

Roteiro para o Projeto Final da Disciplina de Circuitos Microprocessados

Carregador Microprocessado de Baterias de Chumbo Ácido

Justificativa do projeto

As baterias são elementos de armazenamento de energia grandemente utilizados em inúmeras aplicações. Como exemplo cita-se os bancos de baterias para armazenamento de energia em serviços auxiliares de usinas e subestações de energia elétrica, em sistemas fotovoltaicos voltados para alimentações de pequenas e médias cargas em locais sem fornecimento convencional de energia elétrica, além de sistemas automotivos e equipamentos eletrônicos portáteis.

Existe um grande número de diferentes tipos de baterias, cada qual com uma característica de carga e uso. Excetuando-se o caso de equipamentos de baixo consumo, normalmente portáteis, as baterias voltadas para o armazenamento de energia são, via de regra, um item de alto custo e responsabilidade no sistema a ser alimentado. Por conta da sua importância, variedade de tipos e características, e do seu custo, optou-se pelo desenvolvimento de um controlador programável de carga de baterias, que desempenhe as funções de carregador e avaliador de condição de baterias chumbo/ácidas, tanto estacionárias como automotivas, seja para operarem com células fotovoltaicas bem como com outras fontes de energia elétrica.

Características/Especificações

Carrega completamente a bateria de acordo com o seu tipo, contabilizando o total de carga (Coulomb ou A.h) ingressado na bateria. A carga é realizada com controle de tensão e corrente, de acordo com a fonte de energia, podendo ser a partir de painel fotovoltaico (otimizando o tempo para o aproveitamento do período de insolação) ou fonte de alimentação contínua de baixa tensão (no nosso caso).

O equipamento dispõe de unidade microprocessada para o controle da carga, e comunicação com um PC, permitindo a entrada de dados da bateria (tensões de carga e de flutuação, temperatura, etc.) e consequente configuração do carregador, de forma a operar com diferentes tipos de baterias de chumbo ácido. A comunicação com o PC também permite funções secundárias neste ambiente como os descritos no item adiante. O controle de carga é feito pelo microcontrolador via PWM e unidade de potência.

Carregamento de Baterias de Chumbo Ácido

A carga completa de uma bateria de chumbo-ácido selada, partindo de um estado de carga baixo (bateria descarregada), subdivide-se, basicamente, em 3 fases:

a. Fase de corrente constante

Fase inicial de um ciclo de carga, feita em uma corrente (taxa de recarga) constante aceita pela bateria, ou seja, que não a force à geração de gás e perda de eletrólito. O tempo desta etapa depende da corrente de carga imposta. A tensão vai subindo à medida que a bateria vai sendo carregada, segundo a figura 1. Ao atingir uma “tensão limite” (tensão de gaseificação) da bateria, parte considerável da carga foi armazenada, e a bateria começará a liberar gás (perder eletrólito) para subseqüentes aumentos de tensão. Assim, a primeira fase de carga de uma bateria consiste em manter uma corrente constante ao longo do tempo necessário para se alcançar este valor limite. Uma vez que o mesmo seja atingido, termina-se a primeira parte de carga e inicia-se a fase seguinte onde a fonte de energia passa de corrente constante para tensão constante. Para baterias chumbo-ácidas esta tensão limite é de aproximadamente 14,4V, variando conforme o fabricante.

b. Fase de tensão constante

Nesta fase, deve ser mantida a tensão constante (tensão limite) deixando a corrente cair com o aumento gradual da carga da bateria. Quando a corrente (taxa de carga) for próxima de $C/100$, a bateria estará completamente carregada, passando-se à fase de flutuação.

c. Fase de Flutuação

Nesta fase a tensão é reduzida para a tensão de flutuação. Esta tensão de flutuação mantém a bateria carregada, compensando as próprias perdas químicas internas da bateria. A figura 1 mostra a evolução da corrente e tensão de carga da bateria durante as três fases descritas, realizadas por um carregador inteligente.

