

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 089**

51 Int. Cl.:

G01R 31/3842 (2009.01)

G01R 31/367 (2009.01)

G01R 31/392 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2021** **E 21156794 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024** **EP 3889626**

54 Título: **Controladores de gestión de batería capaces de estimar el estado de carga**

30 Prioridad:

27.02.2020 CN 202010124840

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:

28.10.2024

73 Titular/es:

O2MICRO, INC. (100.0%)
3118 Patrick Henry Drive
Santa Clara, CA 95054, US

72 Inventor/es:

CHOU, CHIH-CHUNG;
LI, GUOXING;
WANG, HUA-YI;
HSIEH, FU-JEN y
CHEN, LIAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 984 089 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Controladores de gestión de batería capaces de estimar el estado de carga

Referencia a la solicitud relacionada

Esta solicitud reivindica beneficio según la regla 35 U.S.C. § 119(a) a la Solicitud No. 202010124840.4, presentada en la Oficina de Propiedad Intelectual del Estado de la República Popular China el 27 de febrero de 2020.

Antecedentes

Los dispositivos portátiles se utilizan ampliamente en la vida cotidiana, y es importante estimar el estado de carga disponible (o el estado de carga relativo; rSoC) de las baterías en los dispositivos portátiles. Un método convencional para estimar un estado de carga disponible de una batería incluye dos etapas. La primera etapa incluye contar la cantidad de cargas que fluyen a través de la batería utilizando un método de recuento de Coulomb, obtener un valor acumulado de cargas almacenadas en la batería y estimar el estado de carga disponible de la batería basándose en el valor acumulado. La segunda etapa incluye buscar en una tabla de búsqueda previamente almacenada una capacidad restante que corresponde a una tensión actual de batería, una corriente actual de batería y una temperatura actual de batería, y estimar el estado de carga disponible basándose en la capacidad restante encontrada en la tabla de búsqueda. La primera etapa es adecuada para un estado de descarga normal o un estado de carga normal de la batería. La segunda etapa es adecuada para las situaciones en donde la batería está cerca de un estado de final de descarga o un estado totalmente cargado. Sin embargo, debido a la no idealidad en situaciones prácticas, existen errores en la estimación del estado de carga disponible en las dos etapas respectivamente. Estos errores pueden dar como resultado que el valor estimado del estado de carga disponible cambie bruscamente cuando la batería pasa de la primera etapa a la segunda etapa. Se ilustran ejemplos en la FIG. 1A y la FIG. 1B.

La FIG. 1A ilustra un gráfico para un estado de carga disponible estimado de una batería en un proceso de descarga, en un sistema de gestión de batería convencional. Como se muestra en la FIG. 1A, cuando la batería está en un estado de descarga normal (p. ej., antes del tiempo t_1), el estado de carga disponible rSoC se estima basándose en el método de recuento de Coulomb. El estado de carga disponible rSoC, así como la tensión de la batería, disminuye a medida que la batería se descarga. En el tiempo t_1 , la tensión de la batería disminuye hasta un nivel de tensión preestablecido que es ligeramente mayor que una tensión de final de descarga de la batería, y por lo tanto la batería entra en un estado próximo al final de descarga. En el estado próximo al final de la descarga, el estado de carga disponible rSoC se estima basándose en una tabla de búsqueda previamente almacenada. Debido a que el método de estimación utilizado antes del tiempo t_1 y después del tiempo t_1 son independientes entre sí, y cada método tiene un error respectivo, el estado de carga disponible rSoC cambia bruscamente en el tiempo t_1 . El cambio brusco puede hacerse cada vez mayor a medida que la batería envejece. El cambio brusco puede causar problemas a los usuarios, y en algún momento, puede causar daños graves a los usuarios. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 1A, en el tiempo t_0 , un dispositivo portátil (p. ej., un teléfono móvil) muestra que la batería tiene un 30% de energía restante, en base a lo cual un usuario determina que la batería puede durar al menos hasta el tiempo t_3 . Así, el usuario participa en una teleconferencia importante a tiempo según lo planificado. Durante la teleconferencia importante, sin embargo, el teléfono móvil se apaga inesperadamente.

De manera similar, la FIG. 1B ilustra un gráfico para un estado de carga disponible estimado de una batería en un proceso de carga, en un sistema de gestión de batería convencional. Cuando la batería está en un estado de carga normal (p. ej., antes del tiempo t_4), el estado de carga disponible rSoC se estima basándose en un método de recuento de Coulomb, y a medida que la batería se carga, el estado de carga disponible rSoC, así como la tensión de la batería, aumenta. En el tiempo t_4 , la tensión de la batería aumenta hasta un nivel de tensión preestablecido que es aproximadamente igual a una tensión totalmente cargada de la batería, y la batería entra en un estado próximo a totalmente cargado. En el estado próximo a totalmente cargado, el estado de carga disponible rSoC se estima basándose en una tabla de búsqueda. Debido a que el método de estimación utilizado antes del tiempo t_4 y después del tiempo t_4 son independientes entre sí, y cada método tiene un error respectivo, el estado de carga disponible rSoC cambia bruscamente en el tiempo t_4 . El cambio brusco puede causar problemas a los usuarios.

El documento técnico "Critical review of on-board capacity estimation techniques for lithium-ion batteries in electric and hybrid electric vehicles" ("Revisión crítica de las técnicas de estimación de la capacidad a bordo para baterías de iones de litio en vehículos eléctricos e híbridos eléctricos"), A, Farmann y col., Revista de Fuentes de Energía 281 (215) 114-130 se refiere a varios métodos y algoritmos para la estimación de la capacidad a bordo de las baterías de iones de litio. Se muestra una posible implementación de la utilización de una relación OCV (Tensión de Circuito Abierto)-SOC (Estado de Carga) para la estimación de capacidad. En el proceso, la OCV (t_1) de la batería se mide al comienzo de un círculo de conducción y el SOC respectivo (t_1) se estima mediante la relación predefinida OCV-SOC. A continuación, se mide la OCV (t_2) con referencia a la tensión de la batería (OCV) durante la conducción o después de la conducción. Cuando se estiman ambos SOC, se calcula Δ SOC para el intervalo de tiempo considerado ($t_1 \dots t_2$). Finalmente, la capacidad de la batería se determina dividiendo la carga transferida entre el Δ SOC estimado. El documento US 2008/0233469 A1 se refiere a un sistema de gestión de batería capaz de determinar la capacidad de la batería sobre la base de la relación OCV-SOC recién establecida. El documento EP 3 182 552 A1 se refiere al sistema de gestión de baterías de litio-azufre que comprende un primer circuito que tiene al menos un elemento

