I:0.50	13:54	19/7/2009
15	V:13.08	I:0.49	12:56	19/7/2009	65	V:13.21	I:0.51	13:55	19/7/2009
16	V:13.09	I:0.44	12:57	19/7/2009	66	V:13.20	I:0.61	13:56	19/7/2009
17	V:13.18	I:0.46	12:58	19/7/2009	67	V:13.06	I:0.50	13:57	19/7/2009
18	V:13.19	I:0.52	12:59	19/7/2009	68	V:13.11	I:0.56	13:58	19/7/2009
19	V:13.20	I:0.56	13:00	19/7/2009	69	V:13.20	I:0.51	13:59	19/7/2009
20	V:13.16	I:0.56	13:01	19/7/2009	70	V:13.15	I:0.52	14:00	19/7/2009
21	V:13.24	I:0.51	13:02	19/7/2009	71	V:13.08	I:0.56	14:01	19/7/2009
22	V:13.10	I:0.47	13:03	19/7/2009	72	V:13.13	I:0.49	14:02	19/7/2009
23	V:13.12	I:0.49	13:04	19/7/2009	73	V:13.12	I:0.53	14:03	19/7/2009
24	V:13.18	I:0.42	13:05	19/7/2009	74	V:13.20	I:0.50	14:04	19/7/2009
25	V:13.16	I:0.51	13:06	19/7/2009	75	V:13.27	I:0.60	14:05	19/7/2009
26	V:13.19	I:0.59	13:07	19/7/2009	76	V:13.22	I:0.47	14:06	19/7/2009
27	V:13.27	I:0.51	13:08	19/7/2009	77	V:13.15	I:0.49	14:07	19/7/2009
28	V:13.17	I:0.53	13:09	19/7/2009	78	V:13.14	I:0.46	14:08	19/7/2009
29	V:13.02	I:0.53	13:10	19/7/2009	79	V:13.27	I:0.48	14:09	19/7/2009
30	V:13.16	I:0.46	13:11	19/7/2009	80	V:13.22	I:0.44	14:10	19/7/2009
31	V:13.11	I:0.48	13:12	19/7/2009	81	V:13.02	I:0.90	14:11	19/7/2009
32	V:13.12	I:0.49	13:13	19/7/2009	82	V:13.20	I:0.52	14:12	19/7/2009
33	V:13.19	I:0.52	13:14	19/7/2009	83	V:13.21	I:0.60	14:13	19/7/2009
34	V:13.11	I:0.44	13:15	19/7/2009	84	V:13.29	I:0.47	14:14	19/7/2009
35	V:13.07	I:0.42	13:16	19/7/2009	85	V:13.28	I:0.55	14:15	19/7/2009
36	V:13.16	I:0.53	13:17	19/7/2009	86	V:13.23	I:0.46	14:16	19/7/2009
37	V:13.24	I:0.51	13:18	19/7/2009	87	V:13.24	I:0.49	14:17	19/7/2009
38	V:13.11	I:0.60	13:19	19/7/2009	88	V:13.15	I:0.54	14:18	19/7/2009
39	V:13.12	I:0.58	13:20	19/7/2009	89	V:13.11	I:0.56	14:19	19/7/2009
40	V:13.20	I:0.46	13:21	19/7/2009	90	V:13.32	I:0.50	14:20	19/7/2009
41	V:13.19	I:0.57	13:22	19/7/2009	91	V:13.20	I:0.55	14:21	19/7/2009
42	V:13.21	I:0.55	13:23	19/7/2009	92	V:13.11	I:0.54	14:22	19/7/2009
43	V:13.19	I:0.54	13:33	19/7/2009	93	V:13.23	I:0.56	14:23	19/7/2009
44	V:13.13	I:0.56	13:34	19/7/2009	94	V:13.11	I:0.27	14:24	19/7/2009
45	V:13.07	I:0.48	13:35	19/7/2009	95	V:13.13	I:0.53	14:25	19/7/2009
46	V:13.23	I:0.50	13:36	19/7/2009	96	V:13.10	I:0.57	14:26	19/7/2009
47	V:13.14	I:0.56	13:37	19/7/2009	97	V:13.08	I:0.46	14:27	19/7/2009
48	V:13.28	I:0.55	13:38	19/7/2009	98	V:13.32	I:0.62	14:28	19/7/2009
49	V:13.11	I:0.52	13:39	19/7/2009	99	V:13.15	I:0.49	14:29	19/7/2009
50	V:13.19	I:0.56	13:40	19/7/2009	100	V:13.35	I:0.49	14:30	19/7/2009