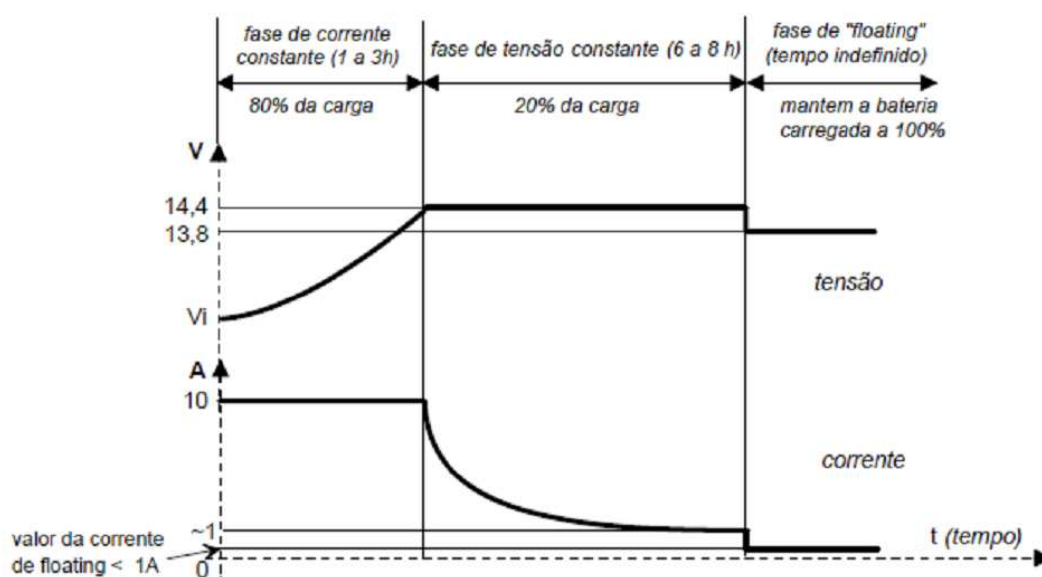


Figura 1: Fases de carga com carregador ideal.

Projeto Básico do Controlador de Carga da Bateria

Para este projeto, optou-se pelo desenvolvimento de um controle de carga do tipo série/interrupção por modulação de pulso (PWM). A razão da escolha do controle por PWM se deve à facilidade de controle da tensão e corrente médias fornecidas à bateria por um microcontrolador, assim como devido à baixa dissipação da unidade de potência, visto que esta opera no corte ou saturação. As perdas inerentes aos momentos de transição deste tipo de

chaveamento, assim como outras perdas associadas às não idealidades de componentes, como diodos ou indutores, são muito inferiores àquelas resultantes da operação do transistor de potência na região linear. Baixa dissipação juntamente com a flexibilidade de um controle digital configurável por um aplicativo rodando em um PC permitem maior facilidade em alterações e adaptações do projeto para outras aplicações, como a carga de baterias de maior capacidade do que a empregada nas experimentações em laboratório deste projeto.

Desta forma, a base para o carregador consiste basicamente de um CI como elemento de potência responsável por chavear a fonte constante de 14,4V à bateria, e de um driver capaz de acioná-lo de acordo com o sinal PWM fornecido pelo microcontrolador, segundo o diagrama da figura 2.

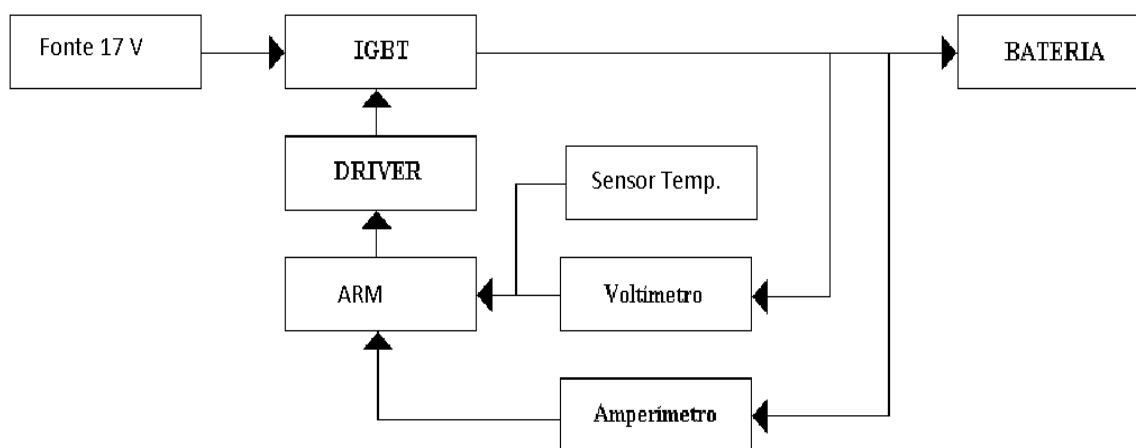


Figura 2: Diagrama em blocos do regulador por PWM.

