



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112015003580-9 B1



(22) Data do Depósito: 23/08/2013

(45) Data de Concessão: 01/06/2021

(54) Título: SISTEMA ELETRÔNICO PORTÁTIL QUE INCLUI DISPOSITIVO DE CARREGAMENTO E MÉTODO DE CARREGAMENTO DE UMA BATERIA SECUNDÁRIA

(51) Int.Cl.: H02J 7/00; A24F 47/00.

(30) Prioridade Unionista: 24/08/2012 EP 12181682.1.

(73) Titular(es): PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A..

(72) Inventor(es): RAPHAËL HOLZHERR; FELIX FERNANDO.

(86) Pedido PCT: PCT EP2013067563 de 23/08/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/029880 de 27/02/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 19/02/2015

(57) Resumo: SISTEMA ELETRÔNICO PORTÁTIL QUE INCLUI DISPOSITIVO DE CARREGAMENTO E MÉTODO DE CARREGAMENTO DE UMA BATERIA SECUNDÁRIA. A presente invenção refere-se, em um aspecto, a um sistema elétrico portátil que compreende dispositivos primário e secundário, sendo que o dispositivo primário tem uma primeira bateria de óxido de cobalto de lítio e o dispositivo secundário tem uma segunda bateria de fosfato de ferro de lítio ou de titanato de lítio, em que os dispositivos primário e secundário são configurados para permitir a recarga da segunda bateria a partir da primeira bateria a uma taxa entre 2C e 16C.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA ELETRÔNICO PORTÁTIL QUE INCLUI DISPOSITIVO DE CARREGAMENTO E MÉTODO DE CARREGAMENTO DE UMA BATERIA SECUNDÁRIA**".

REFERÊNCIA CRUZADA AOS PEDIDOS RELACIONADOS

[001] A presente invenção refere-se a um sistema eletrônico portátil que inclui um carregador e um dispositivo secundário, e aos métodos para carregamento e operação do dispositivo secundário. A invenção pode ser aplicada aos sistemas eletrônicos portáteis de fumo.

[002] Sistemas de fumo eletricamente operados da técnica anterior incluem, tipicamente, um alojamento para receber um artigo de fumo, elementos de aquecimento para gerar um aerossol, uma fonte de alimentação e conjunto de circuitos eletrônicos para controlar a operação do sistema.

[003] Dispositivos de fumo eletrônicos portáteis precisam ser pequenos e convenientes para o usuário se os mesmos tiverem de ser amplamente adotados por fumantes de cigarros convencionais. Isso induz a diversas exigências técnicas para a fonte de alimentação de um dispositivo de fumo eletrônico portátil. A fonte de alimentação, tipicamente uma bateria, precisa ser pequena o suficiente para se encaixar dentro de um dispositivo de fumo de tamanho similar a um cigarro convencional e precisa entregar potência suficiente para gerar um aerossol a partir de um artigo de fumo. A ideia de usar uma bateria recarregável foi sugerida na técnica anterior, mas em qualquer sistema comercialmente viável, a bateria recarregável precisa ter capacidade de entregar potência suficiente para pelo menos uma sessão de fumo, precisa ter capacidade de ser recarregada de maneira rápida, segura e conveniente a um nível no qual a mesma pode ser reusada para outra sessão de fumo, e precisa ser operável para milhares de ciclos de carga.

[004] É um objetivo da presente invenção fornecer um sistema e método de carregamento que cumpra essas exigências para uma fonte de alimentação recarregável.

[005] Em um aspecto da invenção é fornecido um sistema elétrico portátil que compreende dispositivos primário e secundário, sendo que o dispositivo primário tem uma primeira bateria de óxido de cobalto de lítio e o dispositivo secundário tem uma segunda bateria de fosfato de ferro de lítio ou de titanato de lítio, em que os dispositivos primário e secundário são configurados para recarregar, ou para permitir a recarga da segunda bateria a partir da primeira bateria a uma taxa entre 2C e 16C.

[006] O dispositivo secundário pode ser um dispositivo de fumo eletricamente aquecido. O dispositivo de fumo eletricamente aquecido pode compreender um aquecedor elétrico alimentado pela segunda bateria. O aquecedor elétrico pode ser configurado para aquecer um substrato de formação de aerossol. O dispositivo primário pode ser uma unidade portátil de carregamento, e pode ser feito em um formato e tamanho similar a um pacote convencional de cigarros. O dispositivo secundário pode ser recebido dentro do dispositivo secundário durante um ciclo de recarregamento.

[007] O uso de uma bateria de fosfato de ferro de lítio (ou titanato de lítio) para o dispositivo secundário permite, de forma segura, taxas de rápida carga e descarga. No caso de um dispositivo de fumo eletricamente aquecido, descarga rápida é exigida devido ao fato de que se exige que a alta potência seja entregue ao aquecedor ao longo de um período de tempo de somente alguns minutos. Carga rápida é exigida devido ao fato de que os fumantes frequentemente desejam fumar outro cigarro muito rapidamente depois de um primeiro cigarro.

[008] Para fornecer o carregamento da segunda bateria a partir de uma única primeira bateria, a primeira bateria precisa ter uma ten-

são maior do que a segunda bateria. A primeira bateria também precisa ter maior capacidade de carga do que a segunda bateria se a mesma tiver de fornecer múltiplos ciclos de recarga antes de precisar recarregar ou ser substituída. Uma química de bateria de óxido de cobalto de lítio fornece uma maior tensão de bateria e uma maior capacidade de carga para um dado tamanho do que uma bateria de fosfato de ferro de lítio (ou titanato de lítio). A combinação de um dispositivo primário que tem uma primeira bateria de óxido de cobalto de lítio e um dispositivo secundário que tem uma segunda bateria de fosfato de ferro de lítio ou de titanato de lítio é, portanto, vantajosa para um sistema de fumo elétrico portátil, ou qualquer sistema portátil similar no qual um dispositivo secundário exige um curto disparo de alta potência de uma bateria.

[009] A capacidade da primeira bateria pode ser vantajosamente pelo menos cinco vezes maior do que a capacidade da segunda bateria. A capacidade da primeira bateria pode ser vantajosamente entre cinco e quarenta vezes a capacidade da segunda bateria. O dispositivo primário pode ser configurado para permitir a recarga da primeira bateria a partir de um suprimento de distribuição elétrica a uma taxa entre 0 e 1,5C.

[0010] A segunda bateria, vantajosamente, tem capacidade passar por pelo menos 6.000 ciclos de carga/descarga em mais do que 900J por ciclo, e pode ter capacidade de passar por pelo menos 7.000 ciclos de carga/descarga em mais do que 900J por ciclo ou pelo menos 8.000 ciclos de carga/descarga em mais do que 900J por ciclo. A taxa média de carregamento pode ser de até 12C. A segunda bateria, vantajosamente, tem capacidade passar por pelo menos 6.000 ciclos de carga/descarga e, preferencialmente, pelo menos 8.000 ciclos de carga/descarga sem cair abaixo de uma capacidade limítrofe de bateria, por exemplo, 80% da capacidade de bateria avaliada. A taxa de des-

carregamento da segunda bateria pode ser em torno de 13C, mas pode ser tão alta quanto 28C.

[0011] O dispositivo primário pode compreender: um par de terminais de saída para conexão à bateria secundária; uma fonte de alimentação de CC; um regulador de tensão conectado entre a fonte de alimentação de CC e aos terminais de saída para controlar uma tensão de carregamento; e um microprocessador acoplado ao regulador de tensão e aos terminais de saída, em que o dispositivo de carregamento e a bateria secundária são configurados para serem acoplados entre si e para formarem um circuito de carregamento, e em que o microprocessador é configurado para:

[0012] controlar o regulador de tensão para suprir uma primeira tensão de carregamento;

[0013] determinar uma resistência interna do circuito de carregamento medindo-se a corrente no circuito de carregamento na primeira tensão de carregamento e em uma segunda tensão de carregamento, em que a segunda tensão de carregamento é menor do que a primeira tensão de carregamento; e

[0014] limitar a primeira tensão de carregamento suprida pelo regulador de tensão a um nível que compense a resistência interna determinada.

[0015] O dispositivo primário pode compreender: um par de terminais de saída para conexão a uma bateria secundária; uma fonte de alimentação de CC; um regulador de tensão conectado entre a fonte de alimentação de CC e aos terminais de saída para controlar uma tensão de carregamento; e um microprocessador acoplado ao regulador de tensão e aos terminais de saída, em que o dispositivo de carregamento e a bateria secundária são configurados para serem acoplados entre si e para formarem um circuito de carregamento, e em que o microprocessador é configurado para:

[0016] controlar o regulador de tensão para suprir uma primeira tensão de carregamento;

[0017] determinar uma resistência interna do circuito de carregamento;

[0018] calcular uma tensão máxima de carregamento com base na resistência interna determinada e uma característica da bateria secundária;

[0019] ajustar a primeira tensão de carregamento para manter uma corrente de carregamento predeterminada até que a primeira tensão de carregamento alcance a tensão máxima de carregamento, em seguida ajustar a primeira tensão de carregamento a um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma e, em seguida, recalculá-la periodicamente ou continuamente a tensão máxima de carregamento e ajustar a tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento recalculada ou abaixo da mesma.

[0020] Em um segundo aspecto da descrição, é fornecido um método de carregamento de uma segunda bateria em um dispositivo secundário a partir de uma primeira bateria em um dispositivo primário, sendo que os dispositivos primário e secundário formam um sistema elétrico portátil, sendo que o dispositivo primário tem uma primeira bateria de óxido de cobalto de lítio e o dispositivo secundário tem uma segunda bateria de fosfato de ferro de lítio ou de titanato de lítio, que compreende: carregar a segunda bateria a partir da primeira bateria a uma taxa entre 2C e 16C.

[0021] Em um terceiro aspecto da descrição, é fornecido um sistema de fumo eletricamente aquecido que compreende:

[0022] uma bateria de fosfato de ferro de lítio ou de titanato de lítio;

[0023] um elemento aquecedor, em que a operação do elemento aquecedor descarrega a bateria; e

[0024] um circuito de detecção de descarga conectado à bateria, em que o sistema é configurado para desativar a operação do elemento aquecedor quando o circuito de detecção de descargas determinar que a tensão de bateria é menor do que um nível de tensão limítrofe.

