



## **Desenvolvimento da placa de circuito impresso de um controlador de carga de baterias chumbo-ácido utilizando o circuito integrado BQ2031**

**David Ciarlini Chagas Freitas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. e-mail: davidciarlinifreitas@hotmail.com

**Resumo:** Carregadores de bateria chumbo-ácido existentes no mercado utilizam métodos inadequados de carga de bateria, fazendo com que sua vida útil seja reduzida. Visando aperfeiçoar os métodos de carga, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um projeto eletrônico utilizando o circuito integrado BQ2031 da *Texas Instruments*.

**Palavras-chave:** carga, bateria de chumbo-ácido, método de carga, placa de circuito impresso, circuito integrado

### **1. INTRODUÇÃO**

A bateria de chumbo-ácido foi inventada por Gastón Plante em 1860, período de remonta os primórdios das células galvânicas. Nos dias de hoje, ela é muito usada como bateria de iluminação e arranque em automóveis, como, em fontes alternativas em no-breaks e em sistemas de tração para veículos e máquinas elétricas. (PONTES, 2009)

O ato de carregar uma bateria não é um processo simples, devido a vários fatores como segurança, eficiência e tempo. Em termos de segurança, quando se projeta um sistema de carregamento é necessário conhecer o tipo de bateria que será utilizada, para evitar fenômenos como sobrecarga ou subcarga. Existem baterias que caso não recebam a quantidade suficiente de corrente, presumindo a tensão nos limites adequados, têm suas características alteradas devido às reações químicas parasitas. Esse fenômeno é conhecido como subcarga e pode ter conseqüências prejudiciais a bateria. Outro fenômeno que deve ser evitado é o de sobrecarga. Caso exceda o nível de corrente no tempo, a bateria poderá sofrer alterações físicas. Quaisquer uns desses fenômenos podem contribuir fortemente para a diminuição da vida útil, capacidade de armazenamento e desempenho da bateria. (TAVARES, 2009)

Entre os principais métodos de carga, existem quatro métodos: um nível de tensão e um nível de corrente, dois níveis de tensão, dois níveis de corrente e corrente pulsada. No presente trabalho, será estudado e projetado, utilizando o CI BQ2031, três dos métodos anteriormente citados, que são: método dois níveis de tensão, dois níveis de corrente e corrente pulsada.

### **2. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **2.1 Métodos de carga**

Há métodos de carga diferenciados conforme sua característica de corrente e tensão. Estes métodos possuem uma seqüência de carga dividida em etapas, nas quais são aplicadas tensões e/ou correntes constantes. Isto requer o uso de sensores de corrente, de tensão, de temperatura e de um algoritmo de carga implementado por microcontroladores, DSPICs, DSPs ou CIs dedicados a esta função. (TRENTO, 2008)

No método duplo nível de tensão há três estágios. No primeiro estágio é imposta uma corrente de valor constante  $I_{max}$  até que a tensão sobre a bateria chegue à tensão de equalização, tensão aplicada à bateria visando à equalização da tensão na condição de plena carga. A segunda etapa mantém a tensão de equalização  $V_{blk}$  sobre a bateria. Naturalmente a sua corrente decresce até atingir um valor de corrente chamado de retenção mínima  $I_{min}$ . Ao final do segundo estágio a bateria obteve 100% de carga. O terceiro estágio consiste em manter uma tensão de flutuação, que é a tensão necessária para manter a bateria no estado de plena carga, sobre a bateria para ela manter a sua carga. Nesta a corrente se estabiliza em um valor de manutenção de carga  $I_{flt}$ . (LAZZARIN, 2006)

De acordo com o mesmo autor, este método pode ser melhorado verificando-se situações em que a bateria está próximo do fim da vida útil. Nesta situação, antes de aplicar a corrente do primeiro estágio  $I_{max}$ , é aplicada uma corrente menor de pré-carga  $I_{cond}$  para elevar a tensão até um valor mínimo  $V_{min}$ , como apresentado na Figura 1. Após este pré-estágio de carga, inicia-se o ciclo completo de carga descrito anteriormente.