Algoritmo de Controle

O algoritmo de controle neste projeto se baseia na regulação da tensão média, ou da corrente média que é enviada para a bateria, dependendo da fase da carga, conforme já foi descrito. O objetivo deste controle é ajustar a taxa de carga, controlar os limites de corrente e tensão (a fim de evitar danos ou sobrecargas à bateria), e garantir que a mesma se mantenha sempre no maior estado de carga possível.

Pela configuração do carregador série/interrupção por PWM, os valores médios de tensão e corrente podem ser controlados alterando-se o duty cycle (D) do sinal de controle. Desta forma, o controle se dá sobre a relação entre o tempo que o elemento de chaveamento permanece em condução (TON) e o período (T).

O algoritmo implementado no microcontrolador deve ser capaz de ler o valor do conversor A/D referente à tensão e corrente, calcular a média, verificar a diferença entre o valor medido e o setpoint desejado, e finalmente atuar sobre o duty cycle de forma a diminuir esta diferença (atingir o setpoint).

a. Primeira fase de carga

A figura 3 apresenta a lógica de controle durante a primeira fase de carga da bateria (fase de corrente constante):

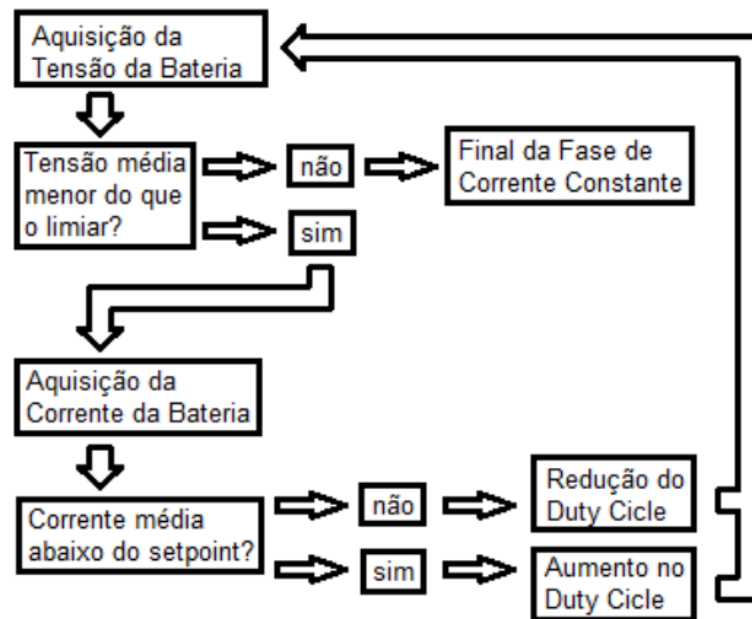


Figura 3: Lógica de Controle durante a primeira fase de Carga.

Durante a primeira fase de carga, a corrente deve ser mantida constante. O algoritmo acompanha a tensão dos terminais da bateria e verifica se a mesma atingiu a tensão de limiar, tensão máxima que pode ser aplicada a bateria sem que esta perca eletrólito, e que marca o final da parte inicial do carregamento. Caso a tensão do terminal da bateria esteja abaixo da tensão de limiar, o código deve comparar a corrente com o setpoint estipulado para a primeira fase de carga.

Caso a corrente esteja abaixo, o algoritmo irá incrementar o duty cycle adequadamente, e caso esteja acima, o mesmo será reduzido. Uma vez que a tensão de limiar seja ultrapassada, inicia-se a segunda fase de carga.

b. Segunda fase de carga

A lógica da segunda fase de carga é muito semelhante à da primeira, entretanto o controle é realizado sobre o setpoint de tensão (tensão limiar) ao invés de um setpoint de corrente (corrente de carga da primeira fase). A figura 4 apresenta a lógica de controle para a fase de tensão constante.