[0025] O nível de tensão limítrofe pode ser estabelecido a uma tensão acima de uma tensão abaixo da qual a capacidade de bateria é reduzida de forma irrecuperável. Por exemplo, a bateria pode ter uma tensão máxima de bateria e o nível de tensão limítrofe pode ser entre 15% e 25% da tensão máxima de bateria. Abaixo desse nível de capacidade de bateria de carga pode ser perdido de forma irrecuperável. No entanto, aprimoramentos ou mudanças na química da bateria pode permitir que o nível limítrofe seja reduzido abaixo de 15%, por exemplo, a 5% de tensão máxima de bateria.

[0026] Garantir que a bateria não descarregue completamente reduz substancialmente reações irreversíveis na bateria e preserva, assim, a vida operacional da bateria.

[0027] De forma vantajosa, seguindo a desativação do elemento de aquecimento quando o circuito de detecção de descarga determinar que a tensão de bateria é menor do que um nível de tensão limítrofe, o sistema é configurado para manter a desativação do elemento aquecedor até que a bateria tenha sido carregada a um nível de carga limítrofe o suficiente para completar uma única experiência de fumo. O nível de carga limítrofe pode ser de aproximadamente 90% da capacidade máxima de bateria.

[0028] Em um quarto aspecto da descrição, é fornecido um método de operação um sistema de fumo eletricamente aquecido que compreende:

[0029] uma bateria de fosfato de ferro de lítio ou de titanato de lítio;

[0030] um elemento aquecedor, em que a operação do elemento

aquecedor descarrega a bateria; e

[0031] um circuito de detecção de descarga conectado à bateria, que compreende:

[0032] desativar a operação do elemento aquecedor quando o circuito de detecção de descarga determinar que a tensão de bateria é menor do que um nível de tensão limítrofe.

[0033] O método pode compreender, adicionalmente, a etapa de manter a desativação do elemento aquecedor até que a bateria tenha sido carregada a um nível de carga limítrofe o suficiente para completar uma única experiência de fumo.

[0034] Um quinto aspecto da descrição fornece um dispositivo de carregamento para carregar uma bateria secundária, sendo que o dispositivo de carregamento compreende:

[0035] um par de terminais de saída para conexão à bateria secundária, uma fonte de alimentação de CC, um regulador de tensão conectado entre a fonte de alimentação de CC e aos terminais de saída para controlar uma tensão de carregamento, e um microprocessador acoplado ao regulador de tensão e aos terminais de saída, em que o dispositivo de carregamento e a bateria secundária são configurados para serem acoplados entre si e para formarem um circuito de carregamento, e em que o microprocessador é configurado para:

[0036] controlar o regulador de tensão para suprir uma primeira tensão de carregamento;

[0037] determinar uma resistência interna do circuito de carregamento medindo-se a corrente no circuito de carregamento na primeira tensão de carregamento e em uma segunda tensão de carregamento, em que a segunda tensão de carregamento é menor do que a primeira tensão de carregamento; e

[0038] limitar a primeira tensão de carregamento suprida pelo regulador de tensão a um nível que compensa a resistência interna de-

terminada.

[0039] Com um sistema de carregamento ideal, o perfil de carregamento é dividido em duas partes: uma fase de corrente constante e uma fase de tensão constante. Na fase de corrente constante, a tensão através da bateria secundária é ajustada para manter uma corrente de carregamento máxima constante I_{ch} até que a tensão através da bateria alcance um limite de tensão definido V_{ch} , com I_{ch} e V_{ch} estabelecidos pelas propriedades da bateria. Na fase de tensão constante, a tensão através da bateria é mantida em um valor fixo V_{ch} até que a corrente caia abaixo um valor predeterminado I_{baixo} . Para recarregamento rápido é desejável maximizar a duração da fase de corrente constante.

[0040] Na prática, o sistema de carregamento nunca é ideal. O circuito de carregamento formado pelo dispositivo de carregamento e a bateria secundária tem uma resistência interna tanto como um resultado dos componentes do circuito de carregamento quanto a resistência de contato entre o dispositivo de carregamento e a bateria secundária. Uma proporção da tensão de carregamento suprida pelo dispositivo de carregamento cairá através da resistência interna do circuito de carregamento, de modo que a tensão através da bateria secundária seja menor do que a tensão de carregamento suprida pelo dispositivo de carregamento. O dispositivo de carregamento do primeiro aspecto da descrição pode fornecer uma tensão de carregamento maior do que V_{ch} . Determinando-se a resistência interna do circuito de carregamento, a quantidade pela qual a tensão de carregamento pode exceder V_{ch} de modo que a tensão através da bateria seja igual ou pouco menor do que V_{ch} pode ser calculada. Dessa forma, o dispositivo de carregamento supre uma tensão de carregamento que compensa a queda de tensão através da resistência interna do circuito de carregamento. Isso aumenta a duração da corrente de carregamento de corrente constan-

te devido ao fato de que determinar o corte de tensão V_{ch} na bateria em vez de no regulador de tensão significa que o corte de tensão é obtido posteriormente.

[0041] A resistência interna do circuito de carregamento muda ao longo do tempo. A resistência interna da bateria aumenta com a vida da bateria. A resistência de contato entre o dispositivo de carregamento e a bateria secundária também pode mudar ao longo do tempo e irá variar de carregador a carregador e bateria a bateria. O dispositivo de carregamento do primeiro aspecto da descrição é configurado para determinar a resistência interna do circuito de carregamento durante cada ciclo de carregamento para garantir que o comprimento da porção de corrente constante do ciclo de carregamento seja maximizada.

[0042] Durante uma fase de tensão constante, o microprocessador pode ser configurado para limitar a tensão de carregamento suprida pelo regulador de tensão de modo que uma tensão recebida pela bateria secundária seja igual a uma tensão máxima predeterminada, V_{ch} .

[0043] A segunda tensão de carregamento é preferencialmente diferente de zero e pode ter uma diferença de tensão predeterminada da primeira tensão de carregamento. Alternativamente, a segunda tensão de carregamento pode ser uma tensão predeterminada diferente de zero. Com a segunda tensão de carregamento diferente de zero, nunca há nenhuma interrupção no processo de carregamento, o que estenderia o tempo de carga.

[0044] O microprocessador pode ser configurado para ajustar a primeira tensão de carregamento para manter uma corrente de carregamento constante no circuito de carregamento até que a tensão de carregamento exceda uma tensão máxima de carregamento, a tensão máxima de carregamento calculada com base nas características da bateria secundária e na resistência interna determinada do circuito de carregamento.

[0045] O microprocessador pode ser configurado para calcular a tensão máxima e ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo das mesmas várias vezes durante um único ciclo de carregamento. Em vez de simplesmente suprir uma tensão de carregamento constante durante uma fase de tensão constante, é vantajoso fornecer uma tensão de carregamento ajustada que compense a tensão que caiu através da resistência interna do circuito de carregamento. À medida que a bateria secundária se aproxima de um nível completamente carregado, a corrente de carregamento para uma dada tensão de carregamento cai. Como resultado, a tensão que caiu através da resistência interna do circuito de carregamento cai. Isso, por sua vez, significa que a tensão de carregamento que se exige que seja suprida pelo regulador de tensão para garantir que a tensão através da bateria seja igual a V_{ch} cai. Portanto, é vantajoso recalcular a tensão máxima de carregamento várias vezes durante um ciclo de carregamento, particularmente à medida que a corrente de carregamento cai. Consequentemente, o microprocessador pode ser configurado para recalcular contínua ou periodicamente a tensão máxima e ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma depois que a primeira tensão de carregamento alcança primeiro a tensão máxima de carregamento durante um único ciclo de carregamento.

[0046] O microprocessador pode ser configurado para determinar a resistência interna e calcular a tensão máxima de carregamento somente depois que a primeira tensão de carregamento tiver alcançado um nível de tensão predeterminado. Por exemplo, o nível de tensão predeterminado pode ser V_{ch} , a tensão máxima de bateria.

[0047] De acordo com um sexto aspecto da descrição, é fornecido um método de carregamento de uma bateria secundária que compre-

ende:

[0048] conectar a bateria secundária a um dispositivo de carregamento que tem uma fonte de tensão para formar um circuito de carregamento;

[0049] controlar uma primeira tensão suprida pela fonte de tensão para fornecer uma corrente de carregamento predeterminada à bateria secundária;

[0050] determinar uma resistência interna do circuito de carregamento medindo-se a corrente no circuito de carregamento na primeira tensão de carregamento e em uma segunda tensão de carregamento, em que a segunda tensão de carregamento é menor do que a primeira tensão de carregamento;

[0051] calcular uma tensão máxima de carregamento com base na resistência interna determinada e uma característica da bateria secundária; e

[0052] ajustar a primeira tensão de carregamento para manter uma corrente de carregamento predeterminada até que a primeira tensão de carregamento alcance o nível de tensão máxima e, em seguida, ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma.

[0053] Assim como no quinto aspecto, a segunda tensão de carregamento é, preferencialmente, diferente de zero e pode ter uma diferença de tensão predeterminada da primeira tensão de carregamento.

[0054] As etapas de calcular a tensão máxima e ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma podem ser realizadas várias vezes durante um único ciclo de carregamento.

[0055] As etapas de calcular a tensão máxima e ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma podem ser realizadas continu-

amente depois que a primeira tensão de carregamento alcança primeiro a tensão máxima de carregamento durante um único ciclo de carregamento.

[0056] A etapa de determinar a resistência interna pode ser realizada periodicamente durante um ciclo de carregamento.

[0057] As etapas de determinar a resistência interna e calcular a tensão máxima de carregamento podem ser realizadas somente depois que a primeira tensão de carregamento alcançou um nível de tensão predeterminado. Por exemplo, o nível de tensão predeterminado pode ser V_{ch} , a tensão máxima de bateria.

[0058] Em um sétimo aspecto da descrição, é fornecido um dispositivo de carregamento que compreende:

[0059] um par de terminais de saída para conexão a uma bateria secundária;

[0060] uma fonte de alimentação de CC;

[0061] um regulador de tensão conectado entre a fonte de alimentação de CC e aos terminais de saída para controlar uma tensão de carregamento; e

[0062] um microprocessador acoplado ao regulador de tensão e aos terminais de saída, em que o dispositivo de carregamento e a bateria secundária são configurados para serem acoplados entre si e para formarem um circuito de carregamento, e em que o microprocessador é configurado para:

[0063] controlar o regulador de tensão para suprir uma primeira tensão de carregamento;

[0064] determinar uma resistência interna do circuito de carregamento;

[0065] calcular uma tensão máxima de carregamento com base na resistência interna determinada e uma característica da bateria secundária;

[0066] ajustar a primeira tensão de carregamento para manter uma corrente de carregamento predeterminada até que a primeira tensão de carregamento alcance a tensão máxima de carregamento, em seguida ajustar a primeira tensão de carregamento a um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma e, em seguida, recalculando periódica ou continuamente a tensão máxima de carregamento e ajustar a tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento recalculada ou abaixo da mesma.

