

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2004.02.20	(73) Titular(es): FUNDAMENTAL INNOVATION SYSTEMS INTERNATIONAL LLC 2990 LONG PRAIRIE ROAD, SUITE B FLOWER MOUND, TX 75022 US
(30) Prioridade(s): 2003.02.21 CA 2419488 2003.02.21 US 372180	
(43) Data de publicação do pedido: 2005.11.16	(72) Inventor(es): DUSAN VESELIC CA MARTIN G. A. GUTHRIE CA
(45) Data e BPI da concessão: 2016.10.19 007/2017	(74) Mandatário: VASCO STILLWELL DE ANDRADE RUA CASTILHO, 165 1070-050 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **CIRCUITO E MÉTODO DE OPERAÇÃO PARA UMA ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA**

(57) Resumo:

UM CIRCUITO DE CARREGAMENTO DE BATERIA COMPREENDENDO: UM COMUTADOR SEMICONDUTOR (Q1) TENDO UMA SAÍDA CONECTADA A UMA BATERIA RECARREGÁVEL (24); UM CONTROLADOR DE CARGA DE BATERIA (20) PARA RECEBER POTÊNCIA A PARTIR DE UMA FONTE EXTERNA, E FORNECER POTÊNCIA DE SAÍDA A UM DISPOSITIVO PORTÁTIL (18) E À ENTRADA DO COMUTADOR SEMICONDUTOR, A SAÍDA DE CORRENTE DO CONTROLADOR DE CARGA DE BATERIA SENDO CONTROLÁVEL; E UM CIRCUITO DE DETEÇÃO DE TENSÃO (30) PARA: MEDIR A QUEDA DE TENSÃO AO LONGO DO CONTROLADOR DE CARGA DE BATERIA PELA MODULAÇÃO DO COMUTADOR SEMICONDUTOR PARA REDUZIR A QUANTIDADE DE CORRENTE FORNECIDA À BATERIA RECARREGÁVEL QUANDO A QUEDA DE TENSÃO FOR DEMASIADO ELEVADA; PELO QUE A POTÊNCIA TOTAL DISSIPADA PELO CONTROLADOR DE CARGA DE BATERIA É CONTROLADA, O DISPOSITIVO PORTÁTIL RECEBENDO A POTÊNCIA DE QUE PRECISA PARA FUNCIONAR E A BATERIA RECARREGÁVEL RECEBENDO TODA A POTÊNCIA DISPONÍVEL ADICIONAL.

RESUMO**CIRCUITO E MÉTODO DE OPERAÇÃO PARA UMA ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA**

Um circuito de carregamento de bateria compreendendo: um comutador semicondutor (Q1) tendo uma saída conectada a uma bateria recarregável (24); um controlador de carga de bateria (20) para receber potência a partir de uma fonte externa, e fornecer potência de saída a um dispositivo portátil (18) e à entrada do comutador semicondutor, a saída de corrente do controlador de carga de bateria sendo controlável; e um circuito de detecção de tensão (30) para: medir a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria pela modulação do comutador semicondutor para reduzir a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável quando a queda de tensão for demasiado elevada; pelo que a potência total dissipada pelo controlador de carga de bateria é controlada, o dispositivo portátil recebendo a potência de que precisa para funcionar e a bateria recarregável recebendo toda a potência disponível adicional.

DESCRIÇÃO

CIRCUITO E MÉTODO DE OPERAÇÃO PARA UMA ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA

CAMPO TÉCNICO

Esta invenção refere-se em geral a carregadores de bateria, e mais especificamente a um método e aparelho para carregar uma bateria num dispositivo de comunicação portátil a partir de uma variedade de fontes de alimentação, incluindo fontes de capacidade limitada, tais como um nó de potência integral de um barramento de dados de computador. Um tal barramento de dados de computador seria uma porta USB (barramento de série universal).

TÉCNICA ANTECEDENTE

Com a atual revolução na computação e informação, os dispositivos eletrônicos portáteis, tais como telefones celulares, assistentes pessoais digitais (PDA), recetores digitais e dispositivos de correio eletrônico sem fios estão a tornar-se muito comuns. Estes dispositivos portáteis são tipicamente alimentados por baterias internas quem têm de ser recarregadas periodicamente por uma fonte de alimentação externa, utilizando um carregados de bateria. Geralmente, os carregadores de bateria recebem potência de uma tomada elétrica de CA padrão e convertem a potência em CA numa tensão elétrica CC baixa para recarregar uma bateria.

Os carregadores de bateria destes dispositivos portáteis também empregam geralmente um «controlador de carga de bateria» para gerir o carregamento da bateria. Esses controladores de carga de bateria oferecem funcionalidades tais como:

- regular os níveis de tensão e de corrente para a bateria recarregável;
- fornecer sinais de estado de funcionamento ao processador principal do dispositivo portátil, ou

operar um ou mais LED (diodos emissores de luz) de estado de funcionamento;

- fornecer circuitos de proteção tais como de proteção contra sobrecorrente, subtensão, polaridade inversa e sobretemperatura; e
- desligarem-se a si mesmos quando a fonte de carregamento tiver sido removida, para minimizar o descarregamento da bateria.

Os conjuntos de baterias de íão-lítio, por exemplo, têm de ser carregados de acordo com um algoritmo relativamente estrito, de modo a que possam ser totalmente carregados, ser carregados e recarregados muitas vezes, e operados em segurança. Este algoritmo de carregamento procede, em geral, do seguinte modo:

1. numa primeira fase, todos os estados de forte subtensão ou de descarga profunda são resolvidos. Durante esta fase de pré-carregamento, a tensão da bateria é paulatinamente retirada de um estado muito baixo ou fora de tensão, normalmente a uma taxa de 1/10 da corrente de carga normal;
2. de seguida, a bateria é carregada a um nível de corrente constante, até que a tensão ao longo da bateria atinja o seu nível nominal (considerem-se 4,2 VCC). Neste momento, a bateria estará apenas entre 40 % e 70 % da sua capacidade completa; e então
3. o carregamento da bateria continua num nível de tensão constante (novamente, considerem-se 4,2 VCC) até que esteja totalmente carregada. Neste modo, a corrente absorvida pela bateria irá baixar ao longo do tempo. Quando a corrente de carga tiver baixado para 10 % da taxa de carga inicial, ou algum outro limite determinado pelo fabricante da bateria, o carregamento é parado.

O carregamento tem de parar neste momento pois o carregamento de compensação não é aceitável para baterias

de lítio; uma sobrecarga iria danificar a células, possivelmente galvanizando o lítio metal e tornando-se perigosa.

Assim, as baterias de lítio são quase invariavelmente utilizadas com controladores de carga de bateria concebidos para os seus parâmetros de carregamento específicos.

Infelizmente, a maioria dos controladores de carga de bateria é concebida para absorver a partir de uma alimentação elétrica de elevada capacidade com uma tensão estável que não descairá consideravelmente perante as suas exigências de corrente. Isto é um problema quando se tenta utilizar uma alimentação elétrica com capacidade limitada. Alguns barramentos de dados de computador tais como barramentos USB (barramento de série universal) podem ser utilizados para fornecer potência a dispositivos externos, mas, embora essas fontes de alimentação elétrica sejam muito convenientes, têm capacidade limitada.

A maioria dos computadores pessoais (PC) e computadores portáteis disponíveis hoje em dia é fornecida com uma ou mais portas USB como componentes padrão. As portas USB são concebidas para suportar comunicação de dados a velocidades de 12 megabits e 1,5 megabits por segundo, suportar software de instalação PnP (ligar e utilizar), e suportar ligações dinâmicas (isto é, os dispositivos podem ser conectados e desconectado enquanto o PC está a trabalhar). Assim, as portas USB são muitas vezes utilizadas como interfaces para conectar teclados, ratos, controladores de jogos, impressoras e digitalizadores a PC.

De igual modo, as portas USB são operáveis para fornecer potência limitada a dispositivos externos conectados. A especificação USB padrão requer que as portas USB de «elevada potência» sejam operáveis para fornecer tensão de alimentação de 4,75–5,25 VCC e uma corrente de alimentação de pelo menos 500 mA (muitas vezes referida como «cinco unidades»). A especificação para portas USB de

«baixa potência» requer uma tensão de alimentação de 4,40-5,25 VCC e corrente de 100 mA (referida como «uma unidade»).

As portas USB pareceriam ser uma escolha muito lógica como uma alimentação elétrica para dispositivos portáteis por um conjunto de razões. Para começar, as portas USB fornecem uma tensão de alimentação CC reduzida, a qual está muitas vezes muito próxima, ou pouco acima da tensão da bateria que está a ser carregada (muitos dispositivos portáteis tendo tensões de bateria numa gama de 2,5-4,5 VCC). De igual modo, muitos dispositivos portáteis podem ser operáveis para carregar ou descarregar dados ou software, para e a partir de um computador pessoal ou um computador portátil (muitas vezes referido como «sincronização»). Assim, muitos dispositivos portáteis são fornecidos com bases de encaixe como mostrado no esquema de rede da **figura 1**. Este é um esquema bastante direto, visto que a base de encaixe **10** está conectada a uma porta USB **12** de um computador pessoal (PC) **14**, por intermédio de um simples cabo USB e conectores **16**. O dispositivo portátil **18** apenas tem de ser instalado na base de encaixe **10** e é feita uma conexão eletrónica ao PC **14**.

Se a porta USB **12** tiver potência suficiente, faz muito mais sentido utilizar a porta USB **12** para fornecer potência de carregamento ao dispositivo portátil **18** que utilizar um carregador de CA independente. Por exemplo:

1. uma alimentação elétrica por USB terá menos ruído elétrico que um carregador de CA, exceto se o carregador de CA incorporar grandes condensadores ou indutores de CC;
2. um carregador de CA requer ou um transformador pesado ou um comutador de alimentação elétrica dispendioso, nenhum dos quais seria necessário se fosse utilizada a potência do USB;
3. na aplicação de alimentação elétrica por USB, o

cabo e conectores **16** utilizados para conectar a base de encaixe **10** ao PC **14** podem ser utilizados para carregar quer potência quer dados, pelo que não seriam necessários nenhuns componentes físicos adicionais. Em contraste, uma alimentação elétrica de CA teria de ser fornecida como um componente físico independente de um cabo de dados USB; e

4. não existem padrões universais para alimentação elétrica de CA; uma determinada alimentação elétrica de CA pode requerer 120 VCA ou 240 VCA como entrada, e pode fornecer 3, 4,5, 6, 7,5 ou 9 VCC de saída, com um de um grande conjunto de conectores e polaridades diferentes possíveis. Um viajante que se esqueça da sua alimentação elétrica de CA em casa pode não ser capaz de encontrar um substituto adequado.

Em contraste, o padrão USB é amplamente aceite, pelo que um viajante cujo dispositivo móvel esteja equipado com um conector USB terá muito maiores hipóteses de encontrar uma fonte de carregamento.

Assim, seria claramente desejável utilizar potência USB para carregar dispositivos portáteis. No entanto, infelizmente, como observado acima, as portas USB apenas podem fornecer potência limitada. O problema torna-se claro quando se considera o diagrama de blocos da **figura 2**. Neste cenário, o dispositivo portátil **18** e o controlador de carga de bateria **20** estão conectados à porta USB **12** em paralelo, e sob estados de carregamento o comutador de controlo **22** será alternado para que o dispositivo portátil **18** absorva potência da porta USB **12**. Quando a bateria **24** tiver sido totalmente carregada pelo controlador de carga de bateria **20** e a potência de porta USB **12** removida, o comutador de controlo **22** é então alternado para que o dispositivo portátil **18** absorva potência da bateria **24**. Este tipo de circuito pode funcionar em algumas circunstâncias, mas não é aceitável quando a fonte de alimentação tem capacidade

limitada.

