

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAÇÃO  
DE UM BANCO DE BATERIAS  
POR MEIO DE MICROCONTROLADOR**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA  
CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA

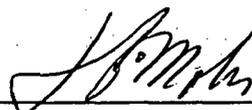
VALDIR NOLL

FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 1993.

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAÇÃO DE UM BANCO DE BATERIAS POR  
MEIO DE MICROCONTROLADOR**

**VALDIR NOLL**

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE MESTRE EM ENGENHARIA, ESPECIALIDADE ENGENHARIA ELÉTRICA E  
APROVADA NA SUA FORMA FINAL PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.**



**Prof. Hari Bruno Mohr, Dr.  
Orientador**

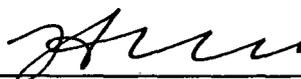


**Prof. Roberto de Souza Salgado, Ph.D.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica**

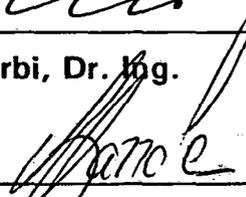
**BANCA EXAMINADORA:**



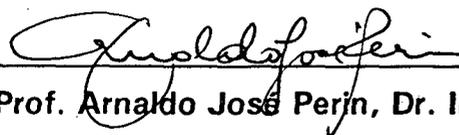
**Prof. Hari Bruno Mohr, Dr.**



**Prof. Ivo Barbi, Dr. Ing.**



**Prof. Vitório Bruno Mazzola, Dr.**



**Prof. Arnaldo José Perin, Dr. Ing.**

" Todo o esforço e artimanha dos ímpios para escaparem do inferno não os livram do mesmo, nem por um momento, pois continuam a rejeitar a Cristo, e portanto permanecem ímpios. Quase todos os homens naturais que ouvem falar do inferno alimentam a ilusão de que vão escapar dele. Quanto a sua própria segurança, confiam em sí mesmos. Vangloriam-se do que fizeram, do que estão fazendo e do que pretendem fazer... Mas os insensatos filhos dos homens iludem-se miseravelmente quanto aos seus próprios planos. A confiança que depositam na sua própria força e sabedoria é o mesmo que confiar na fragilidade de uma sombra. Sem Cristo continuam sob o furor da ira do Deus Todo-Poderoso"

Jonathan Edwards

À minha esposa Mirian  
À minha mãe Aceli, meus irmãos Valmir e Valzir

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Hari Bruno Mohr pela orientação valiosa nos momentos difíceis deste trabalho.

Ao Prof Ivo Barbi pela co-orientação e interesse no ensino de eletrônica de potência.

Aos demais professores do LAMEP os quais contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. José Renes Pinheiro pelo apoio durante este período.

Aos colegas Jáder, Cícero, Alberto e Márcio, que me motivaram a continuar e terminar com êxito este trabalho.

Aos Técnicos e secretária do LAMEP, pois tornaram mais fácil e rápido a conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina e a CAPES, pelo apoio institucional e financeiro.

À minha querida mãe Aceli, meus irmãos Valmir e Valzir, aos amigos Werner, Iria, Newton, Marival e Juliano, os quais contribuíram decisivamente durante este período, dando o seu apoio, fazendo-se amigos e companheiros.

À minha querida esposa Mirian, pelo apoio incondicional e sem reservas.

À Deus, sem o qual não haveria a menor possibilidade de ter iniciado, desenvolvido e concluído este trabalho. A Ele cabe toda a glória.

## ÍNDICE

	PÁGINA
RESUMO . . . . .	.x
ABSTRACT . . . . .	xi
SIMBOLOGIA . . . . .	xii
INTRODUÇÃO GERAL . . . . .	xiv

### CAPÍTULO I - A BATERIA E SUAS CARACTERÍSTICAS

1.1 - Introdução . . . . .	1
1.2 - Estudo da célula eletroquímica de pb/pbo <sub>2</sub> . . . . .	1
1.3 - Características gerais da bateria . . . . .	4
1.4 - Característica de carga/descarga . . . . .	9
1.5 - Gaseificação . . . . .	11
1.6 - Vida útil da bateria . . . . .	11
1.6 - Proteção . . . . .	11
1.8 - Rendimento da bateria . . . . .	12
1.9 - Conclusão . . . . .	12

### CAPÍTULO II - PRINCIPAIS MÉTODOS DE CARGA

2.1 - Introdução . . . . .	13
2.2 - Método de carga com duplo nível de tensão . . . . .	13
2.3 - Método a dois níveis de corrente e um de tensão . . . . .	14
2.4 - Método a dois níveis de corrente . . . . .	15
2.5 - Método de carga a um nível de corrente . . . . .	15
2.6 - Método a um nível de corrente e tensão . . . . .	16
2.7 - Método com tensão constante . . . . .	17
2.8 - Método de equalização com corrente pulsante . . . . .	17
2.9 - Conclusão . . . . .	18

### CAPÍTULO III - ESTRUTURA UPS PROPOSTA USANDO MICRO

3.1 - Introdução . . . . .	19
3.2 - Estrutura ups proposta . . . . .	19
3.3 - Especificações gerais . . . . .	20
3.4 - Introdução ao controle por microcontrolador . . . . .	21
3.4.1 - Vantagens e limitações do microcontrolador . . . . .	24
3.4.2 - Funções do microcontrolador . . . . .	25
3.5 - Descrição do microcontrolador 8031 . . . . .	26
3.6 - Funções do microcontrolador neste projeto . . . . .	27
3.7 - Conclusão . . . . .	29

### CAPÍTULO IV - IMPLEMENTAÇÃO DOS CIRCUITOS DE LEITURA DE TENSÃO

4.1 - Considerações gerais . . . . .	30
4.2 - Análise do sistemas convencional . . . . .	30
4.3 - Sistema convencional adaptado . . . . .	31
4.4 - Sistema de leitura em anel . . . . .	35
4.4.1 - O circuito e seu funcionamento . . . . .	35
4.4.2 - Visão geral do sistema . . . . .	38
4.4.3 - Conclusão . . . . .	39
4.5 - Circuitos de leitura de tensão misto . . . . .	40
4.5.1 - O circuito básico . . . . .	40
4.5.2 - Característica do fotoacoplador 4N25 . . . . .	41
4.5.3 - Filtro RC . . . . .	44
4.5.4 - Circuito de seleção e comando . . . . .	45
4.5.5 - Visão geral da seleção da leitura . . . . .	45
4.6 - Conclusão . . . . .	47

## CAPÍTULO V - CIRCUITOS DE LEITURA DE CORRENTE, TEMPERATURA SINCRONISMO E COMANDO DIGITAL

5.1 - Introdução . . . . .	49
5.2 - Circuito de leitura da corrente . . . . .	49
5.3 - Circuito de leitura da temperatura . . . . .	50
5.4 - Circuito de sincronismo e falta de rede . . . . .	52
5.5 - Circuito de Interface de dados digital . . . . .	53
5.6 - Conclusão . . . . .	55

## CAPÍTULO VI - IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMAM COMPLETO COM SUAS PRINCIPAIS ROTINAS

6.1 - Introdução . . . . .	56
6.2 - Principais rotinas implementadas . . . . .	56
6.3 - Descrição do software responsável pelo controle . . . . .	58
6.3.1 - Introdução . . . . .	58
6.3.2 - Análise e equacionamento do controle . . . . .	58
6.3.3 - Exemplo de Controle e conclusão . . . . .	63
6.4 - Descrição do software de Soma em 16 Bits . . . . .	66
6.5 - Descrição do software de divisão em 16 bits . . . . .	67
6.6 - Programa de comunicação serial . . . . .	68
6.6.1 - Software no PC . . . . .	69
6.6.2 - Software no uC 8031 . . . . .	70
6.7 - Programa Gerenciador de Aquisição de Dados . . . . .	72
6.8 - Interface entre o sistema e o usuário . . . . .	73
6.9 - Descrição módulo dedicado para controle . . . . .	74
6.9.1 - Introdução . . . . .	74
6.9.2 - Circuito simplificado . . . . .	74
6.9.3 - Circuito completo . . . . .	76
6.10 - Conclusão . . . . .	78

**CAP VII - RESULTADOS EXPERIMENTAIS**

7.1 - Introdução . . . . .	79
7.2 - Principais resultados . . . . .	79
7.3 - Verificação das curvas de carga . . . . .	83
7.4 - Conclusão . . . . .	86
<b>CONCLUSÃO GERAL . . . . .</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE I - Ruídos eletromagnéticos . . . . .</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE II - Programa para comunicação serial no PC . . . . .</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE III - Programa para comunicação serial no 8031 . . . . .</b>	<b>97</b>
<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>98</b>

## RESUMO

Foi desenvolvido um sistema de controle digital, baseado no microcontrolador dedicado 8031, com a ajuda de vários circuitos auxiliares, principalmente circuitos de leitura e de interfaceamento digital/analógico, visando monitorar e controlar as grandezas envolvidas em um Sistema Ininterrupto de Fornecimento de Energia ( No- Break), tendo como elemento armazenador de energia 12 baterias em série, formando o "Link-dc". Além do Controle, o Microcontrolador comunica-se com o usuário informando todas as características do sistema, e armazena automaticamente todos os dados relevantes, permitindo verificar o desempenho do conjunto no tempo.

## **ABSTRACT**

A Digital Control System was developed using a dedicated microcontroller 8031, with the aid of several auxiliary circuits, mainly reading circuits and interfacing digital/analog circuits. The objective of these circuits is to control and measure the elements involved in a UPS -Uninterruptible Power Supply - having 12 batteries in series as an energy storage resources ( forming the "Link-DC" ). Besides this control system, the microcontroller communicates with the user informing all characteristics of the System and automatically saves all relevant data, allowing to check the performance of System on real time.

## SIMBOLOGIA

ADC, A/D	Conversor Analógico-Digital
A.h.	Ampéres-hora
ALE	Sinal de habilitação de endereços
CC,DC	Corrente contínua
CIDD	Circuito de Interface de dados digitais
CLC	Circuito de leitura de corrente
CLOCK	Base de tempo de microcomputadores
CLT	Circuito de leitura de temperatura
CLTen	Circuito de Leitura de tensão
CN	Ganho do controlador proporcional-integral
CPU	Unidade central de processamento
CSFR	Circuito de sincronismo e falta de rede
EQ	Erro de quantização
Eprom	Memória somente de leitura - apagável
$E_o$	Tensão interna da bateria
$H^+$	Íon hidrogênio
$H_2SO_4$	Ácido Sulfúrico
$H_2O$	Água
I	Corrente
IB	Corrente na bateria
IC	Corrente de saída do carregador
IL	Corrente na carga em paralelo com a bateria
$I_{máx}$	Corrente máxima
$I_{min}$	Corrente Mínima
INT	Interrupção do microcontrolador
$I_{ref}$	Corrente de referência a ser seguida
MDAC	Multiplicador e conversor digital/analógico
MDC-8031	Módulo dedicado para controle - 8031
N	Número da bateria em série
$N_b$	Número de bits do microcontrolador
NTC	Termistor de coeficiente negativo

O <sub>2</sub>	Íon oxigênio
Pb	Chumbo
PbO <sub>2</sub>	Dióxido de Chumbo
PbSO <sub>4</sub>	Sulfato de chumbo
PID	Controlador proporcional integral derivativo
PSEN	Sinal de habilitação de leitura de programa em Eprom
PWM	Modulação por largura de pulso
RAM	Memoria de acesso aleatório
RD	Sinal de leitura de dados para microcontroladores
Rin	Resistência interna da bateria
S	Sensibilidade do Conversor A/D
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Ânion ácido
t	tempo
T	Período, temperatura
Td	Constante de tempo derivativa
Ti	Constante de tempo de integração
T1	Contador interno 1
T0	Contador interno 0
uC	Microcontrolador
V	Tensão
Vbat	Tensão na bateria
VFL, VFLUT	Tensão de flutuação
V foto	Tensão de saída no fotoacoplador
VFR	Tensão final de recarga
V lido	Tensão lida pelo ADC
Vm	Sincronismo no circuito de leitura de tensão em anel
Vmin	Tensão mínima na bateria
Vo	Tensão de saída
Vr	Tensão em rampa
Vref	Tensão de referência
V/e	Tensão por elemento da bateria
WR	Sinal de escrita em microcontroladores

## INTRODUÇÃO

O crescente mercado consumidor de Sistemas Ininterruptos de Energia (conhecidos como UPS - Uninterruptible Power Supply ) vem exigindo um aumento na confiabilidade, compacticidade, pouca manutenção, e que garantam uma longa vida útil ao seu principal componente armazenador de energia : a bateria [8].

Considerando que o custo das baterias num sistema UPS pode atingir 50% do custo total, isto implica que uma variação na expectativa de vida da bateria tem um efeito considerável sobre o custo total durante a vida útil do sistema[8].

Atualmente, com o desenvolvimento da tecnologia, o usuário em geral espera que um sistema que visa fornecer energia durante a falta, tenha um poder de comunicar-se, evidenciando todas as características do sistema e informando ao usuário o que ele deve e pode fazer. Os usuários esperam cada vez mais que isto lhe seja comunicado de forma bastante clara e que ele possa participar de algumas decisões. Espera também que haja maneiras de estudar e evitar um mau funcionamento do seu sistema, principalmente quando envolve baterias. A confiabilidade fica consideravelmente melhorada pela ação do usuário na prevenção e detecção de possíveis falhas.

Há, portanto, um forte argumento para o estudo e implementação do controle automático do processo de carga/descarga deste sistema utilizando microprocessadores, pois este pode aumentar em torno de 30%, devido a implementação de leis de controle mais complexas, a vida útil estimada das baterias [2,5]. A facilidade de monitoração constante dos diversos estados da bateria, e informações a respeito da existência de sobrecarga, excesso de corrente, e outras características que o usuário pode obter, em tempo hábil para a tomada de providencias, tornam os microcontroladores elementos versáteis para este fim.

Foram dedicados esforços para a realização de um software para controle do fluxo de potência do Conversor Boost [10], mostrados na figura (i). O sistema microcontrolado lê a tensão de cada bateria através do bloco CLTen, a temperatura das baterias através do circuito CLT e a corrente através do circuito CLC. Essas informações vão para o Módulo Dedicado para Controle-8031, que então executa uma lei de controle Proporcional-Integral e envia uma palavra digital de oito bits -

CN - através do circuito CIDD, que isola os dados do micro. Estes dados entram num MDAC e são transformados em sinais analógicos, tendo como função principal controlar a corrente de recarga e a tensão de saída.

Um software para a comunicação serial entre o Sistema de Controle Dedicado e um microcomputador IBM-PC-XT, o qual recebe os dados e os guarda em arquivo, de 15 em 15 minutos, e informa ao usuário todas as características do sistema também foi desenvolvido. Além disso, informa ao usuário a ocorrência da falta e o tempo máximo de operação satisfatória do sistema.

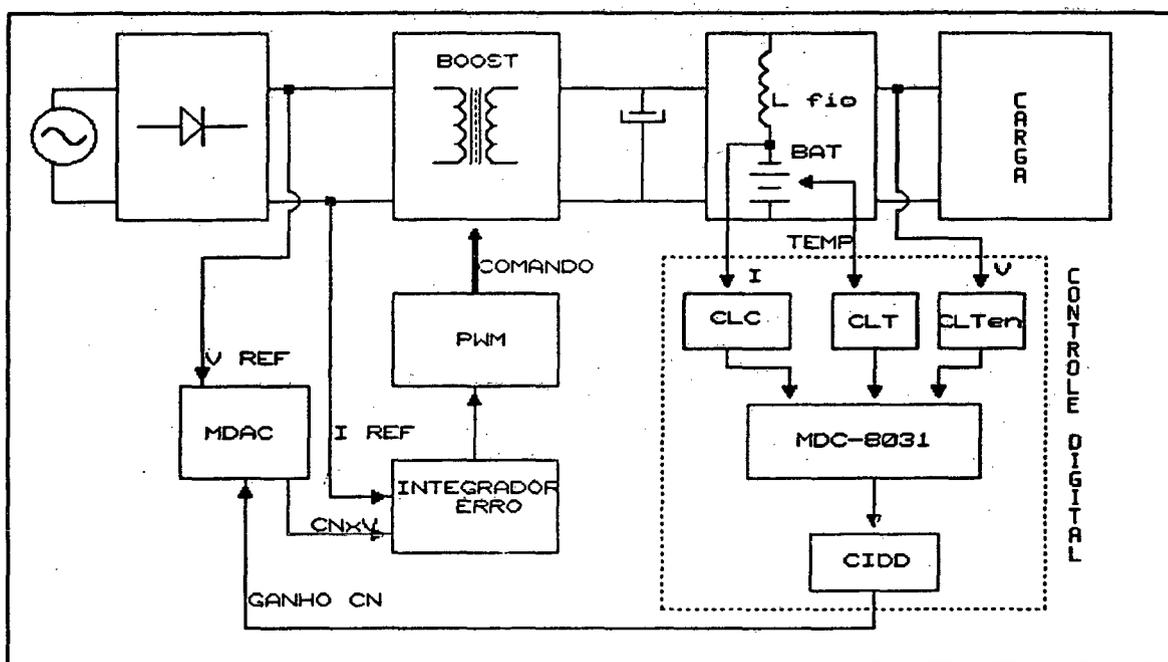


Fig 1 - Função do microcontrolador

Foi realizada uma análise detalhada da melhor maneira de ler a tensão da bateria, com o menor custo possível sem perder a precisão.

Inicialmente, no capítulo I, é feita uma abordagem das características eletroquímicas da bateria, seu comportamento em vários processos de carga/descarga, sua vida útil e outras características importantes deste componente.

No capítulo II são analisados vários métodos de carga, citando suas limitações e vantagens, e é definido o método de carga a ser utilizado. No capítulo III é definida a estrutura UPS a ser usada e o microcontrolador, dando algumas

características do uso deste em eletrônica de Potência.

No capítulo IV é feito um estudo dos vários métodos de leitura de tensão na bateria, analisando seus problemas e inconveniências, e determinamos a escolha do método a ser utilizado. No capítulo V é mostrado como foi implementado os circuitos de leitura de corrente e temperatura, de sincronismo e Comando Digital.

No capítulo VI, é mostrado o software utilizado e enfatizado o controle, dando uma descrição do controlador Proporcional Integral Digital usado. O projeto do Módulo de Controle Dedicado, e a comunicação serial utilizada também são descritos.

No capítulo VII são mostrados os resultados experimentais obtidos e a conclusão geral do trabalho.

Cabe ainda mencionar que existem basicamente dois tipos de baterias, classificadas segundo o seu uso : as estacionárias e as tracionárias. Este trabalho se dará em torno das baterias tracionárias do tipo Chumbo-ácidas de 50 A.h. de capacidade, para aplicações gerais, ainda que haja baterias especialmente fabricadas para sistemas "No-Breaks" e sistemas telefônicos, que não foram utilizadas por motivos econômicos. Não se refere às baterias de Níquel-cádmio, ainda que as mesmas tem sido utilizadas com mais freqüência para este fim, devido ao seu custo inicial ser maior e não se dispor deste tipo de bateria no laboratório.

# CAPITULO I

## A BATERIA E SUAS CARACTERÍSTICAS

### 1.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo visa tornar familiar este componente fundamental em sistemas que visam ter energia de reserva para emergências. São apresentadas as suas características eletroquímicas tanto no processo de carga quanto na descarga e são definidos alguns conceitos importantes sobre a bateria. O comportamento da bateria durante um procedimento normal de carga e descarga é mostrado.

### 1.2 - ESTUDO DA CÉLULA ELETROQUÍMICA DE Pb/PbO<sub>2</sub>

Nesta seção os elementos principais de uma bateria e seu comportamento eletroquímico são evidenciados.

#### 1.2.1 - DEFINIÇÃO DE ACUMULADOR

Acumulador ou Bateria :

É um dispositivo destinado a transformar energia química potencial em energia elétrica. Consiste essencialmente de dois eletrodos de substâncias diferentes imersos em um eletrólito, o qual reage com um dos eletrodos mais fortemente do que com o outro [7]. Ligando-se o acumulador a uma fonte de corrente contínua, a ação química se inverte e os elementos ativos (Chumbo (Pb) e Dióxido de Chumbo (PbO<sub>2</sub>)) se regeneram, carregando o acumulador.

O acumulador é composto dos seguintes elementos:

- Grade positiva fabricada de liga de Chumbo com Antimônio (5%-12%), normalmente do tipo "empastada" com óxido de Chumbo, inventada por Faure e Brush [3];

- Grade Negativa de liga de Chumbo com Antimônio, empastada com Chumbo.

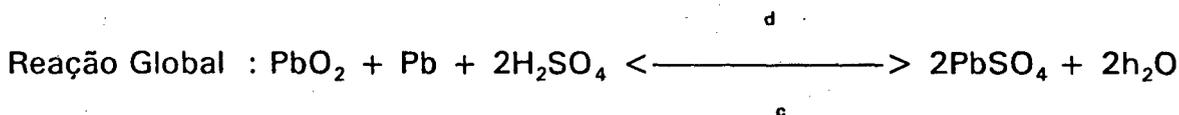
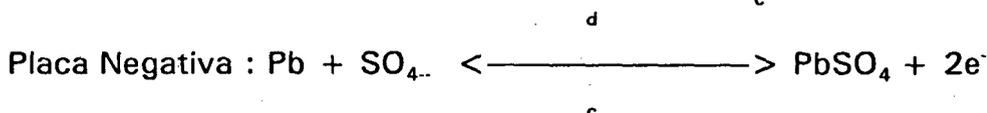
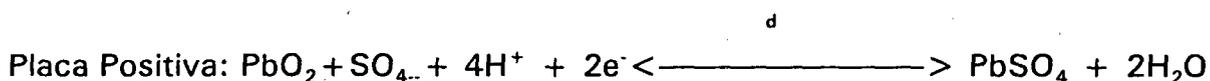
- Separadores, que são dispositivos colocados para isolar a placa positiva da placa negativa, normalmente fabricadas em placas microporosas de PVC ou borracha;

- Eletrólito, composto de ácido sulfúrico dissolvidos em água destilada.

Para se obter uma grande capacidade, uma grande superfície deve ficar exposta ao eletrólito, e como isso é difícil, coloca-se várias placas em paralelo, para formar um grupo ou um vaso, os quais interligados formam um borne positivo ou negativo. A placa positiva deve ficar sempre entre duas negativas.

### 1.2.2 - REAÇÕES QUÍMICAS ENVOLVIDAS

As duas principais reações químicas envolvidas no processo ocorrem nas duas placas: a positiva e a negativa. Antes da descarga, a placa negativa é de chumbo e a positiva é de dióxido de chumbo.



O processo fica melhor entendido pela análise das figuras 1.1 e 1.2.

Durante a descarga, o ânion ácido que está livre na solução se combina com o Chumbo da placa negativa, formando Sulfato de Chumbo e liberando dois elétrons, o qual irá, via resistência de carga ligada entre os pólos da bateria, para a placa positiva. O mesmo ânion ácido transforma, junto com os dois elétrons, o óxido de chumbo em sulfato de chumbo mais água. A água vai diluir a

concentração de ácido sulfúrico e conseqüentemente a tensão da bateria diminuirá. Ao ligar-se uma fonte de elétrons à placa negativa, a reação química se reverterá e regenerará o óxido de chumbo na placa positiva e o chumbo na placa negativa, liberando o ácido sulfúrico para o meio, e com isso aumentando sua concentração e conseqüentemente a tensão da bateria. Diz-se então que a tensão é diretamente proporcional a concentração de ácido sulfúrico.

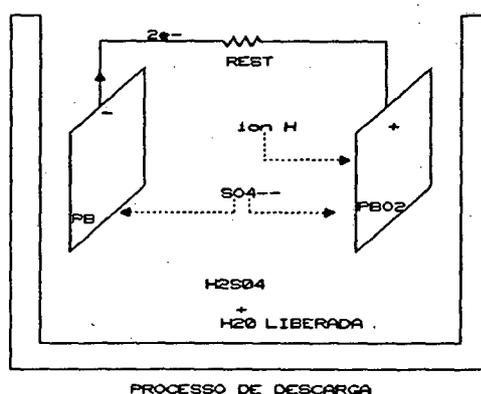


Fig 1.1 - Processo de Descarga

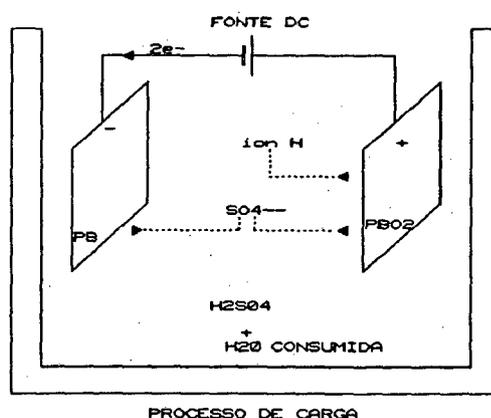
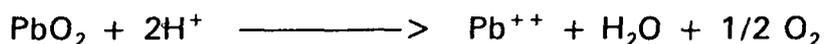


Fig 1.2 - Processo de Carga

O processo de regeneração da carga não ocorre em 100%, devido a diversos fatores (construtivos, químicos, etc...). A perda da Capacidade de uma bateria ocorre pelo processo de auto-descarga da placa positiva, sendo um dos fatores importantes a serem considerados no controle da recarga, e se dá conforme a seguinte reação química:



Verifica-se que o íon hidrogênio ataca o óxido de chumbo, transformando-o em um íon chumbo, formando água e liberando oxigênio. Há uma diluição do ácido sulfúrico e conseqüentemente perda do nível de tensão. A velocidade desta reação depende grandemente da temperatura.

### 1.2.3 - SULFATAÇÃO

É o processo de endurecimento do Sulfato de Chumbo ( $\text{PbSO}_4$ ) de maneira tal que o mesmo não se transforma em  $\text{PbO}_2$  durante a recarga, o que diminui sua capacidade de energia.

## 1.3 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BATERIA

### 1.3.1 - RESISTÊNCIA INTERNA

A resistência interna de uma bateria é uma grandeza difícil de ser medida, sendo afetada fortemente por fatores construtivos, temperatura, profundidade de descarga, estado de carga, etc... A ordem de grandeza da resistência interna está entre 2.0 a 5.0 miliohm para uma célula de 50 A.h, e é variável no tempo em função da quantidade de energia cedida à carga [3].

O modelo ideal é de uma resistência, indutância e de uma capacitância ligadas em série. A impedância pode ser medida indiretamente pela leitura da corrente e da tensão, sendo esta usada, muitas vezes, como parâmetro indicativo do estado de carga de uma bateria.

### 1.3.2 - MODELAGEM DE UMA BATERIA

Uma bateria tem uma modelagem matemática difícil e complexa, se for

procurado colocar nas variáveis todas as suas dependências. Assim, durante a carga, temos o seguinte equacionamento simbólico :

$$V_{bat} = E_o(t,d,s,...) + I * R_{in} (t,d,s,c,i,tv,...)$$

Onde :

$E_o$  - Tensão interna da bateria;

$t$  - temperatura;

$d$  - densidade do eletrólito;

$s$  - grau de sulfatação existente;

$I$  - Corrente de recarga;

$R_{in}$  - Resistência interna da bateria;

$c$  - Estado de carga;

$i$  - corrente;

$t_v$  - tempo de vida.

A simplificação é muitas vezes aceita e implica em tornar as variáveis independentes dos fatores descritos acima, tornando-se:

$$\text{Na recarga} \longrightarrow V_{bat} = E_o + I * R_{in}$$

$$\text{Na descarga} \longrightarrow V_{bat} = E_o - I * R_{in}$$

O modelo simplificado é composto por uma fonte cc com uma resistência série, a qual é a resistência interna da fonte.

### 1.3.3 - VOLTAGEM DE UM ACUMULADOR

A força eletromotriz  $E_o$  gerada pela ação química tem a principal característica de aumentar com o aumento da concentração do eletrólito, porém não de maneira linear e é limitada por questões construtivas. Logo, tendo em vista o funcionamento da bateria descrito anteriormente, a tensão aumenta com a carga e diminui com a descarga.

Como se forma ácido nos poros da matéria ativa durante a carga e água durante a descarga, e como requer tempo para que a água e o ácido se diluam, deduz-se que a concentração do ácido que está em contato real com a substância ativa é consideravelmente maior durante a carga que a concentração média do ácido, enquanto que durante a descarga é consideravelmente menor do que a média. Por conseqüência, a tensão interna é maior durante a carga que durante a descarga, ainda que para um mesmo grau de carga.

A tensão da bateria deve ser monitorada durante a carga/descarga como indicativo do fim da carga/descarga. Assim há pelo menos quatro (4) estados caracterizados ao monitorar a tensão:

ESTADO DESCARREGADO :  $V_{bat} < 1.75 \text{ V/e}$

ESTADO FLUTUAÇÃO :  $V_{bat} \sim 2.20 \text{ V/e}$

ESTADO EQUALIZAÇÃO :  $V_{bat} \sim 2.40 \text{ V/e}$

ESTADO SOBRETENSÃO :  $V_{bat} > 2.70 \text{ V/e}$

O estado de flutuação também é conhecido como estado normal , o de equalização como de recarga, e o de sobretensão como de sobrecarga.