[0067] Em vez de simplesmente suprir uma tensão de carregamento constante durante uma fase de tensão constante, é vantajoso fornecer uma tensão de carregamento ajustada que compense a tensão que caiu através da resistência interna do circuito de carregamento. À medida que a bateria secundária se aproxima de um nível completamente carregado, a corrente de carregamento cai para uma dada tensão de carregamento. Como resultado, a tensão que caiu através da resistência interna do circuito de carregamento cai. Isso, por sua vez, significa que a tensão de carregamento que se exige que seja suprida pelo regulador de tensão para garantir que a tensão através da bateria é igual a V_{ch} cai. Portanto, é vantajoso recalculando a tensão máxima de carregamento uma pluralidade de vezes durante um ciclo de carregamento, particularmente à medida que a corrente de carregamento cai. Consequentemente, o microprocessador é configurado para recalculando contínua ou periodicamente a tensão máxima e ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma depois que a primeira tensão de carregamento alcança primeiro a tensão máxima de carregamento. A etapa de determinar a resistência interna pode compreender medir a resistência interna ou estimar a resistência interna.

[0068] Em um oitavo aspecto da descrição, é fornecido um método de carregamento de uma bateria secundária que compreende:

[0069] conectar a bateria secundária a um dispositivo de carregamento que tem uma fonte de tensão para formar um circuito de carregamento;

[0070] controlar uma primeira tensão suprida pela fonte de tensão para fornecer uma corrente de carregamento predeterminada à bateria secundária;

[0071] determinar uma resistência interna do circuito de carregamento;

[0072] calcular uma tensão máxima de carregamento com base na resistência interna determinada e uma característica da bateria secundária;

[0073] ajustar a primeira tensão de carregamento para manter uma corrente de carregamento predeterminada até que a primeira tensão de carregamento alcance a tensão máxima de carregamento, em seguida ajustar a primeira tensão de carregamento a um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma; e em seguida periódica ou continuamente recalcular a tensão máxima de carregamento e ajustar a tensão de carregamento para mantê-la em um nível na tensão máxima de carregamento recalculada ou abaixo da mesma.

[0074] O dispositivo de carregamento e método de acordo com o quinto, sexto, sétimo e oitavo aspectos da descrição podem ser aplicados em sistemas eletrônicos de fumo. O dispositivo de carregamento pode ser usado para carregar uma bateria secundária em um dispositivo eletrônico de fumo. O dispositivo eletrônico de fumo pode incluir um aquecedor eletricamente alimentado configurado para aquecer um substrato de formação de aerossol. O substrato de formação de aerossol pode ser fornecido na forma de um cigarro que tem uma porção de bocal na qual um usuário final inala. A bateria secundária pode fornecer, de forma vantajosa, potência suficiente para uma única sessão de fumo, descarregando um único substrato de formação de aerossol.

[0075] Um curto tempo de recarregamento é crucial para a aceitação de cigarros eletrônicos. O dispositivo de carregamento e método de carregamento da presente descrição maximizam a duração de uma fase de corrente constante do reprocesso de carregamento e também maximiza a tensão através da bateria secundária quando a fase de corrente constante tiver terminado.

[0076] Em um oitavo aspecto, é fornecido um método de qualificação que testa uma bateria de fosfato de ferro de lítio ou de titanato de lítio, que compreende:

[0077] carregar a bateria a uma taxa de pelo menos 2C;

[0078] descarregar a bateria;

[0079] repetir as etapas a) e b) pelo menos 6.000 vezes;

[0080] subsequente à etapa c), determinar que a bateria atende um padrão de qualificação se a capacidade de bateria for maior do que uma capacidade limítrofe.

[0081] A capacidade limítrofe pode ser uma porcentagem da capacidade avaliada da bateria, por exemplo, 80% da capacidade de bateria avaliada.

[0082] A etapa de carregar a bateria pode compreender carregamento em uma taxa média de 12C. A etapa de descarregar pode ser realizada em uma taxa de em torno de 13C e pode ser executada com o uso de pulsos de milissegundos. A etapa c) pode compreender repetir as etapas a) e b) pelo menos 7.000 vezes ou pelo menos 8.000 vezes.

[0083] Em um nono aspecto, é fornecido um método de qualificação que testa um lote de baterias de fosfato de ferro de lítio ou de titanato de lítio que compreende selecionar uma amostra de uma pluralidade de baterias do lote de baterias e executar o método do oitavo aspecto em cada uma dentre a pluralidade de baterias. A pluralidade de baterias pode ser selecionada aleatoriamente do lote. Se todas da plu-

ralidade de baterias atenderem ao padrão de qualificação, então pode-se determinar que o lote de baterias atende ao padrão de qualificação.

[0084] Em um décimo aspecto, é fornecida uma bateria ou lote de baterias determinadas para atender um padrão de qualificação de acordo com o oitavo aspecto.

[0085] Deve ficar claro que os recursos descritos em relação a um aspecto da descrição podem ser aplicados a outros aspectos da descrição, sozinhos ou em combinação com outros aspectos descritos e recursos da descrição.

[0086] Exemplos de acordo com os vários aspectos da descrição serão agora descritos em detalhes, em referência aos desenhos anexos, nos quais:

[0087] A Figura 1 é um diagrama esquemático que mostra um exemplo de um sistema eletrônico de fumo que compreende unidades primária e secundária;

[0088] A Figura 2a mostra um perfil de carregamento padrão para uma bateria recarregável de acordo com a técnica anterior;

[0089] A Figura 2b é um fluxograma que ilustra um processo de controle para o perfil de carregamento da Figura 2a;

[0090] A Figura 3 é uma ilustração esquemática de um circuito de carregamento formado pelos dispositivos primário e secundário acoplados da Figura 1;

[0091] A Figura 4 mostra um perfil de carregamento de acordo com uma modalidade da invenção;

[0092] A Figura 5a é um fluxograma que ilustra um processo de controle para o perfil de carregamento da Figura 4;

[0093] A Figura 5b é um fluxograma que ilustra um processo de controle alternativo para o perfil de carregamento da Figura 4;

[0094] A Figura 5c é um fluxograma que ilustra um processo de controle alternativo adicional para o perfil de carregamento da Figura

4;

[0095] A Figura 6 é um fluxograma que ilustra um processo para calcular uma resistência interna do circuito de carregamento; e

[0096] A Figura 7 é o fluxograma que ilustra um processo de controle para evitar descarga excessiva da bateria secundária em um sistema do tipo mostrado na Figura 1.

[0097] A Figura 1 mostra um dispositivo primário 100 e um dispositivo secundário 102. O dispositivo primário 100, nesse exemplo, é uma unidade de carregamento para um sistema de fumo eletricamente aquecido. O dispositivo secundário 102, nesse exemplo, é um dispositivo de geração de aerossol eletricamente aquecido adaptado para receber um artigo de fumo 104 que compreende um substrato de formação de aerossol. O dispositivo secundário inclui um aquecedor para aquecer o substrato de formação de aerossol em operação. O usuário inala em uma porção de bocal do artigo de fumo 104 para sugar aerossol na boca do usuário. O dispositivo secundário 102 é configurado para ser recebido dentro de uma cavidade 112 no dispositivo primário 100 de modo a recarregar o suprimento de potência no dispositivo secundário.

[0098] O dispositivo primário 100 compreende primeira bateria 106, eletrônicos de controle 108, e contatos elétricos 110 configurados para fornecer potência elétrica a uma segunda bateria no dispositivo secundário, a partir da primeira bateria 106, quando o dispositivo secundário está em conexão com os contatos elétricos 110. Os contatos elétricos 110 são fornecidos adjacentes ao fundo de uma cavidade 112. A cavidade é configurada para receber o dispositivo secundário 102. Os componentes do dispositivo primário 100 são alojados dentro do alojamento 116.

[0099] O dispositivo secundário 102 compreende uma segunda bateria 126, eletrônicos de controle secundários 128 e contatos elétri-

cos 130. Conforme descrito acima, a segunda bateria recarregável 126 do dispositivo secundário 102 é configurada para receber um suprimento de potência a partir da primeira bateria 106 quando os contatos elétricos 130 estão em contato com os contatos elétricos 110 do dispositivo primário 100. O dispositivo secundário 102 compreende, adicionalmente, uma cavidade 132 configurada para receber o artigo de fumo 104. Um aquecedor 134, na forma de, por exemplo, um aquecedor de lâmina, é fornecido no fundo da cavidade 132. Em uso, o usuário ativa o dispositivo secundário 102 e a potência é fornecida a partir da bateria 126 por meio dos eletrônicos de controle 128 ao aquecedor 134. O aquecedor é aquecido a uma temperatura operacional padrão que é suficiente para gerar um aerossol a partir do substrato de formação de aerossol do artigo de geração de aerossol 104. Os componentes do dispositivo secundário 102 são alojados dentro do alojamento 136. Um dispositivo secundário desse tipo é descrito de forma mais completa no documento nº EP2110033, por exemplo.

[00100] O substrato de formação de aerossol compreende, preferencialmente, um material que contém tabaco que contém compostos voláteis de aroma de tabaco que são liberados do substrato mediante aquecimento. Alternativamente, o substrato de formação de aerossol pode compreender um material diferente de tabaco. Preferencialmente, o substrato de formação de aerossol compreende adicionalmente um formador de aerossol. Exemplos de formadores de aerossol adequados são glicerina e propileno glicol.

[00101] O substrato de formação de aerossol pode ser um substrato sólido. O substrato sólido pode compreender, por exemplo, um ou mais dentre: pó, grãos, péletes, retalhos, espaguete, tiras ou folhas que contêm um ou mais dentre: folha de erva, folha de tabaco, fragmentos de nervuras de tabaco, tabaco reconstituído, tabaco homogeneizado, tabaco extrudado e tabaco expandido. Alternativamente, o

substrato de formação de aerossol pode ser um substrato líquido e o artigo de fumo pode compreender meios para reter o substrato líquido. O substrato de formação de aerossol pode ser, alternativamente, qualquer outro tipo de substrato, por exemplo, um substrato de gás, ou qualquer combinação dos vários tipos de substrato.