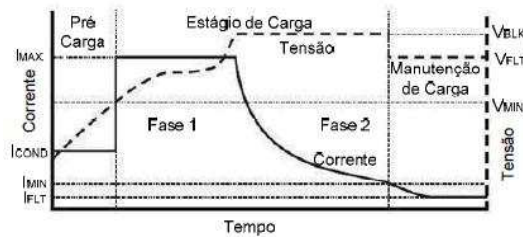


Figura 1 – Método duplo nível de tensão

Já o método duplo nível de corrente possui dois estágios de aplicação de corrente, em que o nível da corrente injetada na bateria é controlado a partir do nível de tensão. No primeiro estágio é aplicada uma corrente máxima  $I_{max}$  até que a tensão da bateria atinja a tensão de equalização. O segundo estágio tem a função de manter a carga da bateria, onde é aplicada uma corrente pulsante de retenção, de patamar  $I_{cond}$ , de frequência ajustada, para manter a tensão de flutuação da bateria constante (LAZZARIN, 2006).

Este método também pode ser melhorado fazendo-se uma análise na pré-carga da bateria, como explicada anteriormente. A Figura 2 apresenta esse método.

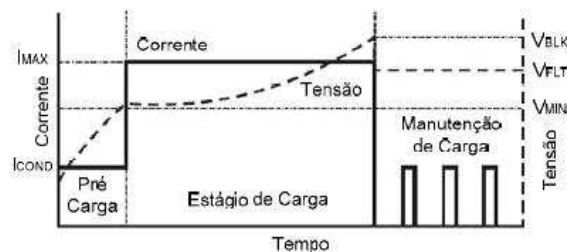


Figura 2 – Método duplo nível de corrente

O método da corrente pulsada possui dois estágios de aplicação de corrente. O primeiro, em que a bateria é carregada com corrente constante  $I_{max}$  até que a sua tensão atinja a tensão de equalização. Nesse instante, inicia-se o segundo estágio, que consiste em monitorar a tensão da bateria. Quando esta diminuir à tensão de flutuação, é novamente injetada a corrente  $I_{max}$ , para que a tensão volte à tensão de equalização. Esse processo se repete, caracterizando uma corrente pulsante sobre a bateria com o objetivo de manter sua carga. (LAZZARIN, 2006)

Em caso de descarga profunda, o método também pode ser melhorado acrescentando-se um estágio de pré-carga. O método é apresentado na Figura 3.

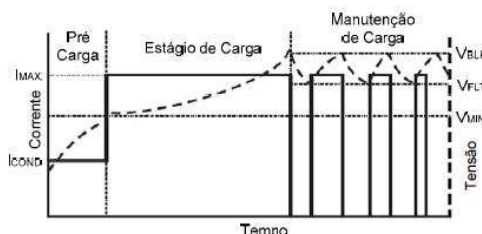


Figura 3 – Método de corrente pulsada

## 2.2 Circuito integrado BQ2031

O circuito integrado CI BQ2031 de 16 pinos da *Texas Instruments* é um chip dedicado à aplicação de monitorar o carregamento de Baterias chumbo-ácido. Possui pinos selecionáveis para os três tipos de carga. (TEXAS INSTRUMENTS)

Tem a carga finalizada por tensão máxima, corrente mínima e tempo máximo. Possui teste de qualificação que detecta se as células das baterias estão em curto-circuito, abertas ou danificadas e se a bateria está em bom estado. Durante a carga, monitora, continuamente, os limites de tensão e temperatura. Controla a carga por um pino que vai para o interruptor da chave principal do conversor Buck com a informação do sinal PWM (modulação por largura de pulso). Possui LEDs que exemplificam o status da carga e algum problema que possa acontecer durante a carga. (TEXAS INSTRUMENTS)

O monitoramento de tensão e corrente é devido ao circuito mostrado na Figura 4 que são calculados como mostram as equações 1 e 2. Com esses valores, o CI BQ2031 monitora a tensão da bateria em função de alguns dados da bateria, como tensão de flutuação, tensão de equalização e número de células. Já o valor de  $R_{sns}$  faz com que o BQ2031 monitore a corrente.

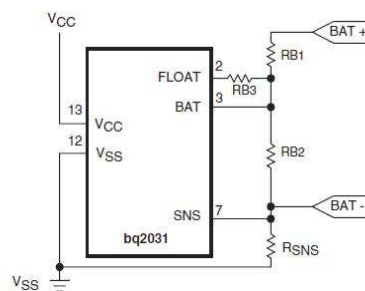


Figura 4 – Circuito de monitoramento de tensão e corrente do CI BQ2031

Os valores do manual técnico da bateria estão listados abaixo:

$V_{flt} = 13,2$  a  $12,38V$  (tensão de flutuação)

$V_{blk} = 14,2$  a  $14,4V$  (tensão de equalização)