Alguns manuais diferenciam estado de recarga de estado de equalização [3], definindo para isso mais um nível intermediário de tensão colocado entre a flutuação e a equalização.

Quanto ao Estado de Flutuação, usualmente é mantido entre 2.15 a 2.20 volts/elemento para bateria chumbo/ácida, com uma variação permitida de 1% [3].

A tensão de flutuação é necessária para compensar o processo de auto-descarga da bateria, e deve ser cuidadosamente escolhida, pois uma tensão excessivamente alta faz com que aumente a corrente de flutuação, diminuindo sua vida útil e com possibilidades de ocorrer uma sobrecarga e até a danificação completa da bateria. Já uma tensão de flutuação muito baixa reduz a capacidade da bateria, pois perde a sua carga pelo processo de auto-descarga.

É importante notar que a temperatura afeta a viscosidade do eletrólito e portanto também afeta a tensão. Torna-se necessário monitorar a temperatura

interna da bateria, sendo que a tensão é diminuída entre quatro à cinco milivolt a cada grau centígrado no aumento da temperatura [3,7].

A tensão no acumulador, quando medido à vazio, não se constitui numa indicação precisa do seu estado de carga, pois este depende em grande escala do regime de descarga. Neste caso, a medida da densidade do eletrólito é uma medida confiável [7].

A tensão medida durante a carga e a descarga é uma medida confiável do seu estado de carga, sendo que estas grandezas são diretamente proporcionais entre si.

#### **1.3.4 - CORRENTE NO ACUMULADOR**

Uma bateria pode ser carregada com qualquer regime de carga (usualmente menor do que sua capacidade) desde que não produza um desprendimento excessivo de gases e não superaqueça os acumuladores [2]. Isto permite uma grande flexibilidade na escolha da corrente de recarga, respeitando-se certos limites máximos e mínimos, pois a prática tem demonstrado que um regime de carga rápido prejudica sensivelmente a vida útil da bateria.

Define-se várias correntes de acordo com o estado de carga da bateria, com o tipo de placa usada, e com a capacidade em A.h. nominais da bateria.

##### **Corrente de Equalização ou de Recarga:**

É a corrente destinada a retornar 90% da capacidade da bateria e é usualmente escolhida como 10% da capacidade nominal (corrente máxima retirada em uma hora de descarga).

##### **Corrente de Flutuação:**

Corrente necessária para compensar a reação de auto-descarga da placa positiva mais as perdas de potência por fuga de corrente entre pólos e entre pólo

e terra. É da ordem de 1% da capacidade nominal.

Corrente de retenção:

Corrente destinada a dar uma pequena sobrecarga na bateria com o objetivo de "nivelar" as tensões das diversas células eletroquímicas.

### 1.3.5 - DENSIDADE

A densidade da solução (eletrólito) é definida como a concentração de ácido sulfúrico na água. Quanto maior for esta concentração, maior capacidade em Ah é possível retirar da bateria, porém isto é limitado por questões construtivas. A densidade normal de uma bateria varia entre 1150 - 1280 pontos e sofre uma variação com a temperatura, de acordo com a seguinte equação [3] :

$$D = D_{25} - 0.0007(T - 25)$$

onde:

$D_{25}$  = Densidade a temperatura de 25° C;

T = Temperatura atual;

D = densidade corrigida .

### 1.3.6 - TEMPERATURA

Uma mudança na temperatura modifica a viscosidade do eletrólito, afetando a intensidade da difusão do ácido através dos poros da placa, diminuindo a capacidade da bateria quando há uma diminuição da temperatura (aumenta a viscosidade), e aumentando a capacidade para temperaturas acima de 25 graus centígrados.

É importante observar que a temperatura máxima permitida numa bateria é de quarenta e cinco graus centígrados, e deve ser observado com rigor, para não diminuir a vida útil deste componente [3,7].

A temperatura influencia decisivamente na tensão que a bateria apresenta em seus terminais, conforme o exposto anteriormente.

### **1.3.7 - CAPACIDADE DE UMA BATERIA**

A capacidade de uma bateria é definido em Ampéres-hora, num ensaio em que é retirado uma determinada corrente fixa no tempo, a uma determinada temperatura constante, até que a bateria atinja uma determinada tensão mínima permitida. A multiplicação das grandezas corrente e tempo é igual a capacidade da bateria.

A capacidade é dependente de diversos parâmetros interligados, tais como:

- profundidade de descarga;
- tensões de início de descarga;
- temperatura;
- projeto do elemento;
- número e dimensões das placas;
- densidade do eletrólito;
- idade da célula eletroquímica;
- outros.

Em função dessas diversas características, a capacidade de uma bateria é algo previsível, mas não exato, o que torna difícil saber com precisão a quantidade de carga remanescente numa bateria, sendo que há uma certa variação, ainda que pequena, de uma bateria para outra, de um mesmo fabricante.

### **1.4 - CARACTERÍSTICA DE CARGA E DESCARGA**

A figura 1.3 representa o comportamento típico da tensão e da corrente durante a carga de uma bateria:

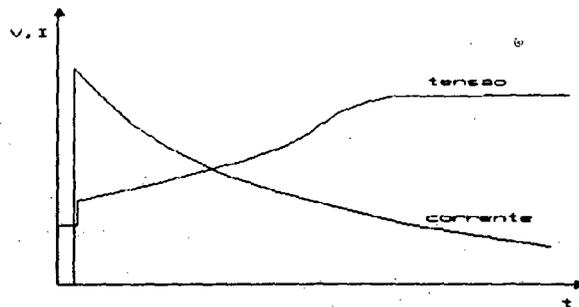


Fig 1.3 - Curva Típica de Carga de Bateria usando um gerador de tensão constante

Observa-se que o regime de corrente de carga diminui automaticamente se a carga da bateria se fizer com uma fonte de tensão constante, observando-se que esta tensão deve ser ligeiramente superior ao valor nominal da bateria. A tensão interna  $E_0$  da bateria se eleva quando a carga progride lentamente. O fim da carga é indicado pela constância das curvas de tensão e densidade do eletrólito.

A característica da tensão de descarga, para regime de corrente de descarga baixa (em 5 horas), média (em 1 hora) e profunda (em 20 min.) é mostrada na figura 1.4.

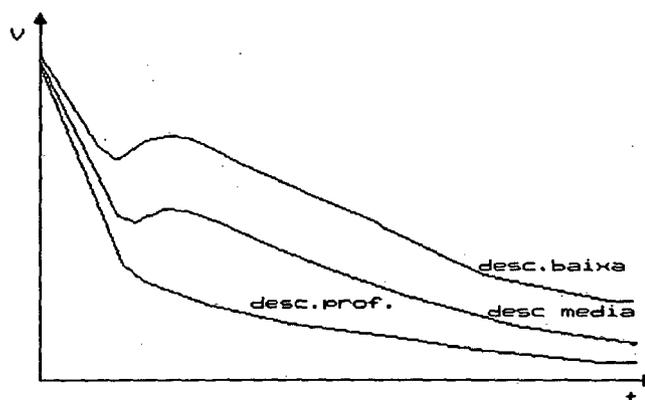


Fig 1.4 - Comportamento da tensão durante a descarga, para 3 regimes de descarga

Deve-se observar o afundamento da tensão no início da descarga, o que é prejudicial nos sistemas de controle, visto este afundamento ser função da corrente

retirada da bateria e não indicar necessariamente que a bateria está descarregada.

### 1.5 - GASEIFICAÇÃO

Se for mantida a corrente de carga depois que todo o Sulfato de Chumbo se tenha transformado ou se a corrente de carga for excessiva, verifica-se uma reação química adicional, isto é, a decomposição da água em gás hidrogênio e gás oxigênio, conhecidos como Eletrólise da água. Esses gases formam bolhas nas placas, podendo ser suficientemente fortes para desalojar a matéria ativa das placas. Isto significa também um dispêndio de energia, e geralmente se reduz a corrente de recarga no final da carga, com o objetivo de evitar ao mínimo a produção de gases e evitar o superaquecimento do acumulador.

### 1.6 - VIDA ÚTIL DA BATERIA

A vida útil depende de diversos fatores, dentre os quais os principais são:

- do regime de descarga;
- do processo de carga;
- da manutenção;
- da tensão de flutuação;
- da temperatura.

Quando a temperatura for acima de 45°C a vida útil cai em torno de 30%, dependendo ainda de outros fatores [2].

Quando uma bateria não consegue fornecer, ao menos, 80% da sua capacidade nominal, quando está com sua carga completa, diz-se que terminou a sua vida útil [3].

### 1.7 - PROTEÇÃO

Na proteção contra curto-circuito no sistema recomenda-se o uso de fusíveis

rápidos (100 milissegundos). A corrente de curto-circuito depende:

- da resistência da malha de curto-circuito;
- do estado de carga da bateria;
- da temperatura do eletrólito;
- da tensão nos terminais da bateria.

### 1.8 - RENDIMENTO DA BATERIA

Define-se três maneiras de se quantificar o rendimento de uma bateria: em tensão, em capacidade e em energia.

Rendimento em Tensão:  $\frac{\text{Tensão Média Durante a Descarga}}{\text{Tensão Média Durante a Carga}}$

Rend. em Capacidade :  $\frac{\text{A.h cedidos na descarga}}{\text{A.h cedidos na carga}}$

Rend. em Energia :  $\frac{\text{Watts-hora cedidos na descarga}}{\text{Watts-hora absorvidos na carga}}$

### 1.9 - CONCLUSÃO

A capacidade de ceder carga de uma bateria é fortemente afetada pela variação da temperatura, pela corrente de recarga e pela profundidade de descarga, entre outros fatores. Um sistema de controle que visa obter uma maior vida útil deve procurar controlar, pelo menos, a corrente de recarga, a tensão durante a carga e descarga, a temperatura do sistema, e a reação de auto-descarga da bateria (através do estado de flutuação).

A dificuldade de se equacionar o comportamento da bateria deve-se ao fato de se haver pouca informação disponível a respeito da modelagem da bateria e poucas informações dos fabricantes de bateria neste sentido.

## CAPÍTULO II

### MÉTODOS DE CARGA

#### 2.1 - INTRODUÇÃO

Os métodos de carga usados para completar ou manter a carga tem um efeito significativo no desempenho das células eletroquímicas. Construir um carregador ótimo se torna uma tarefa não-trivial, o qual deve assegurar que a bateria sofra um carregamento adequado, requerendo sensores de corrente, de tensão e de temperatura, uma seqüência lógica de carga e a correção em função da temperatura da tensão medida.

Capacidade e tempo de vida útil são os parâmetros críticos da bateria, e que são fortemente afetados pelo método de carga. Durante a carga, deve-se evitar usar correntes de recarga muito pequenas, para que não ocorra o processo de desidratação e corrosão das placas, bem como deve-se evitar correntes de recarga muito elevadas, as quais danificam as placas.

Uma vez que a bateria está plenamente carregada, a melhor maneira de manter a carga é aplicar uma tensão constante na bateria. O circuito deve impor esse nível correto de tensão, devendo ser grande o suficiente para compensar a auto-descarga, e não muito grande a tal ponto de produzir uma degradação por sobrecarga. Com a tensão de flutuação adequada, a expectativa de vida da bateria é de 6 a 10 anos [5]. Um erro de 5% na tensão de flutuação de carga pode diminuir em 50% a vida útil [5].

#### 2.2 - MÉTODO DE CARGA COM DUPLO NÍVEL DE TENSÃO

Este método [5] consiste basicamente de três estágios, ilustrados na figura 2.1.

**ESTÁGIO UM :** A corrente é imposta a um valor máximo até que a tensão sobre a bateria alcance uma tensão limiar de sobrecarga  $V_{12}$ ;

**ESTÁGIO DOIS :** É aplicada uma tensão constante  $V_{oc}$ , 5% maior que a

tensão limiar de sobrecarga, com o objetivo de dar uma sobrecarga à bateria. A corrente tende a cair até atingir uma corrente de retenção mínima  $I_{min}$ .

**ESTÁGIO TRÊS :** No final do estágio dois, a bateria alcançou perto de 100% de sua capacidade. Neste estágio, é mantido uma tensão de flutuação fixa (VF), até que seja drenado da bateria alguma corrente.

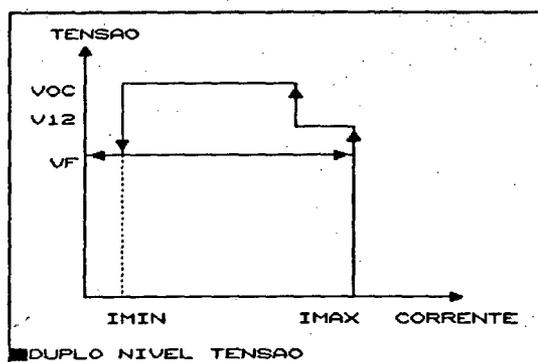


Fig 2.1 - Método a Duplo Nível de Tensão

### 2.3 - MÉTODO A DOIS NÍVEIS DE CORRENTE E UM NÍVEL DE TENSÃO

Quando grandes cadeias de células são carregadas, um duplo passo de corrente de carga tem certa vantagem sobre o sistema de duplo nível de tensão [5]. Se uma carga de flutuação é mantida constante para grandes cadeias de células, não se consegue prever através da observação da tensão, se algumas células não estão se descarregando mais do que outras. Uma elevação da tensão em baixa corrente mantém completa e igual carga em todas as células.

O diagrama é mostrado na figura 2.2, o qual tem dois estados:

**ESTADO UM :** É mantida uma corrente constante tipicamente em torno de 10% da corrente nominal até atingir uma determinada tensão sobre a bateria, tensão esta ligeiramente superior a nominal, mas sem dar sobrecarga.

**ESTADO DOIS :** É mantida uma tensão constante até a corrente atingir o valor da corrente de retenção (próximo a 5% da corrente nominal). Quando a corrente atinge este valor esta é mantida então constante e a tensão volta a

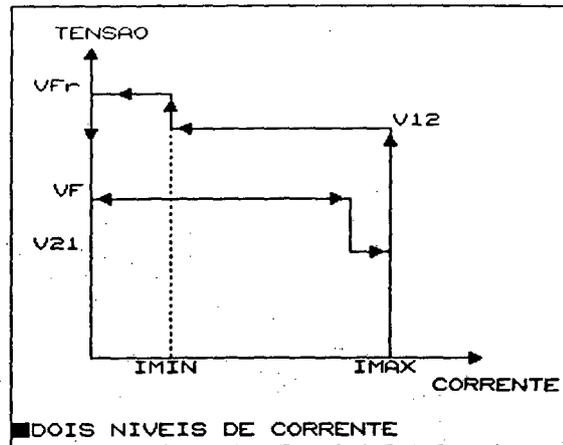


Fig 2.2 - Método a Dois Níveis de Corrente e um de tensão

criar até que ela se estabilize. Aplica-se então uma tensão constante de flutuação (VF) até a tensão cair a limites inferiores a  $V_{12}$  quando então volta ao estado de recarga, impondo corrente.

#### 2.4 - MÉTODO A DOIS NÍVEIS DE CORRENTE

Neste Método [3], impõem-se dois níveis de corrente sem impor nenhum nível de tensão. No primeiro nível é dada uma corrente para retornar 90% da capacidade da bateria e no segundo nível é imposta uma corrente para compensar a reação de auto-descarga da placa positiva.

Este método tem a desvantagem de poder impor uma corrente de retenção muito baixa ou muito alta, produzindo, respectivamente, perda de capacidade ou sobrecarga na bateria, a não ser que se monitore a tensão da bateria e ajuste-se o valor de  $I$  mínimo.

A figura 2.3 mostra o diagrama esquemático deste processo de carga.

#### 2.5 - MÉTODO DE CARGA A UM NÍVEL DE CORRENTE

Este é um método de carga profunda [3] e é usado quando se deseja carregar urgentemente uma bateria. Necessita monitorar somente a tensão final de recarga da bateria. Após carregada, o sistema de carga deixa de remeter corrente à bateria, e não se preocupa com o processo de auto-descarga. Destaca-se aqui o

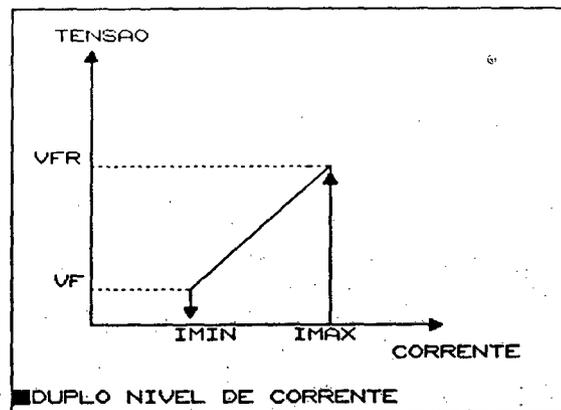


Fig 2.3 - Método a dois níveis de corrente

fato de que a tensão final de recarga é função da corrente de recarga usada. O método é mostrado na figura 2.4.

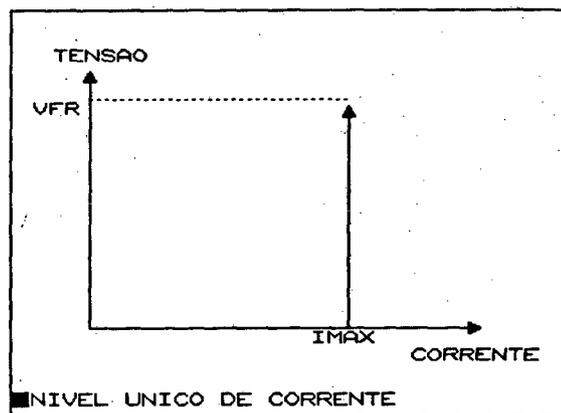


Fig 2.4 - Método a Um nível de Corrente

## 2.6 - MÉTODO A UM NÍVEL DE CORRENTE E UM NÍVEL DE TENSÃO

Este método consiste de dois estados, mostrados na figura 2.5. Num estado a corrente é mantida constante até que a tensão atinja o nível especificado de tensão de equalização (aproximadamente 2.4 volts). Noutro estado, a corrente atingiu a corrente mínima de retenção e o sistema impõem agora uma tensão de flutuação.

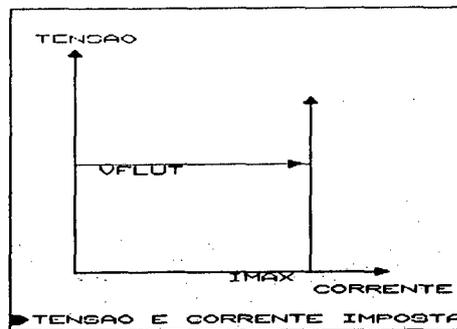


Fig 2.5 - Método a um nível de tensão e corrente

## 2.7 - MÉTODO COM TENSÃO CONSTANTE

Este método é o mais utilizado em carregadores de baterias não-estacionárias, pois impõem uma tensão fixa, permitindo que a corrente decresça à medida que a tensão da bateria alcance nível superior. Tem a principal vantagem de que a corrente se adapta ao nível de tensão da bateria. Quando a tensão da bateria variar pouco no tempo, a bateria estará carregada.

Tem como principais desvantagens não impedir excessos de corrente de recarga e não manter a tensão de flutuação para impedir a descarga pelo processo de autodescarga.

As curvas características são mostradas nas figuras 2.6 e 2.7 .

## 2.8 - MÉTODO DE EQUALIZAÇÃO COM CORRENTE PULSANTE

É um método de carga [9] onde a corrente é interrompida pela operação de um relé sensor de tensão ou um temporizador que pode ser usado para o controle automático de carga de baterias, os quais são regularmente ajustados para manter a bateria em boas condições.

A recarga da bateria descarregada procede normalmente até que a bateria atinja a tensão final de recarga, e o processo de carga é interrompido. Quando a tensão da bateria cair para a tensão de flutuação, a recarga é automaticamente acionada. A tensão da bateria cresce em poucos minutos até

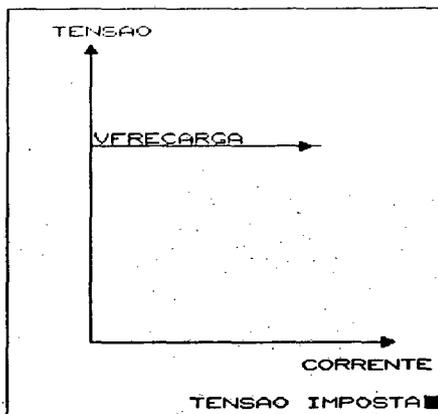


Fig 2.6 - Tensão imposta

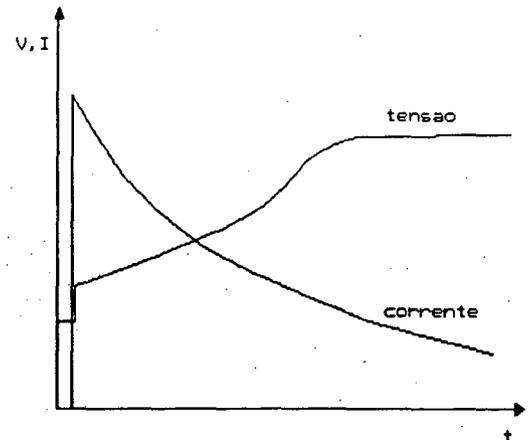


Fig 2.7 - V,I na Bateria

atingir novamente a tensão final de recarga e é novamente interrompido o ciclo. Esta operação visa manter a carga da bateria.

O principal problema deste método é a dependência da tensão final de recarga com a temperatura, a capacidade do banco de baterias e a vida útil. Com isso, pode ocorrer que a bateria ainda não tenha alcançada a tensão final de recarga e já esteja sendo danificada por sobrecarga.

Pode-se optar por uma razão fixa de liga/desliga em torno de 60:1, sendo este método possível com o uso de um temporizador.

**OBSERVAÇÃO:** Todos os métodos anteriormente descritos tem seus valores de tensão dependentes em função da variação da temperatura.

## 2.9 - CONCLUSÃO

Os métodos apresentados são na sua maioria conhecidos na literatura, porém as suas vantagens e desvantagens são pouco exploradas, e não se tem informações seguras sobre cada um deles.

Assim, escolheu-se o método de carga número seis conhecido como "um nível de tensão e um de corrente". Este método é de simples implementação por meio de microcontrolador e tem se mostrado eficiente em outro trabalho [1], desenvolvido no LAMEP, que procurava carregar um conjunto de baterias procurando aumentar a sua vida útil e diminuir os custos.

## CAPÍTULO III

### ESTRUTURA UPS NÃO REDUNDANTE COMANDADA POR MICROCONTROLADOR

#### 3.1 - INTRODUÇÃO

Inicialmente é feita uma descrição da estrutura UPS usada, suas vantagens e desvantagens. Destaca-se o controle por microcontrolador, enfatizando suas vantagens e limitações, dando uma visão geral das funções mais comuns desempenhadas por este componente. Apresenta-se as características do uC 8031, da Intel e por fim, mostra-se sua função neste projeto.

#### 3.2 - ESTRUTURA UPS PROPOSTA

Há dois tipos básicos de estruturas UPS: os sistemas conhecidos como "off-line" e os "on-line". O sistema escolhido é do tipo "on-line" o qual é composto de um retificador, um banco de baterias, e um inversor, os quais operam continuamente conectados à rede.

A estrutura básica é apresentada na figura 3.1.

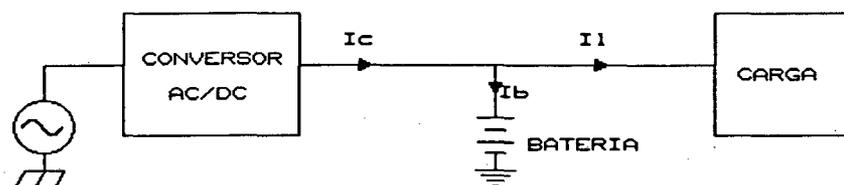


Fig 3.1 - Estrutura UPS não-redundante

Durante a operação normal, a rede de energia fornece potência elétrica para o inversor e a bateria ( a qual pode estar em estado de recarga ou flutuação). Durante uma falta da rede de energia elétrica, a potência é fornecida à carga pelo banco de baterias durante um certo tempo, predeterminado pela tensão mínima do

barramento cc, isto é, pela capacidade de fornecimento de energia das baterias.

Esta estrutura apresenta as seguintes vantagens em relação às estruturas do tipo redundantes, e que servem de justificativa para a sua escolha:

- 1 - Simplicidade e custo reduzido;
- 2 - Maior Confiabilidade e maior MTBF (tempo médio entre falhas), devido a inexistência de chaves estáticas "bypass";
- 3 - Baixa manutenção (inexistência de partes móveis);
- 4 - A bateria supre picos de corrente que a carga solicite e/ou serve como sorvedouro de picos de corrente vindos da alimentação, impedindo que estes cheguem à carga;
- 5 - Quedas de tensão da fonte primária podem ser corrigida pela energia interna da bateria;
- 6 - Ruídos elétricos de diversas naturezas podem ser filtrados pela bateria.

A principal desvantagem deste sistema está no fato de que existe um único caminho entre a fonte de energia primária e a carga. Portanto, se houver qualquer falha em algum dos componentes que fazem parte do sistema, mesmo com a presença da fonte principal, a carga deixará de ser alimentada.

Outra possível desvantagem reside no fato de que a carga após a bateria, seja um inversor ou um consumidor cc, deve aceitar os limites de variação da tensão da bateria, tipicamente em torno de + 20% e - 12.5% .

### 3.3 - ESPECIFICAÇÕES GERAIS

As seguintes especificações determinadas pela Norma ANSI/IEEE [6] e pelo projeto proposto serão utilizadas nesta tese.

a) LINK DC :

Tipo de Bateria: chumbo-ácida

Tensão de Flutuação : 2.2 -2.25 V/e , +- 1%

Tensão de Equalização : 2.35 - 2.4 V/e, +- 1%

Tensão Final de Carga : 1.75 V/e máximo

Número de Elementos : 72 elementos

Variação da Tensão permitida : +20%, -12,5%

**b) CONTROLE :**

- Corrente de Recarga (5A)
- Tensão máxima e mínima do barramento CC
- Máxima Temperatura da Bateria
- Recarga Automática após descarga

**c) SINALIZAÇÕES:**

- Excesso de Corrente nas Baterias
- Sobretensão no Barramento CC
- Sub-tensão no Barramento CC
- Bateria Descarregada
- Baterias em Recarga/Equalização
- Indicação da Bateria Defeituosa
- Indicação da Presença/falta da Rede
- Tensão em Cada Bateria

**d) PROTEÇÃO :**

- Inibição do Retificador/Conversor por curto-circuito ou por sobrecorrente;
- Ajuste Automático da Tensão de saída do Retificador/Conversor cc-cc;
- Limite máximo e mínimo da tensão do barramento cc.

### **3.4 - INTRODUÇÃO AO CONTROLE POR MICROCONTROLADOR**

Este conhecido componente digital tem se tornado cada vez mais importante dentro da Eletrônica de Potência, sendo ele o responsável pelos cálculos e decisões que tornam possível a operação satisfatória de um sistema maior.

O coração do microcontrolador é a CPU -Central Processing Unit - ou microprocessador. Associados a ele estão outros elementos:

- Gerador de Clock;
- Driver das Vias de Endereço e de Dados;
- Memória Volátil - RAM ;
- Controlador de Interrupções;
- Dispositivo de Entrada/Saída (E/S) Digital;
- E/S analógica;
- Interface de Comunicação Serial.
- Conversores Analógico-Digitais;

O conversor Analógico-Digital é um dos mais importantes periféricos utilizados em controle, sendo ele o responsável pela transformação dos sinais analógicos em sinais digitais, inteligíveis para o microcontrolador. Neste projeto usa-se o ADC 0804, de uma entrada, e tempo de conversão de 100 microssegundo.

O diagrama de Blocos de um microcontrolador é mostrado na figura 3.2.

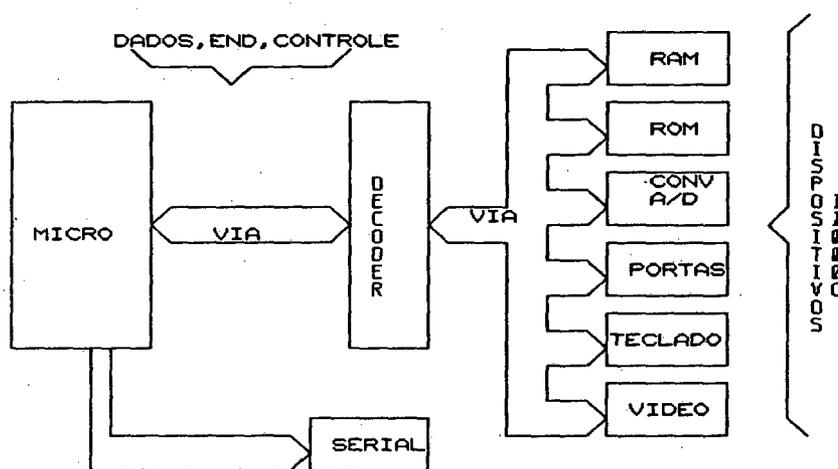


Fig 3.2 - Diagrama de Blocos do Microcontrolador

A CPU se comunica com os outros elementos através do Barramento de Endereços (ADDRESS BUS), do Barramento de Dados (DATA BUS) e do Barramento de Controle (CONTROL BUS). A largura (em bits) da Via de Dados geralmente

determina o tamanho da palavra do computador. O barramento de Endereços serve para especificar uma localização particular da memória, o barramento de controle determina a operação, e a via de dados carrega dados ou instruções para uma localização específica da memória. Um poucas linhas do Barramento de Endereços podem ser decodificadas para gerar o sinal de "chip select" endereçando um elemento periférico (ROM, RAM, DISPLAY,...).