[00102] Nesse exemplo, o dispositivo secundário 102 é um dispositivo de fumo eletricamente aquecido. Como tal, o dispositivo secundário 102 é pequeno (tamanho convencional de cigarro) mas precisa entregar alta potência em um período de somente alguns minutos, tipicamente cerca de 7 minutos para uma única sessão de fumo. A segunda bateria pode então precisar ser retornada ao dispositivo primário 100 para recarregamento. O recarregamento é completado de forma desejável, pelo menos a um nível suficiente para permitir outra experiência de fumo completa, em questão de alguns minutos e preferencialmente menos do que 6 minutos.

[00103] A primeira bateria 106 no dispositivo primário é configurada para reter carga suficiente para recarregar a segunda bateria 126 várias vezes antes de precisar se recarregar. Isso fornece ao usuário um sistema portátil que permite várias sessões de fumo antes que o recarregamento de uma saída de distribuição elétrica seja exigido.

[00104] Também é desejável que a segunda bateria não precise ser frequentemente distribuída. Preferencialmente a segunda bateria tem uma vida útil de pelo menos um ano, igualando-se a cerca de 8.000 ciclos de carga/descarga para um usuário típico.

[00105] De modo a satisfazer as exigências de concorrência para a segunda bateria 126 de pequeno tamanho, capacidade suficiente e segurança, mas carga e descarga rápida, assim como tempo de vida aceitável, uma química de fosfato de ferro de lítio (LiFePO_4) da bateria pode ser usada, como nesse exemplo. A segunda bateria 126, nesse exemplo, tem um formato cilíndrico, com um diâmetro de 10 mm e um

comprimento de 37 mm. Essa bateria tem capacidade de passar por 8.000 ciclos de carga/descarga em mais do que 900J por ciclo. A taxa média de carregamento pode ser de até 12C. Uma taxa de carregamento de 1C significa que a bateria é completamente carregada de carga zero à carga total em uma hora e uma taxa de carregamento de 2C significa que a bateria é completamente carregada de carga zero à carga total em meia-hora. A capacidade de bateria é cerca de 125mAh. A corrente de carregamento máxima pode variar de 980mA a 1.5A. O descarregamento é executado com o uso de 1 pulso de milissegundos de até 2A. A taxa de descarga depende da resistência do aquecedor, que é, por sua vez, dependente da temperatura de aquecedor. Em temperatura ambiente, a taxa de descarga pode ser tão alta quanto 28C, mas é reduzida em temperaturas maiores à medida que a resistência do aquecedor aumenta. Em típica temperatura operacional a taxa de descarregamento está em torno de 13C. Como alternativa, um titanato de lítio bateria pode ser usado para a segunda bateria.

[00106] Uma amostra de segundas baterias pode ser testada em relação à qualificação para garantir que as mesmas sejam capazes de atender um padrão de qualificação em termos de número de ciclos úteis de carga descarga. O teste de qualificação pode compreender: carregar a bateria em uma taxa de pelo menos 2C; descarregar a bateria; repetir o ciclo de carga/descarga pelo menos 6.000 vezes; e então determinar que a bateria atende um padrão de qualificação se a capacidade de bateria for maior do que uma capacidade limítrofe, tal como 80% da capacidade original de bateria avaliada.

[00107] A primeira bateria 106 na unidade primária 100 é uma bateria de cobalto de lítio (LiCoO_2) do tipo prismático. A primeira bateria tem uma capacidade de cerca de 1350mAh, acima de dez vezes a capacidade da segunda bateria. A segunda bateria pode ser carregada a partir da primeira bateria em uma taxa entre 2C e 16C. Descarregar a

primeira bateria em uma taxa de 1C fornece uma taxa de carregamento acima de 10C à segunda bateria. O carregamento da primeira bateria pode ser executado a partir de um suprimento de distribuição elétrica, em uma taxa entre 0 e 1,5C, e tipicamente em uma taxa de cerca de 0,5C para maximizar a vida da bateria.

[00108] Uma bateria de óxido de cobalto de lítio fornece uma tensão maior de bateria do que fosfato de ferro de lítio, permitindo o carregamento de um fosfato de ferro de lítio bateria a partir de uma única bateria de óxido de cobalto de lítio.

[00109] A Figura 2a mostra um perfil de carregamento padrão para carregar uma bateria recarregável. A Figura 2a mostra a tensão de carregamento do dispositivo de carregamento 210, a corrente de carregamento 220 do dispositivo de carregamento e a tensão de bateria 230 da segunda bateria sendo carregada. O perfil de carregamento consiste em uma fase inicial de corrente constante 300. Durante a fase de corrente constante 300 a tensão de carregamento 210 é controlada a fim de fornecer corrente de carregamento máxima constante I_{ch} . Isso fornece a taxa máxima de carregamento. No entanto, a fase de corrente de carregamento constante 200 chega a um fim quando a tensão de carregamento exigida para manter a corrente de carregamento máxima excede uma tensão máxima de carregamento V_{ch} . V_{ch} é estabelecido em um nível que preserva o tempo de vida da segunda bateria. Uma vez que esse estágio é alcançado, indicado no ponto 203 na Figura 2a, uma fase de tensão constante 202 começa. Durante a fase de tensão constante, a tensão de carregamento 210 é mantida no máximo V_{ch} . Durante a fase de tensão constante, a corrente de carregamento cai conforme a diferença entre a tensão de carregamento 210 e tensão de bateria 230 decai. O processo de carregamento é interrompido quando a corrente de carregamento alcança um baixo limiar I_{fim} . A corrente de carregamento máxima e a tensão máxima de carregamen-

to são estabelecidas pelo fabricante da bateria.

[00110] A Figura 2b ilustra as etapas de controle nesse processo. Na etapa 20 a corrente de carregamento é estabelecida em I_{ch} , a corrente de carregamento máxima. Durante a fase de corrente constante, a lógica de controle compara a tensão de carregamento com a tensão de carregamento máxima permitida V_{ch} . Isso é mostrado como a etapa 22. Se a tensão de carregamento estiver abaixo de V_{ch} a corrente de carregamento é mantida. Se a corrente de carregamento for igual ou exceder V_{ch} , a fase de corrente constante é finalizada e a tensão de carregamento estabelecida a V_{ch} . Isso é mostrado como a etapa 24. A lógica de controle então monitora a corrente de carregamento na etapa 26. Uma vez que a corrente de carregamento é menor do que I_{fim} o processo de carregamento é considerado completo e é finalizado na etapa 28.

[00111] O perfil de carregamento ilustrado nas Figuras 2a e 2b pode ser usado em um sistema conforme descrito em referência à Figura 1. No entanto, o tempo de carga pode ser configurado como sendo menor compensando-se a resistência interna no circuito de carregamento. Um tempo de carga menor é desejável, particularmente para sistemas tais como sistemas eletrônicos de fumo, nos quais o tempo de recarga precisa ser somente de alguns minutos.

[00112] A Figura 3 é um diagrama de circuito que ilustra o circuito de carregamento formado pelos dispositivos primário e secundário acoplados. O circuito é dividido em um lado de dispositivo primário e um lado de dispositivo secundário. A linha pontilhada 30 representa o limite entre o dispositivo primário 100 e o dispositivo secundário 102. O lado de dispositivo primário compreende uma fonte de tensão controlada 320, que compreende a primeira bateria e um regulador de tensão e um microcontrolador 340 configurado para controlar a fonte de tensão 340 com base nas medições de corrente I e tensão V . O lado

de dispositivo secundário compreende a segunda bateria 126. A resistência interna do circuito de carregamento compreende contribuições de várias fontes. As resistências r_{p-} e r_{p+} representam as resistências elétricas da disposição de eletrônicos e aletas de solda no dispositivo primário. As resistências r_{s-} e r_{s+} representam as resistências elétricas da disposição de eletrônicos e das aletas de solda no dispositivo primário. As resistências $r_{c-}(t)$ e $r_{c+}(t)$ representam as resistências elétricas dos contatos entre os dispositivos primário e secundário. Os mesmos variarão de dispositivo a dispositivo e podem variar com o tempo do ciclo de carga para ciclo de carga. Em um sistema elétrico de fumo do tipo descrito em referência à Figura 1, as unidades primária e secundária podem ser colocadas em contato ou fora do mesmo várias vezes por dia, e cada vez as resistências de contato podem ser diferente. As resistências de contato também podem aumentar se os contatos não forem mantidos limpos. A resistência $r_i(t)$ representa a resistência interna da segunda bateria, o que aumenta a vida da segunda bateria.

[00113] Se as resistências parasíticas r_{p-} , r_{p+} , r_{s-} , r_{s+} , $r_{c-}(t)$ e $r_{c+}(t)$ forem combinadas em uma única resistência $R(t)$, então a tensão através da segunda bateria será menor do que a tensão de carregamento da fonte de tensão por $V_{\text{queda}} = I * R(t)$.

[00114] Isso significa que a tensão de carregamento suprida pela fonte de tensão pode ser aumentada acima do V_{ch} máximo por uma quantidade $I * R(t)$ e a tensão através da segunda bateria será igual a V_{ch} . A fase de corrente constante do perfil de carregamento pode ser estendida até o ponto que a tensão de carregamento alcança $V_{ch} + I * R(t)$. A tensão de carregamento suprida em seguida também pode ser controlada para ser maior do que V_{ch} , mas no mais do que $V_{ch} + I * R(t)$.

[00115] A Figura 4 ilustra um perfil de carregamento de acordo com

um aspecto da invenção, no qual a tensão de carregamento suprida excede V_{ch} . O perfil de carregamento compreende uma fase de corrente constante 400 e uma fase de tensão pseudoconstante 402. A tensão de carregamento da fonte de tensão é mostrada como 410, a corrente de carregamento é mostrada como 420 e a tensão da segunda bateria é mostrada como 430.

[00116] A fase de corrente constante 400 estende-se até que a tensão de carregamento alcance um máximo de $V_{comp} = V_{ch} + I * R(t)$. Na fase de tensão pseudoconstante 402, a tensão de carregamento é controlada para se igualar a V_{comp} . O ciclo de carregamento é finalizado quando a corrente de carregamento se iguala a I_{fim} .

[00117] As Figuras 5a, 5b, e 5c ilustram estratégias de controle alternativas para implantar um perfil de carregamento conforme mostrado na Figura 4. A Figura 5a mostra o processo começando na etapa 500. Na etapa 510, a corrente de carregamento é estabelecida a I_{ch} a corrente de carregamento máxima especificada pelo fabricante. Na etapa 520 a resistência interna do circuito de carregamento é medida.