reactivo, y el primer circuito está configurado para descargar y cargar cantidades fijas de carga desde y hacia la batería a través del al menos un elemento reactivo. El sistema de gestión también comprende un segundo circuito para monitorizar la descarga y la carga, y el segundo circuito está configurado para medir el tiempo de descarga y el tiempo de carga de la cantidad fija de carga, y determinar el estado de carga basándose en esos tiempos. El documento US 2015/0231986 A1 se refiere a un sistema de control de batería que comprende una batería y al menos un controlador programado para generar estimaciones de parámetros de modelo para la batería y, en respuesta a una condición de excitación persistente y una condición de convergencia de estimación que se satisface, operar la batería según un estado de carga derivado de las estimaciones de parámetros de modelo.

Compendio

En realizaciones, un controlador de gestión de batería incluye circuitos de conversión de analógico a digital, una memoria y un procesador. La conversión de analógico a digital convierte señales analógicas, indicativas de una tensión actual de batería, una corriente actual de batería, y una temperatura actual de batería de una batería, en señales digitales. La memoria almacena una tabla de búsqueda de capacidad restante que incluye múltiples grupos de datos. Cada grupo de los grupos de datos incluye una tensión, una corriente, una temperatura y un parámetro asociado con una capacidad restante que corresponde a la tensión, la corriente y la temperatura. El procesador recibe una señal, indicativa de una corriente de batería, desde el circuito de conversión de analógico a digital contando de este modo la cantidad de cargas que fluyen a través de la batería. El procesador también busca en la tabla de búsqueda de capacidad restante un valor de parámetro de corriente correspondiente a la tensión actual de batería, la corriente actual de batería y la temperatura actual de batería según las señales digitales, busca en la tabla de búsqueda de capacidad restante un valor de parámetro de final de descarga correspondiente a una tensión de final de descarga indicativa de entrar en un estado de final de descarga para proteger la batería de la sobredescarga de la corriente actual de batería y una temperatura de final de descarga y estima una capacidad de carga disponible total actual de la batería según una diferencia entre el valor de parámetro de corriente y el valor de parámetro de final de descarga. El procesador estima además un estado de carga disponible actual de la batería según la capacidad de carga total disponible actual y la cantidad de cargas que fluyen a través de la batería.

En una realización adicional, un sistema de gestión de batería comprende un circuito de detección configurado para generar señales analógicas indicativas de una tensión actual de batería, una corriente actual de batería y una temperatura actual de batería de una batería; y un controlador de gestión de batería, acoplado a dicho circuito de detección, y configurado para convertir dichas señales analógicas en señales digitales, en donde dicho controlador de gestión de batería comprende: una memoria configurada para almacenar una tabla de búsqueda de capacidad restante que comprende una pluralidad de grupos de datos, en donde cada grupo de dichos grupos de datos incluye una tensión, una corriente, una temperatura y un parámetro asociado con una capacidad restante que corresponde a dicha tensión, dicha corriente y dicha temperatura; y un procesador acoplado a dicha memoria, en donde dicho procesador está configurado para buscar en dicha tabla de búsqueda de capacidad restante un valor de parámetro de corriente correspondiente a dicha tensión actual de batería, dicha corriente actual de batería y dicha temperatura actual de batería según dichas señales digitales, buscar en dicha tabla de búsqueda de capacidad restante un valor de parámetro de final de descarga correspondiente a una tensión de fin de descarga, dicha corriente actual de batería y una temperatura de final de descarga, y estimar una capacidad de carga disponible total actual de dicha batería según una diferencia entre dicho valor de parámetro de corriente y dicho valor de parámetro de final de descarga, y en donde dicho procesador también está configurado para contar la cantidad de cargas que fluyen a través de dicha batería según una corriente de batería de dicha batería, y estimar un estado de carga disponible actual de dicha batería según dicha capacidad de carga disponible total actual y dicha cantidad de cargas que fluyen a través de dicha batería. Además, en algunas realizaciones de dicho sistema de gestión de batería, dicho parámetro comprende un estado de carga, dicho valor de parámetro de corriente comprende un estado de carga absoluto actual de dicha batería, y dicho valor de parámetro de final de descarga comprende un estado de final de descarga (EOD) de dicha batería, y en donde dicho procesador está configurado para estimar dicha capacidad de carga disponible total actual según la siguiente ecuación: $DFC = FACC \times (aSOC_N - aSOC_{EOD}) / rSOC_{N-1}$, donde DFC representa dicha capacidad de carga total disponible actual, FACC representa una capacidad de carga absoluta total actual de dicha batería, $aSOC_N$ representa dicho estado de carga absoluto actual, y $aSOC_{EOD}$ representa dicho estado de carga de final de descarga, y $rSOC_{N-1}$ representa un estado de carga disponible previamente estimado de dicha batería. Además, dicho procesador puede estar configurado para estimar dicho estado de carga disponible actual según la siguiente ecuación: $rSOC_N = [(DFC \times rSOC_{N-1}) + Q(t)] / DFC$, en donde $rSOC_N$ representa dicho estado de carga disponible actual, y $Q(t)$ presenta dicha cantidad de cargas que fluyen a través de dicha batería.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de las realizaciones de la materia objeto reivindicada resultarán evidentes a medida que avance la siguiente descripción detallada, y con referencia a los dibujos, en donde números similares representan partes similares, y en los que:

La FIG. 1A ilustra un gráfico para un estado de carga disponible estimado de una batería en un proceso de descarga, en un sistema de gestión de batería convencional.

La FIG. 1B ilustra un gráfico para un estado de carga disponible estimado de una batería en un proceso de carga, en un sistema de gestión de batería convencional.

La FIG. 2A ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema de gestión de batería que es capaz de estimar un estado de carga de una batería, en una realización de la presente invención.