O circuito de Clock supre a CPU, de tal modo que toda a operação do microcontrolador ocorre de uma maneira síncrona. Em contrapartida, ele dá o sinal de "refresh" para os elementos dinâmicos do sistema. O programa de um uC consiste de um conjunto de instruções que são armazenados numa ROM e são executados seqüencialmente. Os dados a serem processados pelas instruções são armazenados na RAM ou acessados através de entradas Digital/Analógica. Após processados, estes dados podem voltar a RAM ou então ser enviados para o "mundo exterior" através das saídas digitais/analógicas. A CPU executa as instruções em seqüência, decodifica-os, e executa operações lógicas e aritméticas com os dados, em sincronismo no tempo com o pulso de clock. O controlador de interrupção interrompe a operação normal do processador e diretamente o leva a executar uma rotina que requer atenção urgente.

Os componentes fundamentais básicos de uma CPU são mostrados na figura 3.3.

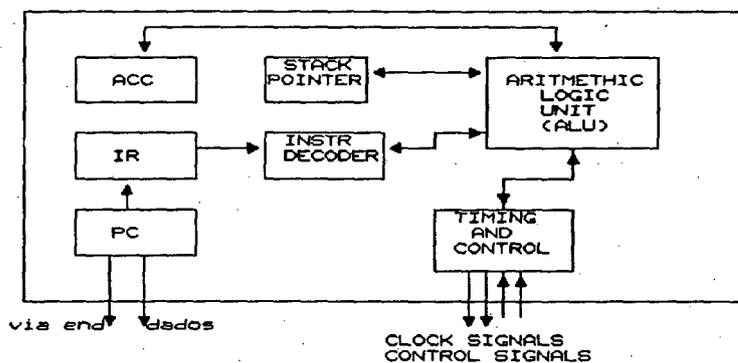


Fig 3.3 - Componentes Fundamentais da CPU

O acumulador (ACC) registra o conteúdo que será manipulado pela ALU - Arithmetic Logic Unit. A maioria das ALU tem funções internas, tais como adição, subtração, operações booleanas lógicas, etc... A ALU gera bits de "flags" tais como "carry", zero, sinal da operação e paridade. O Contador de Programa - PC - armazena o endereço da instrução a ser executada. A CPU incrementa o PC cada vez que ele alcança uma nova instrução. Esta regra é violada quando a CPU executa uma instrução JUMP ou ocorre uma interrupção, ou ainda pela chamada de uma sub-rotina. Nestes casos, o conteúdo do PC é salvo numa área de memória conhecida como "Pilha" (Stack), donde é retirado quando é encontrada uma instrução indicativa de fim de desvio. O registrador de Instruções - IR - armazena a instrução ou código da operação alcançada pela CPU. O decodificador de Instruções transcodifica este código para executar uma instrução específica. A unidade de tempo e controle recebe o sinal do "Clock" e leva a CPU a executar operações seqüenciais de uma maneira ordenada.

### 3.4.1 - VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MICROCONTROLADOR [17]

Inicialmente destaca-se suas vantagens, as quais são:

a) Baixo custo de Hardware. Esta é a principal vantagem do controle por microcontrolador em relação ao controle analógico, pois pode implementar leis de controle por software, as quais demandariam muitos componentes analógicos;

b) Pequeno tamanho e baixo consumo de potência. Em função da Integração em Larga Escala (LSI e VLSI), consegue-se diminuir a área ocupada e diminuir a potência necessária ao seu funcionamento;

c) Alta Confiabilidade e alto MTBF (Mean Time Between Fairlure) em função da Integração em Larga Escala, se comparados ao número superior de componentes analógicos necessários para executar a mesma tarefa;

d) Menores Problemas com EMI (Eletromagnetic Interference) devido ao alto acoplamento entre seus elementos principais. Em Eletrônica de Potência recomenda-se o uso de uma blindagem do hardware;

e) Inexistência do efeito da variação de Parâmetros dos componentes, pois

o processamento de dados digital elimina o efeito da variação dos seus componentes, os quais são consideravelmente importantes no controle analógico;

f) Compatibilidade com a hierarquia do controle digital, e universalidade de Hardware e Software;

g) Facilidade de implementação de diagnósticos do sistema, tanto para aviso externo como para controle interno.

**As principais desvantagens são:**

a) Lentidão computacional se comparados com os controladores analógicos, tornando-se necessária a utilização de circuitos digitais em paralelo para aumentar a rapidez de processamento;

b) Erro de Quantização finito e invariável. Um sinal digital tem um finito número de pontos para representar, por exemplo, uma senóide, enquanto o sinal analógico tem um infinito número de pontos e, por isso, representa mais fidedignamente este sinal. Este erro é inerente ao computador e só depende do tamanho da palavra usada pelo computador;

c) O desenvolvimento de software é muito caro, especialmente se for desenvolvido em Assembler, visto que este consome um tempo maior no seu desenvolvimento e exige um profissional mais habilitado a fazê-lo.

### **3.4.2 - FUNÇÕES DO MICROCONTROLADOR [17]**

O microcontrolador funciona essencialmente como um sintetizador de funções lógicas booleanas, pré-programadas através do software. Seu uso para o controle de circuitos em Eletrônica de Potência tem se desenvolvido de uma maneira crescente, e suas funções mais comuns são:

- . Malha de Realimentação para controle de variáveis;
- . Disparo de "Gate" dos tiristores em conversores do tipo "Phase-Controlled";
- . Geração de ondas quadradas ou PWM para inversores;
- . Controle adaptativo e controle ótimo;

- . Controle seqüencial geral;
- . Proteção;
- . Monitoramento de sinais e avisos;
- . Aquisição de dados;
- . Diagnósticos do sistema.

Muitas destas funções quando implementadas de forma digital com microcontroladores ficam bem mais simples do que uma implementação analógica.

### 3.5 - DESCRIÇÃO DO MICROCONTROLADOR 8031

Um microcontrolador é um componente eletrônico que já tem incorporado em seu invólucro vários blocos que são tratados separadamente em microprocessadores, sendo este componente especialmente projetado para efetuar controles de variáveis.

Algumas características [12] do uC 8031 são destacadas a seguir:

- Clock de 8,10 ou 12 MHz;
- Memória de Dados RAM interna de 128 bytes;
- Memória de Dados RAM e ROM Externa de até 64 Kbytes;
- 4 portas de E/S de 8 bits cada, endereçáveis individualmente;
- Interrupção com estrutura Nersting, com 4 fontes selecionáveis e níveis de prioridade a escolher;
- Dois Temporizadores/Contadores de 16 Bits Programáveis;
- Oscilador Interno;
- Pinos para Comunicação Serial Full-Duplex;
- Possui 4 bancos de Registradores acessados individualmente.

A figura 3.4 mostra o diagrama de blocos da arquitetura interna do uC 8031.

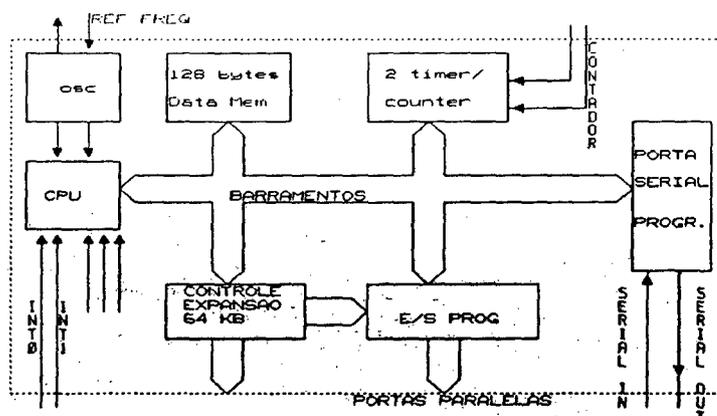


Fig 3.4 - Arquitetura Interna do mC 8031

Cabe

aqui ressaltar que o que foi anteriormente explicado sobre a operação dos microprocessadores também são válidos para o uC 8031.

### 3.6 - FUNÇÕES DO MICROCONTROLADOR NESTE PROJETO

O uC 8031 descrito anteriormente foi utilizado para desempenhar a tarefa principal de controle do fluxo de potência da estrutura descrita na dissertação de mestrado do aluno de Pós-graduação Márcio Almeida C6 [10].

A estrutura usada é do tipo "Full-Bridge", com imposição de corrente de entrada resistiva (Fator de Potência unitário), e com corrente de saída imposta (fonte de corrente). A corrente imposta à bateria é mantida constante até que a mesma atinja a tensão final de recarga (VFR), quando então a tensão sobre a bateria é mantida constante na tensão de flutuação (VFLUT). Se houver uma falta de rede, automaticamente as baterias entram em processo de descarga e, ao retorno desta, entram em recarga automática, independente da quantidade de carga que foi retirado da bateria. O sistema utilizado para o "No-break" é do tipo "on-line", isto é, a carga faz parte ativa do sistema ficando conectado em paralelo com as baterias. Assim, o controle deve ser capaz de sentir uma variação de corrente entregue à carga (pode ser uma carga dc ou um inversor), a fim de atuar no comando e modificar a corrente imposta pelo conversor Full-Bridge. Salienta-se aqui o fato de que picos de corrente serão sempre supridas pelas baterias, bem

como uma súbita retirada de carga provocarão uma elevação súbita da corrente entregue a bateria.

A palavra digital em oito bits - CN - é a responsável pelo controle do fluxo de potência que o conversor Full-Bridge imporá ao conjunto bateria-carga , sendo estes conectados em paralelo. O ganho CN pode variar desde  $(00)_h$  até  $(FF)_h$  . Em diagrama de blocos é mostrado a sua função:

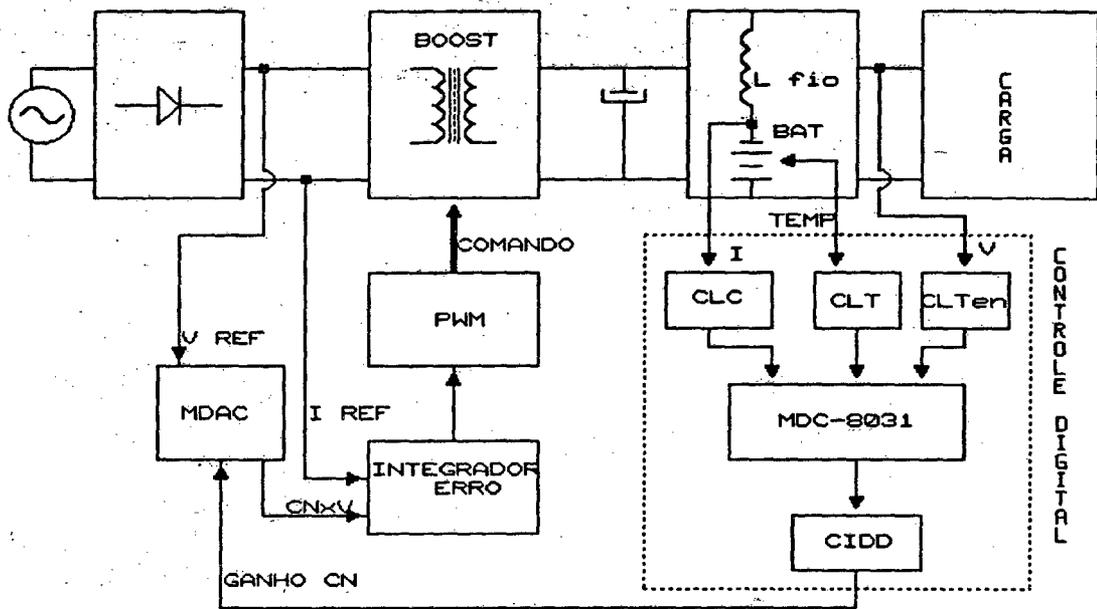


Fig 6.4 - Função do microcontrolador

O ganho digital CN será o multiplicador da referência da tensão de entrada senoidal retificada, mudando a sua amplitude. A corrente é imposta para seguir a referência senoidal com o objetivo de ter um alto fator de potência na entrada. Ao seguir a referência de tensão, tem-se uma corrente eficaz de saída maior ou menor, dependente do ganho CN.

Outras funções serão desenvolvidas pelo microcontrolador e são:

- Leitura de corrente, tensão e temperatura das baterias;
- Detecção da Presença ou ausência da Rede;
- Envio de Informações ao Usuário;

As principais responsabilidades do microprocessador serão melhor exploradas

nos capítulos seguintes.

### 3.7 - CONCLUSÃO

Evidenciou-se as principais características do uso de microcontroladores para o controle de estruturas em Eletrônica de Potência. As vantagens do uso destes elementos são muitas e em muitos casos ele deve ser utilizado. Porém, como deve ter transparecido neste capítulo, o seu maior problema é trabalhar e comandar em alta frequência, isto é, ele é lento demais; isto retira dele o uso em conversores CC-CC de alta frequência, em voga na atualidade.

Para o trabalho que se está atualmente requerendo do microcontrolador, especialmente o uC 8031, pode-se observar que o mesmo efetuará com facilidade a sua responsabilidade, visto que a velocidade computacional e o erro de quantização finito não influenciam no seu desempenho.

## CAPÍTULO IV

### CIRCUITOS DE LEITURA DE TENSÃO

#### 4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O circuito que servirá de base para a leitura da tensão da bateria será importante no controle destas baterias. Algumas características deste circuito:

1 - O circuito proposto deve ser simples, custo reduzido, e de preferência utilizar um software para a conversão analógico-digital ao invés de utilizar um componente específico para esta conversão;

2 - Deve ser facilmente expandível para  $n$  baterias, sem sofrer muitas alterações em termos de software e hardware. O hardware deve ser modular, ou seja, de fácil acoplamento ou expansão.

3 - Sabe-se que a tensão da bateria tem um comportamento crescente previsível e estável durante a carga, variando muito pouco sua tensão. O mesmo ocorre durante a sua descarga;

#### 4.2 - SISTEMA CONVENCIONAL DE LEITURA

Um sistema convencional de leitura da tensão utiliza-se do conversor analógico-digital como elemento transdutor, e um circuito de amostragem-retenção do sinal.

O diagrama de blocos da figura 4.1 ilustra este sistema convencional.

O microprocessador seleciona a bateria a ser lida e inicializa o circuito S/H (Sample and Hold). O conversor A/D inicia a conversão analógico-digital após ter recebido um sinal de "start". Ao término da conversão envia um aviso ao microprocessador de fim de conversão - EOC (End Of Conversion) - permitindo ao microcontrolador ler o barramento de dados do conversor A/D.

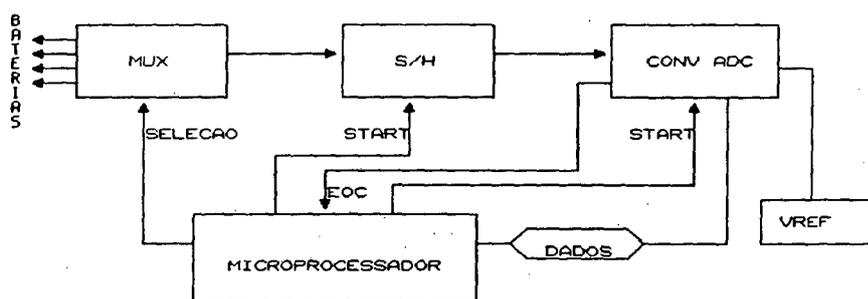


Fig 4.1 - Diagrama de blocos do sistema convencional

Os conversores A/D tem uma resolução de  $\pm 1/2$  LSB, isto é, para a leitura de uma bateria há uma imprecisão de  $5 \text{ V}/256 \text{ bit}$ , o que nos dá aproximadamente  $20 \text{ mV}$  por bit.

Tem a desvantagem de necessitar tantos conversores A/D quanto forem o número de leituras que se deseja fazer, sendo anti-econômico quando há muitas leituras a efetuar. Não se usará esta forma de leitura.

#### 4.3 - SISTEMA CONVENCIONAL ADAPTADO

Para se resolver o problema de utilizar um conversor A/D com muitas entradas (no mínimo 14 entradas, o que o torna um elemento muito caro) e também para impedir a dependência do número de entradas com o número possível de baterias, desenvolveu-se um circuito que utiliza apenas um conversor de uma entrada.

O circuito é apresentado na figura 4.2, bem como a análise dos erros envolvidos.

É importante notar que o divisor resistivo reduz em  $n \cdot k$ ,  $k = 6$  e  $n$  é o número da bateria.

Assim, a tensão por elemento da bateria é calculada pelo seguinte algoritmo:

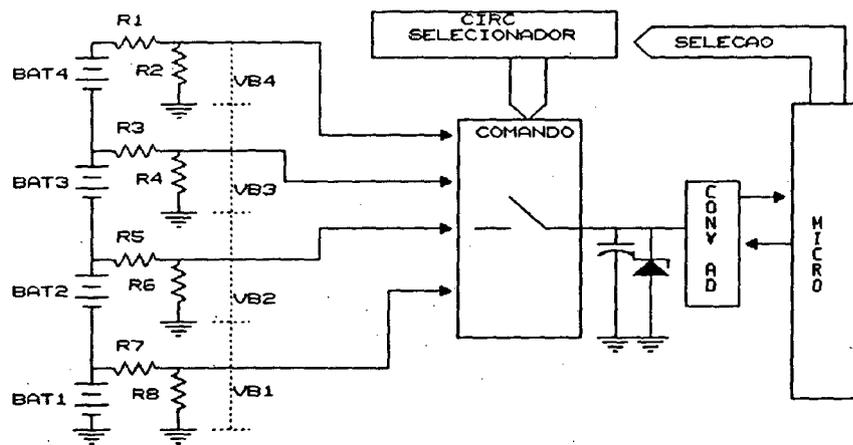


Fig 4.2 - Diagrama de blocos do Sistema Convencional adaptado

$$V_{bat1} = VB1$$

$$V_{bat2} = 2 \cdot VB2 - VB1$$

$$V_{bat3} = 3 \cdot VB3 - 2 \cdot VB2$$

E assim sucessivamente. Tem-se o algoritmo final:

$$V_{bat(n)} = n \cdot VB(n) - (n-1) \cdot VB(n-1)$$

A análise dos erros neste tipo de medida se fará de duas maneiras:

- A) Sensibilidade do Conversor ADC
- B) Erro de Quantização do Conversor ADC

Caso A:

Considera-se como "Sensibilidade do Conversor Analógico-Digital (ADC)" como a mínima variação da tensão da bateria capaz de alterar um "bit" na leitura da tensão.

Sabe-se que,

$$V_{\text{term}}(n) = n * k * V_{\text{bat}}(n)$$

Onde :

- $n$  = número da bateria a ser lida  
 $V_{\text{term}}(n)$  = tensão sobre os terminais da bateria  
 $V_{\text{bat}}(n)$  = tensão sobre o divisor resistivo

Considerando que o conversor ADC tem sensibilidade de 20 milivolts, pode-se dizer que a Sensibilidade (S) da leitura para a menor tensão no barramento cc é:

$$S_{(V_{\text{min}})} = V_{\text{term}}(n) * 2^{nb} / 5$$

Portanto, para 4 baterias tem-se a seguinte tabela:

n	S (Vmin)
1	120 mv
2	240 mv
3	360 mv
4	480 mv

Pode-se verificar que a Sensibilidade do Conversor Analógico não influi no resultado, pois a variação mínima para mudar um dígito é diretamente proporcional ao número de baterias e, portanto, é fixo em termos percentuais em 1%, para qualquer caso que envolva ADC.

$$S = 1\% \quad , \text{ para } n \text{ baterias}$$

Este erro é tolerável.

Caso B)

O Erro de Quantização é um erro inerente do conversor ADC e não

pode ser mudado. Este erro é de  $\pm 1$  LSB (Low Signal Bit), o que significa, em termos de tensão, 20 mV.

O equacionamento utilizado para calcular a tensão da bateria descrito anteriormente, será utilizado aqui para calcular o erro de quantização. Se,

$$V_{bat1} = VB1 \pm 1LSB$$

$$V_{bat2} = 2 * (VB1 \pm 1LSB) - (Vb2 \pm 1LSB)$$

$$V_{bat3} = 3 * (VB3 \pm 1LSB) - 2 * (Vb2 \pm 1LSB)$$

$$V_{bat4} = 4 * (VB4 \pm 1LSB) - 3 * (VB3 \pm 1LSB)$$

Assim, o Erro de Quantização (EQ) será, respectivamente,

$$EQ(1) = \pm 1LSB \text{ e } |EQ(1)| = 2$$

$$EQ(2) = \pm 3LSB \quad |EQ(2)| = 6$$

$$EQ(3) = \pm 5LSB \quad |EQ(3)| = 10$$

$$EQ(4) = \pm 7LSB \quad |EQ(4)| = 14$$

A faixa de erro cresce ainda mais, e cresce também com o número de baterias, de acordo com a seguinte expressão:

$$EQ(n) = 4 \cdot n - 2 \quad (lsb)$$

Em relação à tensão nominal (2.0 v/e) de entrada do ADC, que é a tensão nominal sobre o qual o controle agirá, tem-se um erro de quantização (EQ) que cresce muito com o número de baterias:

$$EQ(n) = \frac{(4 \cdot n - 2) \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 100$$

Portanto, para cada bateria tem-se um erro percentual diferente e crescente com o número de baterias colocadas em série.

Como exemplo, o EQ de doze baterias colocadas em série, tem como erro da 12ª bateria,

$$EQ(12) = 46 \%$$

Conclui-se que, em função do erro de quantização inerente ao Conversor Analógico Digital e em função do algoritmo proposto, foi descartada a possibilidade de se utilizar este método para o controle da tensão de um banco de baterias, ainda mais que se necessitaria uma precisão de controle de 5 mV, já que a temperatura influencia a tensão da bateria nesta ordem de grandeza a cada variação de 1 grau centígrado.

#### 4.4 - CIRCUITO DE LEITURA DE TENSÃO EM ANEL

Este circuito visa criar um sistema de leitura de tensão expansível para n baterias, na forma de anel, isto é, após a leitura da primeira bateria, o circuito de leitura da primeira bateria dispara o início da leitura da segunda bateria, e assim sucessivamente, até a última bateria. A idéia básica é gerar uma largura de pulso proporcional à tensão da bateria e disparar um contador interno de tal forma que se tenha uma contagem proporcional à largura do pulso.

##### 4.4.1 - CIRCUITO EM ANEL

O sistema é mostrado em diagrama de blocos abaixo:

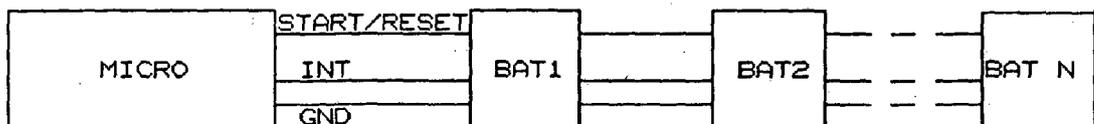


Fig 4.3 - Diagrama de blocos do Circuito em Anel

O microcomputador dará o sinal de partida (START) por software e os

demais sinais serão gerados por hardware a fim de ser possível a sincronização, e após a última leitura, novamente será dado um sinal por software para reinicializar todo o sistema de leitura.

O sistema apresenta pouca fiação entre baterias e entre bateria e microcomputador, necessitando somente de três fios: START/RESET, INT1, E GND. Pode-se considerar este sistema como sendo um sistema de leitura de tensão em cascata, isto é, necessita somente habilitar a leitura da primeira bateria. A leitura da segunda bateria será habilitada após ao término da primeira bateria, e assim sucessivamente até a última bateria. Então o sinal de START é erguido ao nível lógico um e todo o sistema é reinicializado, estando apto a mais um ciclo de leitura.

O circuito é composto basicamente de um circuito gerador de rampa sincronizada com um contador interno, um comparador, um monoestável e um circuito de sincronismo. Cada circuito para a leitura da bateria será isolado entre si e entre o microcontrolador por meio de isoladores óticos. A rampa é disparada sincronamente com o contador interno e, ao encontro da rampa com o valor cc das baterias vindo de um divisor resistivo, ocorre um sinal de interrupção da contagem e ao mesmo tempo dispara a próxima rampa do circuito seguinte.

O diagrama de blocos é mostrado abaixo:

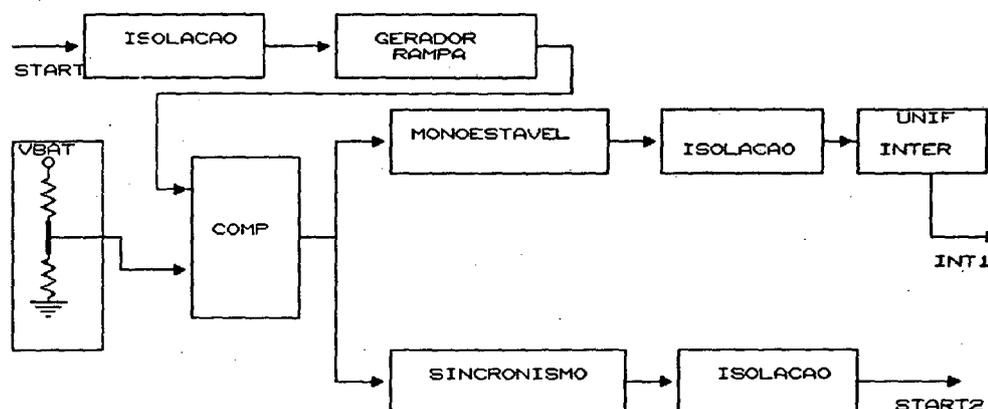


Fig 4.4 - Circuito por bateria do Sistema Anel

Cada placa vai ter uma fonte independente de alimentação do circuito de leitura da tensão da bateria, e será alimentado pela própria bateria. O circuito de sincronismo entre o início da leitura da rampa com o início da contagem do contador interno 1 do microcomputador 8031, apropria-se de uma característica intrínseca do uC 8031 e compatíveis: a descida do pulso habilitadora da interrupção pára o contador interno e a subida do pulso da interrupção reinicia a contagem. Isto possibilita um sincronismo gerado apenas por hardware interno do 8031.

A largura do pulso do monoestável 74122 determina o tempo que estará disponível para tratar, dentro das interrupções, as leituras efetuadas.

De acordo com o manual do uC 8031, tem-se o seguinte diagrama de blocos do contador interno no modo 1 ( 16 bits) :

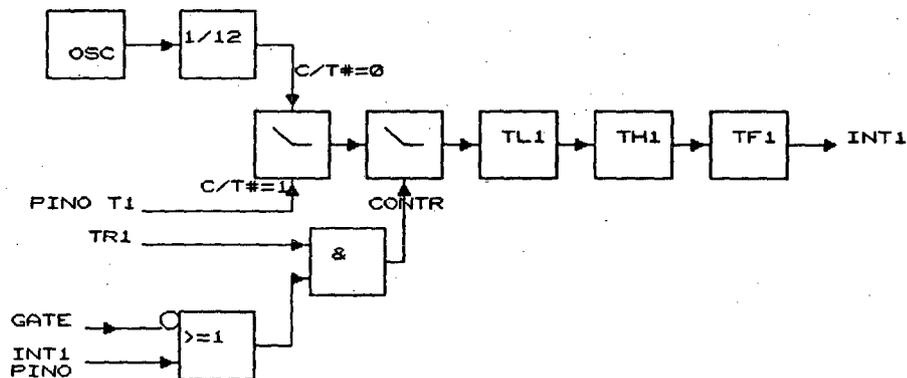


Fig 4.5 - Contador Interno no modo Um

Assim mantem-se TR1 alto e GATE alto durante todo o processo de leitura, sendo que o controle da chave será feito somente pela interrupção. Quando a interrupção está em nível baixo, o controle abre a chave e desativa a contagem. Quando este sinal vai para alto, reinicia a contagem do valor em que este parou.

Por último, o circuito unificador das interrupções baseou-se na necessidade de ter em um único fio vários sinais. A solução encontrada foi fazer uma porta AND , aproveitando-se do transistor de saída do fotoacoplador. O circuito é apresentado na figura 4.6.

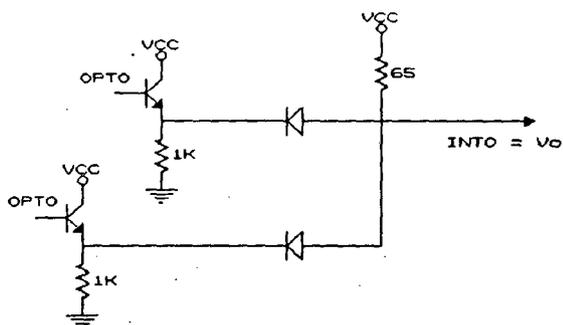


Fig 4.6 - Circuito Unificador de Interrupções

Quando T1 e T2 estiverem conduzindo, Vo será igual a Vcc. Quando T1 ou T2 estiverem conduzindo, Vo será igual a GND. Não acontecerá o caso em que T1 e T2 estão cortados ao mesmo tempo.