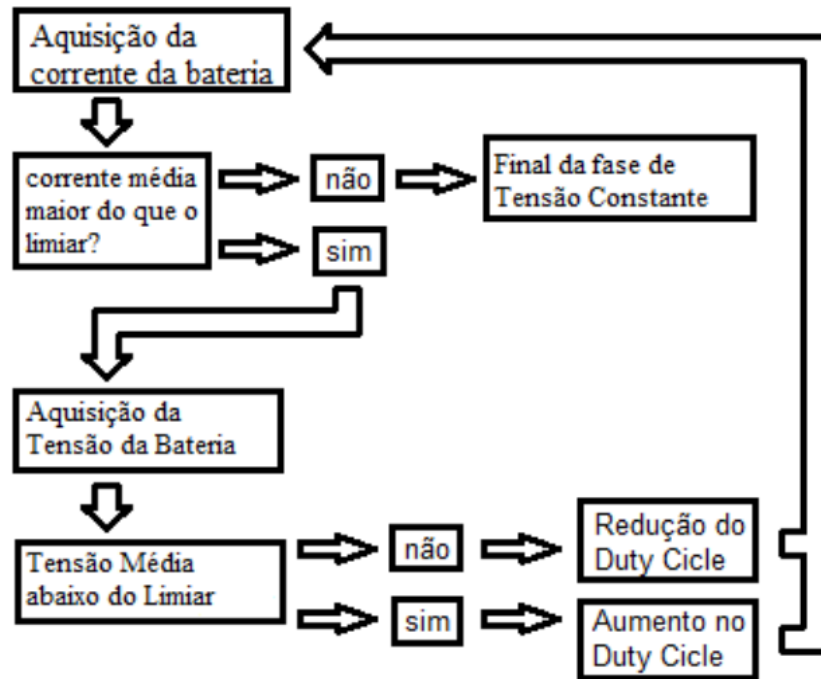


Figura 4: Lógica de controle durante a segunda fase de carga.

Na segunda fase de carga, a tensão é mantida constante e igual ao valor de limiar que marca o final da primeira fase, e a corrente que entra na bateria começa a cair à medida que a mesma se carrega. O algoritmo confere ciclicamente a corrente média que ingressa na bateria, e, caso esta atinja valores muito pequenos (limiar de corrente) da ordem de 20mA, a bateria pode ser considerada completamente carregada, indicando o final da segunda fase de carga.

Enquanto a corrente não cai até seu valor de limiar, o microcontrolador permanece regulando a tensão média que entra na bateria, lendo o seu valor e aumentando ou diminuindo o duty cycle de acordo com a discrepância entre os valores medidos e o setpoint.

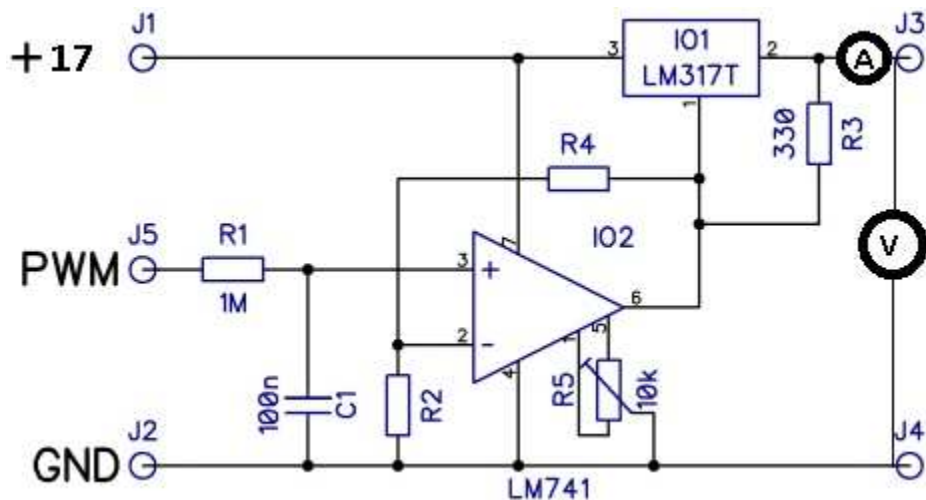
Ao final do ciclo de tensão constante, a bateria está completamente carregada, e o microcontrolador inicia a terceira fase, a de manutenção.