- 5 La FIG. 2B ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema de gestión de batería que es capaz de estimar un estado de carga de una batería, en una realización de la presente invención.

La FIG. 3 ilustra un ejemplo de un gráfico para una tensión de una batería en diferentes estados, en una realización de la presente invención.

- 10 La FIG. 4 ilustra un ejemplo de un gráfico para una tensión de una batería en diferentes estados, en una realización de la presente invención.

La FIG. 5 ilustra un ejemplo de un método para actualizar una capacidad de carga absoluta total de una batería, en una realización de la presente invención.

La FIG. 6A ilustra ejemplos de gráficos para cambios de temperatura en diferentes situaciones basándose en ejemplos de datos experimentales, en realizaciones de la presente invención.

- 15 La FIG. 6B ilustra ejemplos de gráficos para cambios de temperatura en diferentes situaciones basándose en ejemplos de datos experimentales, en realizaciones de la presente invención.

La FIG. 6C ilustra ejemplos de gráficos para cambios de temperatura en diferentes situaciones basándose en ejemplos de datos experimentales, en realizaciones de la presente invención.

- 20 La FIG. 6D ilustra ejemplos de gráficos para cambios de temperatura en diferentes situaciones basándose en ejemplos de datos experimentales, en realizaciones de la presente invención.

La FIG. 7 ilustra ejemplos de gráficos para cambios de temperatura en diferentes situaciones basándose en ejemplos de datos experimentales, en realizaciones de la presente invención.

La FIG. 8 ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema de gestión de batería, en una realización de la presente invención.

- 25 La FIG. 9A ilustra un método de estimación de una temperatura de final de descarga de una batería, en una realización de la presente invención.

La FIG. 9B ilustra un método de estimación de una temperatura de final de descarga de una batería, en una realización de la presente invención.

- 30 La FIG. 10 ilustra un ejemplo de un método de estimación de un estado de carga disponible de una batería, en una realización de la presente invención.

Descripción detallada

- 35 A continuación se hará referencia en detalle a las realizaciones de la presente invención. Aunque la invención se describirá junto con estas realizaciones, se entenderá que no pretenden limitar la invención a estas realizaciones. Por el contrario, la invención pretende cubrir alternativas y modificaciones que pueden incluirse dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

- 40 Además, en la siguiente descripción detallada de la presente invención, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de la presente invención. Sin embargo, un experto en la técnica reconocerá que la presente invención puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, los métodos, procedimientos, componentes y circuitos bien conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer innecesariamente aspectos de la presente invención.

- 45 Algunas partes de las descripciones detalladas que siguen se presentan en términos de procedimientos, bloques lógicos, procesamiento y otras representaciones simbólicas de operaciones en bits de datos dentro de una memoria de ordenador. Estas descripciones y representaciones son los medios utilizados por los expertos en las técnicas de procesamiento de datos para transmitir de manera más eficaz la sustancia de su trabajo a otros expertos en la técnica.
- 50 En la presente solicitud, un procedimiento, bloque lógico, proceso o similar, se concibe para ser una secuencia autoconsistente de etapas o instrucciones que conducen a un resultado deseado. Las etapas son aquellas que utilizan manipulaciones físicas de cantidades físicas. Normalmente, aunque no necesariamente, estas cantidades adoptan la forma de señales eléctricas o magnéticas capaces de almacenarse, transferirse, combinarse, compararse y manipularse de otro modo en un sistema informático. A veces ha resultado conveniente, principalmente por razones de uso común, hacer referencia a estas señales como transacciones, bits, valores, elementos, símbolos, caracteres, muestras, píxeles o similares.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que todos estos términos y similares deben asociarse con las cantidades físicas apropiadas y son simplemente etiquetas convenientes aplicadas a estas cantidades. A menos que se indique específicamente lo contrario como es evidente a partir de los siguientes análisis, se aprecia que a lo largo de la presente descripción, análisis que utilizan términos tales como "acceder", "buscar", "estimar", "contar", "actualizar", "obtener" o similares, se refieren a acciones y procesos de un sistema informático o dispositivo informático electrónico, controlador o procesador similar. El sistema informático o dispositivo informático electrónico similar manipula y transforma datos representados como cantidades físicas (electrónicas) dentro de las memorias, registros u otros dispositivos de almacenamiento, transmisión o visualización de información de este tipo.

Las partes de la descripción detallada que sigue se presentan y analizan en términos de métodos. Aunque las etapas y la secuenciación de las mismas se describen en las figuras en la presente memoria que describen las operaciones de esos métodos, tales etapas y secuenciación son solo ejemplos. Las realizaciones son muy adecuadas para realizar otras etapas diferentes o variaciones de las etapas enumeradas en los diagramas de flujo de las figuras en la presente memoria, y en una secuencia distinta de la representada y descrita en la presente memoria.

Las realizaciones descritas en la presente memoria pueden analizarse en el contexto general de instrucciones ejecutables por ordenador que residen en alguna forma de medio de almacenamiento legible por ordenador, tal como módulos de programa, ejecutados por uno o más ordenadores, controladores u otros dispositivos. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios de almacenamiento legibles por ordenador pueden comprender medios de almacenamiento informático y medios de comunicación no transitorios. Generalmente, los módulos de programa incluyen rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, etc., que realizan tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. La funcionalidad de los módulos de programa puede combinarse o distribuirse según se desee en diferentes realizaciones.

Los medios de almacenamiento informático incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Los medios de almacenamiento informático incluyen, pero no se limitan a, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), ROM programable borrrable eléctricamente (EEPROM), memoria flash u otra tecnología de memoria, ROM de disco compacto (CD-ROM), discos versátiles digitales (DVD) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda utilizarse para almacenar la información deseada y al que pueda accederse para recuperar esa información.