As formas de onda principais deste circuito são apresentadas na figura 4.7.

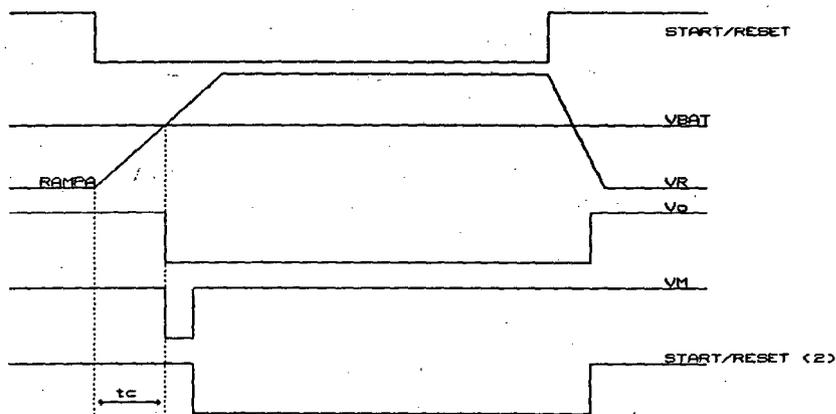


Fig 4.7 - Formas de Onda do Circuito em Anel

#### 4.4.2 - VISÃO GERAL DO SISTEMA

É representada na figura 4.8 uma visão geral do sistema para o caso de três baterias, onde tem-se o circuito 1 acionando o circuito 2 e o circuito 2 acionando o circuito 3, mostrando que o sistema funciona em forma de anel, fechando a malha com a última bateria.

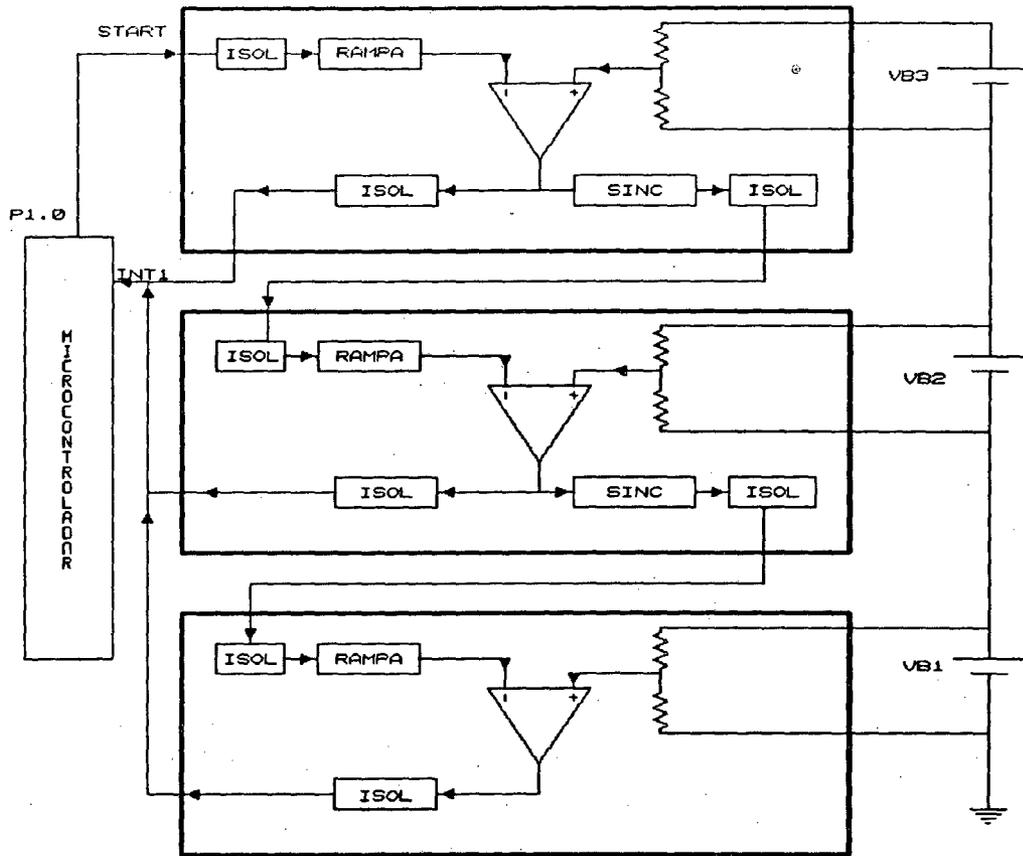


Fig 4.8 - Visão Geral do Sistema de Leitura em Anel

#### 4.4.3 - CONCLUSÃO

Na prática obteve-se uma precisão muito boa entre diferentes leituras em 16 bits, ocorrendo uma variação de, no máximo 3 bits no byte menos significativo, o que não compromete a resolução obtida em oito bits, que é de 3,9 mV/bit.

A principal desvantagem é gerado pela diferença entre componentes de um mesmo lote (capacitores, resistores, etc...), que foram os responsáveis pela geração de diferentes inclinações na rampa, obrigando-se a trabalhar com uma inclinação média no cálculo da tensão, tornando o software mais difícil de ser realizado.

As vantagens deste método são claras sobre o método tradicional, pois é mais preciso e não acumula erro de leitura em função do algoritmo utilizado e em função da isolação entre os "terras" de cada bateria. O algoritmo de cálculo da

tensão produz independência entre leituras, não levando o erro de uma leitura na determinação da outra.

#### 4.5 - CIRCUITO DE LEITURA DE TENSÃO MISTO

Este circuito procura aliar as vantagens dos circuitos de leitura em anel e o circuito convencional adaptado, ou seja, precisão e rapidez de leitura. Porém, o motivo principal da troca da maneira de se medir a tensão CC das baterias é a presença de ruídos na frequência de chaveamento do conversor Boost a ser controlado pelo microprocessador, o que tem tornado impraticável o circuito em anel, visto que o mesmo não é isolado das baterias.

Esta nova concepção de leitura se baseou nos seguintes critérios:

- Isolar a tensão CC das baterias;
- Filtrar a tensão CC, eliminando o ruído;
- Utilizar o Conversor Analógico Digital para efetuar as leituras;
- Desenvolver um circuito de multiplexação analógica de sinais para poder utilizar o Conversor A/D de uma única entrada e efetuar 14 medidas;
- Ter rapidez de conversão na ordem de 200 microssegundos;
- Ser facilmente expandível para n baterias.

A seguir descreve-se como foram alcançados estes requisitos.

##### 4.5.1 - O CIRCUITO

O circuito de leitura de tensão da bateria é composto dos seguintes elementos principais, mostrados na figura 4.9: um fotoacoplador trabalhando na região linear, ajustado para ter uma relação de tensão de entrada por tensão de saída a mais linear possível, um filtro sintonizado em 1 Hz com -40 Db/déc de inclinação, chaves analógicas para realizar a multiplexação e um circuito de comando destas chaves, o conversor analógico-digital e o microcontrolador 8031.

O microcontrolador é o responsável pela "autorização" ao circuito de seleção para que este, através do circuito de comando, selecione a chave pretendida. O

micro também determina qual medida será lida, através do comando de uma de suas portas de saída; é responsável pela inicialização do Conversor A/D e recebe dele um pulso indicativo de que ele terminou a operação de conversão. O micro então lê o barramento de dados e seleciona a próxima leitura. Este processo se repete até que ele tenha feito todas as leituras.

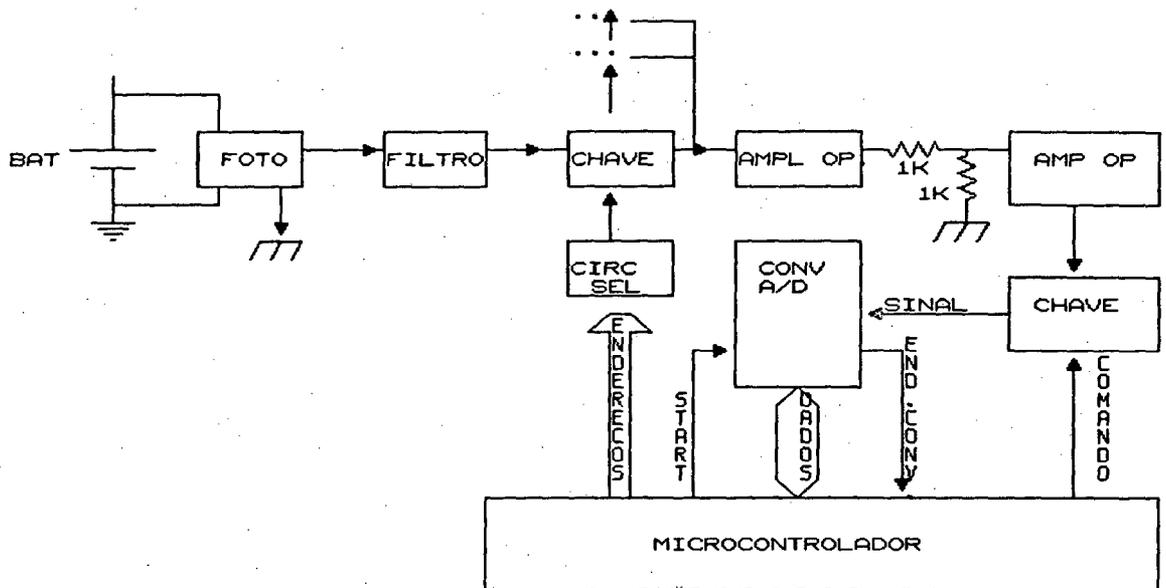


Fig 4.9 - Circuito de Leitura Misto

#### 4.5.2 - CARACTERÍSTICA DO FOTOACOPLADOR 4N25

Polarizando adequadamente o fotoacoplador 4N25 para que este trabalhe na região linear, consegue-se obter uma característica de saída praticamente linear, porém com inclinação negativa.

O circuito mostrado na figura 4.10 foi ensaiado para valores de relação de transferência 12:5 ,12:6 ,12:7, 12:8 , sendo que se mostrou mais linear para a relação 12:7, como pode ser visto pelo gráfico da figura 4.11.

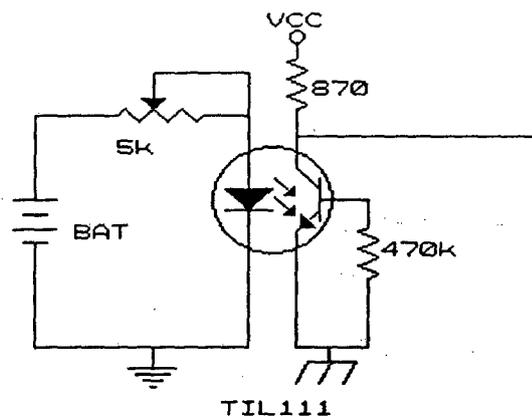


Fig 4.10 - Circuito Básico com fotoacoplador

BAT	12:8	12:7	12:6	12:5
8.0	9.63	9.02	8.33	7.72
8.5	9.42	8.76	8.06	7.37
9.0	9.19	8.51	7.76	7.05
9.5	9.01	8.26	7.45	6.70
10.0	8.8	8.0	7.17	6.37
10.5	8.60	7.76	6.88	6.04
11.0	8.40	7.50	6.6	5.70
11.5	8.19	7.25	6.31	5.40
12	8	7	6	5
12.5	7.77	6.72	5.69	4.76
13	7.55	6.48	5.4	4.49
13.5	7.33	6.23	5.13	4.26
14	7.13	6.01	4.86	4.11
14.5	6.91	5.77	4.62	4.00
15	6.71	5.54	4.39	3.91
15.5	6.52	5.31	4.22	3.84
16	6.34	5.12	4.10	3.78

Apresenta-se uma tabela e seu respectivo gráfico, o qual ilustra a realidade da leitura. O gráfico 4.12 mostra a tensão da bateria e a tensão lida pelo conversor analógico-digital, e serve de base para a determinação da tensão da bateria após conhecido o valor lido pelo microcontrolador.

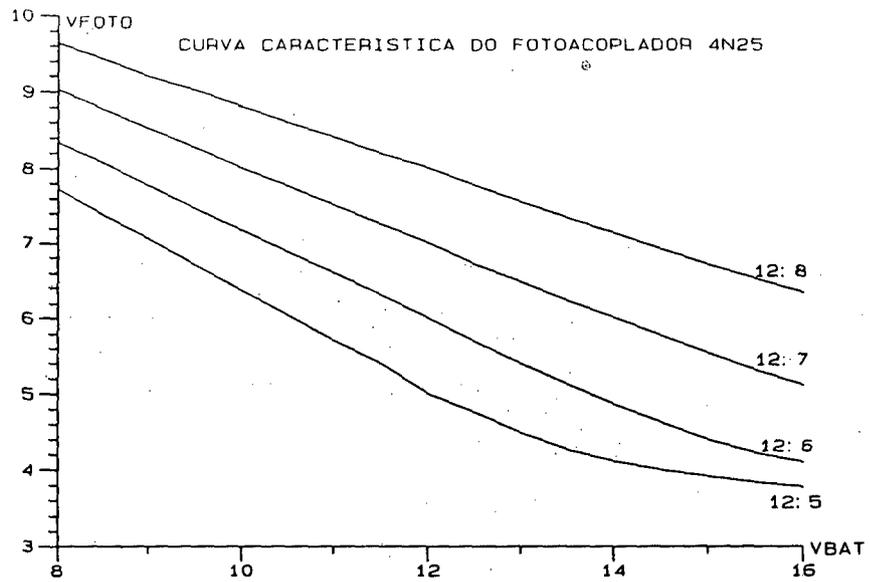


Fig 4.11 - Tensão Foto x Tensão bateria

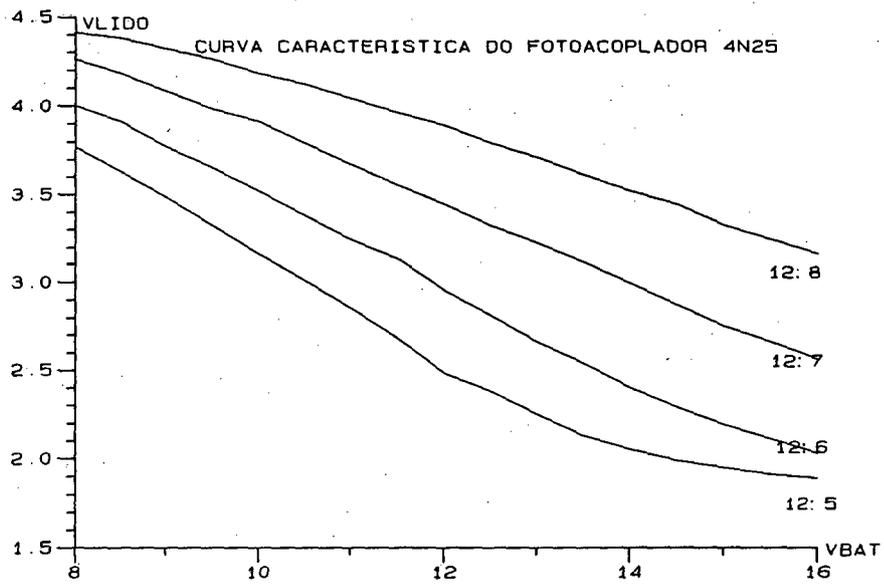


Fig 4.12 - Tensão Lida ADC x Tensão da bateria

VBAT	12:8	12:7	12:6	12:5
8.0	4.41	4.26	4.00	3.77
8.5	4.38	4.18	3.91	3.63
9.0	4.32	4.08	3.77	3.48
9.5	4.26	3.98	3.65	3.32
10.0	4.18	3.91	3.52	3.16
10.5	4.12	3.79	3.38	3.01
11.0	4.04	3.67	3.24	2.85
11.5	3.96	3.55	3.13	2.68
12	3.89	3.44	2.95	2.48
12.5	3.79	3.32	2.81	2.38
13	3.71	3.22	2.66	2.25
13.5	3.61	3.11	2.54	2.13
14	3.52	2.99	2.40	2.05
14.5	3.44	2.87	2.29	1.99
15	3.32	2.75	2.19	1.95
15.5	3.24	2.66	2.11	1.91
16	3.16	2.56	2.03	1.89

A partir destes valores foi criada uma tabela que relaciona a tensão da bateria com um valor em hexadecimal, porém já foi feita a conversão da inclinação negativa do fotoacoplador para uma inclinação positiva, para facilitar a execução do controle.

#### 4.5.3 - FILTRO RC

O filtro foi projetado em função dos ruídos gerados pelo chaveamento do conversor Boost. Está sintonizado em 1 Hz, com uma inclinação de -40 Db/déc, assegurando que somente o valor CC das baterias deve passar, atenuando as médias e altas frequências.

O filtro é calculado pela conhecida fórmula:

$$F_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

Assim, R = 150 Komhs e C = 1uF.

#### 4.5.4 - CIRCUITO DE SELEÇÃO E COMANDO

Este circuito tem a função de determinar qual bateria o micro deseja ler, e acionar o comando da chave analógica. Ele é composto de um Flip-Flop tipo D e um driver elevador de tensão, como é mostrado na figura 4.13.

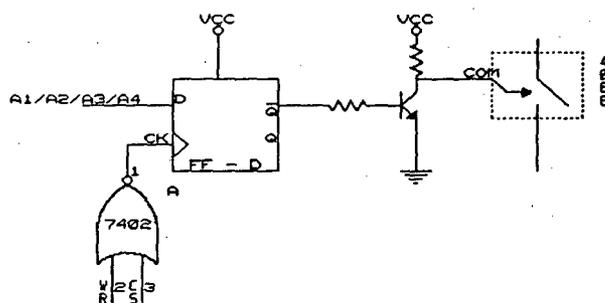


Fig 4.13 - Circuito Básico de Seleção

Neste caso, D é uma das entradas do barramento de endereços do micro e o "clock" é determinado por uma lógica "E" entre o Sinal de "Chip-Select - CS" e o sinal de "WR", que é um sinal de escrita do microcontrolador.

#### 4.5.5 - VISÃO GERAL DA SELEÇÃO DA LEITURA

O microcontrolador é o coração deste sistema, sendo o responsável pela seleção direta, no caso da determinação da leitura de corrente, tensão ou temperatura, e no caso indireto em que ele apenas determina qual bateria será lida. Pode-se observar que o microcontrolador determina diretamente pelas portas P1.0, P1.1 e P1.2 o que será lido no momento, isto é, corrente, tensão ou temperatura. O circuito descrito na seção anterior é multiplicado por 12, e é o responsável direto, junto com o microcontrolador, de selecionar qual tensão será lida pelo

conversor A/D. Este sistema é apresentado na figura 4.14.

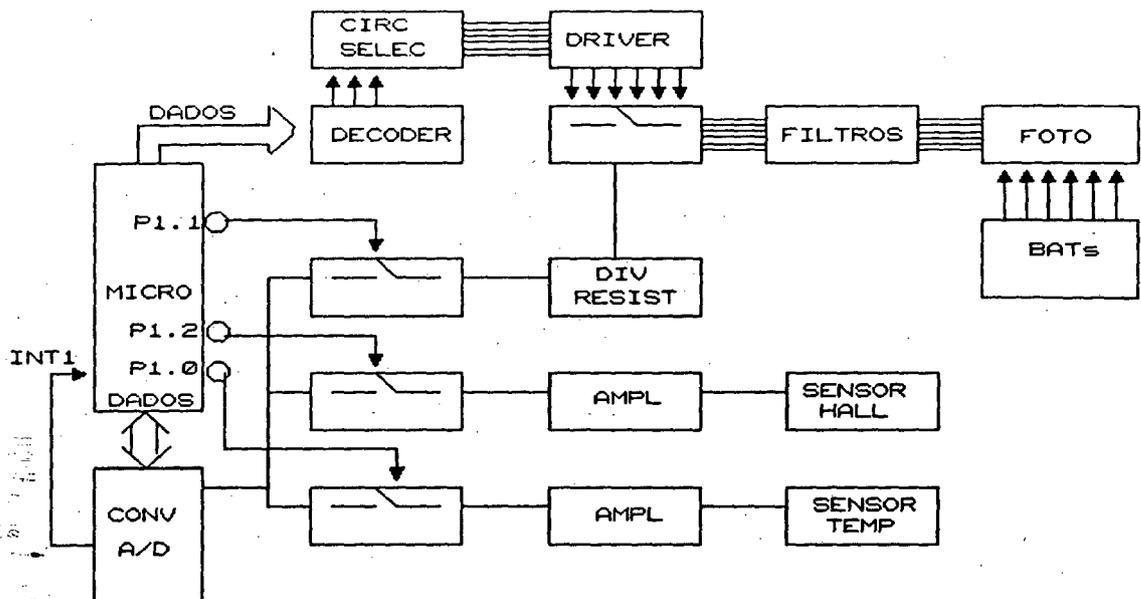


Fig 4.14 - Visão Geral do Circuito de Leitura

Na análise do circuito de leitura de tensão mostradas pela curva da figura 4.12, observa-se a seguinte relação matemática entre a tensão da bateria e a tensão lida pelo conversor A/D, obtida por regressão linear:

$$V_{bat} = -4.57 \cdot V_{lido} + 27.67$$

Desta forma determina-se os valores hexadecimais em que o controle se baseará:

$$\text{Tensão Final de Recarga (VFR)} = (CD)_h$$

$$\text{Tensão de Flutuação (VFL)} = (A8)_h$$

$$\text{Tensão Mínima (Vmin)} = (50)_h$$

O circuito completo que foi usado para realizar a seleção da leitura das baterias é mostrado na figura 4.15, usando três conjuntos de chaves analógicas 4066 para selecionar a bateria a ser lida, com seus detalhes mostrados nas figuras 4.16 (fotoacoplador e filtro) e 4.17 (circuito Driver).

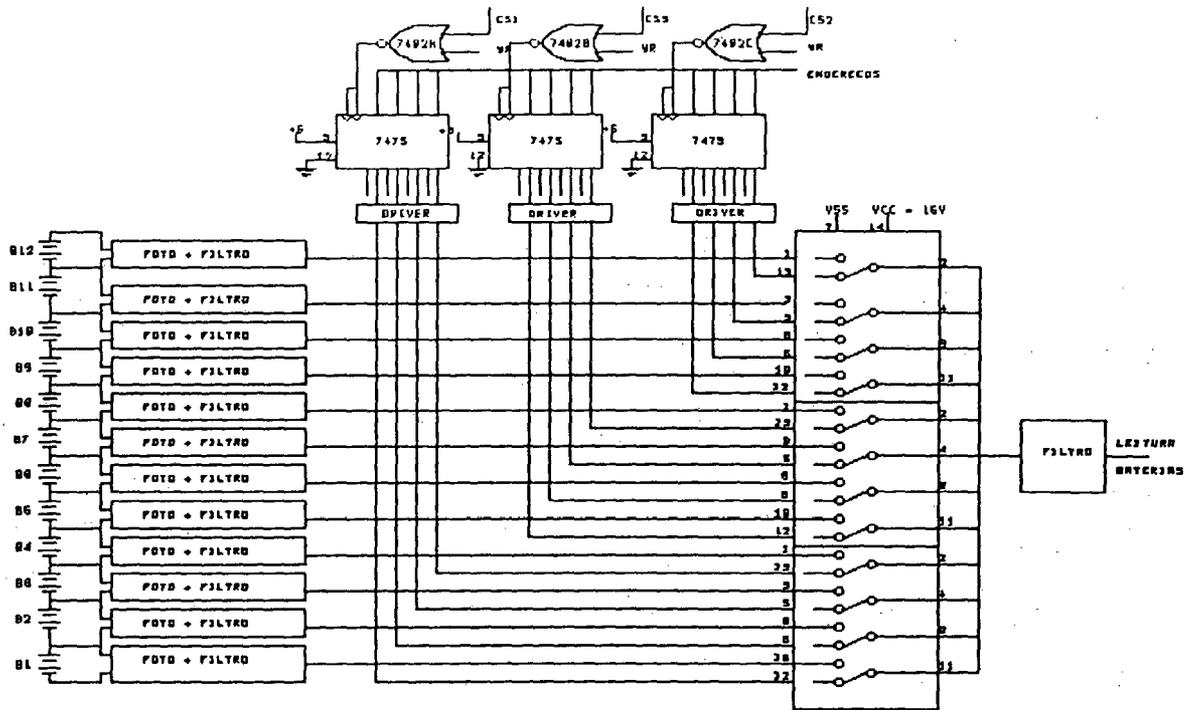


Fig 4.15 - Circuito de Seleção das Baterias

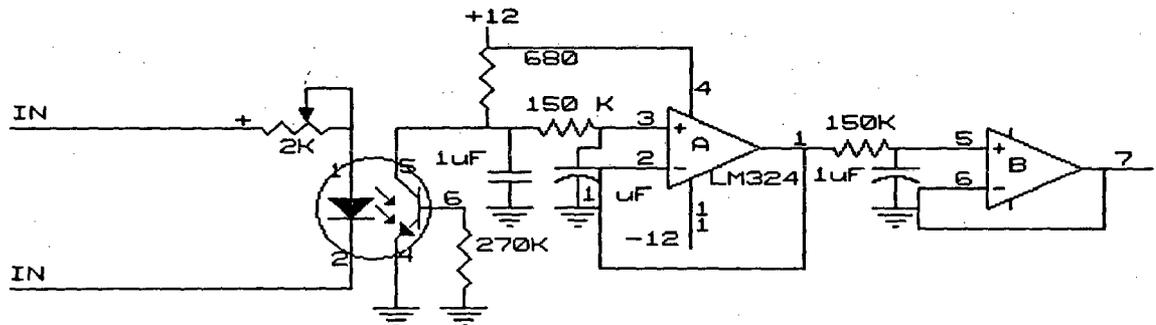


Fig 4.16 - Conjunto Fotoacoplador + Filtro

#### 4.6 - CONCLUSÃO

Em virtude dos ruídos provocados pelo Conversor Boost associado, optou-se pelo circuito de leitura de tensão misto, que apresenta uma precisão de

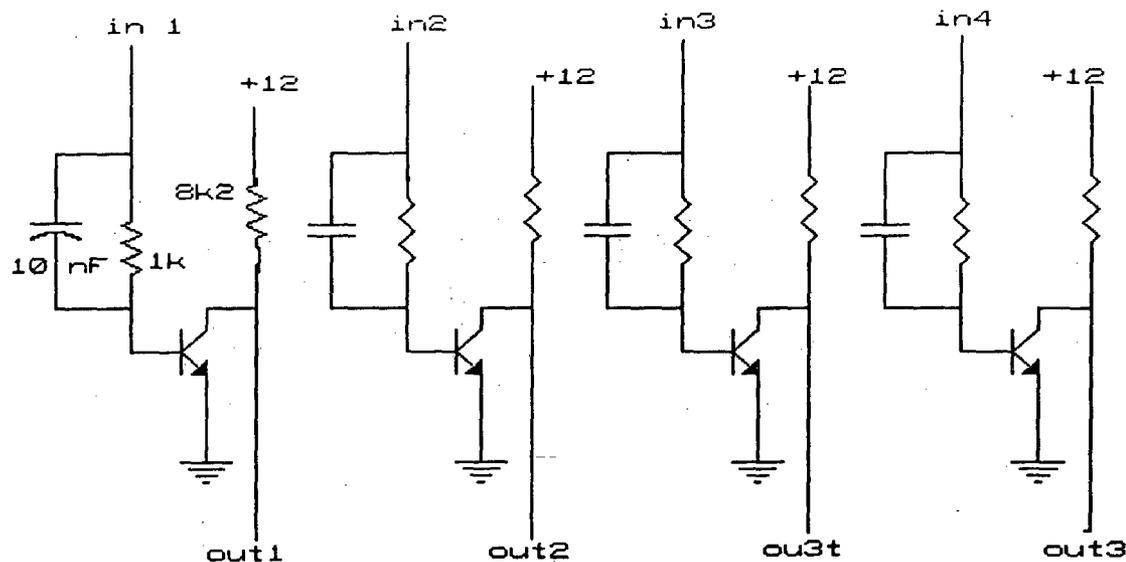


Fig 4.17 - Driver : Circuito Elevador de tensão 5V - 12V

leitura de 20 mV/bit por elemento da bateria, em torno de 4 vezes menor que o

circuito em anel. Esta opção foi em função da interferência magnética provocado pelo circuito de potência ( ver Apêndice I ).

Este circuito também é modular e expandível para "n" baterias, como foi o pretendido. Outra vantagem é que este circuito lê todas as baterias em torno de 2 ms, enquanto o outro pode chegar a 32 ms. E por fim, conseguiu-se obter um circuito de custo menor em função do conversor analógico-digital de uma única entrada, expandível para n baterias.

## CAPITULO V

### CIRCUITOS DE LEITURA DE CORRENTE, TEMPERATURA, SINCRONISMO E GANHO DIGITAL

#### 5.1 - INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é mostrar como foram desenvolvidos os diferentes circuitos para leitura da corrente na bateria, sua temperatura e o circuito de envio de uma "palavra" digital que controlará o conversor Boost [10]. Foi projetado ainda um circuito de sincronismo com o zero da rede, com o objetivo de sincronizar a ação do controle.