$N = 6$  (número de células)

$$\frac{Rb1}{Rb2} = \frac{N * Vflt}{2,2V} - 1 \quad (1)$$

$$\frac{Rb1}{Rb2} + \frac{Rb1}{Rb3} = \frac{N * Vblk}{2,2V} - 1 \quad (2)$$

Fazendo a corrente máxima ser 3 A, o valor do resistor  $R_{sns}$  pode ser obtido através da equação 3.

$$I_{max} = \frac{0,25V}{R_{sns}} \quad (3)$$

Com isso, foram obtidos os seguintes valores:

$RB1 = 240K$  ohms

$RB2 = 49,9K$  ohms

$R_{B3} = 352K$  ohms

$R_{SNS} = 0,08$  ohm

Portanto, os valores encontrados de  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$  e  $R_{B3}$  são utilizados, pelo BQ2031, para monitorar tensão e o valor  $R_{SNS}$  para monitorar corrente.

O CI BQ2031 monitora temperatura entre os pinos SNS e TS, como é mostrado na Figura 5. Os cálculos são feitos pelas equações 4 e 5.

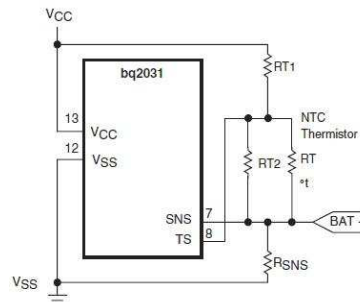


Figura 5 – Circuito de monitoramento de temperatura

$$0,6 * V_{CC} = \frac{V_{CC} - 0,25V}{1 + \frac{R_{T1} * (R_{T2} + R_{LTF})}{R_{T2} * R_{LTF}}} \quad (4)$$

$$0,44 = \frac{1}{1 + \frac{R_{T1} * (R_{T2} + R_{HTF})}{R_{T2} * R_{HTF}}} \quad (5)$$

Onde  $V_{CC}$  é a tensão de alimentação do CI, no caso 5V,  $R_{LTF}$  é resistência do termistor em LTF ( $0,6 * V_{CC} = 3V$ ) e  $R_{HTF}$  é a resistência do termistor em HTF ( $0,44 * V_{CC} = 2,2V$ ). Os valores de  $R_{LTF}$  e  $R_{HTF}$  podem ser encontrados na folha de dados do componente NTCLE100E3103JT2.

Com isso, foram obtidos os seguintes valores:

$R_{T1} = 3,57K$  ohms

$R_{T2} = 7,5K$  ohms

Com esses valores, os limites de temperatura para que o BQ2031 funcione corretamente está entre  $0^{\circ}C$  e  $47^{\circ}C$ .

O CI BQ2031 cessa a carga da bateria quando o tempo de carga ultrapassa o tempo calculado  $T_{MTO}$ . A equação 6 mostra como calcular esse tempo.

$$T_{MTO} = 0,5 * R * C \quad (6)$$

Onde  $T_{MTO}$  está em horas,  $R$  em  $K$  ohms e  $C$  em  $\mu F$ .

Os valores de  $R$  e  $C$  calculados serão colocados no seguinte circuito do CI BQ2031, como mostra a Figura 6.

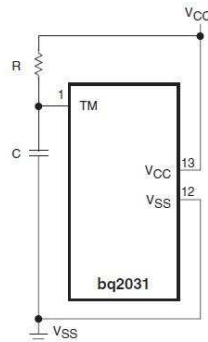


Figura 6 – Circuito de monitoramento de tempo máximo de carga

Com isso, os seguintes valores foram obtidos:

$R = 400K$  ohms

$C = 100nF$

Totalizando um tempo máximo de 20 horas de carga.

### 2.3 Esquema Elétrico

O circuito do BQ2031, apresentado na Figura 7, mostra todos os circuitos referentes ao circuito integrado BQ2031.