Los medios de comunicación pueden incorporar instrucciones ejecutables por ordenador, estructuras de datos y módulos de programa, e incluyen cualquier medio de suministro de información. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios de comunicación incluyen medios cableados tales como una red cableada o conexión cableada directa, y medios inalámbricos tales como acústicos, de radiofrecuencia (RF), infrarrojos y otros medios inalámbricos. Las combinaciones de cualquiera de los anteriores también pueden incluirse dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan métodos de estimación para estimar un estado de carga disponible (o un estado de carga relativo; rSoC) de una batería. El método de estimación combina el recuento de Coulomb y una tabla de búsqueda de capacidad restante de una manera específica para estimar el estado de carga disponible de la batería, eliminando de este modo el cambio brusco en el valor estimado del estado de carga disponible que existe en la técnica anterior. Así, los usuarios pueden realizar evaluaciones más precisas sobre cómo operar dispositivos portátiles basándose en el estado de carga disponible estimado. Adicionalmente, las realizaciones de la presente invención proporcionan métodos mejorados para obtener un estado de carga disponible más preciso de la batería estimando los factores de envejecimiento de la batería, y actualizando una capacidad de carga absoluta total de la batería según los factores de envejecimiento. Además, las realizaciones de la presente invención proporcionan métodos mejorados para obtener un estado de carga disponible más preciso de la batería estimando una temperatura de final de descarga, y actualizando una capacidad dinámica total de la batería basándose en la temperatura de final de descarga.

La FIG. 2A ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema 200A de gestión de batería que es capaz de estimar un estado de carga de una batería 210, en una realización de la presente invención. El sistema 200A de gestión de batería puede monitorizar y controlar los estados de la batería 210. En una realización, el sistema 200A de gestión de batería monitoriza una temperatura, una tensión y una corriente de la batería 210 a través de circuitos de detección, por ejemplo, incluyendo los circuitos 204, 206 y 208, y estima un estado de carga disponible de la batería 210 basándose en la temperatura, la tensión y la corriente. El sistema 200A de gestión de batería también controla un indicador de rSoC 224, p. ej., una pantalla de visualización, para mostrar el valor estimado del estado de carga disponible en un formato porcentual. En una realización, la batería 210 incluye una o más celdas de batería recargables (p. ej., celdas de batería de iones de litio).

Más específicamente, como se muestra en la FIG. 2A, el sistema 200A de gestión de batería puede incluir un circuito 204 de detección de temperatura, un circuito 206 de detección de tensión, un circuito 208 de detección de corriente y un controlador 202 de gestión de batería. El circuito 204 de detección de temperatura puede incluir, pero no se limita a, un termistor que genera una primera señal 212 indicativa de una temperatura de batería T_{BAT} de la batería 210. El circuito 206 de detección de tensión puede incluir, pero no se limita a, un divisor de tensión, acoplado a un terminal positivo de la batería 210, y que genera una segunda señal 214 indicativa de una tensión de batería V_{BAT} de la batería 210. El circuito 208 de detección de corriente puede incluir, pero no se limita a, una resistencia de detección, acoplada en serie a la batería 210. El circuito 208 de detección de corriente puede generar una tercera señal 216 y una cuarta señal 218 indicativas de una corriente de batería I_{BAT} de la batería 210. En una realización, la tercera señal 216 y la cuarta señal 218 se generan a partir del mismo componente de detección de corriente, y por lo tanto son la misma señal. En otra realización, la tercera señal 216 y la cuarta señal 218 pueden generarse por dos componentes de detección de corriente separados, y por lo tanto pueden ser dos señales diferentes. El controlador 202 de gestión de batería puede recibir señales 212, 214, 216 y 218 de los circuitos de detección (p. ej., incluyendo los circuitos 204, 206 y 208 de detección), y estimar el estado de carga disponible de la batería 210 basándose en estas señales. En una realización, el controlador 202 de gestión de batería incluye el circuito 220 de conversión de analógico a digital, una memoria 230 y un procesador 228.

En una realización, el circuito 220 de conversión de analógico a digital incluye un primer convertidor 238A de analógico a digital (en lo sucesivo, ADC 238A) y un segundo convertidor 236 de analógico a digital (en lo sucesivo, ADC 236). El primer ADC 238A puede incluir un convertidor de alta precisión capaz de obtener información relativamente precisa para la corriente de la batería. El primer ADC 238A puede convertir una señal analógica 218 del circuito 208 de detección de corriente, indicativa de una corriente actual de batería I_N de la batería 210, a una señal digital legible por ordenador 232A. El segundo ADC 236 puede incluir un convertidor de alta velocidad capaz de obtener información para la temperatura de batería, la tensión de batería y la corriente de batería relativamente rápido. En una realización, una velocidad de conversión del segundo ADC 236 es mayor que una velocidad de conversión del primer ADC 238A. El segundo ADC 236 puede convertir señales analógicas 214, 216 y 222, indicativas de una tensión actual de batería V_N (o un valor en tiempo real de la tensión de batería V_{BAT}), una corriente actual de batería I_N (o un valor en tiempo real de la corriente de batería I_{BAT}) y una temperatura actual de batería T_N (o un valor en tiempo real de la temperatura de batería T_{BAT}), en señales digitales legibles por ordenador 234. El procesador 228 puede estimar un estado de carga SoC de la batería 210 basándose en las señales digitales de los ADC 236 y 238A, y basándose en parámetros de la batería 210, tales como una capacidad de carga total FCC y una capacidad restante RC.

En una realización, la capacidad de carga total FCC incluye una capacidad de carga absoluta total FACC y una capacidad de carga relativa total FRCC. La capacidad de carga absoluta total FACC se refiere a la cantidad total de cargas almacenadas en una batería cuando la batería está totalmente cargada. Adicionalmente, la capacidad de carga absoluta total FACC incluye una capacidad de carga absoluta total predeterminada pFACC y una capacidad de carga absoluta total real. La capacidad de carga absoluta total predeterminada pFACC se refiere a un valor diseñado de la capacidad de carga absoluta total FACC de una batería cuando la batería es una batería nueva. La capacidad de carga absoluta total real FACC puede disminuir gradualmente a medida que envejece la batería. La capacidad de carga relativa total FRCC también puede denominarse capacidad de carga total disponible o capacidad total dinámica DFC. La capacidad de carga total disponible o la capacidad total dinámica DFC se refiere a la cantidad de cargas que pueden descargarse de una batería cuando la batería está totalmente cargada. Más específicamente, en una realización, cuando una batería alimenta una carga, la tensión V_{BAT} de la batería disminuye a medida que la batería se descarga. Cuando la tensión de batería V_{BAT} disminuye hasta una tensión de final de descarga V_{EOD} ($V_{EOD} > 0$), la batería entra en un estado de final de descarga, y el sistema de gestión de batería detiene la descarga de la batería para proteger la batería de una sobredescarga. La capacidad de carga total disponible DFC se refiere a la cantidad de cargas que se descargan de la batería desde el momento en que la batería está totalmente cargada hasta el momento en que la batería entra en el estado de final de descarga.