#### 5.2 - CIRCUITO DE LEITURA DE CORRENTE (CLC)

O CLC valeu-se do uso de um Sensor de Efeito Hall, o qual transforma a corrente que circula na bateria em uma tensão proporcional a esta corrente. Sua utilização se deu devido a sua característica de ser uma medida isolada, necessária neste projeto, e em função da alta fidelidade na forma de onda da corrente. Um transformador não poderia ser usado porque não é possível medir corrente contínua, e o uso de Resistor "Shunt", de 15 A/60mV, também não, pois o mesmo não possibilita isolamento entre terras. O conversor Analógico-Digital é o elemento transdutor nesta medida.

O CLC atua amostrando continuamente a corrente através do uso do filtro de saída, que atua como um filtro passa baixa sintonizado em 1 Hz, eliminando possíveis ruídos provocados pelo Conversor Boost, e ainda sendo um detector de valor médio, como se vê na figura 5.1. Apesar da amostragem ser contínua, a leitura da corrente se dá quando a chave é comandada a fechar, através do microcontrolador. Em seguida o microcontrolador comanda o conversor A/D para iniciar a conversão e aguarda o sinal de interrupção INT1, indicando o fim da conversão; então o microcontrolador lê o barramento de dados do ADC e executa a rotina de controle.

Como se verá adiante, usa-se a mesma entrada do conversor ADC 0804

para ler a temperatura. Assim, precisa-se de chaves analógicas para selecionar quem será lido.

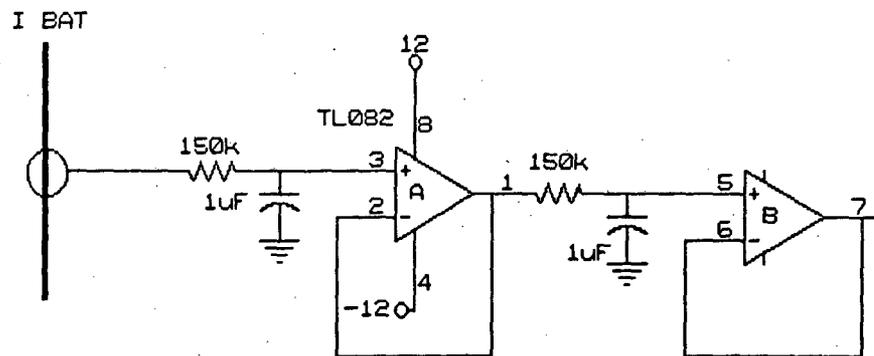


Fig. 5.1 - Circuito de leitura da Corrente

O amplificador operacional utilizado foi o TL082, que não necessita de ajuste de zero (offset) por ser de baixo valor e compensado internamente.

O comando do CLC será mostrado adiante, junto com o comando do circuito de leitura da temperatura.

Este circuito mostrou-se bastante preciso durante os testes efetuados com corrente constante, e com corrente senoidal com valor médio positivo, simulando o caso real.

### 5.3 - CIRCUITO DE LEITURA DA TEMPERATURA (CLT)

A medida da temperatura nas baterias é uma medida importante, visto que ela atua diretamente nas tensões de controle, com o objetivo de se propiciar um correto procedimento de carga. Para maiores detalhes, veja o capítulo I, tópico 1.3.6.

O CLT é composto do sensor de temperatura do tipo NTC - Negative Thermistor Coefficient - YSI 44202, e dos demais componentes mostrados na figura 5.2.

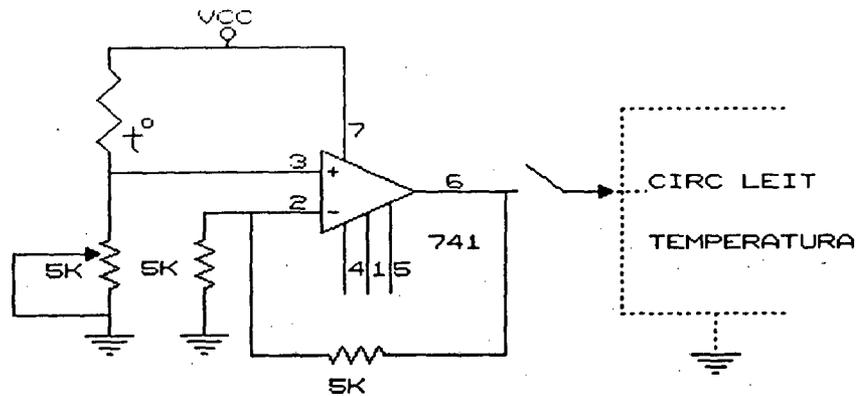


Fig 5.2 - Circuito Sensor de Temperatura

A saída do Amplificador Operacional tem uma tensão proporcional à temperatura, que será convertida num valor digital pelo ADC 0804 e será lido pelo uC 8031. Durante o controle o uC 8031 usará este valor de temperatura para determinar a tensão de flutuação e a tensão final de recarga de referência.

A curva Resistência versus Temperatura mostrada na figura 5.3 serve como base para o cálculo da temperatura.

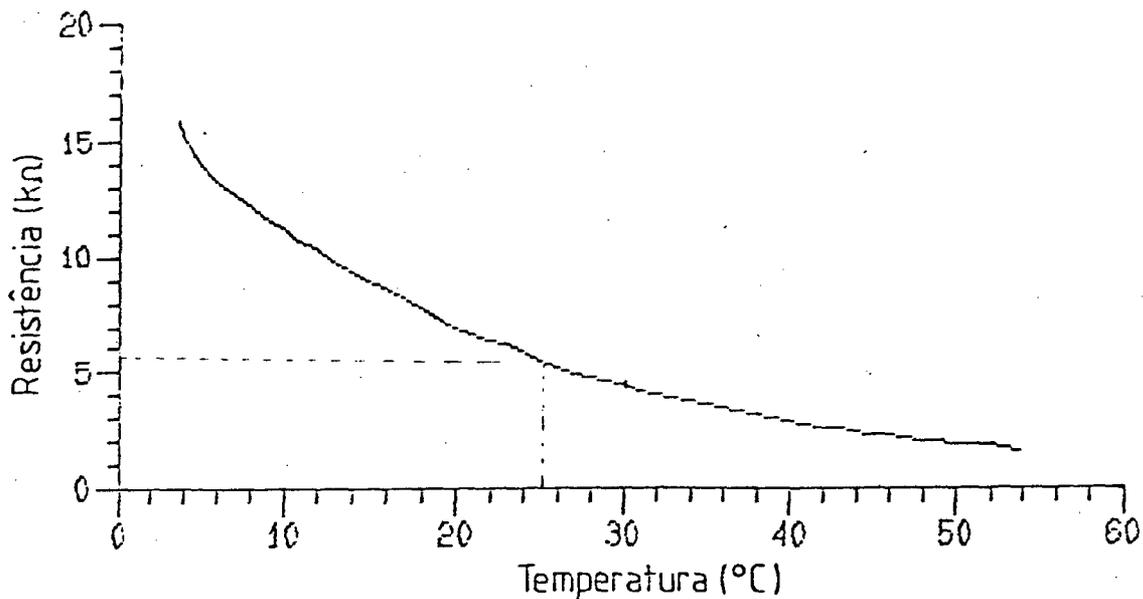


Fig 5.3 - Curva Resistência x Temperatura do NTC

O esquema do comando das chaves para o circuito completo que lê a corrente e a temperatura foi mostrado no capítulo anterior e é mostrado na fig 5.4.

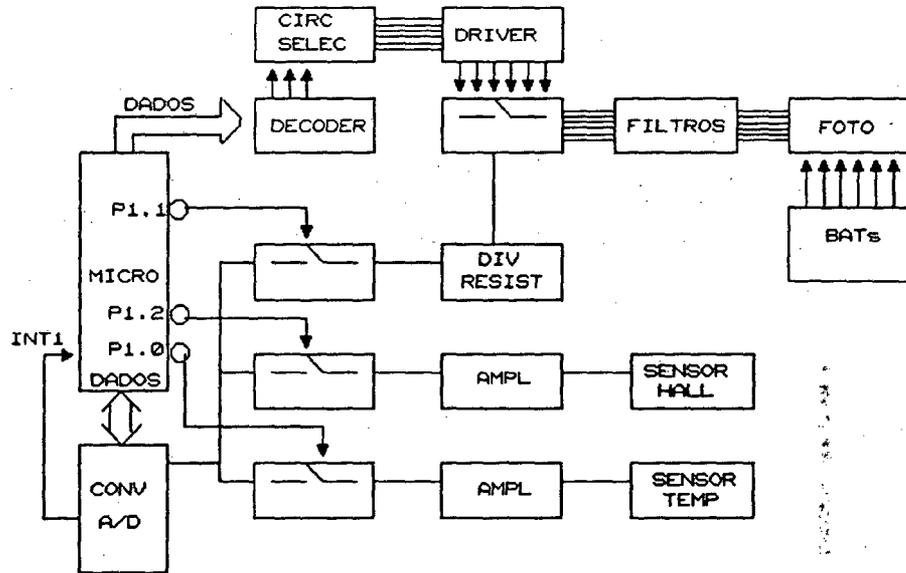


Fig 5.4 - Esquema de Comando para Seleção da Leitura

A interligação do CLC e CLT é feita através das chaves analógicas e são comandadas de forma independente pela porta P1.2 e P1.0 do microcontrolador.

Este Circuito foi organizado desta maneira para permitir o uso do ADC 0804 de uma única entrada.

#### 5.4 - CIRCUITO DE SINCRONISMO E FALTA DE REDE (CSFR)

O CSFR é o elemento sincronizador do comando do ganho digital CN, enviado a cada passagem por zero da rede de entrada, bem como é o responsável pela detecção da ausência da rede e do seu retorno. Devido a existência de apenas 2 interrupções por hardware, uma delas usadas para a detecção do zero da rede e a outra usada para determinar o fim da conversão A/D, foi necessário usar ao máximo os recursos de software.

O circuito usa o Comparador LM 311 para gerar a interrupção zero e é mostrado na figura 5.5.

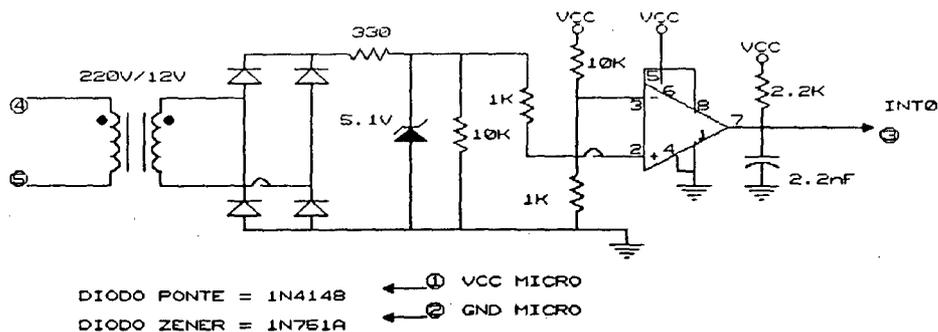
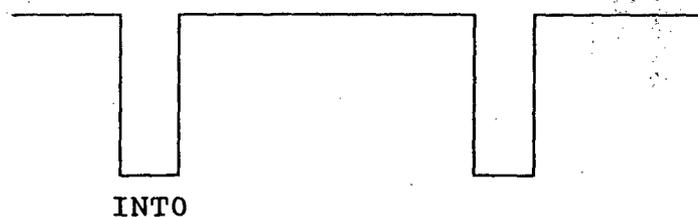


Fig 5.5 - Circuito de Sincronismo

A detecção da ausência/presença da rede é feita através do seguinte sinal gerado pelo CSFR:



Quando ocorre a interrupção, o contador interno T0, no modo 1 (contador de 16 bits), começa a contar desde 55.536 (D8F0) até 64.536 (FC18), quando ocorre a próxima interrupção, inicializando o contador e impedindo que o mesmo chegue até 65.536 (FFFF). Se houver falta de rede, não ocorrerá uma próxima interrupção para impedir que o contador chegue ao final da contagem. Logo, haverá um pedido de interrupção para o uC 8031 por "estouro" do contador interno T0. A interrupção desvia o programa para uma rotina onde será setado o flag de ausência de rede. Ao retornar a rede, este Flag será zerado evidenciando a presença da rede.

O CSFR se mostrou confiável e também vantajoso, principalmente no sentido inverso, isto é, detectar o retorno da rede, permitindo ao comando mudar de estratégia.

### 5.5 - CIRCUITO PARA INTERFACE DE DADOS DIGITAL (CIDD)

O objetivo deste circuito é receber os dados do barramento de dados e enviá-los para a sua saída durante um pulso de comando. Ao extinguir o pulso de comando o circuito manterá a saída invariável ainda que varie a sua entrada. A saída deste circuito é do tipo "buffer".

O circuito usa o CI 7475 que tem internamente quatro flip-flop tipo "D", obedecendo a seguinte tabela verdade:

G	D	Q (SAIDA)
0	X	Qo
1	0	0
1	1	1

Onde G = gatilho ou "chip select".

D = dado.

Qo = saída igual a saída anterior.

Q = saída.

Como interface isoladora entre os dados do CI 7475, usou-se o integrado TIL 111 (fotoacoplador). O circuito é mostrado na fig 5.6.

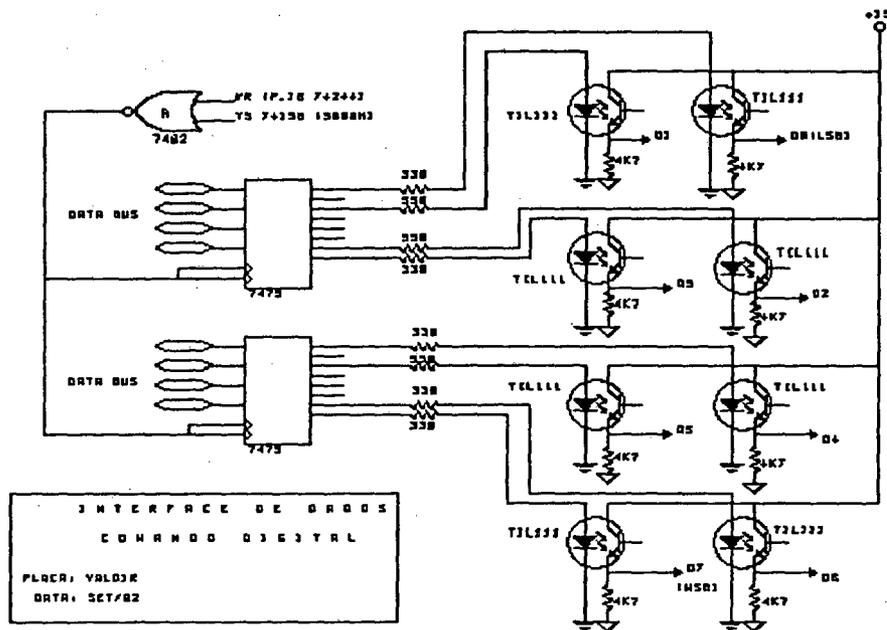


Fig 5.6 - Circuito de Interface de Dados Digital (CIDD)

Como lógica de comando, usou-se o pino Y3 do integrado 74138 associados ao pino WR do microcontrolador, numa configuração de lógica NOR, conforme mostrado na figura 5.6. Esta configuração permitiu alcançar os objetivos propostos inicialmente, isto é, de se obter a transferência dos dados somente durante um pulso de comando, mantendo a saída fixa durante o resto do tempo.

Este circuito servirá para enviar o ganho CN à placa de comando do circuito de potência exatamente no zero da rede, isto é, sincronizada com a rede principal. A rotina responsável pelo envio do ganho CN é a INTO.

## 5.6 - CONCLUSÃO

Neste capítulo evidenciou-se diversos circuitos que foram utilizados para fins de medição e controle. Os circuitos de leitura de corrente e temperatura foram desenvolvidos visando alcançar boa precisão e fidelidade no sinal, e os circuitos de controle (CIDD e CSFR) tinham o objetivo de serem confiáveis em seu funcionamento, a fim de evitarem transtornos no controle da estrutura. Estes objetivos foram plenamente alcançados.

## CAPÍTULO VI

### IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA EM ASSEMBLER DO 8031 E SUAS PRINCIPAIS ROTINAS

#### 6.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo cuidará da descrição do programa realizado, sendo este o principal responsável pela realização do controle da estrutura de potência. Entre outras coisas, está sob a responsabilidade do programa os seguintes tópicos:

- Leitura da tensão na bateria;
- Leitura da corrente na bateria;
- Leitura da temperatura na bateria;
- Detecção da presença/ausência da rede;
- Implementação das rotinas de controle;
- Envio de informações ao usuário;
- Sincronização da rede com o comando.

#### 6.2 - PRINCIPAIS ROTINAS

O software é composto do programa principal, dos subprogramas interrupção 0 (INT0), interrupção 1 (INT1), timer 0 (T0) e timer 1 (T1). A INT0 detecta a presença/ausência da rede, a INT1 detecta o final da leitura do conversor A/D, a T0 é responsável pela contagem e determinação da ausência de rede, e a T1 é responsável pela geração de uma frequência de transmissão de dados (baud/rate) serial.

O Programa Principal tem a função de inicializar todas as variáveis e inicializar o próprio uC 8031. Após, ele se dedica a sua tarefa principal: ler a tensão média por vaso do sistema com 12 baterias. Faz uso do conversor ADC 0804 para obter o resultado da conversão da tensão em uma palavra de oito bits. Em seguida, trata de somar todos os valores obtidos através da sub-rotina SOMABAT e dividí-la pelo número de baterias na sub-rotina SDIV para obter a tensão média por vaso das baterias. Após esta etapa, lê a corrente e temperatura das baterias. Então se

comunica com o "mundo exterior" informando todo o "status" do programa.

Dentro da sub-rotina da INTO é feito o cálculo e o envio do ganho CN, o qual determinará o controle de fluxo de potência do conversor Boost Isolado [10], e dentro da interrupção do T0 é feita a detecção da presença/ausência da rede de energia principal.

Os diagramas de blocos destes sistemas são mostrados nas figuras 6.1, 6.2 e 6.3.

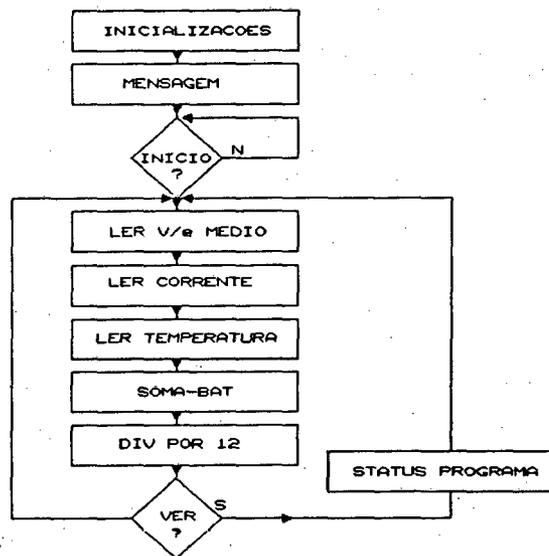


Fig 6.1 - Programa Principal

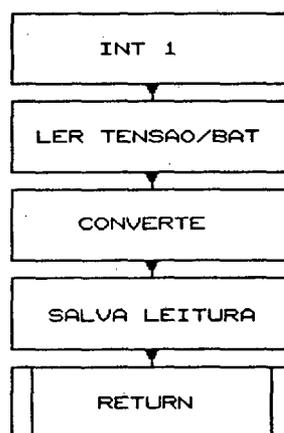


Fig 6.2 - Subprograma INT1

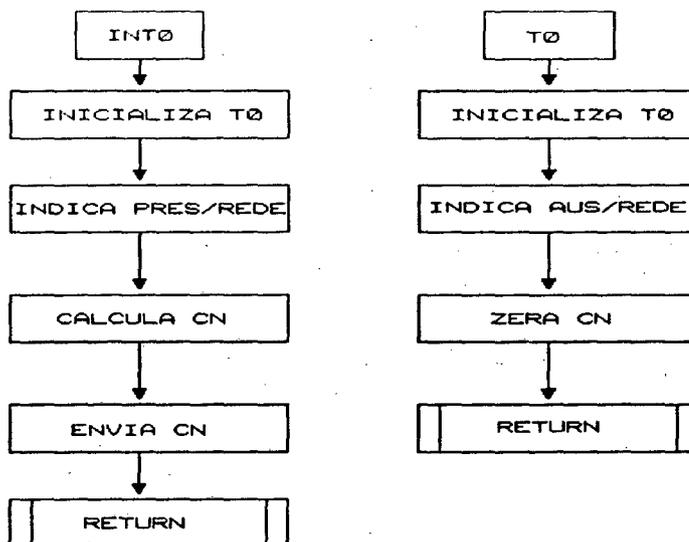


Fig 6.3 - Diagrama de Blocos da INT0 e T0.

## 6.3 - DESCRIÇÃO DO SOFTWARE RESPONSÁVEL PELO CONTROLE

### 6.3.1 - INTRODUÇÃO

O sistema de controle é o coração de todo um conjunto de objetivos. Ele é o responsável pela execução da lei de controle de carga de baterias escolhida anteriormente, bem como manter estável o circuito face à variações de carga e/ou variações da tensão da rede.

O tipo de controlador a ser utilizado é o controlador Proporcional - Integral, o qual tem a característica principal de ter erro estático nulo. O tempo de resposta e a presença de "Overshoot" são impostas pela variável "Kp", conhecido como Ganho Proporcional. O valor de Kp é limitado entre zero e um neste trabalho.

### 6.3.2 - ANÁLISE E EQUACIONAMENTO DO CONTROLE

Um sistema controlado por microcontrolador apresenta elementos contínuos e discretos no tempo, conforme a figura 6.5.

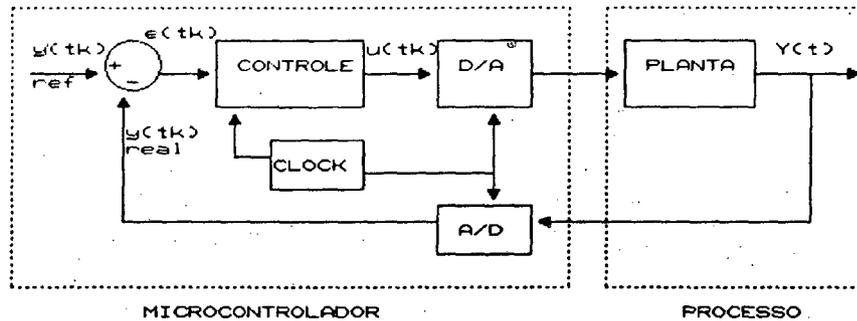


Fig 6.5 - Sistema de Controle por Microcontrolador

A saída

do bloco Planta  $y(t)$  é um sinal contínuo no tempo. A saída é convertida para a forma digital pelo conversor Analógico-Digital. O computador interpreta o sinal convertido  $\{y(t_k)\}$  como uma seqüência de números, que é processada por meio de algoritmos de controle. A saída é uma nova seqüência de números  $\{u(t_k)\}$ . Esta seqüência é então convertida para um sinal analógico através do Conversor Digital-Analógico. Os eventos são sincronizados pelo "clock" do computador, este operando de maneira seqüencial no tempo. Observa-se que o sistema opera em malha aberta entre a conversão A/D e a conversão D/A. A saída do conversor D/A é um sinal contínuo no tempo. Portanto, um sistema de controle baseado em computador possui sinais contínuos no tempo e sinais discretos no tempo.

Amostrar significa transformar um sinal contínuo no tempo em uma seqüência de números, os quais representam os valores do sinal contínuo num certo tempo  $t_k$ .

Um compensador PID no domínio do tempo tem a seguinte equação básica:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_i}{T_i} \int e(t) dt + K_d \cdot T_d \cdot \frac{d}{dt} * e(t) \quad (I)$$

Onde  $K_p$  = Ganho do Controlador Proporcional;

$K_i$  = Ganho do Controlador Integral;

$K_d$  = Ganho do Controlador Diferencial.

Transpondo para o domínio discreto, obtém-se:

$$u(k) = K_p \cdot e(k) + K_i \cdot \frac{T}{T_i} \cdot e(k) + K_d \cdot \frac{T_d}{T} \cdot [e(k) - e(k-1)] \quad (II)$$

Onde o primeiro termo significa a parte Proporcional, o segundo termo significa a parte Integral e o terceiro termo significa a parte Diferencial, em ambas as equações.

A equação anterior não é a maneira mais simples de se implementar um controlador, isto porque é necessário fazer a integração completa a cada  $u(k+1)$ . Entretanto, como já tem-se calculado até o termo  $u(k-1)$  da integração, usa-se o artifício matemático de subtrair da equação anterior o termo  $u(k-1)$ , sendo

$$u(k-1) = K_p \cdot e(k-1) + K_i \cdot \frac{T}{T_i} \cdot e(k-1) + K_d \cdot \frac{T_d}{T} \cdot [e(k-1) - e(k-2)] \quad (III)$$

Fazendo a diferença da equação II e III, tem-se:

$$u(k) - u(k-1) = e(k) \cdot K_1 + e(k-1) \cdot K_2 - e(k-2) \cdot K_d \cdot \frac{T_d}{T} \quad (IV)$$

onde

$$K_1 = K_p + K_d \cdot \frac{T_d}{T}$$

$$K_2 = K_i \cdot \frac{T_i}{T} - K_p - 2 \cdot K_d \cdot \frac{T_d}{T}$$

A equação IV é a equação que dá a forma geral para a implementação de um controlador PID digital.

No caso de se usar um controlador P.I., através das equações II e III,

desprezando-se o terceiro termo em ambas as equações, obtem-se a equação V da mesma maneira.

$$u(k) = u(k-1) + K_p \cdot e(k) + K_i \cdot e(k-1) \cdot \left[ \frac{T}{T_i} - 1 \right] \quad (V)$$

A equação V dá a forma geral do controlador pretendido neste trabalho.

Fazendo-se o período de amostragem igual ao período de integração, o terceiro termo da equação V desaparece. Logo:

$$u(k) = u(k-1) + K_p \cdot e(k) \quad (VI)$$

A equação VI é a que foi implementada, tanto para o controle da corrente quanto para o controle da tensão, trocando-se os termos em "u" para "cn". Assim,

$$CN = CN-1 + K_p \cdot Erro$$

onde:  $K_p$  = Ganho multiplicador do erro;

ERRO = Erro entre a tensão de referência e a tensão

Real. É considerado um valor com sinal;

CN-1 = Ganho digital anterior;

CN = Ganho atual.

O controlador integrador é implementado digitalmente por meio de software, associado a um conversor analógico-digital, o qual tornará possível interfacear o "mundo analógico" com o "mundo digital".

A figura 6.6 ilustra a ação do controle para uma entrada em degrau, para diferentes valores de  $K_p$ :

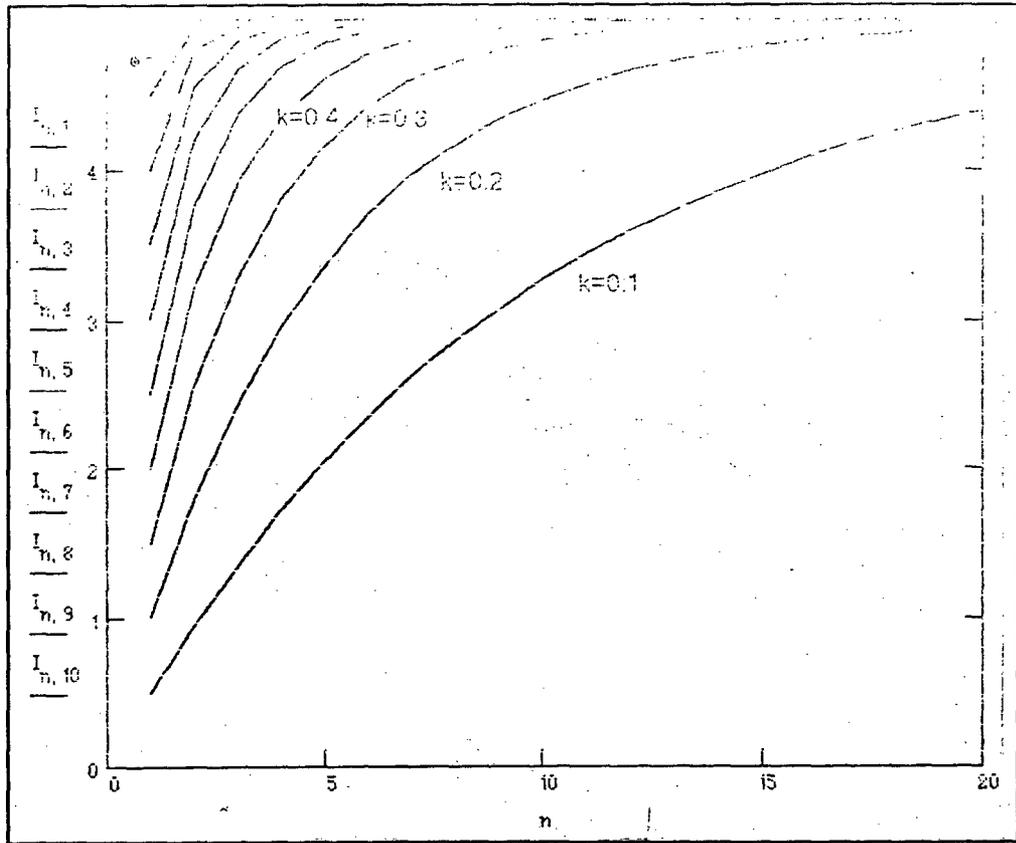


Fig 6.6 - Ação do Controle para diferentes valores de Kp

A implementação do Integrador para o controle da corrente é mostrada na figura 6.7.