Se alguém tentar alimentar o dispositivo portátil **18** e o controlador de carga de bateria **20** simultaneamente, a partir da porta USB **12**, é muito provável que seja imposta uma carga demasiado elevada à porta USB **12**. A carga excessiva na porta USB **12** pode levar a um estado de subtensão ou de baixa corrente que pode levar a um conjunto de problemas indesejáveis, tais como: a bateria **24** não ficar carregada adequadamente ou ficar permanentemente danificada, ou o dispositivo portátil **18** funcionar irregularmente ou ficar danificado.

Em alternativa, a bateria **24** e o dispositivo portátil **18** podem ser dispostos como mostrado na **figura 3**, para que sejam ambos alimentados pelo controlador de carga de bateria **20**. Embora uma tal configuração reduzisse a potência total absorvida pelo dispositivo portátil **18** e pela bateria **24** em combinação, existe um conjunto de outros problemas:

1. mais importante, continua a não haver nenhum controlo sobre a potência total que é absorvida a partir da porta USB **12**;
2. a potência absorvida pelo dispositivo portátil **18** poderia perturbar os mecanismos de proteção e de carregamento cuidadosamente configurados do controlador de carga de bateria **26**;
3. o dispositivo portátil **18** e a bateria **24** competem arbitrariamente pela potência disponível, pelo que podem afetar negativamente o funcionamento do outro. Se a tensão disponível cair para níveis demasiado baixos, ou se estiver disponível uma corrente insuficiente, qualquer um dos dispositivos pode funcionar irregularmente ou falhar completamente;
4. se a bateria **24** estiver num estado de descarga profunda quando a potência é ligada, a tensão dirigida para o dispositivo portátil **18** será reduzida para o

nível da bateria descarregada profundamente. Tipicamente, os dispositivos portáteis 18 não serão operáveis num nível de tensão tão baixo; e

5. a corrente que tem de ser fornecida à bateria 24 e ao dispositivo portátil 18 tem de ser dissipada pelo controlador de carga de bateria 20 ou por um semiconductor externo, de alguma forma. Quanto mais potência for dissipada, maior o controlador de carga de bateria 20 (ou o semiconductor externo acionado pelo controlador de carga de bateria 20) terá de ser. Geralmente, a capacidade de um semiconductor de dissipar potência varia com a sua área de superfície, assim, se a dissipação de potência for duplicada, o semiconductor terá de aumentar a área de superfície quatro vezes.

Novos controladores de carga de bateria dedicados poderiam ser desenvolvidos, os quais seriam concebidos para operar com uma alimentação elétrica por USB e um dispositivo portátil 18, mas isso seria uma solução dispendiosa e complicada. Cada controlador de carga de bateria teria de ser concebido para se adequar a um emparelhamento específico de um dispositivo portátil 18 e de uma bateria 24 porque teria de ter em conta os requisitos de consumo de potência de ambos os componentes.

Existe, por isso, uma necessidade de um método e aparelho que permita a barramentos de dados de computador padrão, tais como portas USB, alimentar simultaneamente dispositivos portáteis 18 e os seus circuitos de carregamento de bateria 20 associados, sem se ter de conceber novos controladores de carga de bateria com aplicações muito específicas. Esta configuração tem de ser fornecida tendo em consideração os rigorosos parâmetros de funcionamento de circuitos de carregamento de bateria, a área física de placa limitada em dispositivos portáteis, e a fiabilidade e complexidade da conceção.

A patente US 6252375 descreve um sistema de gestão de

energia e aumento de corrente e um método e aparelho de carregamento de bateria para um periférico de computador. O método de aumento de corrente é para utilização com um subsistema periférico alimentado pelo computador, incluindo uma carga dinâmica, a carga dinâmica requerendo uma potência maior, de tempos a tempos, que a potência especificada disponível a partir do computador e barramento ou interface de interconexão especificada. Este método inclui a utilização de um nó de potência fornecendo potência, conforme necessário, da bateria para a carga dinâmica, de modo a que a carga dinâmica variável não exceda a potência especificada disponível a partir do computador e barramento de interconexão. O método inclui monitorizar a corrente de carga, e injetar corrente para o nó de potência para aumentar a capacidade de condução de corrente do computador e do barramento periférico. Preferentemente, a injeção é realizada seletivamente com base nos resultados da monitoração, por ex., apenas quando a corrente de carga detetada se estiver a aproximar de um nível limite definido. Além disso, o carregamento da bateria é realizado apenas quando é determinado que nenhuma corrente está a ser absorvida através da bateria, para evitar distorcer a leitura da tensão. O aparelho serve também para carregar seletivamente a bateria a partir da corrente no barramento durante períodos relativamente inativos de carga dinâmica periférica. O aparelho inclui meios para determinar se a bateria é carregável, de acordo com critérios de carregabilidade predefinidos, e um circuito de carregamento de bateria que responda aos meios de determinação para carregar seletivamente a bateria apenas durante os períodos em que a corrente de carga periférica esteja limitada e exista corrente disponível suficiente no barramento do computador para recarregar a bateria.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

É por isso um objeto da invenção fornecer um novo método e aparelho que permita que controladores de carga de bateria padrão sejam alimentados a partir de portas de dados de computador padrão e de outras fontes de alimentação, que elimine ou mitigue, pelo menos, uma das desvantagens do estado da técnica.

Um aspecto da invenção é definido amplamente como um circuito de carregamento de bateria compreendendo: um comutador semicondutor tendo uma saída conectada a uma bateria recarregável; um controlador de carga de bateria para receber potência a partir de uma fonte externa, e fornecer potência de saída a um dispositivo portátil e à entrada do comutador semicondutor, a saída de corrente do controlador de carga de bateria sendo controlável; e um circuito de detecção de tensão para medir a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria pela modulação do comutador semicondutor para reduzir a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável quando a queda de tensão for demasiado elevada; pelo que a potência total dissipada pelo controlador de carga de bateria é controlada, o dispositivo portátil recebendo a potência de que precisa para funcionar e a bateria recarregável recebendo toda a potência disponível adicional.

Outro aspecto da invenção é definido como um circuito de carregamento de bateria compreendendo: um controlador de carga de bateria conectado à alimentação elétrica externa e eletrificando uma bateria e um dispositivo portátil, e tendo uma definição de corrente máxima; e um circuito de regulação para detetar a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria, e modular a corrente para a bateria para manter a potência dissipada pelo controlador de carga de bateria abaixo de um nível predeterminado.

Um aspecto adicional da invenção é definido como um método para carregar uma bateria de um dispositivo portátil

por intermédio de uma alimentação elétrica externa, o método compreendendo os passos de: conectar a entrada de um controlador de carga de bateria à alimentação elétrica externa; conectar a saída do controlador de carga de bateria, em paralelo, ao dispositivo portátil e à entrada de um comutador semicondutor; conectar a saída do comutador semicondutor à bateria; controlar a saída de corrente do controlador de carga de bateria; medir a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria pela modulação do comutador semicondutor para reduzir a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável quando a queda de tensão for demasiado elevada; pelo que a potência total dissipada pelo controlador de carga de bateria é controlada, o dispositivo portátil recebendo a potência de que precisa para funcionar e a bateria recarregável recebendo toda a potência disponível adicional.

Um outro aspeto da invenção é definido como um circuito de alimentação elétrica compreendendo: meios para medir a queda de tensão ao longo de um controlador de carga de bateria que fornece potência a um dispositivo portátil e à entrada de um comutador semicondutor, em paralelo; meios para controlar a saída de corrente do controlador de carga de bateria; e meios para responder à queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria pela modulação do comutador semicondutor para reduzir a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável quando a queda de tensão for demasiado elevada; pelo que a potência total dissipada pelo controlador de carga de bateria é controlada, o dispositivo portátil recebendo a potência de que precisa para funcionar e a bateria recarregável recebendo toda a potência disponível adicional.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Estas e outras características da invenção tornar-se-ão mais evidentes a partir da seguinte descrição, na qual é feita referência aos desenhos anexados, nos quais:

- A **figura 1** apresenta uma configuração física de um computador pessoal conectado a um dispositivo eletrônico portátil, de uma forma conhecida na técnica;
- A **figura 2** apresenta um diagrama de blocos elétrico de um circuito de carregamento de bateria e de um dispositivo portátil sendo alimentados em paralelo;
- A **figura 3** apresenta um diagrama de blocos elétrico de uma bateria e de um dispositivo portátil sendo ambos alimentados por um controlador de carga de bateria;
- A **figura 4** apresenta um diagrama esquemático elétrico de um circuito de carregamento de bateria numa forma de realização ampla da invenção;
- A **figura 5** apresenta um diagrama temporal de curvas de tensão, corrente e potência para o carregamento de uma bateria de íão-lítio numa forma de realização da invenção;
- A **figura 6** apresenta um diagrama esquemático elétrico de um circuito de carregamento de bateria numa forma de realização simples da invenção;
- As **figuras 7A, 7B e 7C** apresentam um diagrama esquemático elétrico de um circuito de carregamento de bateria numa forma de realização abrangente da invenção;
- A **figura 8** apresenta um fluxograma de um método de operação de um circuito

de carregamento de bateria numa forma de realização da invenção.

MELHOR FORMA DE REALIZAÇÃO DA INVENÇÃO

Tal como explicado acima, não existem atualmente nenhuma configuração eficaz que seja capaz de alimentar quer um dispositivo portátil **18** quer uma bateria recarregável **24** a partir de uma alimentação elétrica com capacidade limitada.

Um circuito que ultrapassa um conjunto dos problemas da técnica é apresentado como um diagrama de blocos na **figura 4**. Esta figura apresenta um circuito de carregamento de bateria construído em torno de um controlador de carga de bateria padrão **20**. Nesta forma de realização da invenção, o controlador de carga de bateria **20** recebe potência de uma fonte externa (V_{BUS}) e alimenta um dispositivo portátil **18** e uma bateria ou baterias recarregável(eis) **24** em paralelo, mas a alimentação da bateria **24** é feita por intermédio de um comutador semicondutor **Q1**. O controlo do fluxo de corrente através do comutador semicondutor **Q1** é modulado por um circuito de deteção de tensão **30** que mede a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria **20** e reduz o fluxo de corrente ao longo do comutador semicondutor **Q1** para a bateria **24** quando a queda de tensão é demasiado elevada.

O circuito de deteção de tensão **30** permite que o consumo de potência total do circuito seja deduzido, pois a saída de corrente do controlador de carga de bateria **20** é controlável, e a potência é o produto da queda de tensão e da corrente. A maioria dos controladores de carga de bateria **20** conhecidos na técnica é fornecida com o mesmo tipo de controlo de corrente máxima. Nas formas de realização exemplificativas aqui descritas a seguir, por exemplo, a saída de corrente máxima do controlador de carga de bateria **20** é simplesmente definida por meio de um resistor externo **R1**, apesar de, obviamente, a saída de

corrente poder também ser controlada de muitas outras formas (por exemplo, sendo programável, específica para a aplicação, ou definida por meio de alguma forma de sinal de entrada analógico ou digital).