En una realización, la capacidad restante RC incluye una capacidad restante absoluta aRC y una capacidad restante relativa rRC. La capacidad absoluta restante aRC se refiere a la cantidad total de cargas que permanecen en una batería. La capacidad restante relativa rRC también puede denominarse capacidad restante disponible. La capacidad restante relativa rRC (o la capacidad restante disponible rRC) se refiere a la cantidad de cargas restantes que pueden descargarse de una batería hasta que la batería entra en el estado de final de descarga mencionado anteriormente. El estado de carga SoC incluye un estado de carga absoluto aSoC y un estado de carga relativo rSoC. El estado de carga absoluto aSoC se refiere a una relación entre la capacidad restante absoluta aRC y la capacidad de carga absoluta total predeterminada pFACC mencionada anteriormente, p. ej., $aSoC = aRC / pFACC$. El estado de carga relativo rSoC también puede denominarse estado de carga disponible. El estado de carga relativo rSoC (o estado de carga disponible rSoC) se refiere a una relación de la capacidad restante disponible rRC con respecto a la capacidad de carga disponible total DFC mencionada anteriormente, p. ej., $rSoC = rRC / DFC$.

En una realización, la memoria 230 almacena previamente una tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V , I , T) y una tabla de búsqueda de estado de carga rSoC (OCV). La tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V , I , T) incluye múltiples grupos de datos. Cada grupo incluye datos para una tensión V , una corriente I , una temperatura T y un parámetro asociado con una capacidad restante aRC que corresponde a la tensión V , la corriente I y la temperatura T . El parámetro puede incluir una capacidad restante absoluta aRC y/o un estado de carga absoluto aSoC (p. ej., $aSoC = aRC / pFACC$). Más específicamente, una capacidad restante absoluta aRC, y de manera similar un

estado de carga absoluto aSoC, de una batería tienen una relación correspondiente con la tensión V, la corriente I y la temperatura T de la batería. En una realización, la relación correspondiente puede proporcionarse mediante una función específica $aRC=f(V, I, T)$ o $aSoC=f(V, I, T)$. Así, la capacidad restante absoluta aRC puede obtenerse a través de la función $aRC=f(V, I, T)$. De manera similar, el estado de carga absoluto aSoC puede obtenerse a través de la función $aSoC=f(V, I, T)$. En una realización, la función específica $aRC=f(V, I, T)$ o $aSoC=f(V, I, T)$ también puede representarse por la tabla de búsqueda $aRC(V, I, T)$, y el parámetro mencionado anteriormente en cada grupo de datos incluye una capacidad restante absoluta aRC o un estado de carga absoluto aSoC. Así, la capacidad restante absoluta aRC o el estado de carga absoluto aSoC se puede obtener buscando en la tabla de búsqueda $aRC(V, I, T)$.

En una realización, la tabla de búsqueda de estado de carga rSoC (OCV) también puede denominarse tabla de búsqueda de estado de carga frente a tensión de circuito abierto OCV-SOC, o tabla de búsqueda de tensión de circuito abierto frente a estado de carga SOC-OCV. La tabla de búsqueda de estado de carga rSoC (OCV) incluye múltiples grupos de datos, y cada grupo de datos incluye un valor de tensión OCV, p. ej., una tensión de circuito abierto, y un estado de carga rSoC correspondiente al valor de tensión OCV. Más específicamente, un estado de carga disponible rSoC de una batería tiene una relación correspondiente con la tensión de circuito abierto OCV de la batería, y la relación correspondiente puede indicarse mediante los datos almacenados en la tabla de búsqueda rSoC (OCV). El estado de carga disponible rSoC puede obtenerse buscando en la tabla de búsqueda rSoC (OCV).

El procesador 228 puede incluir una unidad central de procesamiento, un microprocesador, un microcontrolador o un dispositivo similar que sea capaz de procesar datos y realizar cálculos. En una realización, el procesador 228 recibe una señal 232A, indicativa de una corriente de la batería 210, desde el primer ADC 238A, contando de este modo la cantidad de cargas Q(t) que fluyen a través de la batería 210. El procesador 228 también recibe señales digitales 234 del segundo ADC 236, y busca en la tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V, I, T) una capacidad restante absoluta actual aRC_N que corresponde a una tensión actual de batería V_N , una corriente actual de batería I_N y una temperatura actual de batería T_N según las señales digitales 234, p. ej., $aRC_N = f(V_N, I_N, T_N)$. El procesador 228 también busca en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) una capacidad restante de final de descarga aRC_{EOD} (en lo sucesivo, capacidad restante de EOD aRC_{EOD}) correspondiente a una tensión de final de descarga V_{EOD} , la corriente actual de batería I_N y la temperatura actual de batería T_N (o una temperatura de final de descarga T_{EOD}). Adicionalmente, el procesador 228 estima una capacidad de carga disponible total actual DFC de la batería 210 según una diferencia entre la capacidad restante absoluta actual aRC_N y la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} y estima un estado de carga disponible actual rSoC_N de la batería 210 según la capacidad de carga disponible total actual DFC y la cantidad de cargas Q(t) mencionada anteriormente.

Más específicamente, la cantidad de cargas Q(t) que fluyen a través de la batería 210 puede obtenerse mediante recuento de Coulomb. La cantidad de cargas Q(t) puede venir dada por la ecuación (1) de la siguiente manera:

$$Q(t) = \int_{t_0}^{t_n} I_N dt. \quad (1)$$

En la ecuación (1), I_N representa un valor en tiempo real de la corriente de batería.