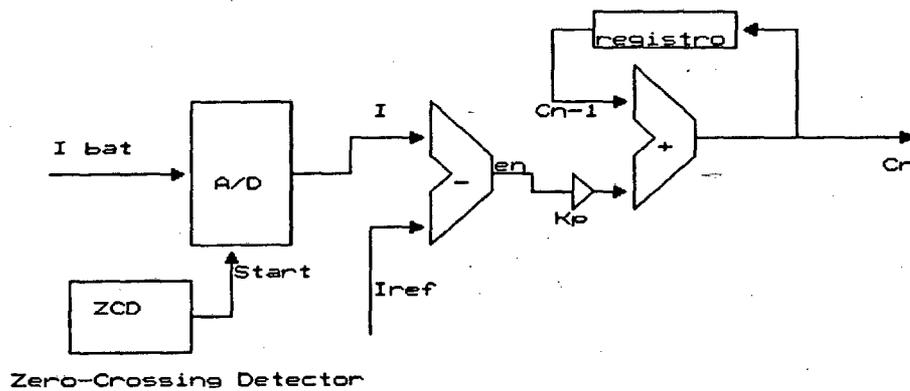


Fig 6.7 - Controle da Corrente

Quando o controle impor uma tensão fixa de saída, o diagrama de blocos mostrado na figura 6.8 ilustra o funcionamento do controle.

Usamos o conversor analógico-digital para ler a temperatura e o

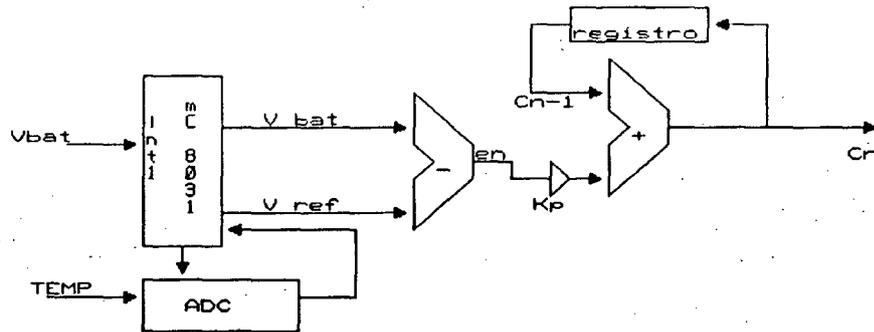


Fig 6.8 - Controle da Tensão

microcontrolador calculará a tensão de referência compensada (ver Cap I, tópico 1.3.3). O microcontrolador é o responsável direto pela leitura da tensão das baterias e também comanda a leitura da temperatura.

Cabe salientar que é incluído um sistema de detecção e correção quando houver "overflow" dos somadores, com o objetivo de prevenir uma operação errônea do controle.

O erro deve ser calculado entre o valor de referência e o valor real, tanto de corrente quanto de tensão.

O fluxograma geral do cálculo do ganho CN é apresentado na fig 6.9 e as variáveis ali apresentadas tem o seguinte significado:

Recarga = 01 : "Flag" indicando RECARGA;

Recarga = 00 : "Flag" indicando FLUTUAÇÃO;

RDIV : Resultado da Divisão. É a tensão/elem média real;

VMIN : Tensão/elem mínima da bateria;

VFLUT : Tensão de Flutuação de Referência;

RIREF : Registro de Corrente de Referência;

RIBAT : Registro de Corrente Real da bateria;

### 6.3.3 - CONCLUSÃO E EXEMPLO DE CONTROLE

A concepção deste programa baseou-se nas seguintes necessidades e/ou

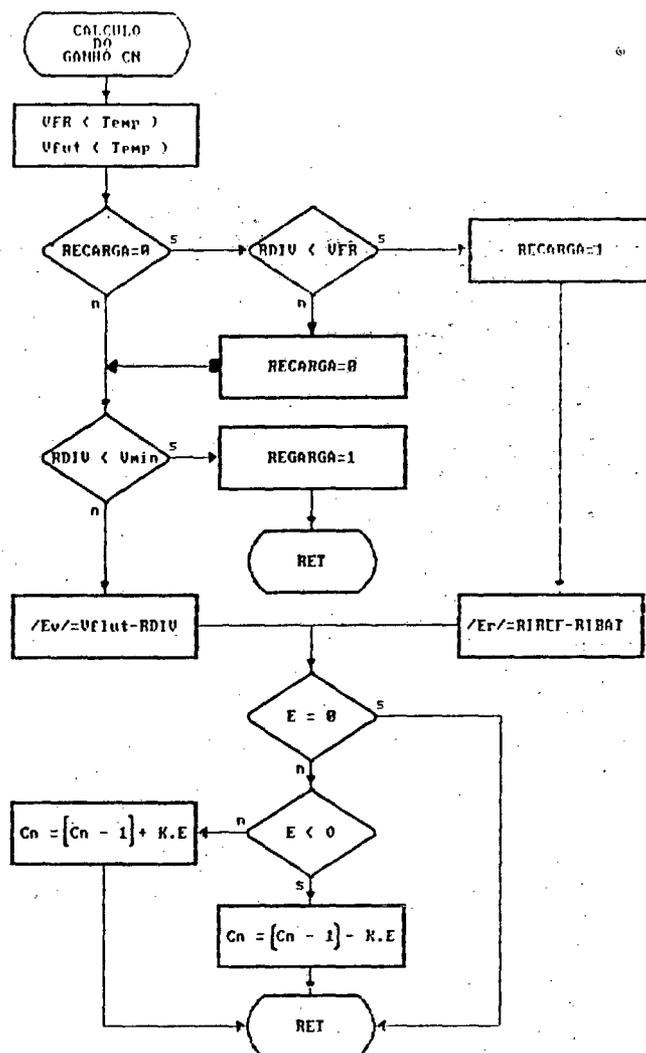


Fig 6.9 - Fluxograma do Controlador P.I.Digital

objetivos:

a) Pela necessidade de ter uma resposta mais rápida à variação da corrente de carga do que a resposta a uma variação da tensão de saída, já que esta última é bem mais lenta do que a primeira.

b) Objetivando o monitoramento contínuo e ininterrupto da tensão da bateria, independente da presença ou ausência da rede principal.

Estas características foram amplamente alcançadas pela forma como foram desenvolvidos os algoritmos dos programas principal, INTO, INT1 e TO.

A falta de interrupções forçou a necessidade de se valer de rotinas de software, destacando-se aqui a rotina da Timer 0 (T0), responsável pela detecção da presença/ausência da rede sem haver nenhum circuito de hardware adicional.

O comportamento do controle pode ser melhor entendido pela análise da figura 6.10.

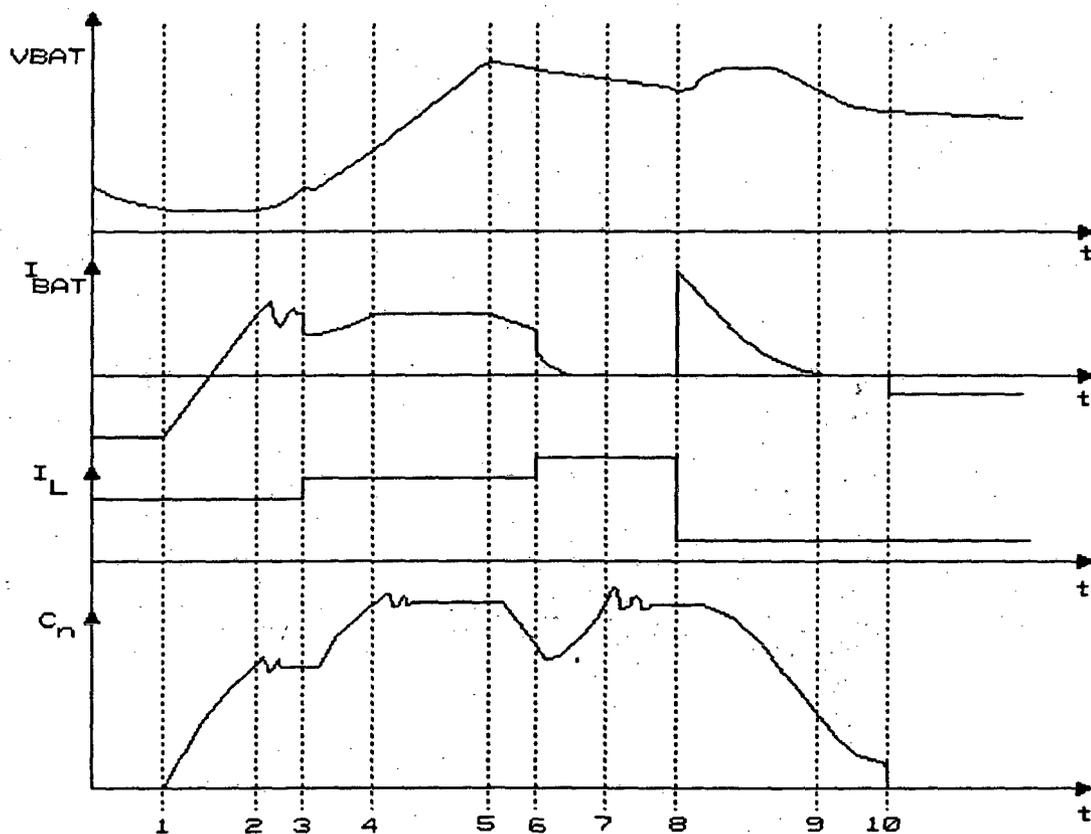


Fig 6.10 - Exemplo de Ação de Controle

Estas curvas tem o objetivo de elucidar o comportamento do controle, e descreve-se abaixo cada região.

0 - 1 : A bateria está fornecendo uma corrente para a carga e o conversor não está atuante;

1 - 3 : O ganho  $C_n$  aumenta até impor a corrente fixa na bateria. O conversor impõem uma corrente tal que é a soma da corrente na bateria mais a corrente necessária para alimentar uma carga;

3 - 4 : Houve um súbito aumento de carga, sendo que a bateria foi a

responsável pelo aumento da corrente na carga. O ganho  $C_n$  se eleva para permitir impor novamente a corrente de recarga na bateria;

4 - 6 : A tensão na bateria alcança seu valor máximo, e começa a entrar na fase da FLUTUAÇÃO. A corrente na bateria diminui pela diminuição do ganho  $c_n$ . A tensão cai um pouco;

6 - 7 : Ocorre um novo aumento de carga e o conversor alimenta sozinho a carga. A corrente na bateria é praticamente zero;

7 - 8 : A corrente chega a zero na bateria, mantendo a tensão de flutuação;

8 - 9 : Há uma súbita diminuição de carga. A bateria recebe esta diferença de corrente. O ganho  $C_n$  é comandado a decrescer até que a corrente na bateria novamente chegue próxima a zero e o conversor alimente, sozinho, a carga;

10 : Há uma falta de energia primária. Toda a corrente de carga é fornecida pela bateria.

Assim, pode-se ver que o controle responde lentamente às variações de corrente impostas pela mudança súbita de carga, porém, isto é plenamente aceitável em função do tipo de arranjo estrutural da UPS, sendo a bateria um elemento fundamental na estabilização deste tipo de controle. Para tanto, conclui-se por inferência que o controle é eficiente e é estável.

#### 6.4 - DESCRIÇÃO DO SOFTWARE "SOMABAT"

Desenvolveu-se um algoritmo de soma de 12 valores hexadecimais em oito (8) bits com resultado de 16 bits, composto pelo registrador R0 e ACC onde estão, respectivamente, o valor mais alto do byte e o mais baixo do byte (2x8 bits). Esta rotina é a responsável pela soma dos valores da tensão média da bateria por elemento.

O algoritmo empregado na fig 6.11 foi implementado em Assembly do 8031 listada abaixo. Esta rotina, bem como as que serão descritas a seguir, poderão ser usadas para futuros trabalhos.

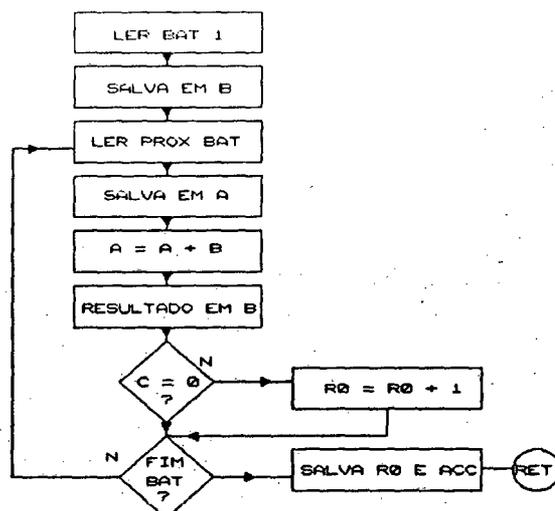


Fig 6.11 - Fluxograma da Sub-rotina "Somabat"

```

SOMABAT    MOV     R0, #00H
           MOV     R1, #IMC
           MOV     A, @R1
           MOV     B, A
           INC     R1
SOMA2     MOV     A, @R1
           CLR     C
           ADD     A, B      ;SOMA DE DUAS BATERIAS
           MOV     B, A      ;TRANSFERE RESULTADO P/ B
           INC     R1        ; PROX. BATERIA
           JNC     SOMA1
           INC     R0
SOMA1     CJNE    R1, #(NB+IMC), SOMA2      ; FIM DAS
BATERIAS? MOV     ADDLB, A
           MOV     ADDHB, R0
           RET
  
```

## 6.5 - DESCRIÇÃO DO SOFTWARE " R\_DIV"

Esta parte do programa realiza a divisão pelo número de baterias da soma das tensões efetuada pelo algoritmo "Somabat" e obtém a tensão por vaso média do barramento cc. Esta tensão servirá para o controle da tensão final de recarga e para o controle da tensão do barramento cc. Aqui o Registrador R0 e ACC contém o valor da soma das tensões das baterias por elemento, e o Registrador R2 contém o valor da divisão efetuada.

O algoritmo proposto é apresentado na fig 6.11 bem como o programa em

Assembler desta rotina.

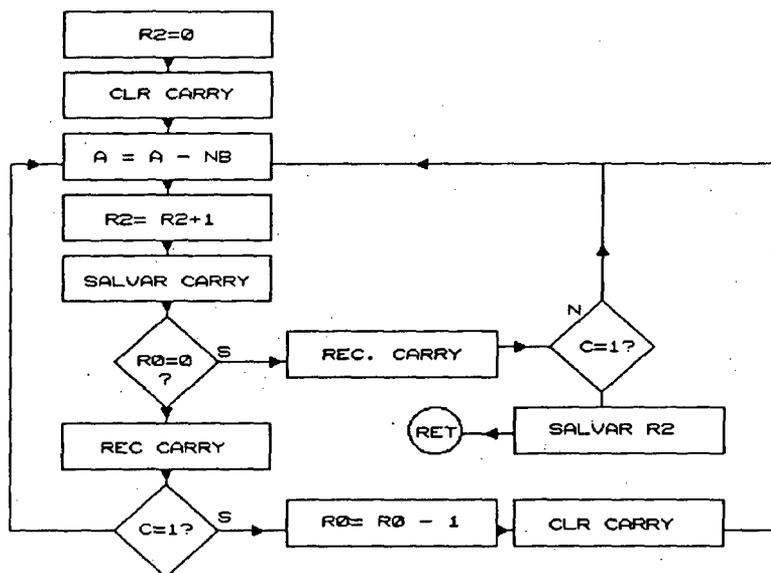


Fig 6.12 - Fluxograma da Sub-rotina de Divisão

```

SDIV    MOV        A,ADDHB
        MOV        R0,A
        MOV        A,ADDLB
        MOV        R2,#00H
        CLR        C
SDIV2   SUBB       A,#NB           ;SUBTRAI DE NB
        INC        R2             ;A CADA SUBB INC R2
        MOV        QQ,C           ;SALVA CARRY NO END.qq
        CJNE       R0,#00H,SDIV1 ;HBYTE = ZERO ?
        MOV        C,QQ           ;RECUPERA O CARRY
        JNC        SDIV2
        MOV        RDIV,R2
        RET
SDIV1   MOV        C,QQ
        JNC        SDIV2
        DEC        R0             ;DEC HBYTE SE C=1
        CLR        C
        LJMP       SDIV2
  
```

### 6.6- DESCRIÇÃO DO SOFTWARE DE COMUNICAÇÃO SERIAL

Para haver a possibilidade de comunicação entre um computador padrão IBM-PC e um microcontrolador do tipo 8031, há a necessidade de se elaborar dois softwares: um em cada computador, visto serem máquinas diferentes. O

importante é que estes softwares "ensinem" às suas respectivas máquinas as mesmas diretrizes básicas, isto é, velocidade de transmissão, número de bits por palavra, quantidade de "stop-bits", e se tem ou não bit de paridade.

No microcomputador basicamente deve-se programar a interface serial 8250, conhecer os endereços de entrada/saída dos dados recebidos/enviados, e determinar se houve ou não recepção e/ou transmissão. No microcontrolador não se tem uma interface serial 8250 a disposição para gerar um "baud-rate" necessário a transmissão. Para resolver esse problema, utilizou-se o contador interno T1 e de um software mais elaborado para gerar a velocidade de transmissão desejada.

O PC não é necessário ao sistema, apenas servindo como elemento de interface usuário-sistema, nem é dedicado neste projeto. Só é usado quando o usuário quer obter informações relativas ao sistema UPS.

#### **6.6.1 - SOFTWARE DE COMUNICAÇÃO SERIAL NO P.C.**

Este programa visa informar o microcomputador de que haverá uma transmissão de dados e que o mesmo deve lê-los na porta do 8250, que é uma UART (Universal Assincronos Receiver Transmitter). Quando deseja-se transmitir um caractere, deve-se primeiro checar se o último caractere já foi transmitido. Ao receber um caractere, o 8250 informa a CPU através de uma interrupção ou ativando um dos seus bits de "status", indicando se este caractere foi recebido e se ele está correto. De qualquer modo, enquanto a CPU não retirar este caractere do buffer do 8250, e outro caractere chegar a porta de entrada, vai ocorrer um erro de "overrun". O erro de estrutura (framing error) também pode ocorrer se a velocidade de transmissão e recepção não forem equivalentes.

A programação do controlador 8250 será feita através da INT14 (interrupção do BIOS - Basic Input Output System) contendo no registrador AX o valor  $(0110\ 0011)_B$ , que indica 600 bauds/seg, sem paridade, 1 stop-bit e uma palavra de oito bits [13]. Outra maneira de programação é possível, porém mais

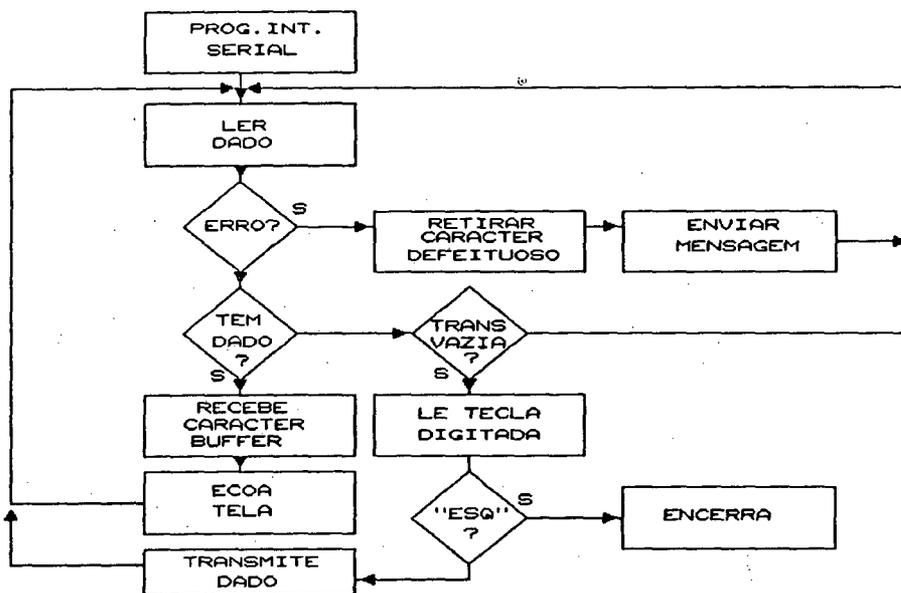


Fig 6.13 - Fluxograma da Comunicação Serial no PC

complexa [13].

O endereço do buffer de transmissão e recepção é  $(03F8)_H$  para a maioria dos computadores pessoais. O fluxograma básico é mostrado na fig 6.13.

Evidentemente, cada um desses blocos requer uma sub-rotina em assembler que a execute. No apêndice II mostra-se o programa completo.

### 6.6.2 - DESCRIÇÃO DA COMUNICAÇÃO SERIAL NO $\mu C$ 8031

O microcontrolador 8031 tem internamente 2 portas para realizar a comunicação serial: o TxD e o RxD, sendo um para a transmissão e o outro para a recepção. O importante está na determinação da velocidade de transmissão ou taxa de transmissão, através da programação da Timer 1. Há várias formas de programar a Timer 1, conseguindo-se diferentes tipos de velocidade. Para se ter uma melhor compreensão do assunto ver referência [13].

O Timer 1 foi configurado no modo 2 (temporizador de 8 bits, autocarregável), com transmissão assíncrona, de frequência variável. Esta configuração é feita no registro SCON (Serial Control). A configuração dada é a

seguinte: 1 stop-bit, palavra de oito bits, 1 bit de partida, sem paridade. No registro SCON faz-se os bits SM2 = 0 e REN = 1 para habilitar a leitura de dados no pino RxD.

Ao ocorrer o "overflow" do contador interno T1, há a automática transmissão do dado, desde que se tenha desabilitado a interrupção do T1 por software.

Ao ocorrer uma recepção de dados, o bit " RI " é setado avisando a CPU do microcontrolador de que este deve retirar o dado, e o software deve zerar este registrador para que ele possa receber outro caractere. O mesmo ocorre com o bit " TI " que indica o fim da transmissão de uma palavra.

O fluxograma da figura 6.14 mostra de maneira simplificada o programa realizado.

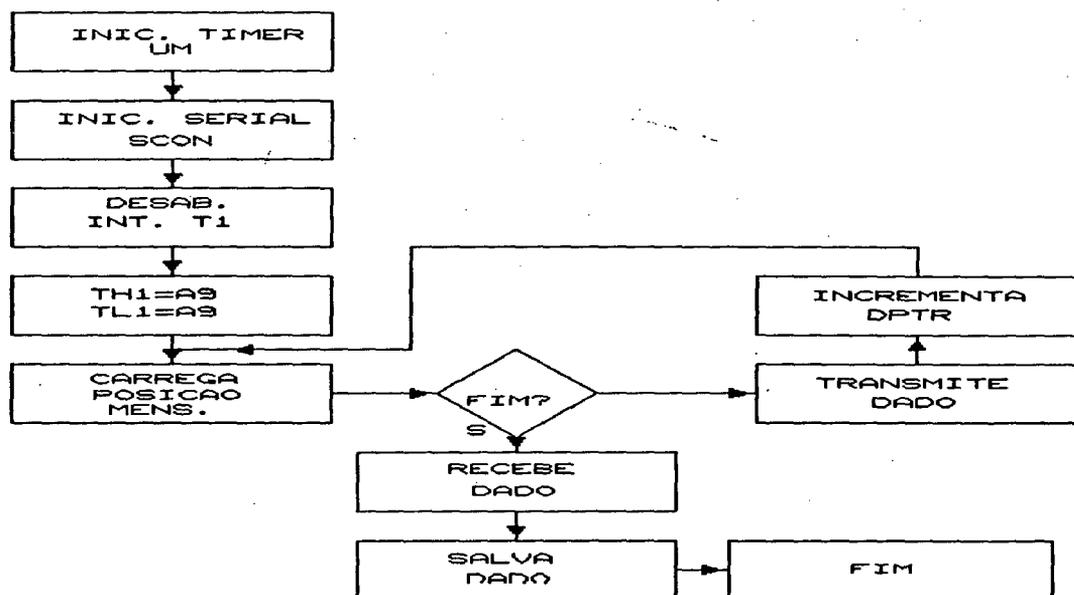


Fig 6.14 - Fluxograma da Comunicação Serial no mC 8031

Evidentemente este programa é aplicável a este caso, mas para torná-lo conversacional com o PC bastaria algumas modificações.

O cálculo do valor de TH1 e TL1 é feito da seguinte forma, obedecendo a equação abaixo:

$$\text{Baud-rate} = \frac{1}{32} \cdot \frac{2^{\text{smod}} \cdot F_{\text{ck}}}{12 \cdot (256 - \text{TH1})}$$

Para o presente caso  $\text{Smod} = 1$ ,  $F_{\text{ck}} = 10 \text{ MHz}$ ,  $\text{Baud-rate} = 600$

Assim  $\text{TH1} = (169)_d$

O circuito usa tão somente dois drivers para a comunicação serial, o CI 1488 e o CI 1489, na seguinte configuração, mostrada na fig 6.15. O programa Completo é mostrado no apêndice III.

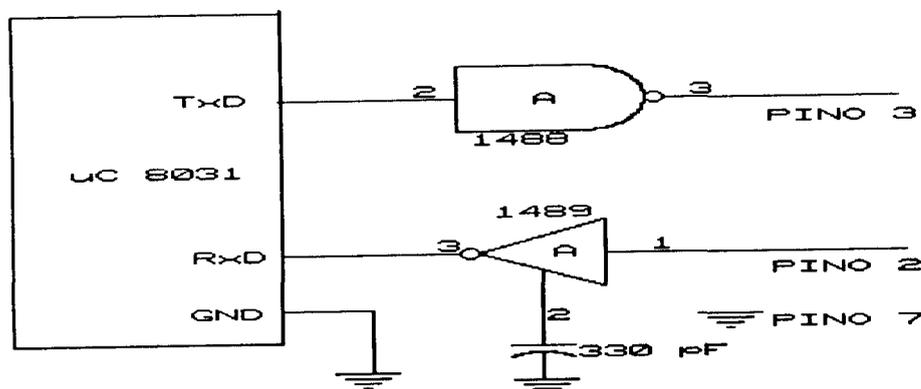


Fig 6.15 - Circuito para executar a Comunicação Serial

## 6.7 - PROGRAMA GERENCIADOR DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Foi desenvolvido um programa para PC, em Linguagem Assembly, que é responsável pela criação de um arquivo de dados de nome "ARQBAT.DAT", contendo todas as informações necessárias sobre os estados do sistema, com o objetivo de tornar automatizado o processo de aquisição de dados. Posteriormente estes dados podem ser tratados em programas feitos em linguagem de alto nível, com o fim de obter informações fundamentais para a melhoria do sistema e sua manutenção.

Este sistema de aquisição de dados está baseado no controle de tempo usando o relógio interno do PC. Assim, de 15 em 15 minutos os seguintes dados

são gravados:

- Tensão média por vaso de cada bateria;
- Tensão do barramento CC;
- Corrente de Recarga;
- Temperatura da bateria-piloto.

Com estes dados podem ser traçadas as curvas de carga e descarga das baterias, verificar o rendimento de carga e detectar possíveis problemas em alguma bateria. O fluxograma deste programa é apresentado na figura 6.16.