	Tensão	Corrente	Horário	Data		Tensão	Corrente	Horário	Data
101	V:13.24	I:0.48	14:31	19/7/2009	151	V:13.18	I:0.43	15:21	19/7/2009
102	V:13.20	I:0.54	14:32	19/7/2009	152	V:13.26	I:0.49	15:22	19/7/2009
103	V:13.17	I:0.62	14:33	19/7/2009	153	V:13.24	I:0.48	15:23	19/7/2009
104	V:13.11	I:0.45	14:34	19/7/2009	154	V:13.28	I:0.46	15:24	19/7/2009
105	V:13.19	I:0.52	14:35	19/7/2009	155	V:13.12	I:0.47	15:25	19/7/2009
106	V:13.16	I:0.51	14:36	19/7/2009	156	V:13.21	I:0.48	15:26	19/7/2009
107	V:13.19	I:0.54	14:37	19/7/2009	157	V:13.25	I:0.42	15:27	19/7/2009
108	V:13.21	I:0.56	14:38	19/7/2009	158	V:13.20	I:0.47	15:28	19/7/2009
109	V:13.23	I:0.53	14:39	19/7/2009	159	V:13.22	I:0.48	15:29	19/7/2009
110	V:13.26	I:0.50	14:40	19/7/2009	160	V:13.16	I:0.47	15:30	19/7/2009
111	V:13.18	I:0.46	14:41	19/7/2009	161	V:13.00	I:0.73	15:31	19/7/2009
112	V:13.31	I:0.57	14:42	19/7/2009	162	V:13.26	I:0.58	15:32	19/7/2009
113	V:13.24	I:0.52	14:43	19/7/2009	163	V:13.24	I:0.56	15:33	19/7/2009
114	V:13.16	I:0.61	14:44	19/7/2009	164	V:13.23	I:0.44	15:34	19/7/2009
115	V:13.16	I:0.46	14:45	19/7/2009	165	V:13.29	I:0.54	15:35	19/7/2009
116	V:13.11	I:0.46	14:46	19/7/2009	166	V:13.10	I:0.53	15:36	19/7/2009
117	V:13.21	I:0.54	14:47	19/7/2009	167	V:13.26	I:0.41	15:37	19/7/2009
118	V:13.14	I:0.54	14:48	19/7/2009	168	V:13.30	I:0.55	15:38	19/7/2009
119	V:13.19	I:0.54	14:49	19/7/2009	169	V:13.27	I:0.52	15:39	19/7/2009
120	V:13.18	I:0.48	14:50	19/7/2009	170	V:13.36	I:0.53	15:40	19/7/2009
121	V:13.14	I:0.39	14:51	19/7/2009	171	V:13.09	I:0.44	15:41	19/7/2009
122	V:13.23	I:0.47	14:52	19/7/2009	172	V:13.16	I:0.49	15:42	19/7/2009
123	V:13.36	I:0.55	14:53	19/7/2009	173	V:13.19	I:0.53	15:43	19/7/2009
124	V:13.26	I:0.30	14:54	19/7/2009	174	V:13.02	I:0.65	15:44	19/7/2009
125	V:13.28	I:0.57	14:55	19/7/2009	175	V:13.24	I:0.55	15:45	19/7/2009
126	V:13.24	I:0.49	14:56	19/7/2009	176	V:13.28	I:0.47	15:46	19/7/2009
127	V:13.27	I:0.57	14:57	19/7/2009	177	V:13.25	I:0.57	15:47	19/7/2009
128	V:13.25	I:0.38	14:58	19/7/2009	178	V:13.32	I:0.50	15:48	19/7/2009
129	V:13.26	I:0.51	14:59	19/7/2009	179	V:13.32	I:0.47	15:49	19/7/2009
130	V:13.18	I:0.64	15:00	19/7/2009	180	V:13.41	I:0.50	15:50	19/7/2009
131	V:13.24	I:0.59	15:01	19/7/2009	181	V:13.29	I:0.46	15:51	19/7/2009
132	V:13.19	I:0.52	15:02	19/7/2009	182	V:13.35	I:0.46	15:52	19/7/2009
133	V:13.29	I:0.46	15:03	19/7/2009	183	V:13.27	I:0.47	15:53	19/7/2009
134	V:13.11	I:0.70	15:04	19/7/2009	184	V:13.22	I:0.57	15:54	19/7/2009
135	V:13.25	I:0.53	15:05	19/7/2009	185	V:13.22	I:0.55	15:55	19/7/2009