En el ejemplo de la FIG. 2A, el primer ADC 238A incluye un convertidor de analógico a digital con función integral. Por ejemplo, el primer ADC 238A puede incluir un circuito de integración que integra la señal analógica 218 para generar una señal de rampa. El primer ADC 238A también puede incluir un circuito de comparación que compara la señal de rampa con una referencia preestablecida. Cuando la señal de rampa aumenta hasta la referencia preestablecida, el circuito de comparación genera una señal 232A de resultado (p. ej., una señal lógica alta o digital 1, o una señal lógica baja o digital 0), y restablece la señal de rampa para generar una nueva señal de rampa. Como resultado, el circuito de comparación puede emitir un conjunto de señales 232A de resultado. La frecuencia de las señales 232A de resultado puede aumentar si la corriente de batería aumenta, y disminuir si la corriente de batería disminuye. El procesador 228 puede contar las señales 232A de resultado, y el número de señales 232A de resultado puede indicar la cantidad de cargas Q(t) que fluyen a través de la batería 210. Por consiguiente, el procesador 228 puede recibir una señal 232A, indicativa de un valor integral de la corriente I_N de la batería a partir del primer ADC 238A, obteniendo de este modo la cantidad de cargas Q(t) que fluyen a través de la batería 210.

La invención no se limita al ejemplo de la FIG. 2A. En otro ejemplo, como se muestra en la FIG. 2B, el primer ADC 238B no tiene función de integración, y puede convertir la señal analógica 218 en un conjunto de códigos binarios 232B, y el valor representado por los códigos binarios 232B puede ser proporcional a la corriente de batería I_N . El procesador 228 puede acumular los valores de múltiples conjuntos de códigos binarios 232B generados por el primer ADC 238B, calculando de este modo la cantidad de cargas Q(t) que fluyen a través de la batería 210. Los ejemplos mencionados anteriormente de métodos para contar la cantidad de cargas Q(t) que fluyen a través de la batería 210 son para fines explicativos, y no pretenden limitar la invención. En otras realizaciones, la cantidad de cargas Q(t) que fluyen a través de la batería 210 puede obtenerse mediante otros métodos.

En una realización, el procesador 228 recibe señales digitales 234, convertidas de las señales analógicas 212, 214 y 216 por el segundo ADC 236, obteniendo de este modo los valores de una tensión actual de batería V_N , una corriente actual de batería I_N y una temperatura actual de batería T_N . El procesador 228 también busca en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) una capacidad restante absoluta actual aRC_N que corresponde a la tensión actual de batería V_N , la corriente actual de batería I_N y la temperatura actual de batería T_N . La capacidad restante absoluta actual aRC_N puede representarse por:

$$aRC_N = f(V_N, I_N, T_N). \quad (2a)$$

Más específicamente, en una realización, el procesador 228 obtiene la capacidad restante absoluta actual aRC_N buscando en los múltiples grupos de datos de la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) un grupo correspondiente de datos. El grupo correspondiente de datos incluye una tensión V, una corriente I y una temperatura T que coinciden con la tensión actual de batería V_N , la corriente actual de batería I_N y la temperatura actual de batería T_N , respectivamente. En una realización, si una diferencia entre un primer valor de un parámetro y un segundo valor del parámetro es menor que una referencia preestablecida, entonces se considera que el primer valor coincide con el segundo valor. Por ejemplo, si hay una diferencia entre una tensión V en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) y la tensión actual de batería V_N es menor que una referencia preestablecida, entonces se considera que la tensión V coincide con la tensión actual de batería V_N . Si se encuentra el grupo de datos correspondiente mencionado anteriormente, entonces el procesador 228 obtiene (p. ej., lee) la capacidad restante aRC en el grupo de datos correspondiente. La capacidad restante aRC en el grupo de datos correspondiente puede considerarse como la capacidad restante absoluta actual aRC_N .

En otra realización, si no se encuentra el grupo de datos correspondiente, entonces el procesador 228 puede realizar un método matemático, tal como interpolación lineal, para estimar la capacidad restante absoluta actual aRC_N . Más específicamente, en matemáticas, la interpolación lineal es un método de ajuste de curvas que utiliza polinomios lineales para construir nuevos puntos de datos dentro del intervalo de un conjunto discreto de puntos de datos conocidos. En una realización, la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) puede no incluir una tensión, una corriente y/o una temperatura que coincidan con la tensión actual de batería V_N , la corriente actual de batería I_N y/o la temperatura actual de batería T_N . En una de tales realizaciones, el procesador 228 puede realizar interpolación lineal para construir un nuevo conjunto de datos que coincida con la tensión actual de batería V_N , la corriente actual de batería I_N y la temperatura actual de batería T_N , según los datos de la tabla de búsqueda aRC (V, I, T). El nuevo conjunto de datos también incluye una capacidad restante aRC, que puede considerarse como la capacidad restante absoluta actual aRC_N .

Adicionalmente, como se ha mencionado anteriormente, la batería 210 tiene una tensión de final de descarga V_{EOD} . Durante un proceso de descarga, cuando la tensión de la batería V_N disminuye hasta la tensión de final de descarga V_{EOD} , la batería 210 entra en un estado de final de descarga y deja de descargarse. En una realización, la temperatura de la batería 210 puede ser relativamente estable porque, p. ej., la corriente de descarga de la batería 210 es relativamente pequeña. En una de tales realizaciones, la temperatura de la batería 210 en el momento en que la batería 210 entra en el estado de final de descarga puede ser aproximadamente igual a la temperatura actual de batería T_N . El procesador 228 puede suponer que la temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 será igual a la temperatura actual de batería T_N . Así, el procesador 228 puede obtener un valor estimado de una capacidad restante de EOD aRC_{EOD} de la batería 210 buscando en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) una capacidad restante que corresponde a la tensión de final de descarga V_{EOD} , la corriente actual de batería I_N y la temperatura actual de batería T_N .

$$aRC_{EOD} = f(V_{EOD}, I_N, T_N) \quad (2b)$$

Más específicamente, en una realización, el procesador 228 busca los múltiples grupos de datos en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) para un grupo de datos correspondiente. El grupo de datos correspondiente incluye una tensión V, una corriente I y una temperatura T que coinciden con la tensión de final de descarga V_{EOD} , la corriente actual de batería I_N , y la temperatura actual de batería T_N . Si se encuentra el grupo de datos correspondiente, entonces la capacidad restante aRC en el grupo de datos correspondiente se puede considerar como la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} . Si no se encuentra el grupo de datos correspondiente, entonces el procesador 228 puede realizar una interpolación lineal para estimar la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} basándose en los datos de la tabla de búsqueda aRC (V, I, T).