Também nas formas de realização aqui descritas a seguir, o próprio circuito de detecção de tensão 30 é fornecido por meio de um amplificador operacional (amp. op.). Assim, a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria 20 pode ser simplesmente medida comparando a tensão na entrada e na saída do controlador de carga de bateria 20, como mostrado na **figura 4**. Alternativamente, uma entrada para o amp. op. pode ser retirada da saída do controlador de carga de bateria 20, ao passo que a outra poderá ser alguma tensão de referência V_{REF} ; quer emulando a entrada de V_{BUS} para o controlador de carga de bateria 20, quer sendo escalada de alguma forma.

Assim, ao monitorar a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria 20 e conhecendo a corrente máxima que pode ser fornecida, a potência total é conhecida. Utilizando esta informação para modular a potência para a bateria 24, a potência total dissipada pelo controlador de carga de bateria 20 pode ser controlada.

Igualmente, como este circuito modula a potência disponível para a bateria 24, este circuito pode ser configurado para assegurar que o dispositivo portátil 18 recebe a potência que requer para funcionar, ao passo que a bateria recarregável 24 apenas recebe potência quando está disponível uma capacidade excedentária.

O total de potência consumida pode, por isso, ser modulado para se manter dentro dos limites da potência disponível a partir da porta USB 12, e dentro da gama de potência que o controlador de carga de bateria 20 é capaz de dissipar. Isto permite que os controladores de carga de bateria 20 sejam utilizados «tal como disponíveis», em vez de se ter de conceber controladores de carga de bateria 20

novos e maiores que consigam dissipar potência suficiente para alimentar quer o dispositivo portátil **18** quer a bateria **24**. Isto também permite que o controlador de carga de bateria **20** ou o elemento de condução externo seja mantido fisicamente pequeno.

Com este mecanismo de modulação de potência, já não existe uma competição pela potência entre o dispositivo portátil **18** e a bateria **24**. A bateria **24** recebe potência apenas se houver mais potência disponível que aquela que o dispositivo portátil **18** requer. Isto pode parecer inconsistente com os requisitos de carregamento de baterias, tais como as células de lítio, mas os parâmetros do circuito podem facilmente ser configurados para os acomodar.

Como observado acima, os controladores de carga de bateria são normalmente concebidos para se adequarem a uma bateria ou família de baterias específica. Por exemplo, baterias de lítio são carregadas em três fases:

1. solucionar estados de descarga profunda;
2. carregamento a corrente constante até que a bateria atinja um determinado nível de tensão; e então
3. carregamento a tensão constante até que a corrente de carregamento caia até um certo ponto.

Durante o tratamento inicial de estados de descarga profunda, é fornecida comparativamente pouca corrente à bateria (tipicamente 1/10 da corrente de carga). O circuito da invenção é, por isso, concebido de modo a que muito raramente seja negada à bateria esta exigência de potência muito modesta.

A fase de carregamento a corrente constante absorve a maior quantidade de potência, mas as células de lítio não sofrem se a corrente de carregamento for modulada ou ciclada durante esta fase. Assim, é esta a fase que é mais alterada pelo circuito da invenção. Se o dispositivo portátil **18** for muito utilizado durante esta fase, o único impacto negativo será que o carregamento da bateria **24**

demorará muito mais tempo.

Durante a fase de carregamento a tensão constante, a corrente máxima é inferior àquela da fase de corrente constante e cai continuamente à medida que a bateria **24** fica totalmente carregada. Mais importante, a tensão da bateria **24** mantém-se num nível constante e máximo durante esta fase, pelo que a potência total dissipada pelo controlador de carga de bateria **20** será inferior durante a fase de tensão constante em relação à que foi durante a fase de corrente constante.

Tal como será aqui descrito com maior pormenor a seguir, o circuito de deteção de tensão **30** é concebido para saturar o comutador semiconductor **Q1** quando o nível de tensão de carga completa for atingido (isto é, o comutador semiconductor **Q1** não restringe minimamente o fluxo de corrente neste momento).

A alteração da dissipação de potência ao longo do tempo é mostrada na **figura 5**. São mostradas quatro curvas nesta figura: a tensão da bateria **24**, assinalada com V_{BAT} , a corrente de carga, assinalada com I_{CARGA} , a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria **20**, assinalada com V_{QUEDA} , e a potência total dissipada, assinalada com PBCC. Note-se que V_{DROP} varia inversamente em relação a V_{BAT} , e que a potência dissipada pelo controlador de carga de bateria **20** é o produto de I_{CARGA} e V_{QUEDA} .

Claramente, durante a fase de condicionamento, a tensão da bateria, V_{BAT} , é baixa, pelo que a V_{QUEDA} será elevada. No entanto, a I_{CARGA} é também baixa durante esta fase (cerca de 1/10 da $I_{CARGAMÁX}$, a corrente de carregamento máxima) pelo que a potência total dissipada é modesta.

Durante a fase de corrente constante, a corrente de carga aumenta até à $I_{CARGAMÁX}$, mas a tensão da bateria, V_{BAT} , cai à medida que a bateria fica carregada, pelo que a potência dissipada pelo controlador de carga de bateria **20** cai ao longo do decurso desta fase.

Quando a fase de tensão constante começa, a tensão da bateria atingiu o seu nível de totalmente carregada, $V_{CARGATOTAL}$, pelo que a V_{QUEDA} se encontra num mínimo. À medida que a I_{CARGA} cai ao longo do decurso desta fase, a potência dissipada também continua a cair (fazendo notar, novamente, que a potência dissipada é o produto de I_{CARGA} e V_{QUEDA}).

É então claro que o maior nível de potência é absorvido durante a fase de corrente constante. Como observado acima, o carregamento da bateria **24** pode ser ciclado em segurança durante esta fase, pelo que a restrição de corrente para a bateria **24** é permitida durante esta fase.

Este circuito permite também ao utilizador arrancar o seu dispositivo portátil **18** muito rapidamente, pois isola a bateria **24** do dispositivo portátil **18**. Se a bateria **24** e o dispositivo portátil **18** estivessem conectados quando o controlador de carga de bateria **20** tentou condicionar uma bateria profundamente descarregada **24**, a tensão no dispositivo portátil **18** teria sido reduzida para o nível da bateria descarregada profundamente **24**. Tipicamente, este seria demasiado baixo para o funcionamento correto do dispositivo portátil **18**. Com o circuito da invenção, a bateria **24** e o dispositivo portátil **18** são isolados pelo **Q1**. Mesmo que a bateria **24** esteja num estado de descarga profunda, o dispositivo portátil **18** continuará a receber uma tensão suficientemente alta para o seu funcionamento correto.

O tempo de arranque do dispositivo portátil **18** é, por isso, apenas limitado pelo tempo de ativação do próprio controlador de carga de bateria **20**. Um valor típico deste tempo de arranque é de 1 mS-4 mS, apesar de poder variar entre um controlador de carga de bateria **201** e um outro.

Assim, a utilização do circuito da **figura 4** permite a barramentos de dados de computador, e fontes de alimentação similares, com capacidade limitada fornecerem potência simultaneamente a dispositivos portáteis e a baterias

descarregadas.

Um conjunto de diferentes formas de realização da invenção será agora descrito. Cada forma de realização utiliza um número muito pequeno de componentes simples e fiáveis. Assim, a invenção, como um todo, fornece uma solução eficaz que é económica, fiável e consome um espaço de placa mínimo num dispositivo portátil.

Aplicação básica

A **figura 6** apresenta um diagrama esquemático elétrico de um circuito de carregamento que emprega quatro componentes principais: um controlador de carga de bateria NCP1800 **50**, um semicondutor **Q2**, o qual serve como elemento de condução externo para o controlador de carga de bateria **50**, um amplificador operacional (amp. op.) **52**, e um MOSFET (transístor de efeito de campo metal-óxido-semicondutor) **Q3**, o qual controla a corrente para a bateria recarregável **24**.

O controlador de carga de bateria NCP180 **50** é um controlador de carga de bateria de ião-lítio padrão, de célula única, tal como conhecido na técnica. A corrente máxima que este dispositivo irá fornecer é regulada pela resistência entre o pino ISEL e a terra. Neste caso, são utilizados três resistores **R2**, **R3** e **R4** para definir os níveis de corrente máxima para diferentes condições de funcionamento. A condição predefinida é que apenas estejam disponíveis 100 mA (USB de baixa potência), o que estabelece o valor para o resistor **R2**. Se for detetado que o dispositivo está ligado a uma fonte USB de elevada potência, então a porta do MOSFET **Q4** será posta em tensão, e a resistência entre o ISEL e a terra será definida pela resistência de **R2** e **R3** em paralelo.

De igual modo, se for detetado que a fonte de potência do circuito tem ainda mais potência disponível (uma ficha ou adaptador automóvel de CA, por exemplo), então, o MOSFET **Q5** será posto em tensão para que a resistência

entre o ISEL e a terra seja definida pela resistência de **R2** e **R4** em paralelo. O circuito da **figura 6** será tipicamente incluído nos próprios dispositivos portáteis **18**, ou numa base de encaixe **10**, pelo que deverá também ser operável com essas fontes de alimentação de capacidade tão grande.

As notas de aplicação do fabricante do controlador de carga de bateria NCP180 **50** estão disponíveis, o que irá ajudar o configurador a estabelecer os parâmetros e valores específicos para os resistores **R2**, **R3** e **R4** e o transistor de condução **Q2**.

A porção de deteção da tensão deste circuito é fornecida pelo amp. op. **52**, em conjunto com resistores **R5** e **R6**, e condensador **C1**. Este circuito monitora a tensão no lado do coletor de **Q2** (por meio do divisor de tensão **R5** e **R6**), e compara-a com um nível de referência (neste caso, $V_{REF} = *3,3 \text{ V}$). Se a tensão no lado do coletor de **Q2** cair, então a queda de tensão ao longo de **Q2** aumenta e a potência que ele tem de dissipar aumenta. Para reduzir a potência que tem de ser dissipada, o amp. op. **52** restringe a corrente através de **Q3** aumentando a sua resistência drenofonte.

Note-se que V_{REF} pode simplesmente ser fornecida a partir de V_{BUS} e um regulador de tensão. A V_{REF} é utilizada como uma entrada para o amp. op. **52** em vez da V_{BUS} pois o regulador fornecerá uma tensão de saída constante, ao passo que V_{BUS} tem uma vasta gama, tornando a configuração mais difícil. Os valores dos resistores **R5** e **R6** são estabelecidos simplesmente pela necessidade de escalar o valor de V_{BUS} em relação ao valor de V_{REF} .

Além disso, note-se que o condensador **C1** é incluído no circuito para suavizar flutuações e evitar a oscilação.

Tal como descrito acima, este circuito permite que o dispositivo portátil **18** absorva potência através de **Q2**, sem fazer com que as absorções combinadas do dispositivo

portátil **18** e da bateria **24** excedam a capacidade de potência de **Q2**. À medida que o dispositivo portátil **18** absorve potência, a tensão no lado do coletor de **Q2** cai e a corrente através de **Q3** é regulada de um modo linear.

A dissipação de potência tem de ser configurada para o cenário mais pessimista. Por exemplo, se os parâmetros de configuração máximos forem os seguintes:

- estão disponíveis até 0,85 A;
- uma tensão de entrada poderia ser tão elevada quanto 6 V; e
- o pré-carregamento da bateria **24** é concluído aos 3,0 V (isso é quando a corrente de carga mais elevada é fornecida à bateria, como mostrado na figura 5);

então $(6\text{ V} - 3\text{ V}) * 0,85\text{ A} = 2,55\text{ W}$ de potência que seriam dissipados pelo elemento de condução externo **Q2** (note-se que, em circuitos que não utilizam tal elemento, toda esta potência seria dissipada pelo controlador de carga de bateria **50**).