136	V:13.27	I:0.48	15:06	19/7/2009	186	V:13.28	I:0.53	15:56	19/7/2009
137	V:13.31	I:0.55	15:07	19/7/2009	187	V:13.21	I:0.42	15:57	19/7/2009
138	V:13.29	I:0.55	15:08	19/7/2009	188	V:13.21	I:0.48	15:58	19/7/2009
139	V:13.27	I:0.60	15:09	19/7/2009	189	V:13.18	I:0.49	15:59	19/7/2009
140	V:13.25	I:0.53	15:10	19/7/2009	190	V:13.27	I:0.52	16:00	19/7/2009
141	V:13.17	I:0.45	15:11	19/7/2009	191	V:13.31	I:0.46	16:01	19/7/2009
142	V:13.23	I:0.42	15:12	19/7/2009	192	V:13.15	I:0.50	16:02	19/7/2009
143	V:13.21	I:0.50	15:13	19/7/2009	193	V:13.24	I:0.49	16:03	19/7/2009
144	V:13.26	I:0.49	15:14	19/7/2009	194	V:13.18	I:0.31	16:04	19/7/2009
145	V:13.22	I:0.51	15:15	19/7/2009	195	V:13.28	I:0.54	16:05	19/7/2009
146	V:13.24	I:0.54	15:16	19/7/2009	196	V:13.30	I:0.50	16:06	19/7/2009
147	V:13.17	I:0.44	15:17	19/7/2009	197	V:13.24	I:0.61	16:07	19/7/2009
148	V:13.19	I:0.52	15:18	19/7/2009	198	V:13.31	I:0.53	16:08	19/7/2009
149	V:13.16	I:0.49	15:19	19/7/2009	199	V:13.22	I:0.58	16:09	19/7/2009
150	V:13.28	I:0.51	15:20	19/7/2009	200	V:13.21	I:0.51	16:10	19/7/2009



	Tensão	Corrente	Horário	Data		Tensão	Corrente	Horário	Data
201	V:13.36	I:0.57	16:11	19/7/2009	251	V:13.25	I:0.55	17:11	19/7/2009
202	V:13.41	I:0.62	16:12	19/7/2009	252	V:13.30	I:0.54	17:12	19/7/2009
203	V:13.34	I:0.53	16:13	19/7/2009	253	V:13.29	I:0.56	17:13	19/7/2009
204	V:13.24	I:0.45	16:14	19/7/2009	254	V:13.26	I:0.48	17:14	19/7/2009
205	V:13.30	I:0.45	16:15	19/7/2009	255	V:13.26	I:0.50	17:15	19/7/2009
206	V:13.24	I:0.49	16:16	19/7/2009	256	V:13.38	I:0.54	17:16	19/7/2009
207	V:13.29	I:0.53	16:17	19/7/2009	257	V:13.39	I:0.60	17:17	19/7/2009
208	V:13.14	I:0.54	16:18	19/7/2009	258	V:13.25	I:0.46	17:18	19/7/2009
209	V:13.09	I:0.52	16:19	19/7/2009	259	V:13.27	I:0.50	17:19	19/7/2009
210	V:13.30	I:0.51	16:20	19/7/2009	260	V:13.28	I:0.57	17:20	19/7/2009
211	V:13.24	I:0.57	16:21	19/7/2009	261	V:13.22	I:0.45	17:21	19/7/2009
212	V:13.23	I:0.51	16:22	19/7/2009	262	V:13.30	I:0.50	17:22	19/7/2009
213	V:13.28	I:0.50	16:23	19/7/2009	263	V:13.28	I:0.53	17:23	19/7/2009
214	V:13.21	I:0.39	16:24	19/7/2009	264	V:13.30	I:0.48	17:24	19/7/2009
215	V:13.37	I:0.64	16:25	19/7/2009	265	V:13.33	I:0.66	17:25	19/7/2009
216	V:13.36	I:0.52	16:31	19/7/2009	266	V:13.35	I:0.52	17:26	19/7/2009
217	V:13.27	I:0.58	16:32	19/7/2009	267	V:13.41	I:0.51	17:27	19/7/2009
218	V:13.35	I:0.51	16:33	19/7/2009	268	V:13.26	I:0.55	17:28	19/7/2009
219	V:13.37	I:0.57	16:34	19/7/2009	269	V:13.32	I:0.46	17:29	19/7/2009
220	V:13.26	I:0.47	16:35	19/7/2009	270	V:13.30	I:0.59	17:30	19/7/2009