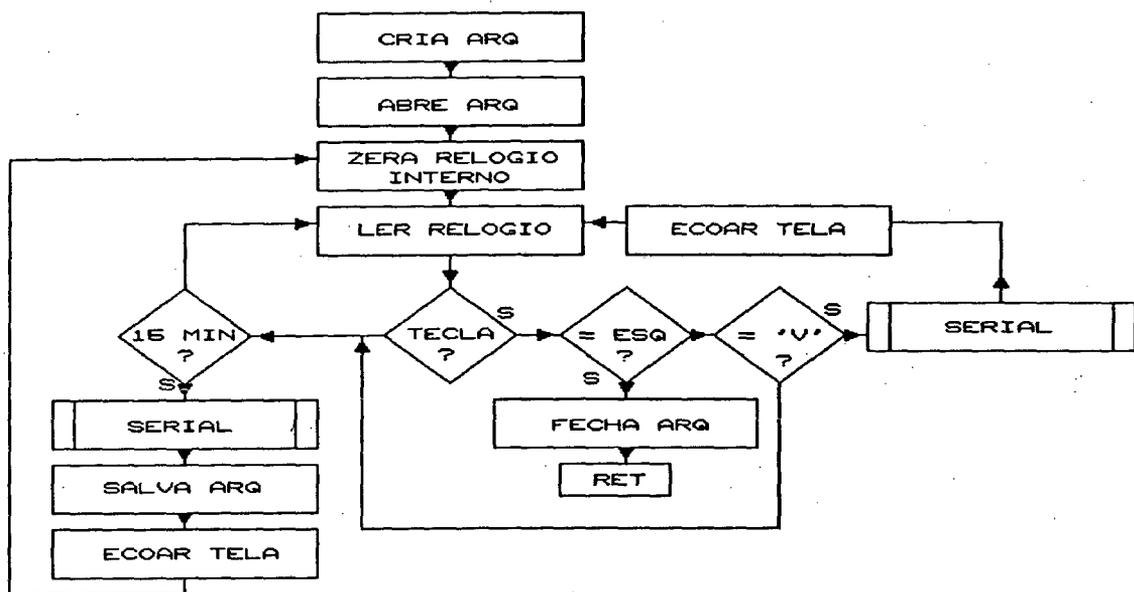


Fig 6.16 - Fluxograma Programa Gerenciador de Dados

## 6.8 - INTERFACE ENTRE O SISTEMA E O USUÁRIO

Desenvolveu-se uma interface entre o usuário e o sistema para que haja uma comunicação entre eles, principalmente do sistema, gerando informações importantes ao usuário. Assim, quando o usuário deseja saber o que se passa com o sistema, ele tecla a tecla " V " , aparecendo na tela do computador os seguintes dados:

- Existe rede ? (S/N)
- Estado das baterias: (Descarga/Recarga/Flutuação)

- Tensão do barramento cc
- Corrente de carga na bateria
- Temperatura na célula piloto
- Estado de carga em cada bateria.

Com estas informações o usuário pode tomar as devidas providências, principalmente com relação ao estado de carga de cada bateria. Na tela aparece simplesmente se a bateria tem carga ou não, cabendo ao usuário verificar o que aconteceu com aquela bateria. Quando a bateria está descarregada, além da sinalização visual há a sinalização sonora, despertando o usuário para o problema.

Após ocorrer a falta da rede principal, o usuário é informado de que tem 5 horas para usar o sistema sem ter problemas com queda de energia. Este tempo é definido em função da potência nominal de projeto do conversor Boost [10] (1500 W), da tensão de barramento (144 V) e da capacidade da bateria (50 A.h.). É recomendado ao usuário que ele desligue cargas não críticas (impressoras que não estão em uso, fax, etc..) para poder aumentar o tempo de uso pós-falta. É informado também que, quando faltar 5 minutos de uso sem problemas, o usuário será avisado, para que o mesmo tome as devidas providências no tocante a salvar arquivos e desligar o sistema completo, para que não haja dano às baterias.

## **6.9 - MÓDULO DEDICADO PARA CONTROLE - MDC 8031**

### **6.9.1 - INTRODUÇÃO**

O módulo Dedicado para Controle - MDC 8031 - foi desenvolvido visando conter basicamente o microcontrolador e a memória EPROM 2732 (Erase Programmable Read Only Memory), porém foi acrescida da função de se comunicar serialmente.

Este módulo tem um clock de 10 Mhz. Na Eprom reside o programa que gerencia o microcontrolador, acrescido de um software de controle que se deseje nele inserir.

6.9.2 - O CIRCUITO

Na forma de diagrama de blocos da figura 6.17 é apresentado o hardware deste módulo.

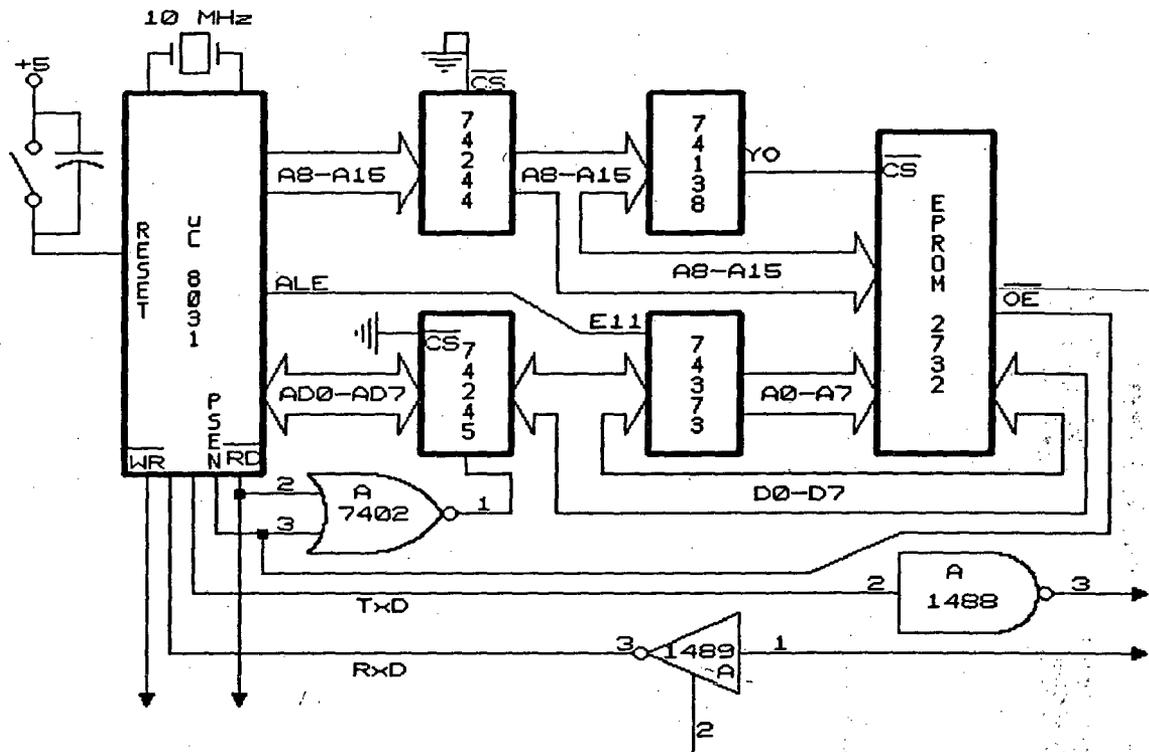


Fig 6.17 - Diagrama de Blocos do Módulo Dedicado para Controle - 8031

Há três tipos de vias de comunicação usadas em microcontroladores: a Via de Dados, a Via de Endereços e a Via de Controle. Muitas vezes elas usam o mesmo meio físico, como por exemplo, a via de dados e de endereços, porém são separadas no tempo. A via de controle é única e não compartilha um barramento único. Para se poder usar a mesma via para levar dados ou endereços, os vários CI's usados devem ser habilitados individualmente e devem possuir um estado em seus pinos conhecido como de alta impedância ou "tri-state".

O CI 74LS244 é um "transceiver bus" unidirecional, e está encarregado de enviar os endereços A8-A15, servindo como isolador entre o barramento de endereços e o microcontrolador. Ele está sempre habilitado e sua saída permanece idêntica a sua entrada.

O CI 74LS245 é uma "latch" bidirecional que isola o barramento de dados/endereços do microcontrolador. O microcontrolador envia primeiro os endereços A0-A7 e depois os dados. O CI 74LS373 serve para separar o barramento de dados/endereços em tão somente barramento de endereços. A sincronização destes circuitos no tempo é dado pelos pinos ALE, PSEN e RD. O Address Latch Enable - ALE - comanda o 74LS373 quando o que o micro enviou é um barramento de endereços. A lógica RD.AND.PSEN determina a direção do barramento de dados no 74LS245, se o dado é lido pelo microcontrolador ou escrito em alguma memória. Desta forma podemos ver que os sinais do microprocessador determinam para as latches o que ele quer que aconteça, podendo então chegar ao seu destino com sucesso.

Foi usado o barramento "alto" dos endereços para servir como elemento selecionador de componente que queremos acessar, por meio do decodificador 3x8 74LS138.

### 6.9.3 - CIRCUITO COMPLETO

O circuito completo do MDC-8031 é apresentado na fig 6.18., e serve como base para diversos circuitos que envolvam este microcontrolador visto que o mesmo é bastante simplificado, e podem ser adicionados outros componentes com muita facilidade, os quais serão acrescentados por motivos de projeto, e portanto, específicos para cada caso.

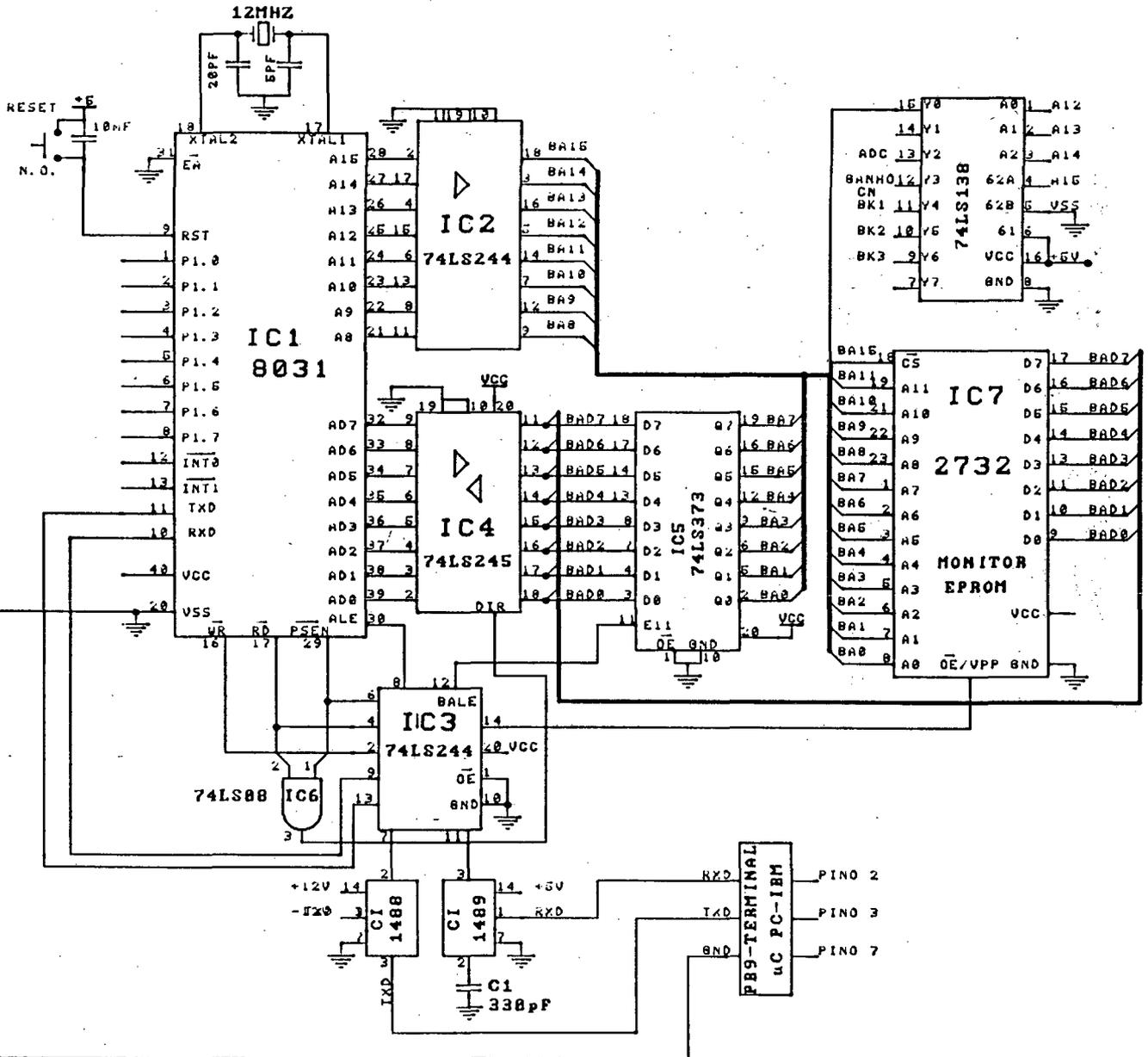


Fig 6.18 - Circuito completo do MDC-8031

## 6.10 - CONCLUSÃO

Sem dúvida este é um dos capítulos mais importantes neste trabalho. Destaca-se os seguintes pontos:

1. Os programas realizados servem como base para outros programadores em linguagem Assembly, e expressam em linha gerais os cuidados e a maneira de realizá-lo, como por exemplo, o programa de divisão de um número de 16 bits, porém trabalhando com porções de oito bits.

2. A descrição do controle Proporcional-Integral via software é útil e de fácil compreensão ao programador, podendo ser usado em diversos projetos que envolvam o controle de variáveis de saída, com a certeza de que o mesmo funciona bem.

3. A aquisição de dados é muito importante e usa uma das características essenciais do microcontrolador: a possibilidade de informar, guardar, e tratar dados digitais. Pode-se até saber quantas faltas ocorrem por mês, ou ano.

4. O MDC-8031 é bastante útil em projetos que envolvam o microcontrolador 8031, pois serve como base para diversos projetos, sendo apenas incrementado de alguns componentes mais específicos.

A seguir mostra-se os resultados práticos obtidos, destacando ainda mais o que foi exposto acima.

## CAPÍTULO VII

### RESULTADOS EXPERIMENTAIS

#### 7.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas a forma de onda da corrente imposta à bateria, a ação do controle em duas situações mais usuais, isto é, para a retirada de carga e a colocação de carga e a análise da carga do banco de baterias e suas respectivas curvas de carga.

#### 7.2 - PRINCIPAIS RESULTADOS

A corrente na bateria tem a forma senoidal como mostra a figura 7.1, com frequência em torno de 60 Hz, com valor médio definido pelo controle de corrente de recarga.

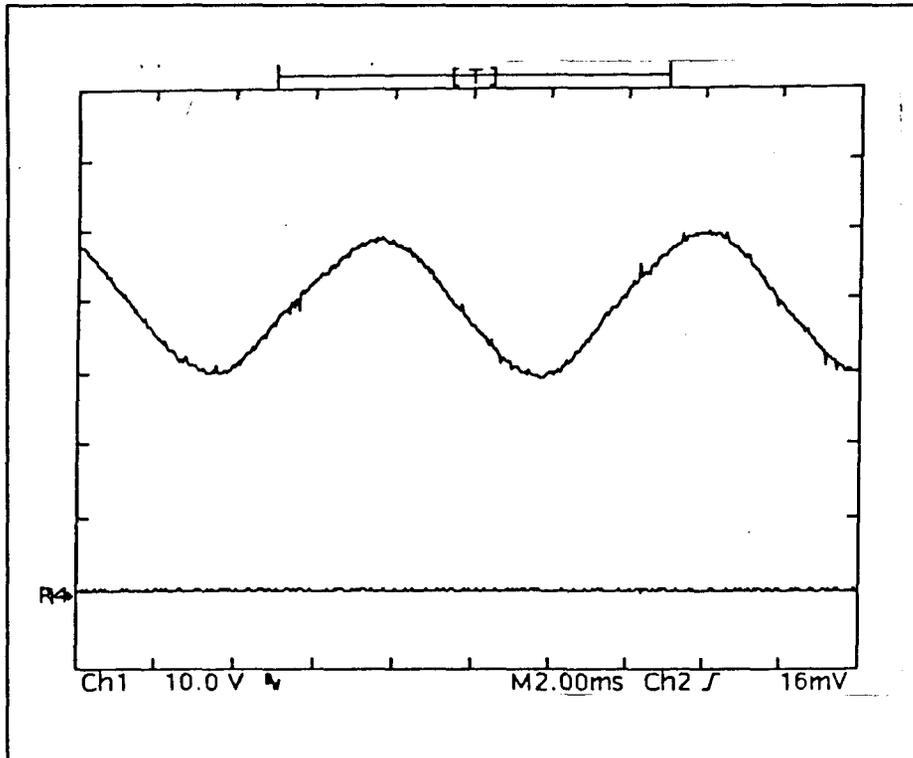


Fig 7.1 - Corrente de Recarga na Bateria  
escala : 1A/div, 2 ms/div

O conversor alimenta um conjunto de 12 baterias ligadas em série, e tendo uma carga resistiva em paralelo. A ação do controle durante a recarga procurará manter constante a corrente média na bateria, independente da variação da carga conectada a ela. A Figura 7.2 e 7.3 mostra a ação do controle na corrente de recarga da bateria para dois valores de  $K_p$ , quando há uma súbita diminuição da corrente de carga.

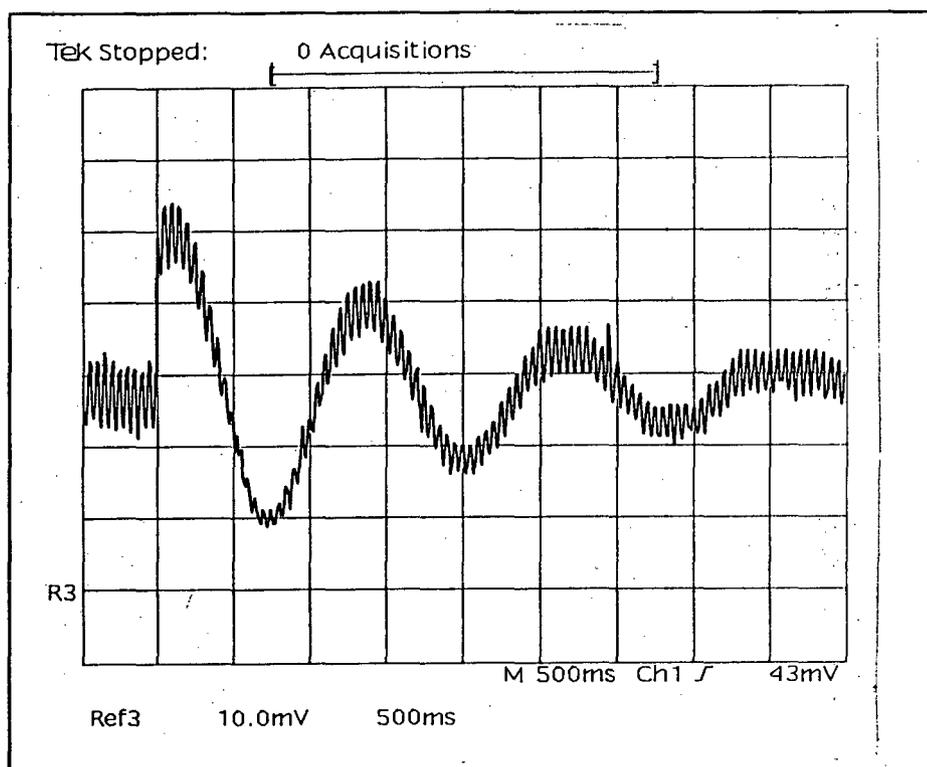


Fig 7.2 - Ação do controle à diminuição de carga.  $K_p = 0.7$ . 1A/div 500ms/div

Observa-se que toda a corrente imposta pelo conversor foi para a bateria, a qual absorve sem problemas este pico de corrente. O controle age sobre o ganho da malha de tensão para corrigir este valor de corrente imposta na bateria até que este atinja seus valores nominais. Observa-se na análise dos tempos destas duas figuras a inter-relação das velocidades das malhas de corrente e tensão. Apesar de o ganho  $K_p$  ser maior na fig 7.2 que na fig 7.3, o tempo de estabilização é menor no segundo caso. Este fato deve-se a velocidade de ação da malha de corrente ser inferior a 10 vezes (tipicamente) a velocidade da malha de tensão. Portanto, uma

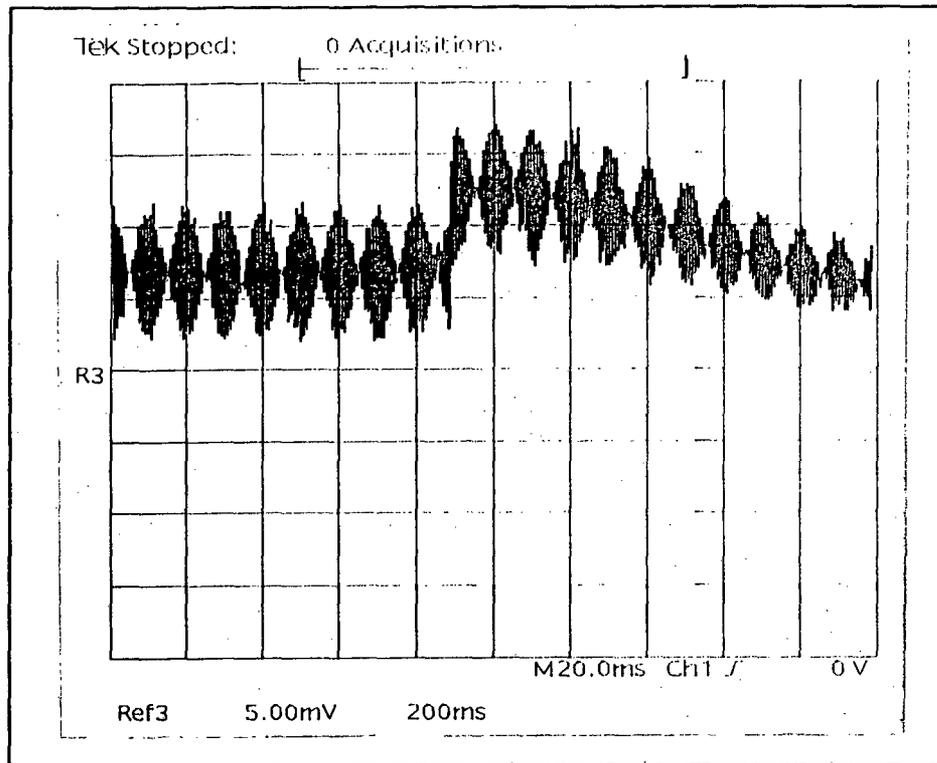


Fig 7.3 - Ação do Controle a diminuição de carga para  $K_p=0.25$ . 2A/div 200 ms/div

diminuição da velocidade da malha de tensão faz com que o sistema seja mais estável, sem "overshoot" e leve menos tempo para a correção do valor de corrente. É certo que o ideal era aumentar a velocidade da malha de corrente, porém esta, para evitar picos de corrente, deve ser mudada a cada semi-ciclo da rede, sendo por natureza lenta.

O caso inverso é mostrado na figura 7.3 e 7.4. onde a carga aumenta subitamente. O mesmo fenômeno que já foi anteriormente explicado também se mostra nestas figuras.

Cabe salientar que a velocidade de ganho da malha de tensão, além de ser dependente com o valor de  $K_p$  é extremamente dependente da velocidade de cálculo do próprio ganho, isto é, depende da velocidade de execução da rotina de cálculo do ganho  $C_n$ . Isto implica em se fazer um software bem mais rápido em casos em que isto é exigido.

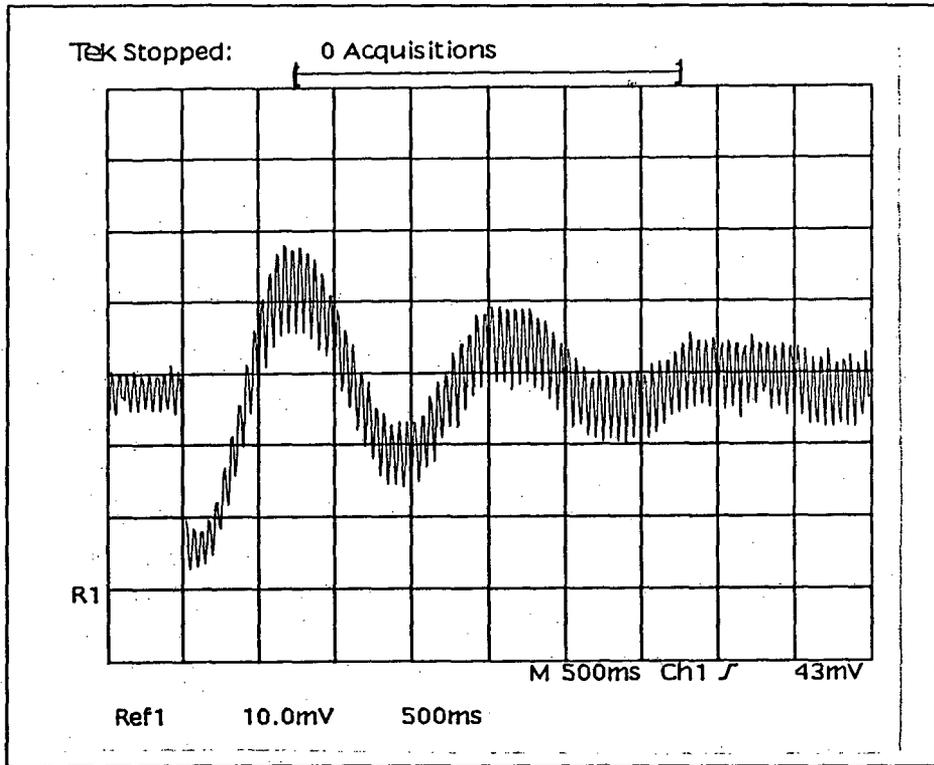


Fig 7.5 - Ação de controle para aumento de carga. 1A/div 500ms/div

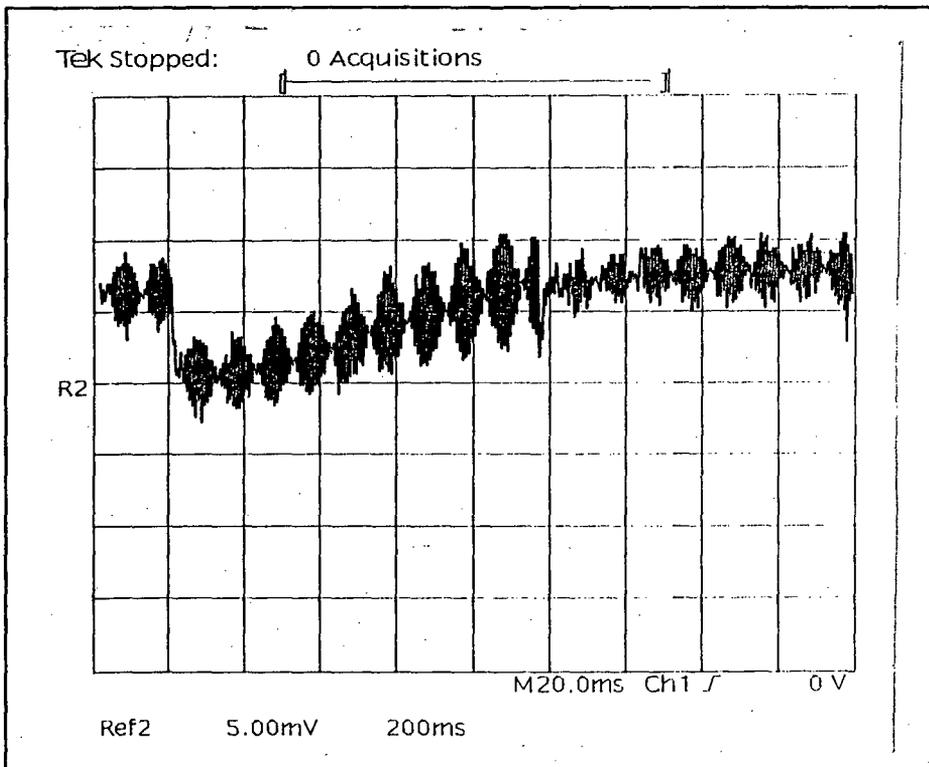


Fig 7.5 - Ação de Controle para aumento de carga. 2A/Div - 200 ms/div

### 7.3 - VERIFICAÇÃO DAS CURVAS DE CARGA.

Um conjunto de 10 baterias foi submetido a uma carga lenta, impondo uma corrente de 4.5 A (aproximadamente 10% em relação a capacidade nominal de 50 A.h), até que atinja a tensão final de recarga (144 V). As curvas de carga de cada bateria e o comportamento do barramento CC são mostradas. Há um comportamento diferenciado durante a carga para cada bateria, principalmente em função da carga inicial ser distinta para cada bateria. As curvas de descarga não serão mostradas em virtude de terem um comportamento semelhante ao processo de carga. A corrente imposta é constante durante a recarga, mas cai sensivelmente para manter a bateria em flutuação, tendendo a cair ainda mais, só que agora lentamente, a medida que a tensão tende a aumentar na bateria.

A Fig 7.6 mostra a corrente de recarga e na figura 7.7 a tensão total do barramento CC. As figuras 7.8 e 7.9 ilustram o processo de carga em cada bateria individualmente. Observamos que somente 9 baterias estão apresentadas, visto que uma das 10 baterias se mostrou com defeito, e foi necessário impedir que a corrente circulasse nesta bateria.