Este elemento de condução externo **Q2** tem de dissipar calor gerado pela corrente que flui através de si. Quanto mais potência for dissipada, maior será a dimensão física deste elemento de passagem; geralmente, a área de superfície que um dispositivo requer aumenta com o quadrado da potência a dissipar. Ou seja, se a potência for duplicada, é necessário um transistor com uma área de superfície quatro vezes maior. As dimensões dos transistores estão normalizadas, pelo que a forma de realização preferida deste circuito está concebida para empregar unidades SOT-23 (ou superSOT-6), que são capazes de dissipar até 1,6 W. A dimensão seguinte é a SOT-223, a qual é consideravelmente maior, com o dobro da dissipação de potência.

Como observado acima, a regulação de potência para a bateria **24** é feita de modo a que a corrente satisfaça sempre as necessidades do dispositivo portátil **18**, e

qualquer corrente excedentária (diferença entre a corrente de entrada e a corrente para o dispositivo portátil **18**) seja fornecida à bateria **24**. Por exemplo, suponha-se que o circuito está conectado a uma porta USB de elevada potência (estando disponíveis 500 mA) e a um dispositivo portátil **18**, tal como um dispositivo portátil Blackberry™. Quando o Blackberry entra em suspensão, pode requerer apenas 0,3 mA-0,7 mA, pelo que o balanço de corrente disponível (499,3 mA-499,7 mA) pode ser fornecido à bateria **24**. Assim que o Blackberry se reativa, o que sucede periodicamente para realizar tarefas de limpeza, absorve cerca de 30 mA-70 mA, dependendo do que fizer. Neste momento, a bateria **24** recebe 430 mA-470 mA. A análise ocorre quando Blackberry deve receber ou transmitir alguns dados, ou realizar alguma outra tarefa. Em qualquer caso, a potência para a bateria **24** é autoajustada dinamicamente.

Quando está disponível uma potência limitada, é também desejável desligar componentes de elevado consumo de potência, preservando potência apenas para o processador. Isto é feito facilmente conectando apenas o processador e a memória do dispositivo portátil **18** a **Q2**, como mostrado na **figura 6**, e conectando outros grandes consumidores de potência ao lado da bateria de **Q3**. Consequentemente, se estivermos a trabalhar com uma fonte de corrente limitada (tal como um USB de baixa potência, de 100 mA) e um componente de corrente excessiva, tal como um vibrador (tipicamente 120 mA) ou uma luz posterior (tipicamente 150 mA), estiver ligado, a saída de tensão de **Q2** começará a cair, **levando Q3** a aumentar a sua resistência RDS (dreno-fonte) e a preservar a corrente necessária para o processador.

Aplicação abrangente

A configuração apresentada nas **figuras 7A a 7C** utiliza os mesmos circuitos básicos da figura 6, mas acrescenta diversos elementos que fornecem vantagens adicionais. Estas

vantagens incluem as seguintes:

- a bateria pode ser carregada com uma tensão de entrada estando pouco acima do nível de bateria;
- o arranque do dispositivo portátil **18** quando a bateria está morta ou não está presente é diferente daquele da **figura 6**;
- o tratamento de picos de entrada a partir da alimentação elétrica externa é melhorado; e
- ao contrário das instruções do fabricante do controlador de carga de bateria utilizado nesta aplicação, os pinos VCC e IN são alimentados separadamente, para evitar fuga de tensão de retorno e potenciais problemas de bloqueio no controlador de carga de bateria.

Os parâmetros de configuração específicos para esta forma de realização da invenção podem ser resumidos do seguinte modo:

1. capacidades de carregamento a corrente constante e a tensão constante (como requerido para o carregamento de bateria de ião-lítio);
2. seleção de corrente para fontes de alimentação de 100 mA, 500 mA e 750 mA;
3. operação do dispositivo portátil **18** quando a bateria recarregável **24** está fraca, morta ou não presente;
4. arranque e operação do dispositivo portátil **18** em menos de 100 mS, nos casos em que a bateria **24** não está presente ou está morta;
5. conformidade com o modo suspenso de operação do USB (o sistema deve absorver menos do que 500 uA);
6. proteção contra sobretensão acima de 5,8 V até um mínimo de 10 V;
7. proteção contra um curto-circuito no conector da bateria;
8. permite o carregamento com a tensão de entrada tão baixa quanto o dispositivo portátil **18** precisa para o

seu funcionamento em segurança;

9. tensão na gama dos 3,3 V-3,6 V para o resistor de pull-up (ajuste positivo) na linha D*;

10. fornece meios de conectar e desconectar a tensão para o resistor de pull-up na linha D*;

11. indicação de presença de bateria; e

12. fornece o estado de funcionamento do controlador de carga de bateria.

Segue-se a descrição geral desta aplicação abrangente da invenção:

O circuito das **figuras 7A-7C** centra-se em torno de um controlador de carga de bateria de ião-lítio, bq24020, da Texas Instruments, assinalado com **U909** na **figura 7C**. Este controlador de carga de bateria fornece os modos de corrente constante e de tensão constante requeridos para carregar células de ião-lítio, e suporta limites de corrente programáveis externamente. O seu UVLO (limite de bloqueio em subtensão) é fornecido pelo comparador de PFI/PFO (**U908**) (Texas Instruments TPS3103E15) como referência, e o seu limite é definido pelos divisores de resistor da entrada VBUS. **U908** é também utilizado para garantir a operação após arranque inicial de **U909** num mínimo de 100mS. Isto fornece meios de enumerar quando está a funcionar com uma bateria fraca/morta, ou sem bateria. A proteção contra sobretensão (OVP) é fornecida pelo **U912** que é definido para ~5,8 V. O estado de carregamento é fornecido pelo controlador de carga de bateria **U909**, o qual indica se o controlador está ou não a fornecer corrente ao sistema. A tensão para o resistor de pull-up D* é fornecida por **U901** (um regulador de queda de baixa tensão, Toko TK71733SCL) e a sua capacidade de comutação por via de **Q907**. A mesma tensão é também utilizada para alimentar os componentes que são utilizados apenas quando a potência externa está

disponível por meio de VBUS (U906, U905, etc.)

Um comparador U905 (LMC7111A) e um MOSFET Q908 são utilizados para aumentar a tensão do sistema quando este está a funcionar com uma bateria fraca/morta ou sem a bateria. Este circuito fechado também «direciona» corrente para o sistema em estados de ausência de bateria ou de bateria fraca. Isto ocorre porque quando a tensão de L_BAT cai (devido à carga do sistema) o U905 age para desligar Q908, direcionando mais corrente para o sistema (para longe da bateria).

O comparador U907 fornece o indicador de estado de presença de bateria.

A proteção contra curto-circuito do conector de bateria é um NAND (circuito NÃO-E – U906) com a funcionalidade de ativação de carregador, desativando assim automaticamente o controlador de carga de bateria U909 quando ocorre um curto-circuito. O controlador de carga de bateria U909 reinicia automaticamente a carga se a tensão da bateria descer abaixo de um limite interno, e entra automaticamente em modo de suspensão quando a alimentação VCC é removida.

Teoria de funcionamento

Note-se que as entradas e saídas do circuito das figuras 7A-7C podem ser resumidas do seguinte modo:

Sinal	Conexão	Descrição
VBUS	À fonte de alimentação (USB ou	Entrada de potência para o dispositivo, utilizado para o carregamento da bateria ou o
CHRG_EN	Sinal de controlo do sistema	Ativa/desativa o carregador e a alimentação de corrente ao sistema; Estado de reposição: HIZ (resistor de pull-down faz com que RST = LOW,
CHRG_A	Sinal de controlo do	Ativa o limite de corrente de 450 mA para o carregador; estado de

CHRG_B	Sinal de controlo do	Ativa o limite de corrente de 750mA para o carregador; estado de
USB_CD	Sinal de controlo do	Fica HIGH sempre que a VBUS está acima de -2,1 V
CHRG_FLG	Sinal de controlo do	Aviso de estado do carregador; estado de reposição: LOW
VBAT	À bateria recarregável	Fonte de alimentação principal da bateria recarregável, estado de reposição: valor da tensão da
L_BAT	Ao dispositivo	Fornece potência ao sistema, estado de reposição: nível de tensão da

VBUS, a tensão de entrada, é apresentada por via de **Q904a** ao pino de entrada USB do controlador de carga de bateria **U909**. **Q904** é utilizado para OVP e é controlado por **U912** (detetor de subtensão de 3,0 V, National Semiconductor LMS33460) cuja tensão de entrada é fornecida por via de divisor de resistor **R937** e **R925 * R926**. A sua saída de dreno aberto mantém **Q904** em saturação enquanto $VBUS / (R937 + R925 * R926) \times R925 * R926 < 3,0 V$, o que fornece OVP acima de -5,8 V.

Enquanto está presente entrada USB para o controlador de carga de bateria **U909**, pode ser seleccionado um limite de corrente de 100 mA e 500 mA por intermédio de **CHRG_B** (**CHRG_B** = LOW fornece 100 A, e **CHRG_B** = HIGH fornece 500 mA). O resistor **R941** define o nível lógico LOW como predefinido para a entrada **ISET2** de **U909**, permitindo assim um limite de corrente predefinido de 100 mA. Isto é importante pois torna o sistema conforme com a especificação USB durante o funcionamento com bateria fraca/morta ou sem bateria. Um dispositivo USB está limitado a um funcionamento com 100 mA, até que o dispositivo enumere os 500 mA (se o USB anfitrião o suportar).

O resistor **R940** fornece um nível de entrada LOW por

predefinição à porta de **Q905a**, o que a mantém longe de saturação (OFF) durante o modo de reposição e, assim sendo, define a tensão de porta de **Q904b** no seu nível de origem (ao nível da tensão de VBUS) o que desativa a presença de VBUS na entrada de CA do controlador de carga de bateria **U909**. Os resistores **R932** e **R936** são resistores de pull-up para **Q904**.

A corrente de carregamento de 750 mA (utilizada para fontes de alimentação que não USB) pode ser selecionada definindo **CHRG_A = HIGH**, o que define **Q905a** em saturação (ON) e, por sua vez, põe **Q904b** igualmente em saturação (ON), apresentando tensão de VBUS na entrada de CA do controlador de carga de bateria **U909**. Visto que uma entrada de CA para **U909** fornece uma sobreposição em relação à entrada USB (se a tensão na entrada de CA exceder 1,5 V, o percurso de entrada-saída de carregamento é predefinido para a entrada de CA) a corrente de carregamento é agora programada pelo valor do resistor **R939**.

O condensador **C925** é utilizado para evitar que **Q904b** conduza, devido à sua capacidade parasita porta-para-dreno durante as rápidas respostas transitórias da tensão de VBUS (a capacidade porta-para-dreno iria carregar a porta, se retirada da sua fonte, no tempo de RC), e permite que a porta carregue rapidamente no nível de VBUS, mantendo **Q904b** em saturação. O resistor **R935** é utilizado para limitar a corrente de descarga de **C925** de modo a que **Q905a** não exceda os seus limites especificados. **R933** é um resistor de pull-down que evita que uma entrada de CA para o controlador de carga de bateria **U909** flutue. **C926** e **C927** são condensadores de derivação de entrada. É importante manter a capacidade de entrada total abaixo de 10 uF para estar em conformidade com a especificação de corrente de ligação USB.