221	V:13.29	I:0.41	16:36	19/7/2009	271	V:13.23	I:0.47	17:31	19/7/2009
222	V:13.28	I:0.57	16:37	19/7/2009	272	V:13.31	I:0.49	17:32	19/7/2009
223	V:13.33	I:0.46	16:38	19/7/2009	273	V:13.32	I:0.54	17:33	19/7/2009
224	V:13.30	I:0.51	16:39	19/7/2009	274	V:13.30	I:0.52	17:34	19/7/2009
225	V:13.38	I:0.48	16:45	19/7/2009	275	V:13.31	I:0.50	17:35	19/7/2009
226	V:13.30	I:0.52	16:46	19/7/2009	276	V:13.24	I:0.52	17:36	19/7/2009
227	V:13.32	I:0.55	16:47	19/7/2009	277	V:13.28	I:0.49	17:37	19/7/2009
228	V:13.33	I:0.58	16:48	19/7/2009	278	V:13.20	I:0.51	17:38	19/7/2009
229	V:13.04	I:0.53	16:49	19/7/2009	279	V:13.26	I:0.58	17:39	19/7/2009
230	V:13.24	I:0.64	16:50	19/7/2009	280	V:13.35	I:0.52	17:40	19/7/2009
231	V:13.32	I:0.56	16:51	19/7/2009	281	V:13.29	I:0.55	17:41	19/7/2009
232	V:13.35	I:0.56	16:52	19/7/2009	282	V:13.31	I:0.58	17:42	19/7/2009
233	V:13.29	I:0.50	16:53	19/7/2009	283	V:13.26	I:0.48	17:43	19/7/2009
234	V:13.33	I:0.51	16:54	19/7/2009	284	V:13.37	I:0.55	17:44	19/7/2009
235	V:13.33	I:0.53	16:55	19/7/2009	285	V:13.17	I:0.58	17:45	19/7/2009
236	V:13.25	I:0.52	16:56	19/7/2009	286	V:13.39	I:0.62	17:46	19/7/2009
237	V:13.26	I:0.50	16:57	19/7/2009	287	V:13.33	I:0.53	17:47	19/7/2009
238	V:13.32	I:0.58	16:58	19/7/2009	288	V:13.26	I:0.55	17:48	19/7/2009
239	V:13.35	I:0.55	16:59	19/7/2009	289	V:13.35	I:0.57	17:49	19/7/2009
240	V:13.29	I:0.54	17:00	19/7/2009	290	V:13.30	I:0.57	17:50	19/7/2009
241	V:13.25	I:0.57	17:01	19/7/2009	291	V:13.30	I:0.53	17:51	19/7/2009
242	V:13.32	I:0.53	17:02	19/7/2009	292	V:13.31	I:0.54	17:52	19/7/2009
243	V:13.35	I:0.52	17:03	19/7/2009	293	V:13.31	I:0.54	17:53	19/7/2009
244	V:13.28	I:0.59	17:04	19/7/2009	294	V:13.32	I:0.54	17:54	19/7/2009
245	V:13.30	I:0.61	17:05	19/7/2009	295	V:13.25	I:0.49	17:55	19/7/2009
246	V:13.33	I:0.62	17:06	19/7/2009	296	V:13.17	I:0.58	17:56	19/7/2009
247	V:13.33	I:0.55	17:07	19/7/2009	297	V:13.29	I:0.57	17:57	19/7/2009
248	V:13.27	I:0.57	17:08	19/7/2009	298	V:13.35	I:0.47	17:58	19/7/2009
249	V:13.26	I:0.51	17:09	19/7/2009	299	V:13.50	I:0.65	17:59	19/7/2009
250	V:13.31	I:0.48	17:10	19/7/2009	300	V:13.23	I:0.49	18:00	19/7/2009



	Tensão	Corrente	Horário	Data		Tensão	Corrente	Horário	Data
301	V:13.28	I:0.50	18:01	19/7/2009	351	V:13.33	I:0.52	18:51	19/7/2009
302	V:13.39	I:0.44	18:02	19/7/2009	352	V:13.33	I:0.60	18:52	19/7/2009
303	V:13.29	I:0.43	18:03	19/7/2009	353	V:13.45	I:0.54	18:53	19/7/2009
304	V:13.09	I:0.35	18:04	19/7/2009	354	V:13.33	I:0.49	18:54	19/7/2009
305	V:13.33	I:0.52	18:05	19/7/2009	355	V:13.39	I:0.50	18:55	19/7/2009