Como resultado, el procesador 228 puede estimar una capacidad de carga disponible total actual DFC de la batería 210 según la diferencia entre la capacidad restante absoluta actual aRC_N y la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} . A modo de ejemplo, el procesador 228 puede estimar la capacidad de carga disponible total actual DFC de la batería 210 según la ecuación (2c) de la siguiente manera:

$$DFC = FACC \times \frac{(aRC_N - aRC_{EOD})}{(pFACC \times rSOC_{N-1})}. \quad (2c)$$

En la ecuación (2c), FACC representa una capacidad de carga absoluta total actual (p. ej., indicativa de una capacidad de carga absoluta total real) de la batería 210, pFACC representa una capacidad de carga absoluta total predeterminada de la batería 210 y rSoC_{N-1} representa un estado de carga disponible previamente estimado de la batería 210.

- 5 Además, el procesador 228 estima un estado de carga disponible actual rSoC_N de la batería 210 según la capacidad de carga disponible total actual DFC y el montaje de cargas Q(t) mencionado anteriormente que fluye a través de la batería 210. A modo de ejemplo, el procesador 228 puede estimar el estado de carga disponible actual rSoC_N de la batería 210 según la siguiente ecuación:

$$rSoC_N = \frac{(DFC \times rSoC_{N-1}) + Q(t)}{DFC}, \quad (3)$$

- 10 Por consiguiente, una realización de la presente invención proporciona un método para combinar el recuento de Coulomb y una tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V, I, T) de una manera específica para estimar un estado de carga disponible rSoC_N de una batería. Más específicamente, en una realización, el procesador 228 obtiene los valores de la capacidad restante absoluta actual aRC_N y la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} utilizando la tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V, I, T), calculando de este modo la capacidad de carga disponible total actual DFC según la ecuación (2c). El procesador 228 también obtiene la cantidad de cargas Q(t) que fluyen a través de la batería 210 mediante recuento de Coulomb, y estima el estado de carga disponible rSoC_N de la batería 210 sustituyendo la cantidad de cargas Q(t) y la capacidad de carga disponible total actual DFC en la ecuación (3). Así, el cambio brusco en el valor estimado del estado de carga disponible rSoC en la técnica anterior puede eliminarse en una realización de la presente invención. Los usuarios pueden hacer una determinación más precisa sobre cómo
20 operar los dispositivos portátiles basándose en el estado de carga disponible estimado rSoC.

En otra realización, la ecuación (2c) mencionada anteriormente puede sustituirse por la siguiente ecuación (4a). El procesador 228 puede estimar la capacidad de carga disponible total actual DFC de la batería 210 según la siguiente ecuación:

$$DFC = FACC \times \frac{(aSoC_N - aSoC_{EOD})}{rSoC_{N-1}}, \quad (4a)$$

- 25 En la ecuación (4a), aSoC_N representa un estado de carga absoluto actual, p. ej., una relación de una capacidad restante absoluta actual aRC_N a la capacidad de carga absoluta total predeterminada pFACC, de la batería 210, aSoC_{EOD} representa un estado de carga de final de descarga (en lo sucesivo, estado de carga de EOD), p. ej., una relación de una capacidad restante de EOD aRC_{EOD} a la capacidad de carga absoluta total predeterminada pFACC, de la batería 210.
- 30 En una realización, el estado de carga absoluto actual aSoC_N puede obtenerse dividiendo la capacidad restante absoluta actual aRC_N que, como se ha mencionado anteriormente, se obtiene a partir de la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) por la capacidad de carga absoluta total predeterminada pFACC, p. ej., aSoC_N = aRC_N/pFACC. De manera similar, el estado de carga de EOD aSoC_{EOD} puede obtenerse dividiendo la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} que, como se ha mencionado anteriormente, se obtiene a partir de la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) por la capacidad de carga absoluta total predeterminada pFACC, p. ej., aSoC_{EOD} = aRC_{EOD}/pFACC. En la ecuación (4a), la diferencia entre el estado de carga absoluto actual aSoC_N y el estado de carga de EOD aSoC_{EOD} indica la diferencia entre la capacidad restante absoluta actual aRC_N y la capacidad restante de EOD aRC_{EOD}.

- En otra realización, como se ha mencionado anteriormente, la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) puede incluir datos para el estado de carga absoluto aSoC_N. Por lo tanto, el procesador 228 puede obtener el estado de carga absoluto actual aSoC_N buscando en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) un estado de carga que corresponde a la tensión actual de batería V_N, la corriente actual de batería I_N y la temperatura actual de batería T_N. El estado de carga absoluto actual aSoC_N puede representarse por:

$$aSoC_N = f(V_N, I_N, T_N). \quad (4b)$$

- De manera similar, el procesador 228 puede obtener el estado de carga de EOD aSoC_{EOD} buscando en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) un estado de carga que corresponde a la tensión de final de descarga V_{EOD}, la corriente actual de batería I_N y la temperatura actual de batería T_N. El estado de carga de EOD aSoC_{EOD} puede representarse por:

$$aSoC_{EOD} = f(V_{EOD}, I_N, T_N). \quad (4c)$$

- Adicionalmente, el procesador 228 puede estimar la capacidad de carga disponible total actual DFC de la batería 210 basándose en una diferencia entre el estado de carga absoluto actual aSoC_N y el estado de carga de EOD aSoC_{EOD}, p. ej., utilizando la ecuación (4a).