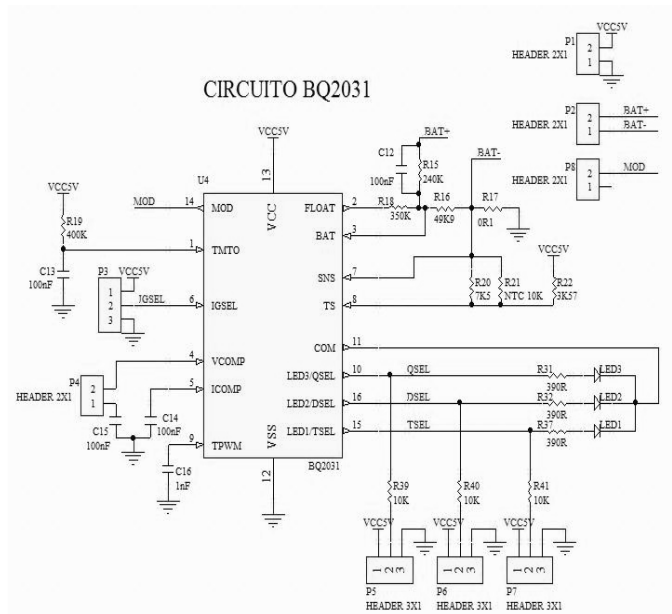


Figura 7 – Circuito do CI BQ2031

Os pinos 10, 11, 15 e 16 são referentes aos tipos de cargas e indicação do carregamento.

Os três tipos de cargas são escolhidos dependendo dos pinos 10 e 15, conforme Tabela 1.

O método de carga é escolhido de acordo com os pinos QSEL e TSEL, correspondentes aos conectores P5 e P7 da Figura 7. Caso QSEL e TSEL esteja em nível lógico alto, o método escolhido será o método de corrente pulsada, como mostra a Tabela 1.

A indicação dos LEDs durante a carga é escolhido de acordo com o pino DSEL, correspondente ao conector P6 da Figura 7. Caso DSEL estiver em nível lógico alto, o modo escolhido é o 2, como apresenta a Tabela 2.

Se o pino 16 DSEL estiver em baixo e não existir uma bateria conectada, o led 3 acenderá. Durante a pré-qualificação da carga o LED1 ficará piscando e assim por diante, conforme mostra a Tabela 2.

A configuração dos pinos 4 e 5 foram retirados do application notes do CI BQ2031, que está disponível no site da Texas Instruments.

O pino 6 determinará a corrente em que o CI BQ2031 corta a carga da bateria no método duplo nível de tensão, conforme a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Corrente determinada pelo pino 6

IGSEL	I <sub>min</sub>
0	I <sub>max</sub> /10
1	I <sub>max</sub> /20
z	I <sub>max</sub> /30

O pino 9 TPWM é referente à frequência de chaveamento do pino MOD. A equação 7 mostra como a frequência de chaveamento é calculada.

$$F_{PWM} = \frac{0,1}{C_{PWM}} \quad (7)$$

Com isso, o valor do capacitor  $C_{PWM}$ , para uma frequência de 100KHz, é de  $C_{PWM} = 1nF$ . O pino 14, referenciado por MOD, deve acionar um conversor CC/CC BUCK para carregar a bateria.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A PCI está apresentada na figura 8.

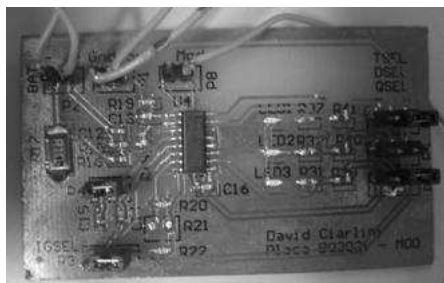


Figura 8 – Placa de circuito impresso

O circuito do BQ2031 foi testado verificando o sinal de saída MOD para ser utilizado no circuito de potência do conversor CC/CC BUCK. A Figura 9 mostra o sinal gerado no momento da qualificação de pré-carga. De acordo com a Figuras 1, 2 e 3 esse sinal é o responsável por deixar a corrente de carga igual a I<sub>cond</sub>.

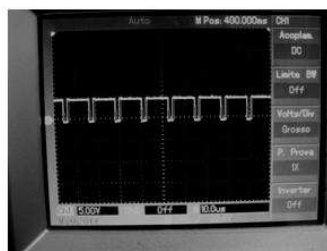


Figura 9 – Sinal MOD – Entrada do pino de potência

O circuito do BQ2031 possui três tipos de indicações, através de leds, para mostrar as etapas de carga, como pode ser visto nas figuras 10 a 12.