A corrente total que o sistema absorve de VBUS não deve exceder os 500 uA quando está em modo de suspensão. Isto é alcançado sobretudo pela corrente de funcionamento muito

baixa do controlador de carga de bateria **U909** (tipicamente < 100 uA) no modo DESLIGADO de funcionamento. **Q905b** é utilizado para desativar o sobretensor/subtensar de LBAT quando o controlador de carga de bateria **U909** não está a fornecer nenhuma corrente à bateria **24** e/ou ao dispositivo portátil **18**. Ele fá-lo ao encurtar a entrada positiva do **U905**, o que faz com que a sua saída faça **Q908** entrar em saturação (ON).

U906b é utilizado como um inversor do aviso CHRG_FLG, apenas para o tornar compatível com o software e equipamento do resto do sistema. **R931** é um resistor de pull-up para a saída de dreno aberto de CHRG_FLG.

O supervisor de processador **U908** tem uma dupla funcionalidade. O seu nível de entrada de PFI (entrada de falha de potência) é definido pelo divisor de resistor **R937** * **R925** e **R926** para que equivalha à referência interna de **U908** quando VBUS desce abaixo de 3,3 V (ou do valor de tensão de LBAT definido por **U905** e **Q908** quando está a funcionar com uma bateria fraca/morta, ou sem bateria), levando a sua saída de dreno aberto (saída de falha de potência - PFO) a ir para GND. Isto forçaria o nó de entrada positiva de **U905** a ir para GND e poria **Q908** em saturação (ON). Este conjunto de circuitos cria um limite de bloqueio em subtensão (UVLO) para o circuito de sobretensor/subtensar de L_BAT. Isto é importante visto que o **U909** pode funcionar tão baixo quanto 2,5 V, levando o seu aviso de estado a indicar fornecimento de corrente ao sistema apesar de realmente não o fazer (a bateria **24** desconecta-se internamente abaixo de 2,5 V). Esse estado levaria o sistema a repor-se (para níveis de tensão de bateria inferiores ao valor mínimo predefinido de LBAT) pois o **U905/Q908** tentaria manter a tensão de LBAT no valor predefinido, desligando a bateria **24** e pensando que o controlador de carga de bateria **U909** está a fornecer corrente suficiente.

A segunda funcionalidade de **U908** é a sobreposição de arranque no pino de entrada **U909-CE**, o qual fornece potência ao sistema por um mínimo de 100 mS para iniciar e enumerar adequadamente no USB-BUS. Isto é alcançado pela manutenção da sua saída de dreno aberto de RESET em GND antes de VBUS atingir 2,5 V e, então, 100 mS depois. Isto mantém o controlador de carga de bateria **U909** ativado durante esse período.

U906a fornece a funcionalidade de NAND de CHRG_EN e presença do curto-circuito no conector de bateria. Uma bateria encurtada desativa o controlador de carga de bateria **U909** no equipamento. Tendo a tensão no VBAT, a linha de controlo CHRG_EN poderia ativar ou desativar o controlador de carga de bateria **U909** (CHRG_EN=HIGH ativaria o controlador de carga de bateria **U909** baixando o pino de entrada MR de **U908**). **R921** fornece isolamento da bateria e entrada de **U906a** para que o dreno de corrente seja limitado a um máximo de 42 uA mesmo se **U906** criar entradas e saídas de HIZ (impedância elevada) quando não está presente potência no seu VCC.

R924 fornece um nível de entrada LOW por predefinição para **U906a** durante a reposição do processador anfitrião. **R920** é um resistor de pull-up para CHRG_FLG tornando-o válido apenas durante o tempo em que o controlador de carga de bateria **U909** está ativado.

U907 produz um indicador de presença de bateria monitorando a entrada BAT_ID do conjunto de bateria. A sua saída estaria num nível lógico HIGH sempre que o resistor de BAT_ID estivesse presente e o seu pull-up seria fornecido pelo sinal BAT_CHK.

O regulador de tensão para perda de nível baixo **U901** (TOKO TK71733SCL) fornece uma alimentação regulada de 3,3 V para os resistores de pull-up da linha de dados USB, bem como uma alimentação de 3,3 V para diversos componentes no circuito do carregador e enquanto um indicador de que uma

fonte externa está ligada (EXT_PWR_CD). **U901** tem proteção contra polaridade inversa e sobrecorrente, proteção integrada de corte térmico e de curto-circuito.

U901 fornece potência para **U906**, **U908**, e **U905** as bem como a tensão de 3,3 V para o resistor de pull-up. É também utilizado para fornecer a indicação da presença de VBUS ao sistema (EXT_PWR_CD). **R904** é utilizado para limitar a corrente para o pino de entrada do sistema. **C915** é um condensador de derivação de entrada e **C922** é um condensador de filtragem de saída. **C910** é utilizado pra filtrar o ruído RF oriundo dos circuitos RF, e **C912** é um condensador de derivação para referência interna.

Q907 é utilizado para comutar a tensão USB_VPU e permite a enumeração suave no barramento USB. **R909** fornece o estado OFF predefinido para P-FET e **R905** fornece a descarga rápida da linha de controlo USB_SFTCN (durante a RST ou iniciação suspensa sem presença de bateria).

U904 fornece tensão de alimentação para o circuito integrado emissor-recetor USB (é um regulador de tensão padrão, tal como conhecido na técnica). É ativado quando VBUS está presente e desliga automaticamente a potência quando VBUS fica em OFF. **C921** e **C913** são condensadores de filtragem de saída. **U904** pode ser removido opcionalmente, para diminuir custos; **R942** deve então ser preenchido para fornecer potência ao circuito integrado emissor-recetor USB. **U904** será apenas requerido se o circuito integrado emissor-recetor não cumprir os requisitos de corrente suspensa USB (e o nosso dispositivo pode despertar de suspensão lendo apenas as resposta da linha D*/D-).

U905 e **Q908** são sobretudo utilizados para manter L_BAT = VBAT, quando VBUS não está presente, e para manter L_BAT a pelo menos 3,6 V quando VBUS está presente (enquanto o carregador está a fornecer corrente ao sistema) e a tensão da bateria é inferior a 3,6 V. É também utilizado para dividir a dissipação de potência total em dois (entre o

elemento de passagem principal do controlador de carga de bateria e **Q908**) para permitir correntes de carregamento mais elevadas em todos os níveis de tensão da bateria.

Outra funcionalidade importante destes circuitos é permitir a enumeração USB adequada quando a bateria está fraca/morta ou não está presente, permitindo que o sistema desperte em 15 mS quando a bateria não está presente, ou está morta. Assim que o **U909** fornece toda a corrente programada, **U905/Q908** manterão a tensão mínima pré-programada em **L_BAT** (3,5 V no nosso caso) variando a resistência dreno-para-fonte de **Q908**.

A entrada positiva de **U905** é utilizada como uma referência e é definida por **R934** e **R913**. **C924** permite um tempo de arranque lento de **LBAT** de modo a que o controlador de carga de bateria **U909** possa fornecer toda a corrente programada até que **Q908** requeira um aumento de tensão em **L_BAT** (se necessário). Os divisores de resistor **R916** e **R915** são utilizados para definir a «tensão mínima» em **L_BAT**, enquanto **R914** fornece um resistor de pull-down para a porta de **Q908**.

U907 fornece a indicação de presença de bateria ao sistema. **R927** e **R929** são utilizados para definir a referência e **R928** é um resistor de pull-up para a saída de dreno aberto de **U907**. **BAT_ID** é então apresentado à sua entrada negativa e **NO_BAT_N** é definido em conformidade.

Os valores preferidos para os componentes neste circuito são os mostrados nas **figuras 7A-7C**. Estes valores irão, obviamente, variar com os parâmetros de aplicação e de configuração.

Formas de realização do software

Em vez de utilizar apenas equipamento eletrónico como mostrado acima, a invenção pode também ser aplicada utilizando uma combinação de componentes de equipamento e de software, incluindo dispositivos programáveis tais como processadores de sinal digital (DSP), microcontroladores,

redes de portas lógicas programáveis (FPGA), circuitos integrados de aplicação específica (ASIC) e similares. Essa forma de realização poderia ser aplicada como mostrado no fluxograma da **figura 8**.

Tal como as formas de realização descritas acima, este método poderia ser utilizado para carregar qualquer bateria recarregável num dispositivo eletrónico portátil ou similar. Poderia ser utilizada qualquer alimentação elétrica externa, apesar de a invenção ser mais útil com fontes de alimentação de capacidade limitada.

Tal como mostrado na **figura 8**, o método da invenção começa no passo **90** ao conectar a entrada de um controlador de carga de bateria **20** à alimentação elétrica externa, preferentemente por intermédio de um cabo e conectores USB **16**, e uma base **10** para segurar o dispositivo portátil **18**. A saída do controlador de carga de bateria **20** é conectada em paralelo, ao dispositivo portátil **18** e à entrada do comutador semicondutor **Q1**, no passo **92**, e a saída do referido comutador semicondutor **Q1** é conectada à bateria recarregável **24** no passo **94**.

De seguida, a saída de corrente do controlador de carga de bateria **20** é controlada de alguma forma, no passo **96**. Como observado acima, isto pode ser feito de muitas formas, por exemplo, uma saída DAC (conversor digital para analógico) de um microcontrolador pode ser utilizada para enviar um sinal adequado para a entrada de controlo de corrente do controlador de carga de bateria **20**.

A queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria **20** é então medida no passo **98**. Esta tarefa pode também ser realizada de muitas formas. Por exemplo, muitos microcontroladores fornecidos com ADC integrados (conversores digital para analógico) que poderiam ser utilizados para realizar esta função.

Como a corrente é controlada no passo **96**, e a queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria **20** é

medida no passo 98, esta metodologia pode deduzir qual é a dissipação de potência para o controlador de carga de bateria 20. O método da invenção é, por isso, capaz de controlar a dissipação de potência pela modulação do comutador semiconductor Q1 em resposta à queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria 20 no passo 100, reduzindo a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável 24 quando a queda de tensão é demasiado elevada.

Desta forma, a potência total dissipada pelo controlador de carga de bateria 20 é controlada; o dispositivo portátil 18 recebendo a potência de que precisa para funcionar e a bateria recarregável 24 recebendo toda a potência disponível adicional.

O balanço do código de software necessário para realizar este algoritmo seria bastante óbvio para um especialista na técnica.

Os passos do método da invenção podem ser realizados em conjuntos de código de instruções executáveis armazenados numa variedade de formatos, tais como código-objeto ou código-fonte, integrados com o código de outros programas, aplicados como sub-rotinas, por chamadas de programa externo ou por outras técnicas, tal como conhecido na técnica.

Mesmo as formas de realização de equipamento da invenção poderiam ser codificadas numa forma de software, tal como as linguagens de desenvolvimento de equipamento (código HDL) utilizadas para fabricar circuitos integrados. Este código HDL ou similar poderia ser armazenado num suporte de memória eletrónico, tal como disquetes de computador, CD-Rom, memória de acesso aleatório (RAM) e memória só de leitura (ROM). De igual modo, sinais eletrónicos representando este código de software podem também ser transmitidos por intermédio de uma rede de comunicação.

Opções e alternativas

Embora formas de realização específicas da presente invenção tenham sido mostradas e descritas, é evidente que podem ser feitas alterações e modificações a essas formas de realização, sem se desviarem do verdadeiro âmbito e espírito da invenção. Por exemplo:

1. o circuito da invenção poderia ser utilizado com qualquer forma de fonte de alimentação que tenha portas USB.
2. qualquer forma de aparelho elétrico poderia ser carregada com esse circuito, incluindo computadores portáteis, assistentes pessoais digitais (PDA), telefones celulares, dispositivos de correio eletrônico e recepção digital sem fios; e
3. qualquer forma de bateria recarregável poderia ser utilizada, incluindo células únicas ou múltiplas de ião-lítio, níquel-cádmio, ou de outros tipos.