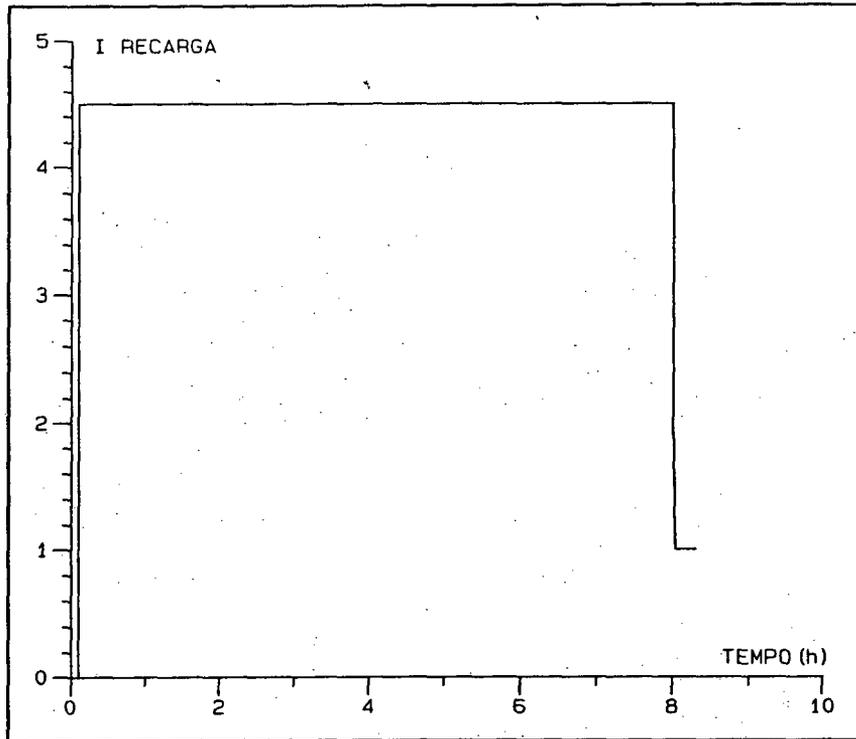


Fig 7.6 - Corrente de Recarga nas baterias

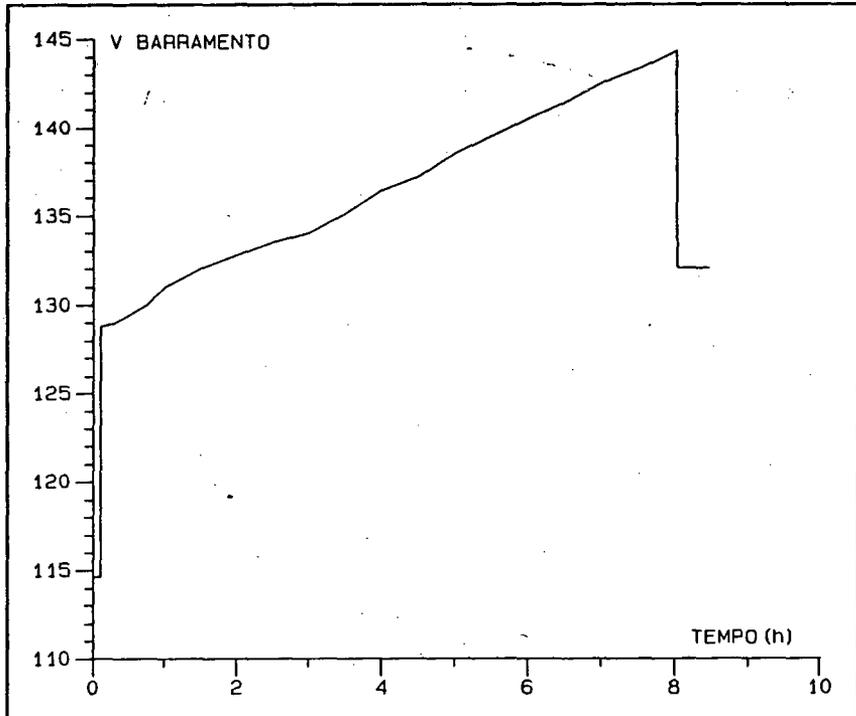


Fig 7.7 - Tensão Total do barramento cc

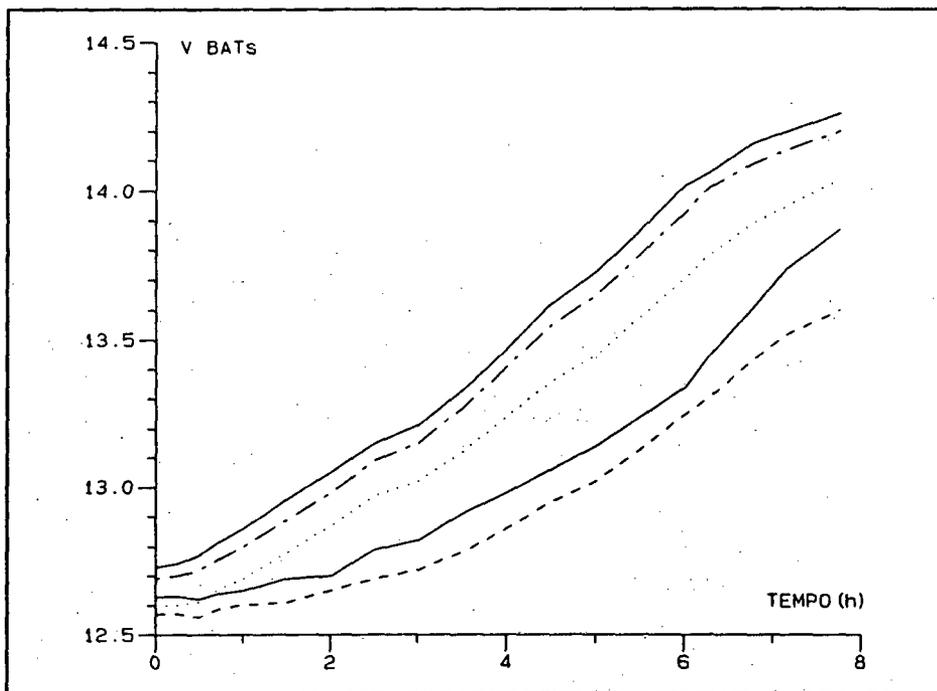


Fig 7.8 - Curvas de Carga das 5 primeiras baterias

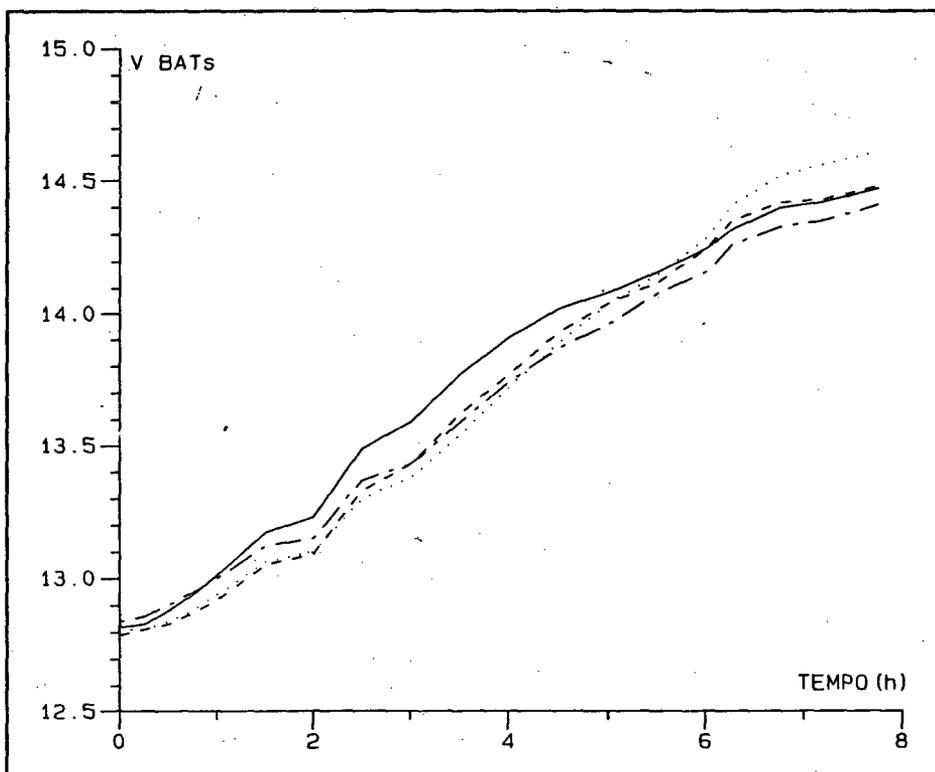


Fig 7.9 - Curva de carga das 4 últimas baterias

#### 7.4 - CONCLUSÃO

Pode-se observar que o controle executa a sua função, isto é, de manter a corrente em um determinado ponto, tendo "overshoot" e "undershoot" dependentes do ganho  $K_p$  e da velocidade de execução do software. Para este caso usou-se o sistema sem sobrecorrentes.

Também foi verificado que o sistema carrega as baterias até o limite proposto e então entra em regime de flutuação. A principal dificuldade neste sistema é o fato de existirem baterias em diferentes situações de carga inicial, o que faz com que algumas baterias fiquem mais carregadas do que outras, necessitando-se, então, de um tempo maior de carga com o objetivo de equalizar as diversas tensões. Isto é conseguido, pelo menos melhorado, durante a flutuação, pois a equalização das baterias será feita de maneira natural, onde a corrente tende a diminuir com o tempo e a tensão se mantém fixa. É recomendado o uso de carregadores pequenos para equalizar a tensão de alguma bateria que está excessivamente longe das tensões das demais baterias.

## CONCLUSÃO GERAL

Desenvolveu-se um conjunto de circuitos digitais e analógicos que visavam o controle de carga e descarga de um banco de baterias de 144 V, controlando a corrente de recarga, a temperatura e as tensões individuais de cada bateria, informando o usuário de um sistema maior ( um " No-break " , por exemplo), várias características do sistema e ainda salvando automaticamente todas as informações consideradas relevantes para uma posterior análise.

O estudo do funcionamento eletroquímico da bateria e a análise de seu comportamento durante a carga e a descarga foram fundamentais para o entendimento deste componente e levaram a estabelecer uma forma de controle que pudesse atender as expectativas quanto ao aumento de capacidade de carga e até de vida útil, mas que também se valesse do fato de que a bateria é bastante maleável em corrente, e quase invariante em termos de tensão. Em função disso optou-se pelo arranjo do sistema, conhecido como "on-line". Em seguida, desenvolveu-se um método de leitura de tensão das baterias para fins de controle valendo-se tão somente do software mais elaborado, sem o uso de conversores A/D, porém a existência de ruídos eletromagnéticos inviabilizaram as medidas de tensão, fazendo com que se optasse pelo Sistema de Leitura Misto, o qual é também econômico ( usa apenas 1 conversos A/D de uma entrada), mas perde em precisão. Verificou-se , porém que, para fins de controle e de análise do comportamento da bateria, as medidas foram com uma precisão suficiente para não comprometer qualquer análise.

O equacionamento do sistema de controle foi desenvolvido e mostrado através de exemplo e diagrama de blocos. Nos resultados experimentais mostrou-se o comportamento efetivo do controle que foi estável para variações súbitas de carga, e confiável, sem produzir "overshoot" ou "undershoot" dependendo, é claro, da velocidade da malha de tensão e do ganho  $K_p$ .

O desenvolvimento do MDC-8031 foi importante porquanto trouxe uma melhor compreensão dos sistemas microcontrolados, sua operação e suas

---

vantagens, principalmente em termos de comunicação entre ele e outros periféricos associados, e até como elemento de interface homem-máquina, possibilitando obter instantaneamente várias características do sistema completo. Esta característica dos sistemas microcontrolados é atraente em sistemas " No-break" de grande porte com vários usuários, normalmente em CPD's ( Centro de Processamento de Dados) e em hospitais, na medida que permite informar ao seus usuários o tempo de energia disponível, bem como obter em tempo real as características das baterias. O arquivo criado com todas as informações do sistema permite uma análise mais detalhada do comportamento das baterias, de possíveis falhas no software e até para se conhecer o número de falhas que ocorrem numa certa região, num determinado período.

Para um próximo trabalho sugere-se o desenvolvimento de um software que pudesse transformar as informações contidas no arquivo de dados em gráficos, tabelas e curvas de comportamento do sistema. Também seria necessário desenvolver um sistema de leitura de tensão mais preciso e menos influenciado pelo ruído eletromagnético existente neste tipo de estrutura. Isto é, é necessário adquirir conhecimentos de como se elimina a interferência eletromagnética em sistemas microprocessados.

## APÊNDICE I

### RUÍDOS ELETROMAGNÉTICOS

#### O PROBLEMA (Uma introdução)

Na associação do Conversor Boost de alto fator de potência [10] com o sistema de controle microprocessado, houve o aparecimento do que denominados Interferência Eletromagnética, isto é, ruídos espúrios de natureza aleatória, mas de frequência igual a frequência de chaveamento utilizada para o conversor Boost. Este ruído se manifesta no sinal de tensão da rede (220 V) e mantém sua amplitude em tensões menores ( 5 V), o que é característico deste tipo de interferência. Logo, a simples diminuição da tensão não reduz a amplitude do ruído, e faz com que este ruído seja suficiente para interferir no comportamento do microprocessador.

#### A SOLUÇÃO

Viu-se na prática que a interferência eletromagnética ocorre de duas maneiras principais: por condução e por irradiação. O ruído por condução é o mais importante e o mais difícil de ser eliminado, pois exige um número maior de componentes, e componentes que permitam isolar e filtrar este ruído. O problema se torna não-trivial quando é necessário lidar tensões DC, pois o isolamento se torna um problema sério, uma vez que transformadores não podem ser usados para este fim. Já o ruído irradiado é eliminado pela simples blindagem mecânica, porém total ( deve-se ter em mente o princípio da gaiola de Faraday).

Na figura 1 ve-se o ruído que aparece na fonte de alimentação do microcontrolador, com amplitude aleatória, mas com frequência igual a frequência de chaveamento do conversor Boost. É, portanto, impraticável operar com confiabilidade usando microcontroladores, pois estes não admitem ruídos nesses níveis.

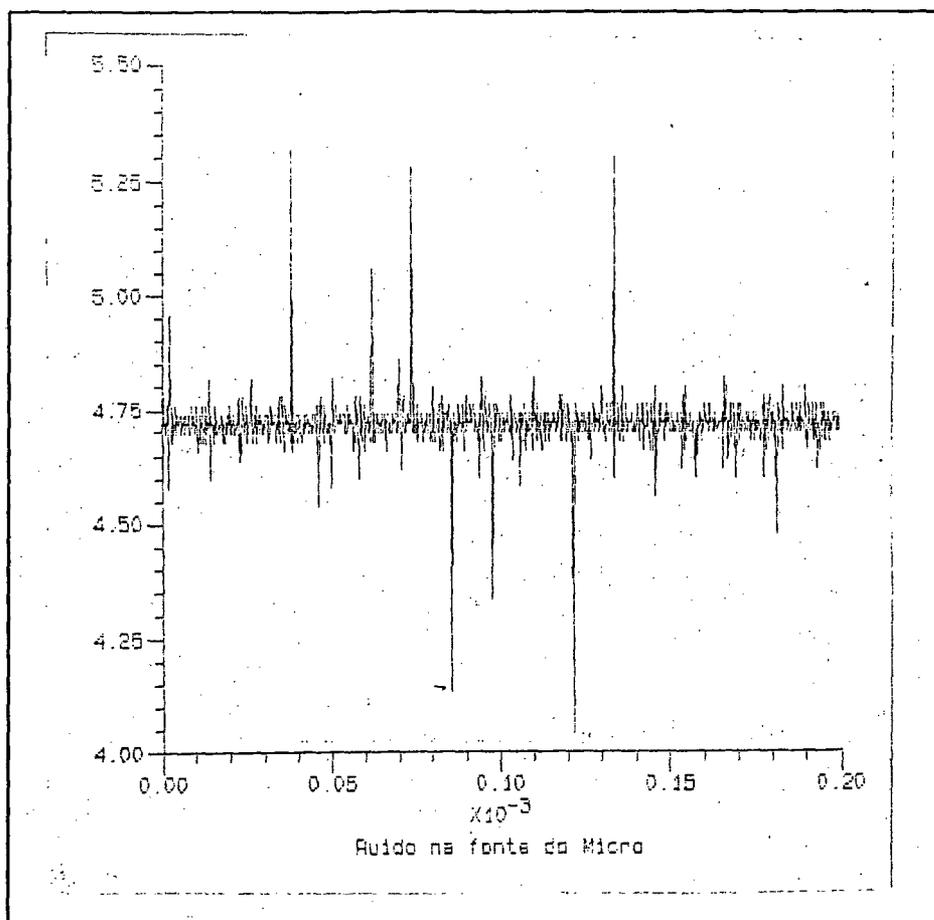


Fig 1 - Ruído na fonte do microcontrolador

Este tipo de ruído é visto nos terminais de cada bateria conectado ao circuito. Ao fazer a amostra desta tensão com o objetivo de controle, este ruído interfere na medida e análise da tensão, impedindo o seu uso. A simples inclusão de um filtro do tipo Chebishev de 4a. ordem não atenuou em nada este ruído. Foi necessário fazer uma isolação de terras, através de fotoacopladores que são elementos ruins para fazerem a função de filtros, mas colocou-se após um filtro de 4a. ordem, com freqüência de corte em 1 Hz. Desta maneira conseguiu-se atenuar a intensidade do ruído, mas não eliminá-la completamente.

## CONCLUSÃO

As seguintes recomendações são válidas para se evitar o ruído eletromagnético quando se usa circuitos digitais:

1º - Fazer uma blindagem eletrostática completa em torno do microprocessador ou circuitos a serem protegidos, e uma blindagem em torno dos componentes eletromagnéticos passivos de alta frequência e potência (indutores, transformadores, etc ...).

2º - Isolar completamente os terras dos circuitos de potência e dos circuitos de comando, usando transformadores, fotoacopladores, sensores de efeito Hall, etc...

3º - Usar filtros após os isoladores de terras, com frequência de corte suficientemente baixa para atenuar as frequências médias e altas.

4º - Trabalhar para diminuir as distâncias entre os componentes de potência; o "Lay-out" é fundamental neste caso. Deve-se fazer circuitos de terras fechados, curtos e interligados. Evitar ao máximo a capacitância parasita entre trilhas e a indutância de fios.



```

MOHR'          DB      CR,LF,'          ORIENTADOR : HARI B.
VALDIR NOLL'   DB      CR,LF,'          ALUNOS      : MARCIO CO e
              DB      CR,LF,'          DATA       : JAN/93'
              DB      CR,LF,'          VERSAO      : 2.0'
              DB      CR,LF,'          ----->>>> PRESS
"S" PARA COMECAR <<<<-----'
              DB      CR,LF,'          ----->>>> PRES
"ESC" PARA TERMINAR <<<<-----'
              DB      CR,LF
              DB      CR,LF,'
-----'
IBAT TEMP(C)  DB      CR,LF,'          REDE  D/F/R  V/E    CN
EST BAT      DB
              DB      CR,LF,'
-----'
MENZA_ERRO   DB      CR,LF,00
ATRIBUTO     DB      '?..$'
PAGINA       DB      7      ; NORMAL
              DB      0      ; PAGINA 0 (DEFAULT)

COMEÇO       PROC    NEAR
              CLD          ;Reg. de Indice serao inc. nas
              CALL  CLRSCR ;operacoes com strings
              LEA   SI,MENSA ; mensagem
              CALL  WRITE
              MOV   AX,01100011B ;600,sem par,1 stop,8 bits
              XOR   DX,DX
              INT   14H          ;programa o 8250 (interface
              MOV   DX,LINE_STATUS_REG ;serial)
              MOV   AL,00        ; reset no reg. de status
              OUT   DX,AL        ;p/ limpar
              call  cria
              call  abre
              call  zera
              lea   si,mens

LACO:        MOV   DX,LINE_STATUS_REG
              IN    AL,DX        ; leit dado da porta serial
              TEST  AL,1EH       ; testa erro Int., Framming
              JNZ   ERROR        ; parity, overrun
              TEST  AL,1        ; existe dado ?
              JNZ   RECEBE       ; sim, vai buscar
              TEST  AL,20H       ; buffer de Tx vazio ?
              JZ    LACO         ; ZF=1: nao (aguarda)
              MOV   AH,1        ; verifica se alguma tecla foi
              INT   16H         ;pressionada
              JZ    relógio      ; nao, ler o relógio
              MOV   AH,0        ; le tecla digitada
              INT   16H
              CMP   AL,ESQ       ; pressionou escape ?
    
```

```

JNE ENVIA ; sim, volta ao DOS
CALL FECHA
MOV AH,4CH ; funcao termino do programa
INT 21H
RELOGIO: CALL LE_REL
CMP CX,TYME ; tempo de gravacao
JNE NAO_EH ; compara com tyme
CALL ZERA
MOV AL,('V') ; envia V
JMP ENVIA
NAO_EH: JMP LACO
;
ENVIA: MOV DX, TXBUFFER
OUT DX,AL ; transmite
CALL ECOAR ; ecoa na tela
JMP LACO
RECEBE: MOV DX, RXBUFFER
IN AL,DX ; recebe caracter do buffer
LEA SI,MENS
MOV [SI],AL ; AL= contem valor recebido pelo RxD
CALL ECOAR
CALL ESCREVE ; no arqbat.dat
JMP LACO

ERROR: MOV DX, RXBUFFER ; retira o caracter defeituoso do
buffer
IN AL,DX ; e envia mensagem de erro
LEA DX,MENSA_ERRO
MOV AH,9
INT 21H
JMP LACO
COMEÇO ENDP
;
CLRSCR PROC NEAR
XOR CX,CX ;linha/col no canto
superior esquerdo
MOV DX,184FH ;lin/col no canto inferior
esquerdo
MOV BH,ATRIBUTO
MOV AX,600H ;AH=6:ROLA A TELA
INT 10H ;AL=0:TODA A TELA
MOV DX,0101H ;POSICIONA O CURSOR EM (1,1)
CALL GOTOXY
RET
CLRSCR ENDP
;
ECOAR PROC NEAR
MOV BH,PAGINA
MOV AH,14 ;WRYTE TTY
INT 10H
RET
ECOAR ENDP
;
;
GOTOXY PROC NEAR

```

```

        XCHG  DH,DL
        MOV   BH,PAGINA      ;posicionamento do cursor
        DEC  DH              ;dec reg linha e coluna
        DEC  DL
        MOV  AH,2
        INT  10
        RET
GOTOXY  ENDP
;
;-----
;SUBROTINA WRITE:
;Ao chamar esta rotina deve estar no reg SI o endereco inicial
; da string, que deve terminar pelo ASCII 00
;-----

WRITE   PROC  NEAR
VARRER: LODSB
        CMP   AL,0          ;acabou a cadeia?
        JNE  VARR_1        ;sim - volta ao chamador
        RET
VARR_1: CALL  ECOAR
        JMP  VARRER
WRITE   ENDP
;

ZERA    PROC  NEAR
        MOV  CX,0
        MOV  DX,0
        MOV  AH,2DH
        INT  21H          ; zera o relógio interno
        JNC  ZERA1        ; ha erro?
        MOV  AH,90        ; escreve "z", 90=Z
        JMP  FALSO
ZERA1:  RET
ZERA    ENDP
;
LE_REL  PROC  NEAR
        MOV  AH,2CH      ; funcao leitura do DOS
        INT  21H
        JNC  CONT1       ; ha erro?
        MOV  AH,4CH      ; escreve " L" ,4C=L
        JMP  FALSO
CONT1:  RET
LE_REL  ENDP
;
;
CRIA    PROC  NEAR
        LEA  SI,NUM
        MOV  AH,3CH
        MOV  CX,0          ;0= ARQUIVO NORMAL
        LEA  DX,ARQUIVO
        INT  21H
        JC   FALSO
        MOV  [SI],AX
        RET

```

```

CRIA          ENDP

ABRE          PROC      NEAR
              LEA      SI, NUM
              MOV      AH, 3DH      ; FUNCAO DO DOS QUE ABRE ARQUIVO
              MOV      AL, 2        ; 2 - PERMITE LEITURA E ESCRITA
              LEA      DX, ARQUIVO
              INT      21H
              JC       FALSE
              MOV      [SI], AX
              RET
ABRE          ENDP

ESCREVE       PROC      NEAR
              LEA      SI, NUM
              MOV      AH, 40H      ; FUNCAO DO DOS QUE ESCRIVE NO
ARQUIVO
              MOV      BX, [SI]
              MOV      CX, 1
              LEA      DX, MENS
              INT      21H
              JC       FALSE
              RET
ESCREVE       ENDP

FECHA        PROC      NEAR
              LEA      SI, NUM
              MOV      AH, 3EH
              MOV      BX, [SI]
              INT      21H
              JC       FALSE
              MOV      [SI], AX
              RET
FECHA        ENDP
;
; FALSE:
FALSE:        LEA      DX, ERRO1      ; APONTA INICIO STRING
              MOV      AH, 09      ; FUNCAO IMPRIME NA TELA
              INT      21H
              MOV      AH, 2        ; ENVIA UNICO CARACTER EM DL
              MOV      DL, AH      ; CODIGO DE ERRO EM AH
              INT      21H
              MOV      AH, 4CH      ; termina o programa se houver erro
              INT      21H

              CODIGO      ENDS
              END      INICIO

```

## APÊNDICE III

## PROGRAMA PARA TRANSMISSÃO SERIAL NO 8031

```

;-----
; - PROGRAMA PARA TRANSMISSAO SERIAL USANDO
; - O MICROCONTROLADOR 8031 PARA UM MICRO
; - PADRAO  IBM-PC XT
; - DATA : 11/01/93
; - NOME : SER_8031.ASM
;-----
;
;-----
; ATRIBUICAO DE CONSTANTES
;-----
;
ORIGEM      EQU      0000H
BEL         EQU      07H
;
MENS        DB          'TESTE DE COMUNICACAO SERIAL',BEL,'$'
;
                ORG  ORIGEM
                LJMP INICIO
;
;
INICIO      MOV      TMOD,#00100000B      ;T1 NO MODO 1
            MOV      SCON,#11000000B      ;CANAL SERIAL MODO3
                                                (ASSINC.,FREQ.VAR.)
            MOV      PCON,#10000010B      ;SMOD=1
            MOV      IP,#00010000B        ;PRIOR. SERIAL
            MOV      IE,#10000000B        ;DESAB SERIAL OBRIGATORIA
            MOV      TH1,#0FAH            ;VALOR A SER AUTOCARREGADO
            MOV      TL1,#0FAH            ;EM TL1
            SETB     TR1                    ;START CONTAGEM
            MOV      DPTR,#MENS            ;CARREGA END. DA MENSAGEM
OUTRO_D     MOV      RO,A
            XRL      A,RO                    ;ZERA ACUMULADOR
            MOVC     A,@A+DPTR              ;BUSCA PRIMEIRO CARACTER
            CJNE     A,#('$'),CONTINUA      ;FIM DA MENSAGEM?
            CLR      TR1                    ;SIM
            LJMP     FIM
CONTINUA    MOV      RO,A
            ANL      A,RO                    ;EXECUTA OPERACAO PARIDADE
            JNB      PSW.0,IMPACT          ;D0=PARITY FLAG
            SETB     TB8                    ;PARIDADE PAR=1
            JMP      TRANS_D
IMPACT      CLR      TB8                    ;PARIDADE IMPAR=0
TRANS_D     MOV      SBUF,A                ;TRANSMITE DADO
ESPERA     JNB      TI,ESPERA              ;ESPERA TERMINAR A TRANSMISAO
            CLR      TI                    ;DESAB. TI => PODE ENVIAR
            LJMP     OUTRO_D
FIM         END

```

## BIBLIOGRAFIA

- [1] - N.G. Bonacorso, "Sistema Microcontrolado Usado no Controle e Monitoração de Banco de Baterias " - Dissertação de Mestrado - LAMEP - UFSC. 1991.
- [2] - Manual Técnico Saturnia- Exide
- [3] - Manual Técnico SAB-NIFE
- [4] - Júnior, V.P.S. - " Microcontroladores" - Livros Érica
- [5] - Manual da Unitrode - Applications Note - pg 261
- [6] - Normas Ansi/leee - Orange Book - Cap 5
- [7] - Gray, A - Eletrotécnica, Princípios e Aplicações- Editora LTC, 1978
- [8] - Parsons, J.R. - "The Need For Battery Monitoring " Intelec'91 - pg 171. 1991.
- [9] - Smith, G. - " Storage Batteries" - Pitman Publishing Limited - 3ª edição. 1980.
- [10] - Có, M.A. - " Carregador de Baterias Isolado com Fator de Potência Unitário".  
Dissertação de Mestrado - Lamep - UFSC. 1993
- [11] - Henze, C.P., Smith, J.A. and Lo, D.S. - " A Transformer Isolated AC to DC Switch-Mode Power Converter with Resistive Input Current". IEEE Conference Publications, p-p 428-439, no.291- July 1988.

- [12] - Microcomputer Components - User's Manual Siemens A.G.
- [13] - Júnior, E.R. e Santos, J.P. - " Programando em Assembler 8086/8088" - Ed. MacGraw Hill, 1989.
- [14] - Cristea, P., Tuduce,R. and Craciunescu,A. - " Microcomputer Assisted System for Testing UPS Batteries". Power Quality p-p 239-245. 1990.
- [15] - Malvino, A.P. - "Eletrônica Vol. II" . Ed. MacGraw-Hill. 1987.
- [16] - Henze, C.P. and Mohan,N. - " A Digitally Controled ac to dc Power Conditioner that draws Sinusoidal Input Current". P-p 531-540 - APEC, 1986.
- [17] - Bose,B.K. - "Introduction to Microcomputer Control" . G.E.Company.