[00118] O processo para medir a resistência interna do circuito de carregamento é mostrado na Figura 6. Em uma primeira etapa 610, a corrente de carregamento I_1 e a tensão de carregamento V_1 são medidas. A tensão de carregamento é então reduzida a uma tensão menor V_2 na etapa 620, em que $V_2 = V_1 - \Delta V$. ΔV é uma diferença de tensão fixa predeterminada de alguns milivolts. A tensão reduzida V_2 e corrente reduzida correspondente I_2 são medidas na etapa 630. A tensão é somente reduzida por um período de 100 a 400 μ s, longo o suficiente para que a tensão e a corrente sejam medidas uma vez (ou algumas vezes para fornecer uma média) pelo microcontrolador. A resistência interna R_i do circuito de carregamento é calculada na etapa 640 com o uso da relação $R_i = (V_1 - V_2) / (I_1 - I_2)$. O processo termina na etapa 650, e pode ser repetido conforme descrito abaixo.

[00119] Na etapa 530, a tensão de carregamento é comparada à tensão máxima de carregamento compensada V_{comp} . A resistência interna R_i compreende tanto a resistência parasítica $R(t)$ quanto a resistência interna da bateria $r_i(t)$. $V_{comp} = V_{ch} + R(t)$. A resistência interna máxima da segunda bateria r_{imax} é fornecida pela fabricante da bateria e pode ser usada para derivar um valor para $R(t)$ a partir de R_i . Como alternativa, a tensão através da bateria pode ser diretamente medida e passada ao microcontrolador para permitir que a resistência parasítica seja determinada. O uso do valor de $R(t)$, V_{comp} pode ser calculado.

[00120] Se a tensão de carregamento for menor do que V_{comp} , a fase de corrente constante continua e a etapa 530 é repetida com base no valor calculado de V_{comp} . Se a tensão de carregamento for igual ou exceder V_{comp} , então a fase de corrente constante termina e a tensão de carregamento é estabelecida para V_{comp} na etapa 540. Na etapa 550, a corrente de carregamento é comparada a I_{fim} . Se a corrente de carregamento for maior ou igual a I_{fim} , então o processo retorna à etapa 540. A tensão de carregamento é apagada para um novo valor de V_{comp} com base na corrente de carregamento recém-medida e então o processo prossegue para a etapa 550. Esse ciclo de controle da etapa 540 e 550 pode ser repetido frequentemente, conforme desejado. Se na etapa 550 a corrente de carregamento for menor do que I_{fim} , então o ciclo de carregamento é terminado na etapa 560 e isso é indicado ao usuário. O valor de I_{fim} pode ser estabelecido com base na capacidade total da bateria ou pode ser baseado na quantidade de energia exigida para um uso padrão do dispositivo secundário, por exemplo, uma única sessão de fumo.

[00121] A Figura 5b ilustra um processo de carregamento alternativo. No processo da Figura 5b, as etapas 500 e 510 são idênticas às aquelas descritas em referência à Figura 5a. A etapa 515 é adicional ao processo mostrado na Figura 5a. Na etapa 515, a tensão de carre-

gamento é comparada a V_{ch} , a tensão máxima de carregamento especificada pelo fabricante da bateria. Somente se a tensão de carregamento for igual ou exceder V_{ch} , o processo prossegue à etapa 520, determinação da resistência interna. As etapas 520 e 530 são conforme descrito em referência à Figura 5a, mas no processo da Figura 5b, a resistência interna e V_{comp} são somente calculadas depois que a tensão de carregamento alcança V_{ch} . Na fase de corrente pseudoconstante da Figura 5b, a primeira etapa é um recálculo da resistência interna, na etapa 535. A resistência interna do circuito de carregamento pode ser aumentada durante o processo de carregamento, e o recálculo permite um melhor cálculo de V_{comp} e um tempo de carga potencialmente menor. As etapas 540, 550 e 560 são conforme descrito em referência à Figura 5a.

[00122] A Figura 5c ilustra um processo de carregamento alternativo adicional. No processo da Figura 5c, as etapas 500, 510 e 520 são conforme descrito em referência à Figura 5a. Na etapa 525, a tensão de carregamento é comparada à tensão máxima de carregamento compensada V_{comp} , da mesma maneira que na etapa 530 na Figura 5a e 5b. No entanto, na etapa 525, se a tensão de carregamento for maior ou igual a V_{comp} , o processo retorna à etapa 520.

[00123] Etapas 535 e 540 da Figura 5c são idênticas às etapas 535 e 540 da Figura 5b. Na etapa 545 a corrente de carregamento é comparada a I_{fim} . Se a corrente de carregamento for maior ou igual a I_{fim} , então o processo retorna à etapa 535 e a resistência interna é recalculada e V_{comp} atualizado antes da etapa 540. Se, na etapa 550, a corrente de carregamento for menor do que I_{fim} então o ciclo de carregamento é terminado na etapa 560 e isso é indicado ao usuário. Conforme explicado acima, o valor de I_{fim} pode ser baseado na capacidade total da bateria, de modo que a bateria seja carregada a uma determinada proporção de carga total, ou seja, 90% de carga total. Alternativamen-

te, I_{lim} pode ser estabelecido com base na quantidade de energia armazenada exigida para um único uso do dispositivo secundário.

[00124] As Figuras 5a, 5b e 5c são processos de controle exemplificadores e deve ficar claro que outros processos são possíveis de acordo com o mesmo princípio geral. Por exemplo, qualquer uma das fases de corrente constante das Figuras 5a, 5b e 5c, pode ser usada com qualquer uma das fases de tensão pseudoconstante das Figuras 5a, 5b e 5c, que fornecem nove diferentes possíveis processos de controle.

[00125] Em sistemas tais como um sistema elétrico de fumo, qualquer diminuição no tempo tomado para recarregar o dispositivo secundário pode aumentar de forma significativa a adoção de usuário. Uma exigência principal é a facilidade e conveniência de uso, e é perceptível um ciclo de recarga que dura somente alguns minutos a cada segundo é notável. Os processos de recarregamento descritos em referência à Figura 4 e às Figuras 5a, 5b e 5c fornecem rápido recarregamento dentro dos limites de operação especificada pela fabricante da bateria.

[00126] Um aspecto adicional desta descrição é ilustrado na Figura 7. Em referência ao dispositivo secundário mostrado na Figura 1, o dispositivo secundário 102 pode ser configurado para evitar a operação se a segunda bateria cair abaixo de 20% de seu nível completamente carregado. Isso protege a vida da segunda bateria. Os eletrônicos de controle 128 são configurados para monitorar a tensão de bateria da segunda bateria em uso. Quando a tensão de bateria cai a 20% da tensão completamente carregada, o dispositivo é desativado até que a segunda bateria tenha sido recarregada a um nível de carga limítrofe. O nível de carga limítrofe pode ser escolhido por ser menor do que a capacidade máxima de bateria, ou seja, 90% de capacidade total, novamente para proteger a vida da bateria. Constatou-se que o

nível de 20% ser um nível limítrofe satisfatório de fosfato de ferro de lítio baterias, mas qualquer nível entre 15% e 25% pode ser usado e outros níveis podem ser escolhidos por serem adequados para diferentes químicas de bateria.

[00127] A Figura 7 ilustra o processo de controle que os eletrônicos de controle 128 são configurados para executar. O processo começa na etapa 700. Na etapa 720, a tensão de bateria da bateria secundária é comparada a uma tensão mínima inicial V_{\min} para permitir a operação do dispositivo. Se a tensão de bateria for menor do que V_{\min} , então o dispositivo secundário não permitirá operação adicional do aquecedor e entrará em um modo de baixa potência para conservar a capacidade de bateria até o próximo ciclo de recarga. O processo, então, termina na etapa 730. No caso de um dispositivo de fumo, isso evita a operação de aquecimento do dispositivo se houver carga insuficiente na segunda bateria para completar uma única experiência de fumo (correspondente à experiência de fumo de um cigarro convencional, supõe-se). Uma vez que a segunda bateria foi recarregada, o processo pode recomeçar na etapa 700.

[00128] Se a tensão de bateria for maior ou igual a V_{\min} , então permite-se que o dispositivo opere completamente. Durante operação, a tensão de bateria da segunda bateria é repetidamente comparada a um segundo limiar, nesse caso $V_{\min}/5$, isto é 20% da tensão mínima inicial de bateria. Isso é mostrado como a etapa 740. Se a tensão de bateria for maior do que $V_{\min}/5$ então o dispositivo continua a ser operável e a etapa 740 é repetida. Se a tensão de bateria for menor do que ou igual a $V_{\min}/5$ então o dispositivo entra no modo de baixa potência no qual o aquecedor é desativado na etapa 750. Uma vez que o aquecedor é desativado, o processo de controle precisa começar novamente na etapa 700 então o aquecedor não pode operar até que a segunda bateria seja recarregada a um nível no qual essa tensão de

bateria é maior ou igual a V_{\min} .

[00129] As modalidades exemplificativas descritas acima ilustram, porém, não são limitadoras. Em vista das modalidades exemplificativas discutidas acima, outras modalidades coerentes com as modalidades exemplificativas acima serão agora aparentes a alguém com habilidade comum na técnica.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de fumo eletrônico portátil, que compreende dispositivos recarregáveis primário (100) e secundário (102),

sendo que o dispositivo secundário (102) é um dispositivo de tabaco eletricamente aquecido, sendo que o dispositivo secundário compreende um aquecedor (134) configurado para aquecer um substrato de formação de aerossol

sendo que o dispositivo primário (100) compreende um alojamento (116), sendo que o dito dispositivo secundário é configurado para ser recebido dentro do alojamento do dispositivo primário durante um ciclo de recarregamento, **caracterizado pelo fato de que** o dispositivo primário tem uma primeira bateria (106) e o dispositivo secundário tem uma segunda bateria (126), em que a capacidade da primeira bateria (106) é entre cinco e quarenta vezes a capacidade da segunda bateria (126), e em que os dispositivos primário e secundário são configurados para recarregar a segunda bateria (126) a partir da primeira bateria (106), em que o dispositivo primário compreende:

um par de terminais de saída (110) para conexão à segunda bateria;

uma fonte de alimentação de CC (106);

um regulador de tensão conectado entre a fonte de alimentação de CC (106) e aos terminais de saída para controlar uma tensão de carregamento; e

um microprocessador (340) acoplado ao regulador de tensão e aos terminais de saída, em que o dispositivo primário (100) e a segunda bateria (126) são configurados para serem acoplados entre si e para formarem um circuito de carregamento, e em que o microprocessador é configurado para:

controlar o regulador de tensão para suprir uma primeira tensão de carregamento; e

somente após a primeira tensão de carregamento alcançar um nível de tensão máximo de carregamento predeterminado da segunda bateria (126), determinar uma resistência interna do circuito de carregamento medindo-se a corrente no circuito de carregamento na primeira tensão de carregamento e na segunda tensão de carregamento, em que a segunda tensão de carregamento é menor do que a primeira tensão de carregamento; e limitar a primeira tensão de carregamento suprida ao regulador de tensão a uma primeira tensão máxima de carregamento com base na resistência interna determinada e o nível de tensão máximo de carregamento predeterminado da segunda bateria.