306	V:13.30	I:0.50	18:06	19/7/2009	356	V:13.39	I:0.54	18:56	19/7/2009
307	V:13.27	I:0.50	18:07	19/7/2009	357	V:13.40	I:0.50	18:57	19/7/2009
308	V:13.34	I:0.49	18:08	19/7/2009	358	V:13.30	I:0.53	18:58	19/7/2009
309	V:13.35	I:0.49	18:09	19/7/2009	359	V:13.44	I:0.52	18:59	19/7/2009
310	V:13.30	I:0.55	18:10	19/7/2009	360	V:13.41	I:0.58	19:00	19/7/2009
311	V:13.39	I:0.60	18:11	19/7/2009	361	V:13.47	I:0.44	19:01	19/7/2009
312	V:13.26	I:0.51	18:12	19/7/2009	362	V:13.35	I:0.49	19:02	19/7/2009
313	V:13.35	I:0.54	18:13	19/7/2009	363	V:13.38	I:0.51	19:03	19/7/2009
314	V:13.25	I:0.60	18:14	19/7/2009	364	V:13.46	I:0.51	19:04	19/7/2009
315	V:13.32	I:0.58	18:15	19/7/2009	365	V:13.37	I:0.51	19:05	19/7/2009
316	V:13.33	I:0.57	18:16	19/7/2009	366	V:13.41	I:0.57	19:06	19/7/2009
317	V:13.31	I:0.57	18:17	19/7/2009	367	V:13.39	I:0.58	19:07	19/7/2009
318	V:13.31	I:0.44	18:18	19/7/2009	368	V:13.43	I:0.54	19:08	19/7/2009
319	V:13.26	I:0.55	18:19	19/7/2009	369	V:13.38	I:0.51	19:09	19/7/2009
320	V:13.32	I:0.54	18:20	19/7/2009	370	V:13.32	I:0.44	19:10	19/7/2009
321	V:13.31	I:0.53	18:21	19/7/2009	371	V:13.37	I:0.51	19:11	19/7/2009
322	V:13.26	I:0.46	18:22	19/7/2009	372	V:13.38	I:0.47	19:12	19/7/2009
323	V:13.41	I:0.50	18:23	19/7/2009	373	V:13.43	I:0.53	19:13	19/7/2009
324	V:13.30	I:0.40	18:24	19/7/2009	374	V:13.39	I:0.49	19:14	19/7/2009
325	V:13.33	I:0.53	18:25	19/7/2009	375	V:13.29	I:0.49	19:15	19/7/2009
326	V:13.45	I:0.58	18:26	19/7/2009	376	V:13.30	I:0.54	19:16	19/7/2009
327	V:13.37	I:0.49	18:27	19/7/2009	377	V:13.30	I:0.49	19:17	19/7/2009
328	V:13.28	I:0.51	18:28	19/7/2009	378	V:13.46	I:0.47	19:18	19/7/2009
329	V:13.37	I:0.60	18:29	19/7/2009	379	V:13.40	I:0.51	19:19	19/7/2009
330	V:13.33	I:0.49	18:30	19/7/2009	380	V:13.39	I:0.55	19:20	19/7/2009
331	V:13.32	I:0.56	18:31	19/7/2009	381	V:13.46	I:0.59	19:21	19/7/2009
332	V:13.38	I:0.48	18:32	19/7/2009	382	V:13.32	I:0.46	19:22	19/7/2009
333	V:13.34	I:0.52	18:33	19/7/2009	383	V:13.37	I:0.52	19:23	19/7/2009
334	V:13.41	I:0.53	18:34	19/7/2009	384	V:13.31	I:0.46	19:24	19/7/2009
335	V:13.37	I:0.44	18:35	19/7/2009	385	V:13.38	I:0.48	19:25	19/7/2009
336	V:13.39	I:0.52	18:36	19/7/2009	386	V:13.49	I:0.53	19:26	19/7/2009
337	V:13.36	I:0.52	18:37	19/7/2009	387	V:13.34	I:0.42	19:27	19/7/2009
338	V:13.41	I:0.52	18:38	19/7/2009	388	V:13.45	I:0.54	19:28	19/7/2009
339	V:13.30	I:0.47	18:39	19/7/2009	389	V:13.37	I:0.54	19:29	19/7/2009
340	V:13.36	I:0.59	18:40	19/7/2009	390	V:13.44	I:0.53	19:30	19/7/2009