Mais uma vez, essas aplicações serão evidentes a um especialista na técnica a partir das presentes explicações, e não se desviam da invenção.

APLICABILIDADE INDUSTRIAL

A presente invenção fornece um método e aparelho para carregar uma bateria num dispositivo de comunicação portátil a partir de uma variedade de fontes de alimentação.

EP1595324B1

- US 6252375 B [0018]

REIVINDICAÇÕES

1. Um circuito de carregamento de bateria compreendendo:
 - um controlador de carga de bateria (20) configurado para receber potência a partir de uma porta de barramento de série universal «USB» (12) externa, e fornecer potência de saída para um dispositivo portátil (18) e uma bateria recarregável (24); o controlador de carga de bateria sendo ainda configurado para limitar a potência de saída de modo a que o dispositivo portátil e a bateria recarregável não possam absorver mais do que uma corrente máxima predeterminada disponível a partir da porta USB; e
 - um circuito de detecção de tensão (30) configurado para medir uma queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria, e responder à queda de tensão ao longo do controlador de carga de bateria controlando a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável, de modo a que o dispositivo portátil receba uma quantidade predeterminada de potência necessária para funcionar e a bateria recarregável receba um remanescente da potência disponível a partir do controlador de carga de bateria.

2. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 1, compreendendo ainda:
 - um semicondutor de condução externo ao controlador de carga de bateria (20) e operável para transportar corrente de alimentação a partir da porta USB (12) para o dispositivo portátil (18) e a bateria recarregável (24), em que a corrente de alimentação passa através do semicondutor de condução externo em vez de através do controlador de carga de bateria.

3. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação

2, em que o circuito de detecção de tensão (30) inclui um amplificador operacional.

4. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 3, em que o circuito de detecção de tensão (30) compreende: um amplificador operacional configurado para comparar um sinal de tensão do controlador de carga de bateria (20) com um sinal de tensão de referência, e configurado ainda para responder a uma diferença de tensão na qual o sinal de tensão é inferior à tensão de referência, reduzindo a corrente para a bateria recarregável (24).

5. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 3, em que o circuito de detecção de tensão (30) inclui um amplificador operacional para comparar a tensão na saída do controlador de carga de bateria (20) com uma tensão de referência.

6. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 2, em que os componentes críticos de baixa potência do dispositivo portátil (18) são alimentados a partir do controlador de carga de bateria (20), e os componentes não críticos de elevada potência do referido dispositivo portátil são alimentados a partir da bateria recarregável (24).

7. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 6, em que os componentes críticos de baixa potência incluem pelo menos um de entre uma memória e um microprocessador.

8. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 6, em que os componentes não críticos de elevada potência incluem pelo menos um de entre um sistema de iluminação posterior e um vibrador.

9. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 2, em que o semicondutor de condução externo inclui um transistor.

10. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 4, em que o circuito de amplificador operacional inclui ainda um divisor de tensão para reduzir o sinal de tensão do controlador de carga de bateria e o sinal de tensão de referência é reduzido proporcionalmente.

11. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 2, em que a corrente máxima predeterminada que pode ser absorvida a partir do referido controlador de carga de bateria (20) é limitada por uma resistência externa a terra.

12. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 1, compreendendo ainda:

um comutador semicondutor acoplado entre o controlador de carga de bateria (20) e a bateria recarregável (24), o comutador semicondutor sendo controlado pelo circuito de detecção de tensão para limitar a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável (24).

13. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 1, em que o controlador de carga de bateria (20) pode ser configurado para definir a corrente máxima predeterminada, dependendo dos limites de corrente da porta USB (12).

14. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 13, em que a corrente máxima predeterminada disponível a partir da porta USB (12) pode ser definida para cerca de 100 mA para uma porta USB de baixa potência e pode ser definida para cerca de 500 mA para uma porta USB de elevada potência.

15. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 1, em que o controlador de carga de bateria (20) é ainda configurado para receber potência de uma fonte não USB.

16. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 15, em que o controlador de carga de bateria (20) pode ser configurado para definir a corrente máxima predeterminada, dependendo de a potência ser recebida a partir da porta USB (12) ou da fonte não USB.

17. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 15, em que a fonte não USB é um adaptador de ficha de CA.

18. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 15, em que a fonte não USB é um adaptador CC/CC para utilização num automóvel.

19. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 15, em que o controlador de carga de bateria (20) pode ser configurado para definir a corrente máxima predeterminada para um de uma multiplicidade de limites de corrente, dependendo de a potência ser recebida a partir de uma porta USB de baixa potência, de uma porta USB de elevada potência ou de uma fonte não USB.

20. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 1, compreendendo ainda:

um comutador semicondutor configurado para isolar a bateria recarregável do dispositivo portátil.

21. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 20, em que o comutador semicondutor é ainda configurado para:

alimentar o remanescente da potência à bateria recarregável.

22. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 21, em que o circuito de detecção de tensão é ainda configurado para:

controlar a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável através do comutador.

23. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 21, em que o circuito de detecção de tensão é ainda configurado para:

reduzir a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável através do comutador; em que a quantidade reduzida de corrente é superior a 0.

24. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 21, o circuito de detecção de tensão ainda configurado para:

determinar uma queda de tensão com base numa comparação de uma primeira tensão ao longo do controlador de carga de bateria com uma tensão de referência.

25. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 24, em que o circuito de detecção de tensão é ainda configurado para:

restringir a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável através do comutador, com base na queda de tensão.

26. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 1, em que a corrente máxima predeterminada está dentro de uma gama de potência que o controlador de carga de bateria é capaz de dissipar.

27. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 26, em que o controlador de carga de bateria é ainda configurado para:

detetar um estado de funcionamento;

em que a capacidade de potência é baseada no estado de funcionamento.

28. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 27, em que estado de funcionamento é uma detecção de que a potência recebida é proveniente de uma fonte USB de elevada potência.

29. O circuito de carregamento de bateria da reivindicação 26, em que o controlador de carga de bateria é ainda configurado para:

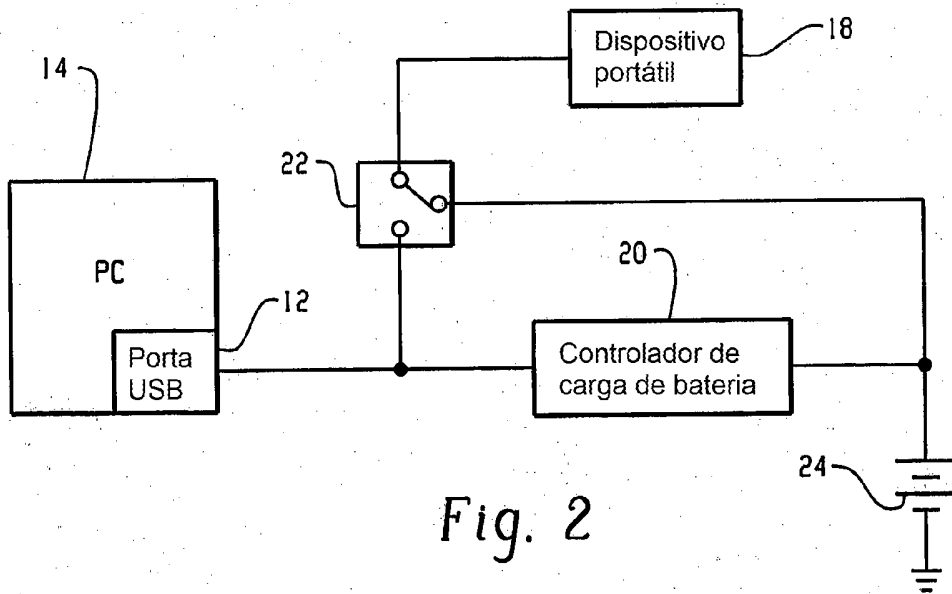
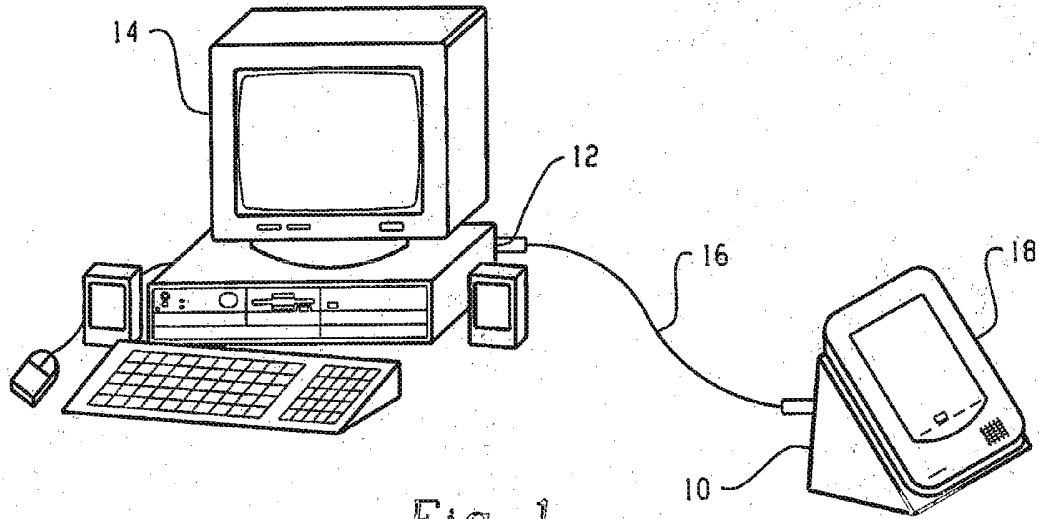
fornecer uma corrente de alimentação máxima;
em que a potência de saída é baseada na corrente de alimentação máxima.

30. Um método para carregar uma bateria recarregável (24) para um dispositivo portátil (18) utilizando potência fornecida por uma porta de barramento de série universal «USB» (12), compreendendo:

receber potência a partir da porta USB;
fornecer a potência recebida à bateria recarregável e ao dispositivo portátil, em que a potência fornecida é limitada de modo a que a bateria recarregável e o dispositivo portátil não possam absorver mais do que uma quantidade máxima de corrente predeterminada disponível a partir da porta USB;
medir, utilizando um circuito de detecção de tensão, uma queda de tensão ao longo de um circuito utilizado para fornecer a potência recebida à bateria recarregável e ao dispositivo portátil; e
controlar a quantidade de corrente fornecida à bateria recarregável como uma função da queda de tensão medida, de modo a que o dispositivo portátil receba uma quantidade predeterminada da potência recebida, necessária para funcionar, e a bateria recarregável

EP1595324B1

receba um remanescente da potência recebida.