2. Sistema de fumo eletrônico portátil, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o microprocessador (340) é configurado para:

calcular a primeira tensão máxima de carregamento baseada na resistência interna determinada e o nível de tensão máximo de carregamento predeterminado da segunda bateria; e

ajustar a primeira tensão de carregamento para manter uma corrente de carregamento predeterminada até que a primeira tensão de carregamento alcance o nível tensão máxima de carregamento da segunda bateria, em seguida ajustar a primeira tensão a um nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo da mesma, e em seguida recalcular periódica ou continuamente a primeira tensão máxima de carregamento e ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na primeira tensão máxima de carregamento recalculada ou abaixo do mesma.

3. Sistema de fumo eletrônico portátil, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** o microprocessador (340) é configurado para determinar a segunda tensão de carregamento reduzindo-se a tensão da primeira tensão de carregamento

por uma diferença de tensão predeterminada.

4. Sistema de fumo eletrônico portátil, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de que** o microprocessador (340) é configurado para recalcular a resistência interna periodicamente.

5. Sistema de fumo eletrônico portátil, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** a segunda bateria (126) tem um diâmetro de 10 mm e um comprimento de 37 mm.

6. Método de carregamento de uma segunda bateria (126) em um dispositivo de tabaco secundário eletricamente aquecido (102) de uma primeira bateria (106) e um dispositivo primário (100) que compreende um alojamento (116) e compreende um aquecedor (134) configurado para aquecer um substrato de formação de aerossol, sendo que os dispositivos primário e secundário formam um sistema de fumo eletrônico portátil, sendo que o dispositivo primário tem uma primeira bateria (106) e o dispositivo secundário tem uma segunda bateria (126), em que a capacidade da primeira bateria (106) é entre cinco e quarenta vezes a capacidade da segunda bateria (126), e em que os dispositivos primário e secundário são configurados para recarregar a segunda bateria (126) a partir da primeira bateria (106), **caracterizado pelo fato de que** o método compreende as etapas de:

conectar a segunda bateria ao dispositivo primário, o dispositivo primário tendo uma fonte de tensão ajustável (320) para formar um circuito de carregamento;

controlar uma primeira tensão suprida pela fonte de tensão para fornecer uma corrente de carregamento predeterminada à bateria secundária;

determinar uma resistência interna do circuito de carregamento medindo-se a corrente no circuito de carregamento na primeira

tensão de carregamento e na segunda tensão de carregamento, em que a segunda tensão de carregamento é menor do que a primeira tensão de carregamento;

calcular uma primeira tensão máxima de carregamento com base na resistência interna determinada e um nível de tensão máximo de carregamento predeterminado da bateria secundária; e

ajustar a primeira tensão de carregamento para manter uma corrente de carregamento predeterminada até que a primeira tensão de carregamento alcance o nível de tensão máximo de carregamento predeterminado da segunda bateria, e em seguida ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um primeiro nível na tensão máxima de carregamento ou abaixo do mesma,

em que as etapas de determinar a resistência interna e calcular uma primeira tensão máxima de carregamento são executadas apenas após a primeira tensão de carregamento alcançar o nível de tensão máximo de carregamento predeterminado da segunda bateria.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo fato de que** a segunda tensão tem uma diferença de tensão predeterminada a partir da primeira tensão de carregamento.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6 ou 7, **caracterizado pelo fato de que** as etapas de calcular a primeira tensão máxima de carregamento e ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na primeira tensão máxima de carregamento ou abaixo do mesma são realizadas uma pluralidade de vezes durante um único ciclo de carregamento

9. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que** as etapas de calcular a primeira tensão máxima de carregamento e ajustar a primeira tensão de carregamento para mantê-la em um nível na primeira tensão máxima de carregamento ou abaixo do mesma são realizadas continuamente depois que a primeira

tensão de carregamento tiver alcançado primeiro a primeira tensão máxima de carregamento durante um único ciclo de carregamento.

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 9, **caracterizado pelo fato de que** a etapa de determinar a resistência interna é realizada periodicamente.

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 10, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda a etapa de retornar o dispositivo secundário ao dispositivo primário para recarregar a segunda bateria após uma única seção de fumo

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** a única seção de fumo dura 7 minutos

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 12, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda a etapa de recarregar a segunda bateria por menos de 6 minutos.