341	V:13.37	I:0.51	18:41	19/7/2009	391	V:13.40	I:0.61	19:31	19/7/2009
342	V:13.42	I:0.51	18:42	19/7/2009	392	V:13.39	I:0.56	19:32	19/7/2009
343	V:13.33	I:0.57	18:43	19/7/2009	393	V:13.47	I:0.47	19:33	19/7/2009
344	V:13.36	I:0.48	18:44	19/7/2009	394	V:13.42	I:0.48	19:34	19/7/2009
345	V:13.37	I:0.58	18:45	19/7/2009	395	V:13.36	I:0.51	19:35	19/7/2009
346	V:13.40	I:0.60	18:46	19/7/2009	396	V:13.45	I:0.56	19:36	19/7/2009
347	V:13.33	I:0.55	18:47	19/7/2009	397	V:13.50	I:0.56	19:37	19/7/2009
348	V:13.39	I:0.48	18:48	19/7/2009	398	V:13.50	I:0.58	19:38	19/7/2009
349	V:13.41	I:0.58	18:49	19/7/2009	399	V:13.27	I:0.39	19:39	19/7/2009
350	V:13.40	I:0.53	18:50	19/7/2009	400	V:13.45	I:0.60	19:40	19/7/2009



	<b>Tensão</b>	<b>Corrente</b>	<b>Horário</b>	<b>Data</b>
401	V:13.39	I:0.50	19:41	19/7/2009
402	V:13.57	I:0.67	19:42	19/7/2009
403	V:13.52	I:0.63	19:43	19/7/2009
404	V:13.42	I:0.51	19:44	19/7/2009
405	V:13.44	I:0.41	19:45	19/7/2009
406	V:13.44	I:0.45	19:46	19/7/2009
407	V:13.40	I:0.53	19:47	19/7/2009
408	V:13.49	I:0.45	19:48	19/7/2009
409	V:13.43	I:0.50	19:49	19/7/2009
410	V:13.44	I:0.53	19:50	19/7/2009
411	V:13.47	I:0.57	19:51	19/7/2009
412	V:13.37	I:0.45	19:52	19/7/2009
413	V:13.49	I:0.51	19:53	19/7/2009
414	V:13.46	I:0.50	19:54	19/7/2009
415	V:13.51	I:0.59	19:55	19/7/2009
416	V:13.49	I:0.55	19:56	19/7/2009
417	V:13.44	I:0.47	19:57	19/7/2009
418	V:13.51	I:0.55	19:58	19/7/2009
419	V:13.35	I:0.51	19:59	19/7/2009
420	V:13.38	I:0.51	20:00	19/7/2009
421	V:13.43	I:0.51	20:01	19/7/2009
422	V:13.45	I:0.57	20:02	19/7/2009
423	V:13.55	I:0.54	20:03	19/7/2009
424	V:13.51	I:0.53	20:04	19/7/2009
425	V:13.48	I:0.57	20:05	19/7/2009
426	V:13.48	I:0.46	20:06	19/7/2009
427	V:13.42	I:0.47	20:07	19/7/2009
428	V:13.48	I:0.51	20:08	19/7/2009
429	V:13.42	I:0.41	20:09	19/7/2009
430	V:13.48	I:0.51	20:10	19/7/2009
431	V:13.46	I:0.54	20:11	19/7/2009
432	V:13.32	I:0.51	20:12	19/7/2009
433	V:13.33	I:0.58	20:13	19/7/2009
434	V:13.37	I:0.48	20:14	19/7/2009
435	V:13.53	I:0.56	20:15	19/7/2009
436	V:13.36	I:0.51	20:16	19/7/2009
437	V:13.51	I:0.53	20:17	19/7/2009
438	V:13.44	I:0.43	20:18	19/7/2009
439	V:13.59	I:0.49	20:19	19/7/2009
440	V:13.54	I:0.57	20:20	19/7/2009
441	V:13.56	I:0.51	20:21	19/7/2009
442	V:13.46	I:0.55	20:22	19/7/2009
443	V:13.53	I:0.58	20:23	19/7/2009
444	V:13.49	I:0.50	20:24	19/7/2009
445	V:13.53	I:0.55	20:25	19/7/2009
446	V:13.59	I:0.51	20:26	19/7/2009
447	V:13.63	I:0.53	20:27	19/7/2009
448	Placa	Resetada	20:28	19/7/2009



## **ANEXO A**

# **DIAGRAMA ELÉTRICO DO KIT DE MICROCONTROLADOR**