c. Fase de manutenção

A fase de manutenção consiste em fornecer pequenos pulsos para a bateria de forma a mantê-la sempre em seu estado de carga máxima, compensando as perdas internas inerentes à própria química da bateria e que provocam a sua descarga espontânea ao longo do tempo.

Para isto, o microcontrolador monitora a tensão em aberto da bateria, enquanto fornece pequenos e rápidos pulsos (duty cycle pequeno), caso a tensão em aberto da bateria caia em demasia, o microcontrolador retoma a segunda fase de carga.

Circuito de Carga controlado por PWM



Este circuito funciona com um PWM de frequência igual a 1kHz, R4 e R2 devem ser ajustados para obter uma tensão de saída máxima de 14,4 V com o PWM no ciclo máximo.

O circuito LM317 deverá ser montado com dissipador de calor, sugere-se realizar a montagem inicial na proto-o-board e para a apresentação confeccionar uma PCB para o circuito.

A medição de corrente será realizada utilizando o CI ACS712. Para a medição de tensão será necessária condicionar o sinal utilizando um divisor de tensão e um diodo zener como proteção, lembrando que a tensão máxima da entrada analógica é 3.3V.

A medição de temperatura será realizada pelo CI LM35.

Observações Importantes

O circuito proposto deve ser utilizado somente para a carga de acumuladores chumbo ácido, outras baterias possuem curvas de carga diferentes, e caso sejam carregadas com este procedimento poderão explodir.

Todo o procedimento de carga deverá ter monitorado a temperatura da bateria sob carga, a qualquer momento, se a temperatura ultrapassar 27 graus a corrente ou a tensão (dependendo da fase) deverá ser reduzida pela metade, não reduzindo a temperatura num período de 10 minutos o processo de carga deverá ser interrompido e uma mensagem de sobre temperatura deverá ser informada.

Caso a temperatura ultrapasse 35 graus o processo deverá ser interrompido imediatamente.

Na fase de corrente constante, a corrente não deverá ultrapassar 1A.

Entregas

Serão realizadas durante o período de aula, onde cada grupo deverá apresentar o andamento do trabalho.

A entrega final será composta por um relatório contendo a descrição do desenvolvimento, problemas encontrados durante projeto e soluções adotadas para contornar o problema. Também deverá conter as medições e teste realizado. O relatório não deverá conter código fonte, somente fluxogramas e explicações.

A apresentação será realizada por apenas um integrante do grupo, sorteado no momento da apresentação.

Composição da nota do GB

A prova prática no dia 15-jun terá peso de 50% do GB

O trabalho tem peso de 50% do GB composto pelas seguintes parciais

Entrega 1 – 10% da nota do trabalho

Entrega 2 – 20 %da nota do trabalho

Entrega 3 – 20 % da nota do trabalho

Apresentação do projeto 30 % da nota do trabalho

Relatório 20% da nota do trabalho.

Cronograma de Entregas

9-mai	Liberação da Especificação do Trabalho
16-mai	Entrega do Fluxograma do Projeto
30-mai	Entrega da medição (corrente, tensão e temperatura com os circuitos) e comunicação com o PC
13-jun	Entrega do PWM e algoritmos de controle implementados e circuito
15-jun	Prova GB – Prática sobre o trabalho (50% do GB)
20-jun	Apresentação do Trabalho GB (Projeto com relatório ABNT e apresentação)
22-jun	Apresentação do Trabalho GB (Projeto com relatório ABNT e apresentação)

Referências

SAAD, M. C, CONTROLADOR DE CARGA E DESCARGA DE BATERIAS, MICROCONTROLADO COM PIC, COM APLICAÇÃO EM SISTEMAS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA EM GERAL, INCLUINDO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Jose Formenti, Robert Martinez. Design Trade-offs for Switch-Mode Battery Chargers.