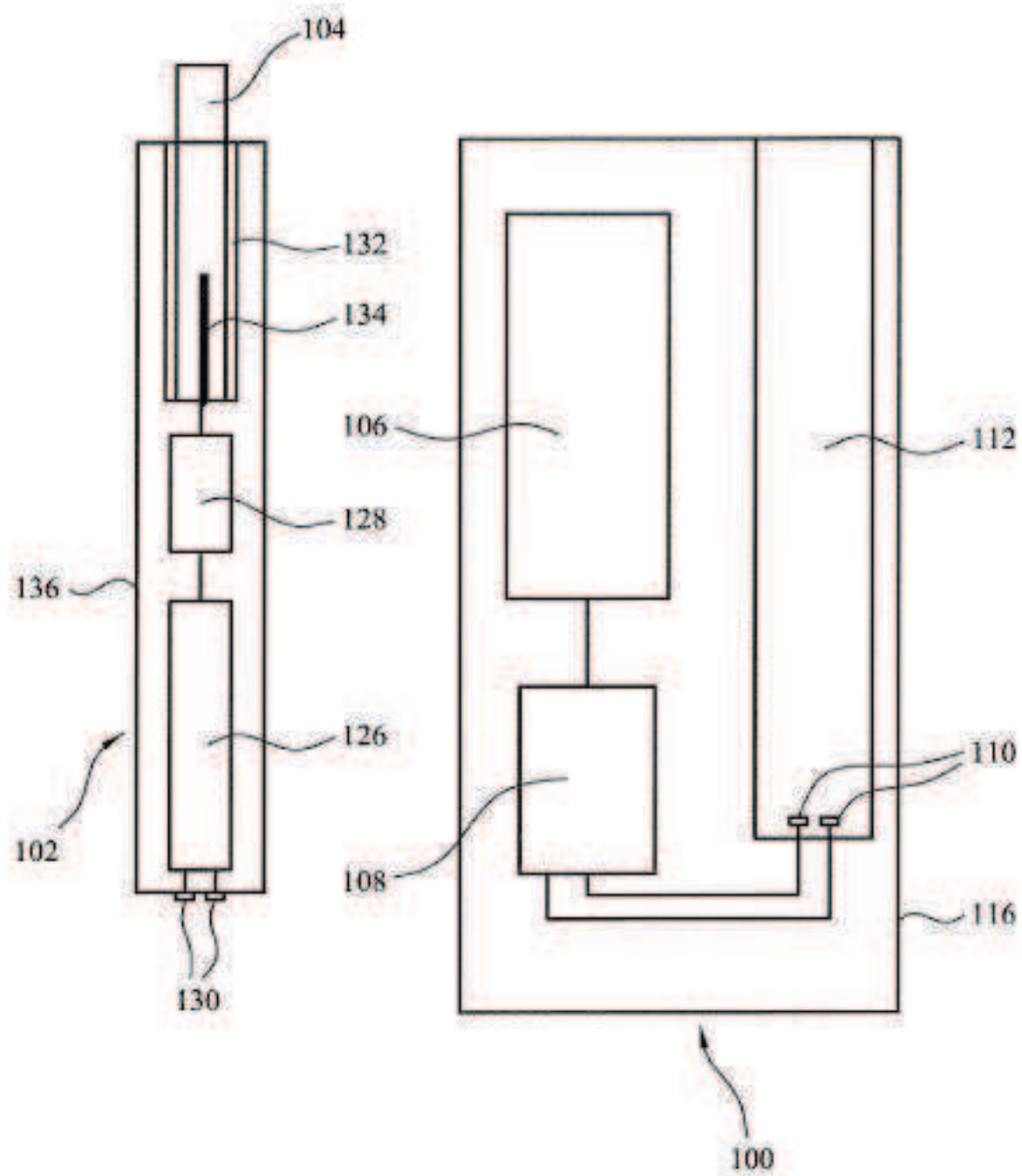


FIG. 1

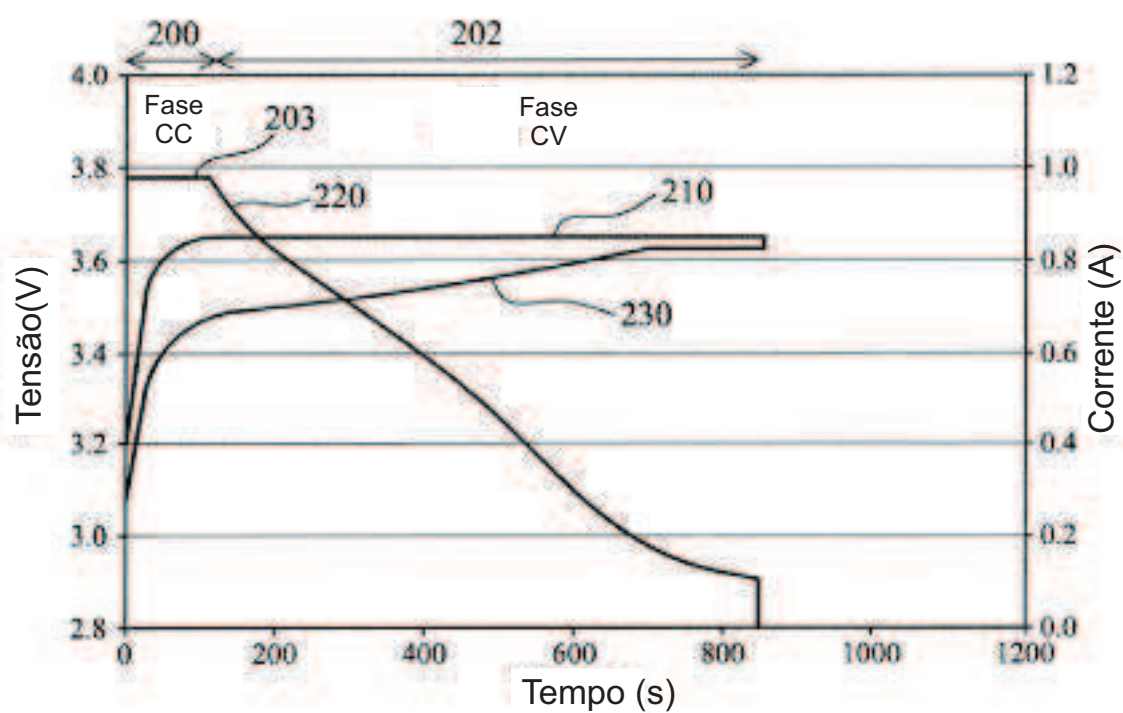


FIG. 2a

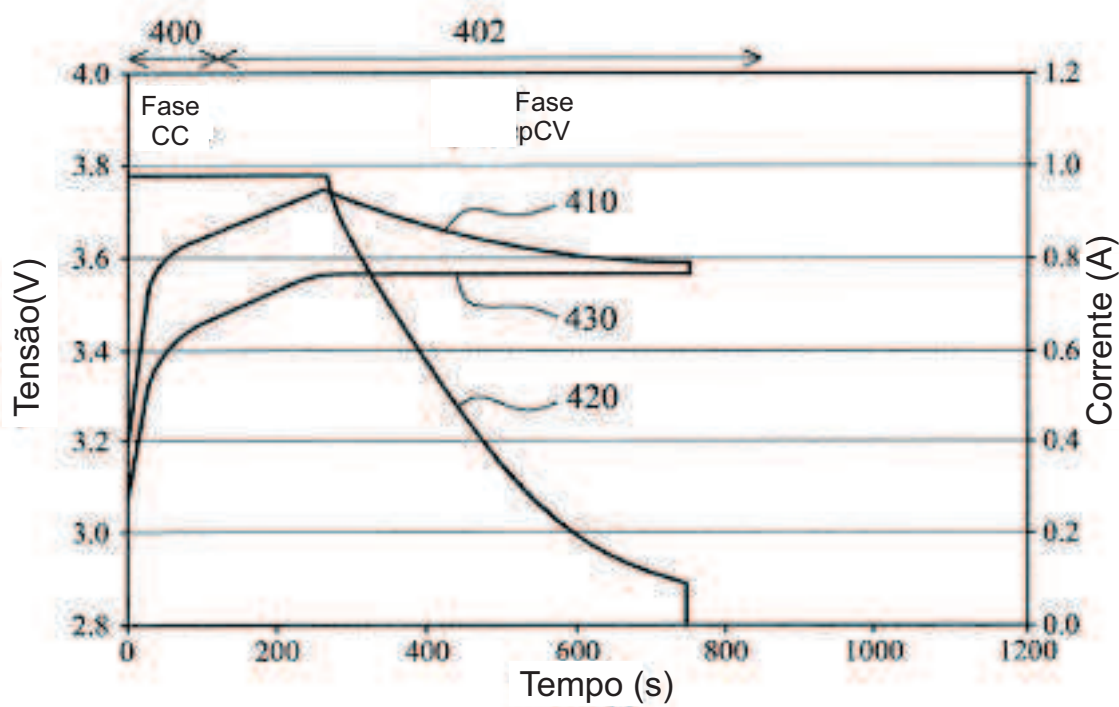


FIG. 4

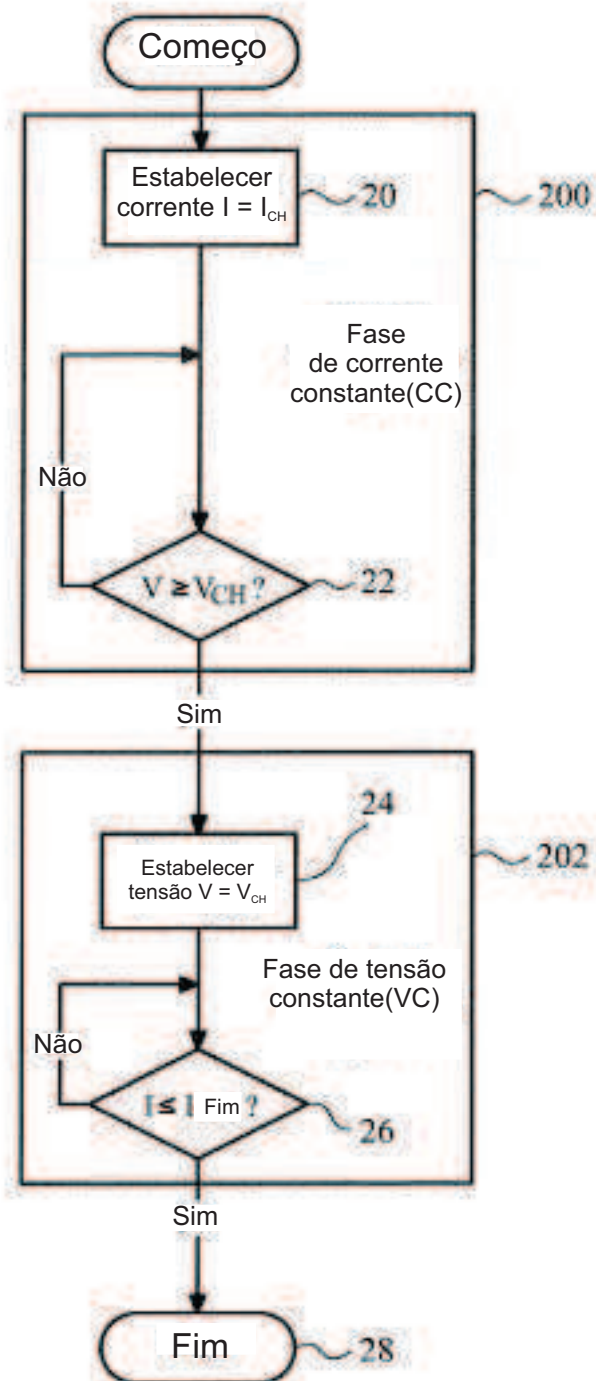


FIG. 2b

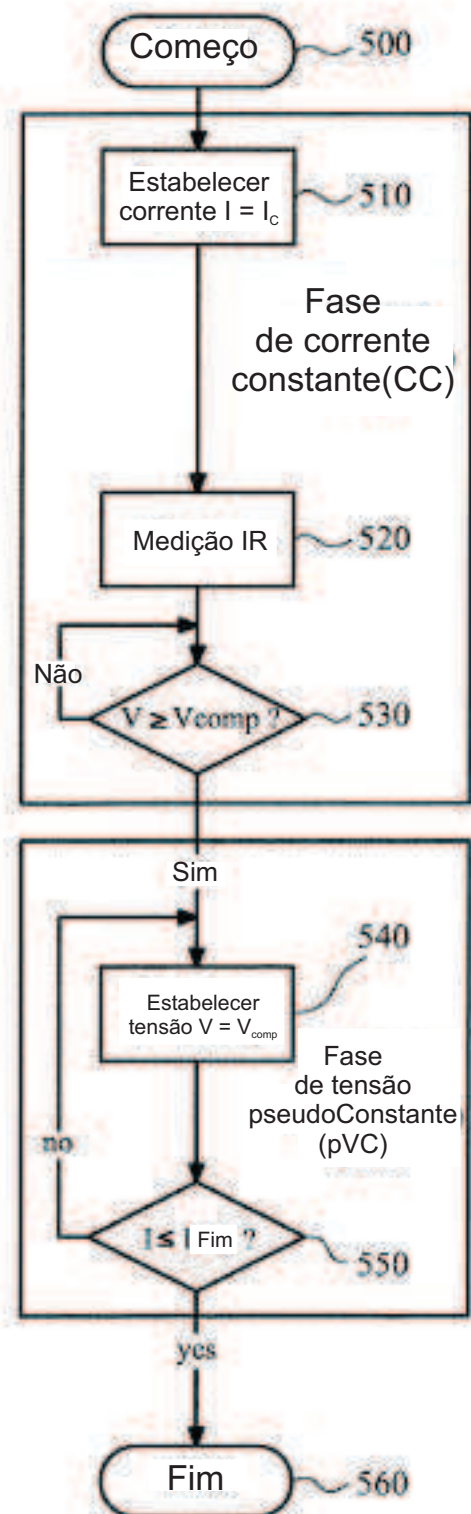