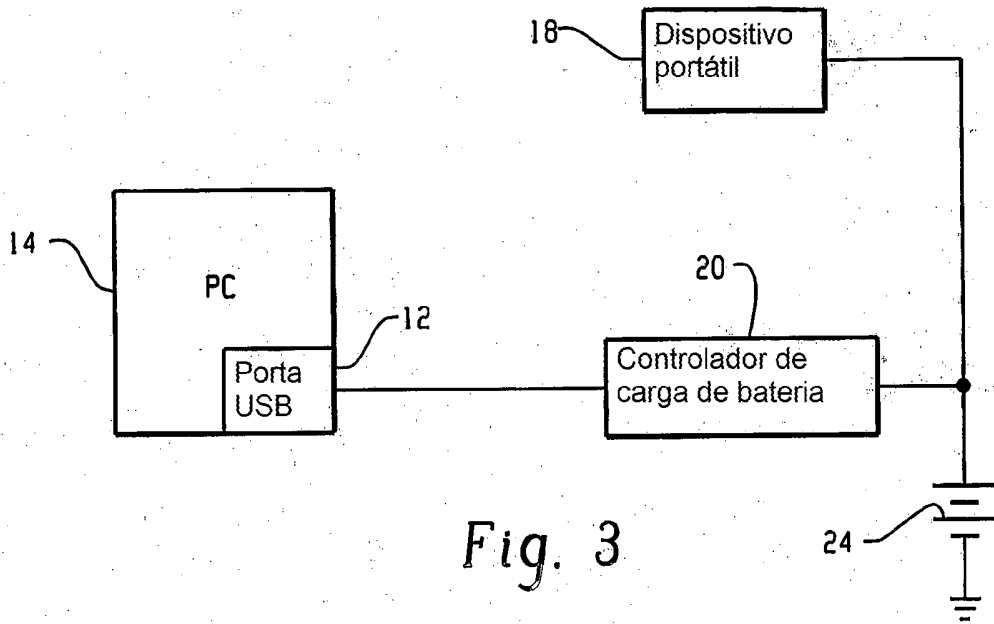


Fig. 3

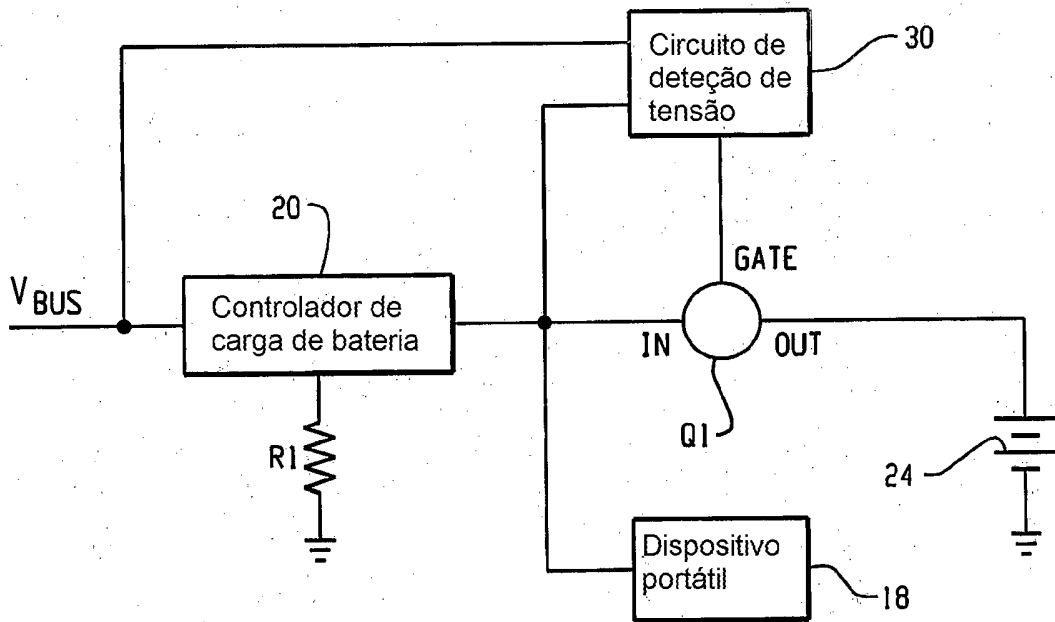


Fig. 4

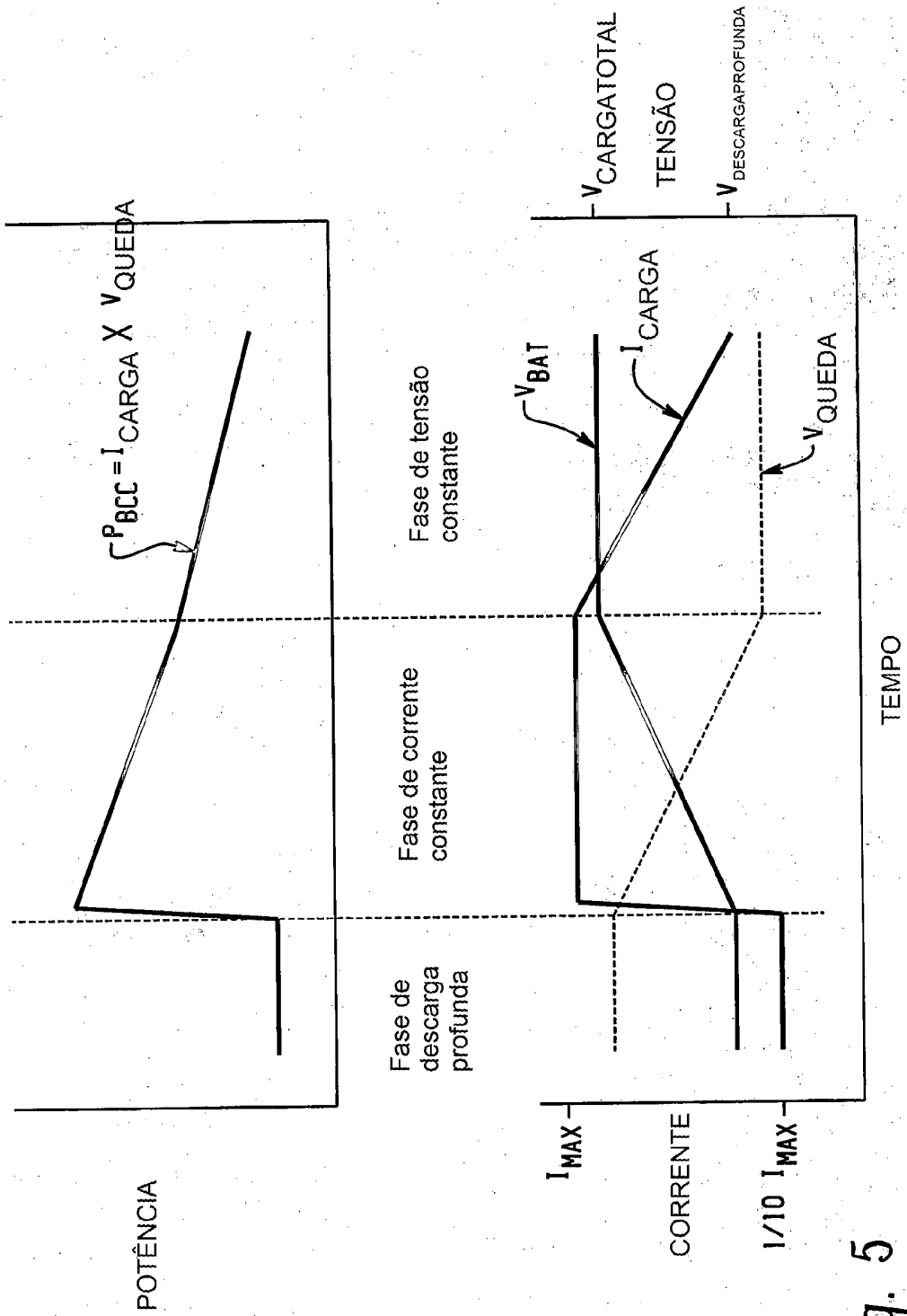


Fig. 5

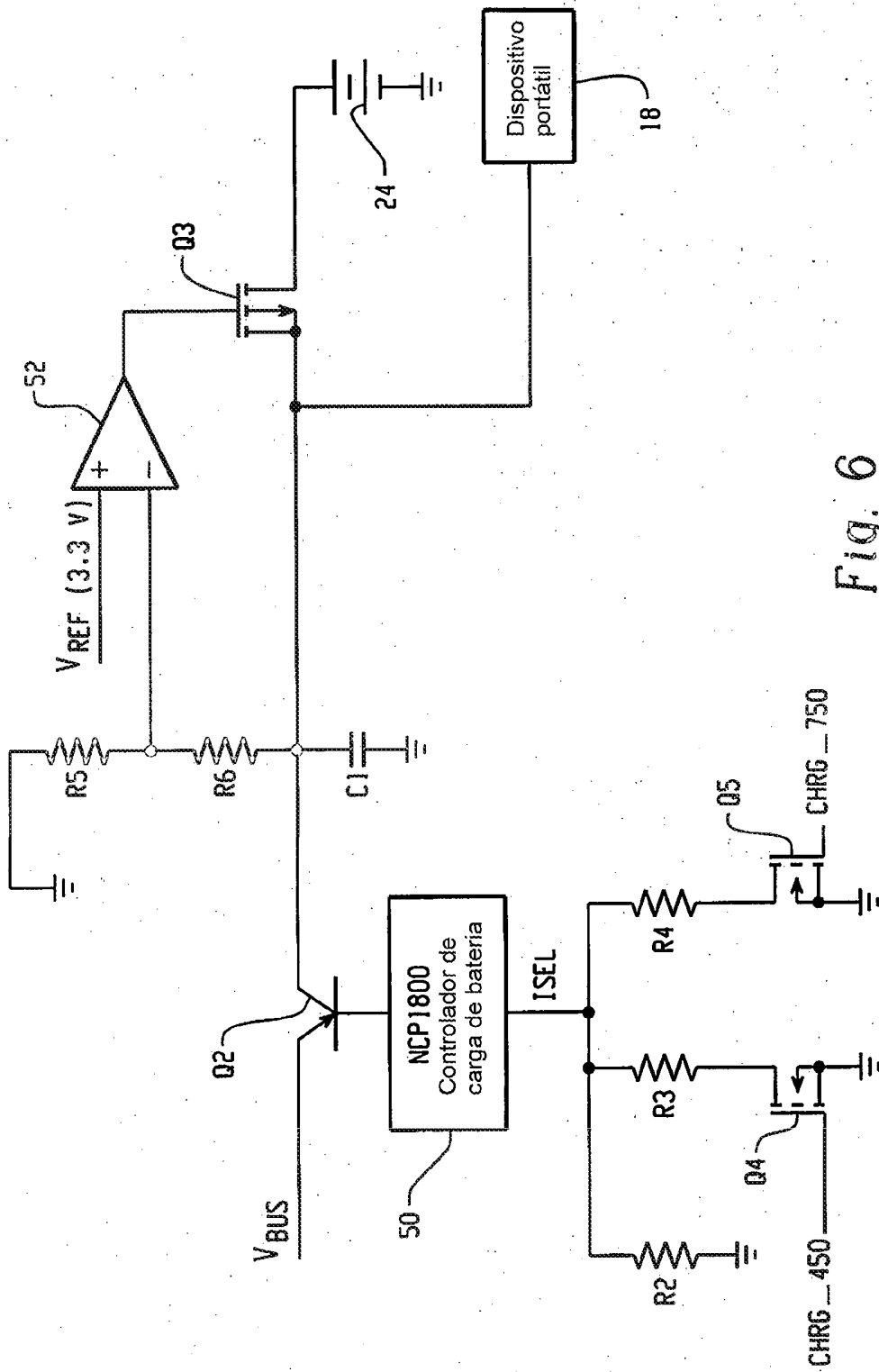