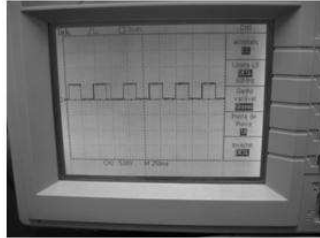


Figura 10 – Estado do Led 1 no modo 1



Figura 11 – Estado dos Leds 1 e 2 no modo 2

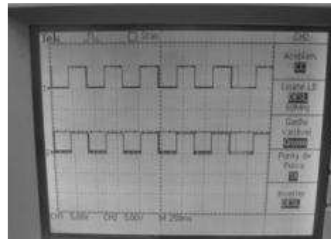


Figura 12 – Estado dos Leds 1 e 2 no modo 3

Essa indicação é escolhida através do pino DSEL da Figura 7. Caso DSEL esteja em nível lógico baixo (MODO 1), na qualificação de pré-carga o led 1 fica piscando, conforme figura 10. Caso DSEL esteja em nível lógico alto (MODO 2), na qualificação de pré-carga o led 1 e o led 2 permanecem em níveis lógicos alto, conforme figura 11. Por último, caso DSEL não esteja nem em nível lógico baixo nem em nível lógico alto (estado de flutuação – MODO 3), na qualificação de pré-carga o led 1 e o led 2 ficam piscando, conforme figura 12.

No circuito do BQ2031 o LED 3, luz vermelha, indica sempre alguma falha, como ausência de bateria, temperatura fora da faixa e falta de carga. Nesses três estados, os LEDs, respectivamente, acendem, piscam e acendem. É apresentado nas Figuras 13 e 14 os momentos em que o LED três acende.



Figura 13 – Led 3 indicando ausência de bateria

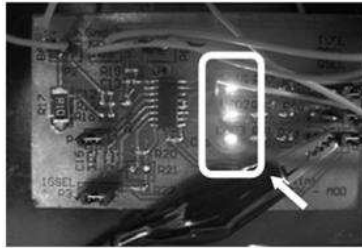


Figura 14 – Led 3 indicando falta de carga

Na figura 13 apenas o LED 3 está aceso, indicando que há ausência de bateria. Já na figura 14, o LED 3 está aceso indicando falta de carga. No momento da indicação de falta de carga e de temperatura fora da faixa, os LEDs um e dois permanecem no mesmo estado em que estavam no momento da falha, caso estejam piscando, continuam piscando.

## 6. CONCLUSÕES

Neste artigo foi tratada a importância do controle de métodos de carga utilizados para carregar baterias chumbo-ácido. Desta forma, deve-se atentar para o uso correto de circuitos eletrônicos que não diminuam a vida útil das baterias.

Portanto, tentando melhorar os métodos de carregamento, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto eletrônico utilizando o circuito integrado BQ2031 da Texas Instruments para aumentar a vida útil das baterias.

Pretende-se também, posteriormente, acoplar a placa de circuito impresso apresentado no presente artigo no circuito de potência composto pelo conversor CC/CC BUCK.

## REFERÊNCIAS

CHAGAS, M. W. P. (2007). **Novas Tecnologias para avaliação de Baterias**. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Desenvolvimento de Tecnologia) – IEP/LACTEC

LAZZARIN, T. B. (2006). **Estudo e Implementação de um carregador de Baterias com uma Técnica de Avaliação de sua Vida-útil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina

MOURA CLEAN. **Moura Clean: Baterias Estacionárias – Manual Técnico**. 2006. Disponível em: < <http://manoel.pesqueira.ifpe.edu.br/fmn/anterior/2010.2/infra/CLEAN.PDF> > Acesso: 28 mar 2012

PONTES, R. S. (2009). **Baterias de Chumbo**. João Pessoa, jul 2009. Disponível em: < [http://www.quimica.ufpb.br/monitoria/Disciplinas/termodinamica2/material/M1\\_Baterias\\_de\\_chumbo\\_-\\_RONALDO\\_DA\\_SILVA\\_PONTES.pdf](http://www.quimica.ufpb.br/monitoria/Disciplinas/termodinamica2/material/M1_Baterias_de_chumbo_-_RONALDO_DA_SILVA_PONTES.pdf) > Acesso em: 12 fev 2012

TEXAS INSTRUMENTS. BQ2031: **Lead-Acid Fast Charge IC**. Disponível em: < <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq2031.pdf> > acesso em: 17 jan 2012

TRENTO, A. e Feldens, A. T. (2008). **Carregador de Baterias tipo Chumbo Ácido com PIC16F877A**. São José dos Pinhais PR, jan 2008. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/24058339/Carregador-de-Baterias-Tipo-Chumbo-Acido> > Acesso em: 15 out 2011