FIG. 5a

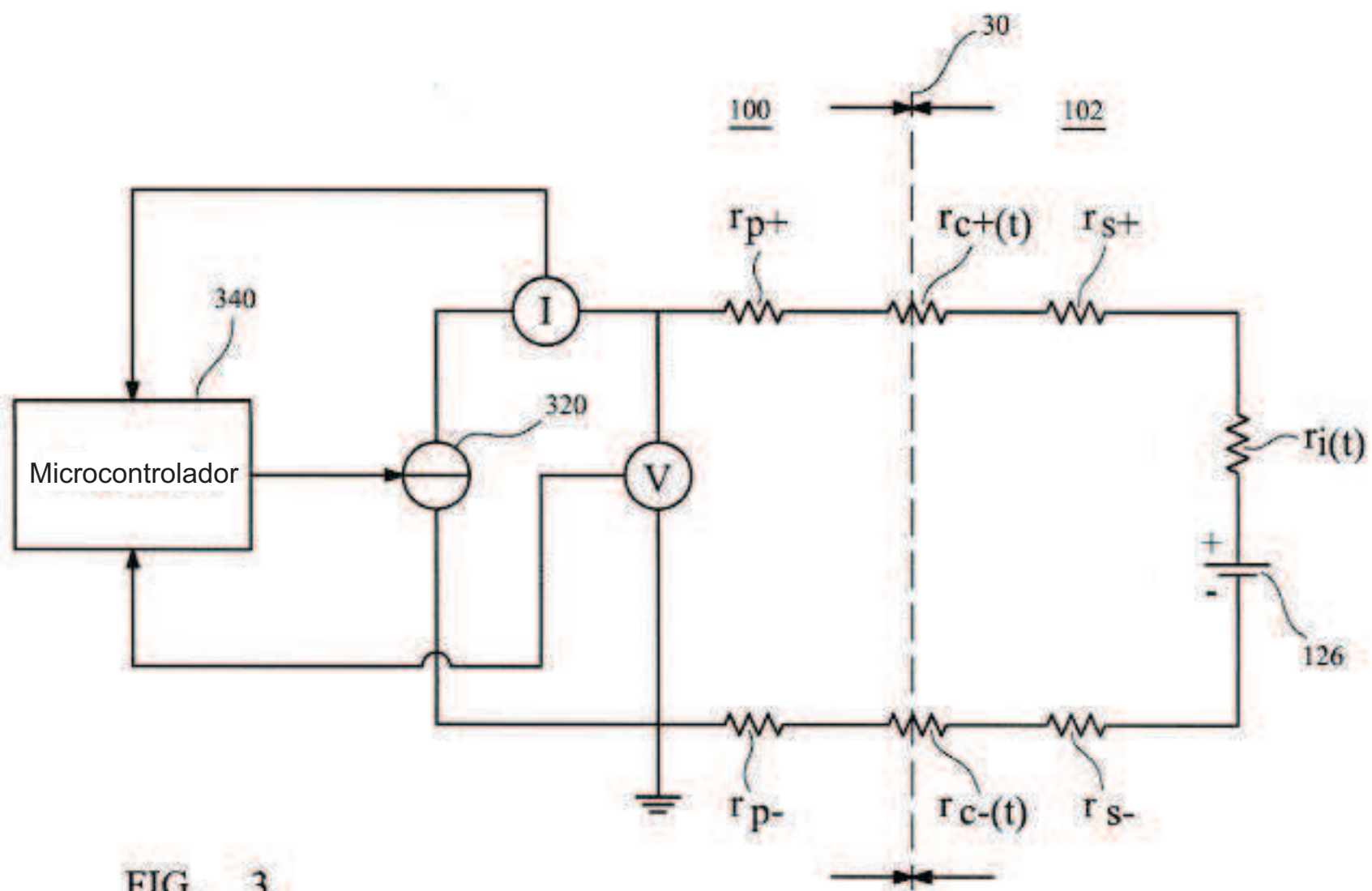


FIG. 3

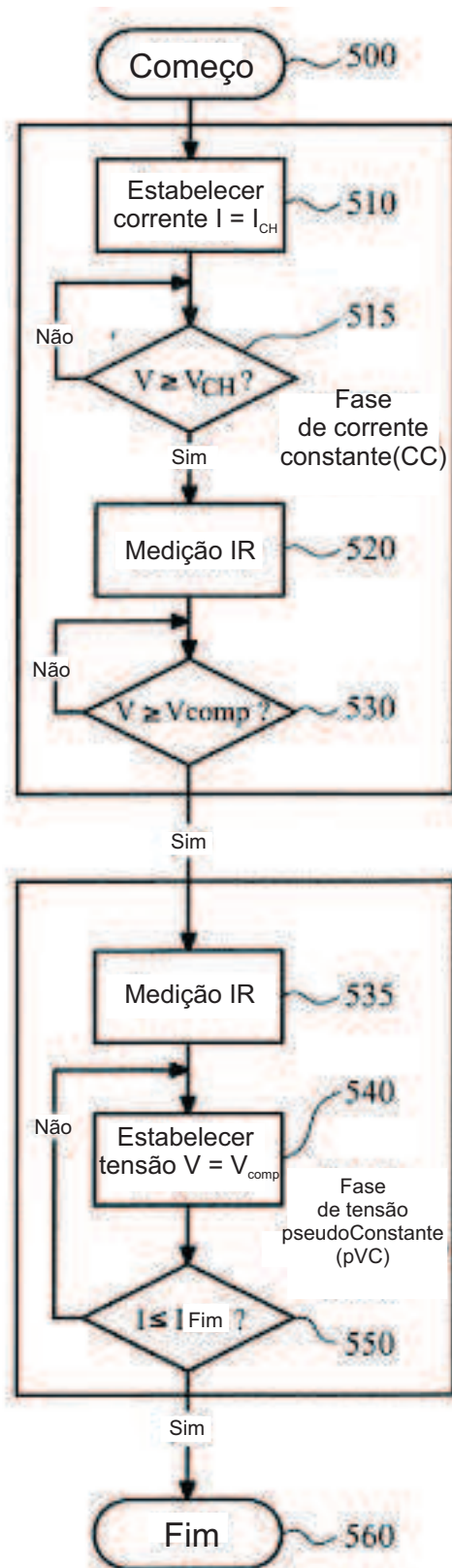


FIG. 5b

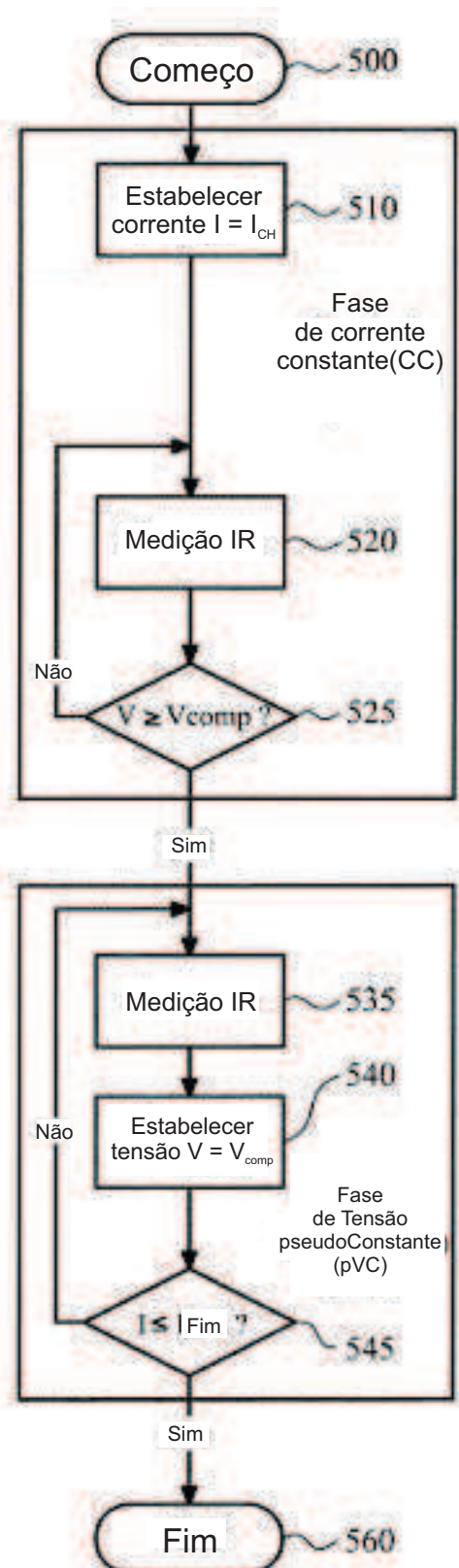
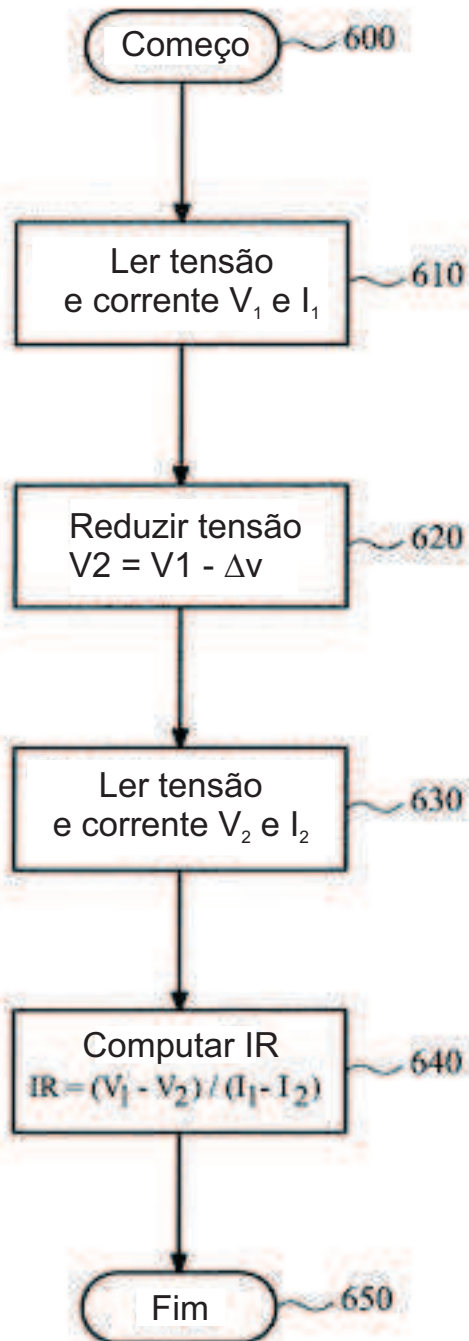
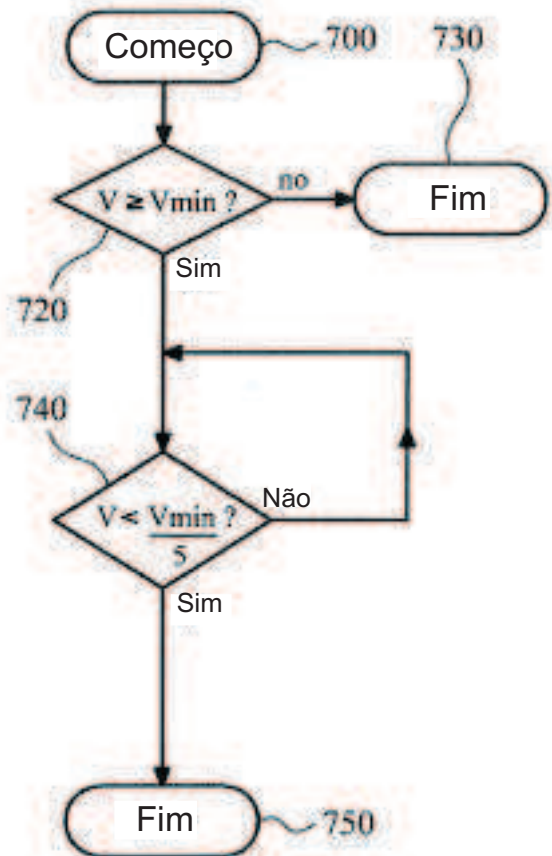


FIG. 5c

FIG. 6FIG. 7