Fig. 6

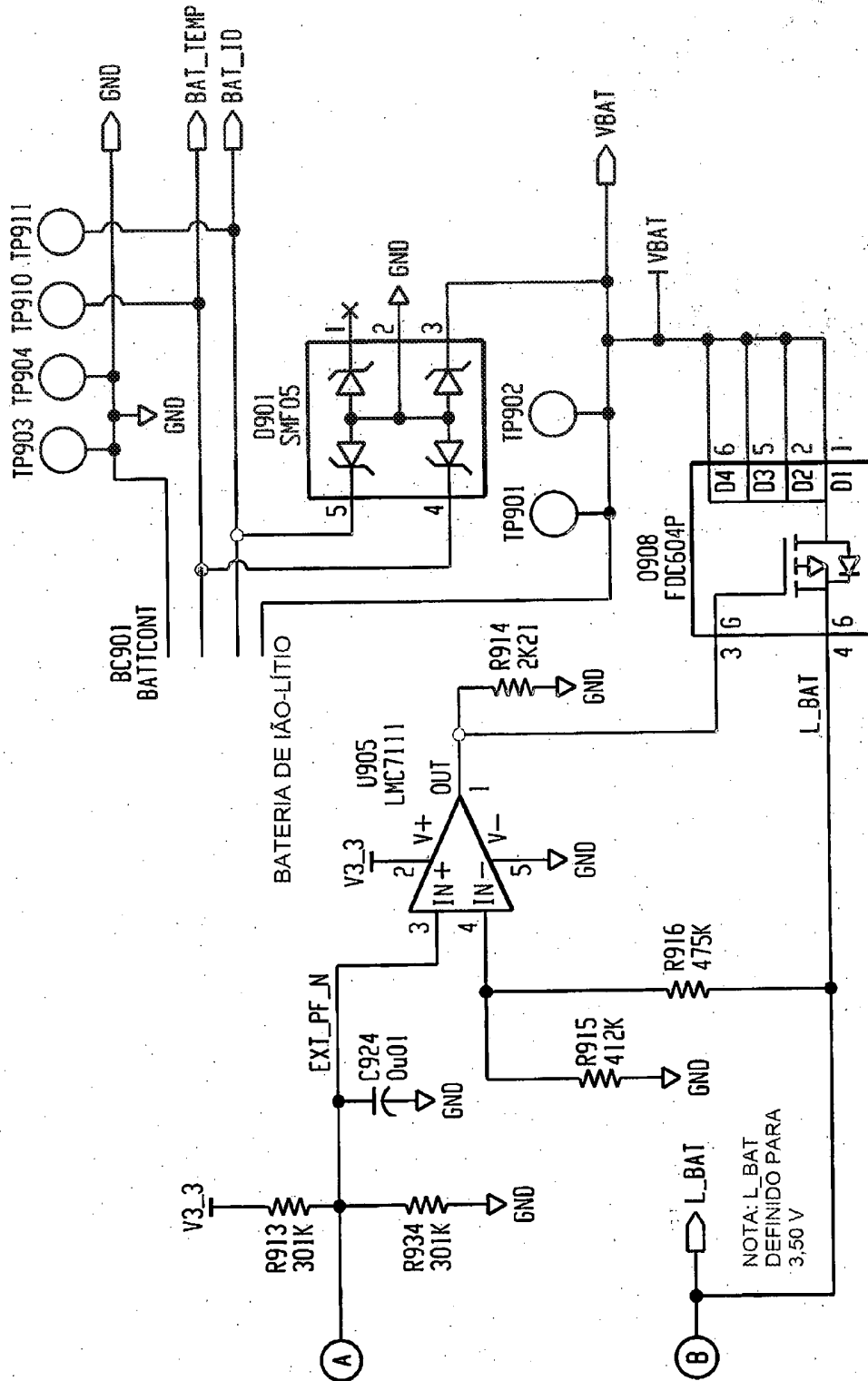


Fig. 7B

NOTA: L_BAT
DEFINIDO PARA
3,50 V

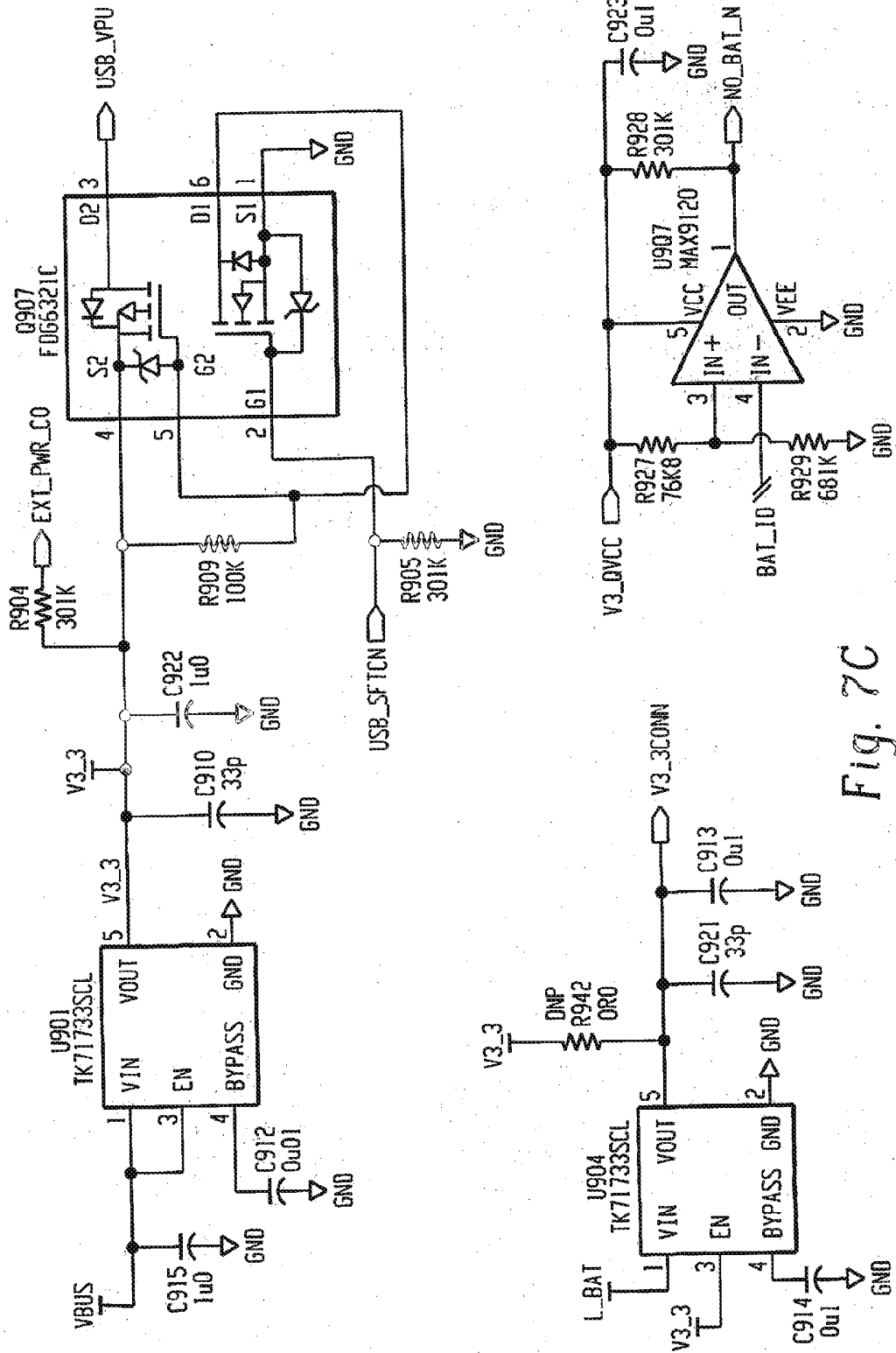


Fig. 7C

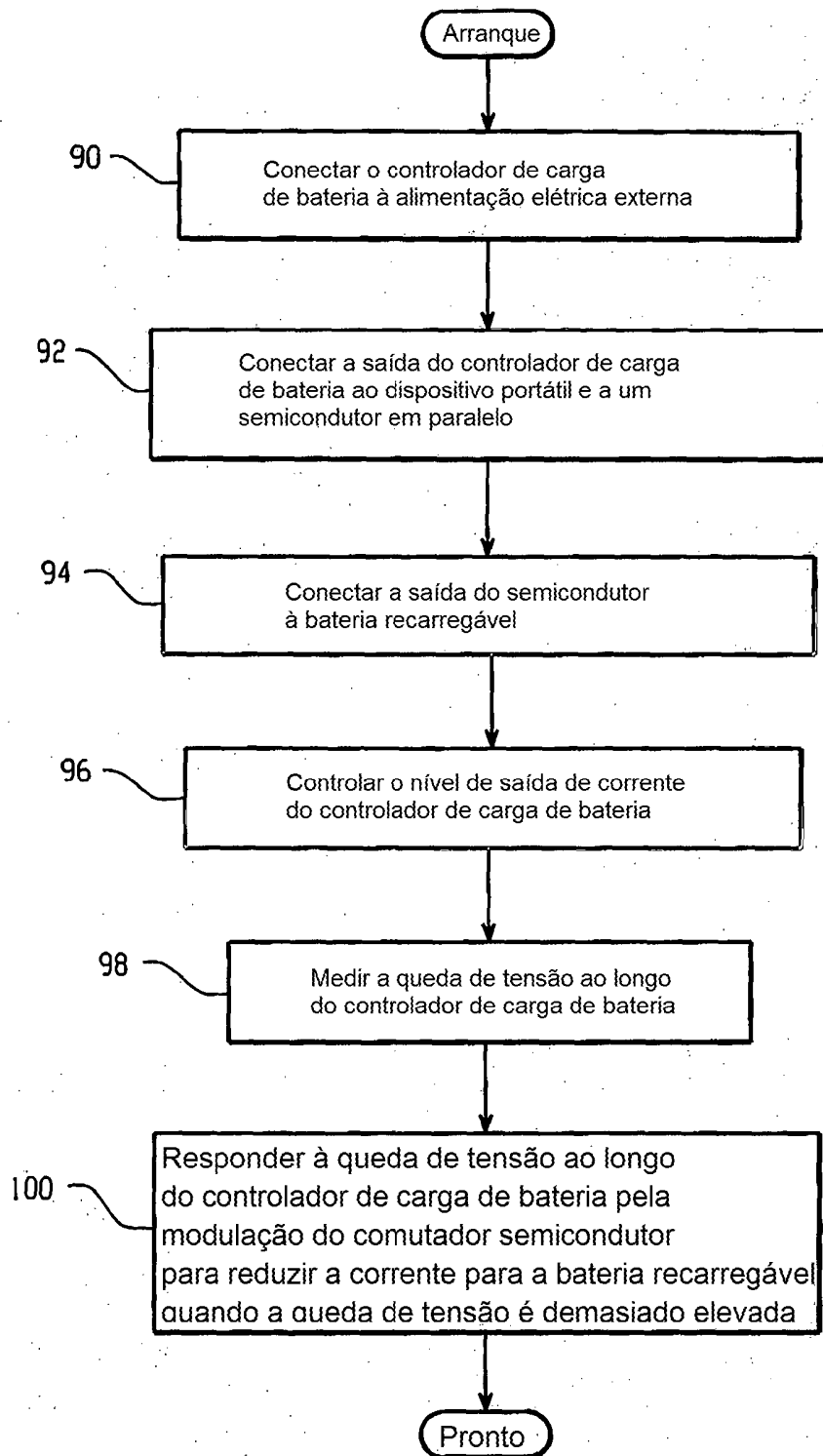


Fig. 8