En una realización, como se ha mencionado anteriormente, la temperatura de la batería 210 puede ser relativamente estable porque, p. ej., la corriente de descarga de la batería es relativamente pequeña, y la temperatura de la batería no cambia mucho cuando la batería 210 entra en el estado de final de descarga. Así, el procesador 228 puede estimar la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} (o el estado de carga de EOD $aSoC_{EOD}$) de la batería 210 buscando en la tabla de búsqueda $aRC(V, I, T)$ una capacidad restante (o un estado de carga) correspondiente a la temperatura actual de batería. Sin embargo, la invención no está tan limitada. En otra realización, la corriente de descarga de la batería 210 puede ser relativamente grande, lo que da como resultado mucho calor en la batería 210. En una de tales realizaciones, el procesador 228 puede estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210. Un ejemplo de un método para estimar la temperatura de final de descarga T_{EOD} se describe en la FIG. 9A, en combinación con la FIG. 6A, la FIG. 6B, la FIG. 6C, la FIG. 6D, la FIG. 7 y la FIG. 8. El procesador 228 también estima la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} (o el estado de carga de EOD $aSoC_{EOD}$) de la batería 210 buscando en la tabla de búsqueda $aRC(V, I, T)$ una capacidad restante (o un estado de carga) que corresponde a la tensión de final de descarga V_{EOD} , la corriente actual de batería I_N y la temperatura de final de descarga T_{EOD} , por ejemplo, $aRC_{EOD} = f(V_{EOD}, I_N, T_{EOD})$ o $aSoC_{EOD} = f(V_{EOD}, I_N, T_{EOD})$. Como resultado, se puede obtener una capacidad restante de EOD aRC_{EOD} más precisa (o estado de carga de EOD $aSoC_{EOD}$) de la batería 210, y el procesador 228 puede utilizar la ecuación (3) y la ecuación (2c) o (4a) para obtener un estado de carga disponible preciso $rSoCN$ de la batería 210.

Además, en una realización, el procesador 228 calcula factores de envejecimiento de la batería 210 y actualiza una capacidad de carga absoluta total actual $FACC$ (p. ej., indicativa de una capacidad de carga absoluta total real) de la batería 210 basándose en los factores de envejecimiento. El procesador 228 sustituye la capacidad de carga absoluta total actual actualizada $FACC$ en la ecuación (2c) o la ecuación (4a) actualizando de este modo una capacidad de carga disponible total actual DFC de la batería 210. El procesador 228 sustituye además la capacidad de carga disponible total actual actualizada DFC en la ecuación (3) para obtener un estado de carga disponible más preciso $rSoC$. Los factores de envejecimiento incluyen un factor de envejecimiento de carga AFC y un factor de envejecimiento de descarga AFD .

Más específicamente, en una realización, idealmente, cuando una batería es un proceso de carga, una relación entre la cantidad de cargas $Q(t)_{CHG}$ que fluyen a la batería y la cantidad de cambio $\Delta rSoC$ en el estado de carga disponible de la batería es una constante, p. ej., no cambia. Sin embargo, en una situación práctica, la relación $Q(t)_{CHG}/\Delta rSoC$ puede cambiar, p. ej., disminuir, a medida que la batería envejece. La relación $Q(t)_{CHG}/\Delta rSoC$ puede denominarse factor de envejecimiento de carga AFC , p. ej., $AFC = Q(t)_{CHG}/\Delta rSoC$. Adicionalmente, en una realización, cuando una batería comienza a descargarse, la tensión de la batería V_{BAT} puede caer desde una tensión de circuito abierto inicial OCV a una tensión de batería más baja en una cantidad ΔV . Idealmente, la relación entre la caída ΔV de tensión y la corriente I_{DIS} de descarga de la batería es una constante. Sin embargo, en una situación práctica, la relación $\Delta V/I_{DIS}$ puede cambiar, p. ej., disminuir, a medida que la batería envejece. La relación $\Delta V/I_{DIS}$ puede denominarse factor de envejecimiento de descarga AFD (p. ej., $AFD = \Delta V/I_{DIS}$).

La FIG. 3 ilustra un ejemplo de un gráfico para una tensión V_{BAT} de la batería 210 en diferentes estados, en una realización de la presente invención. La FIG. 3 se describe en combinación con la FIG. 2A y la FIG. 2B para explicar cómo calcular un factor de envejecimiento de carga AFC de la batería 210. Como se muestra en la FIG. 3, la batería 210 pasa de un estado de carga (o un estado de descarga) a un estado inactivo en el tiempo t_{A1} , pasa del estado inactivo a un estado de carga en el tiempo t_{A3} y pasa del estado de carga a otro estado inactivo en el tiempo t_{A4} . El estado inactivo desde el tiempo t_{A1} hasta el tiempo t_{A3} puede denominarse primer estado inactivo. El estado inactivo después del tiempo t_{A4} puede denominarse segundo estado inactivo. En una realización, cuando la batería 210 no está cargada ni descargada (o cuando la batería 210 tiene una corriente de descarga, y la corriente de descarga es tan pequeña que puede ignorarse), la batería 210 está en un estado inactivo. A modo de ejemplo, si un dispositivo portátil se apaga (o el dispositivo portátil no está en uso en un modo de ultra ahorro de energía, un modo avión o similar), y el dispositivo portátil no está siendo cargado, entonces la batería en el dispositivo portátil puede considerarse que está en un estado inactivo.

En una realización, cuando la batería 210 pasa de un estado de carga a un estado inactivo, la tensión de batería V_{BAT} puede aumentar hasta alcanzar una tensión de circuito abierto estabilizada. Cuando la batería 210 pasa de un estado de carga a un estado inactivo, la tensión de batería V_{BAT} puede disminuir hasta alcanzar una tensión de circuito abierto estabilizada. Como se muestra en la FIG. 3A, después de entrar en el primer estado inactivo, la tensión de circuito abierto de la batería 210 se estabiliza gradualmente. Cuando la tensión en circuito abierto se ha estabilizado (p. ej., desde el tiempo t_{A1} hasta el tiempo t_{A3}) el procesador 228 obtiene, del segundo ADC 236, una primera tensión de circuito abierto OCV_A de la batería 210 en el primer estado inactivo. En una realización, como se utiliza en la presente memoria, una "tensión de circuito abierto se ha estabilizado" significa que una tasa de cambio en la tensión de circuito abierto es relativamente pequeña, p. ej., menor que una referencia preestablecida, y la tasa de cambio puede ignorarse. Por ejemplo, si el procesador 228 detecta que la batería 210 entra en el primer estado inactivo, el procesador 228 puede iniciar un temporizador. Cuando expira un intervalo de tiempo predeterminado $T1$, p. ej., en el tiempo t_{A2} se considera que la tensión de circuito abierto se ha estabilizado, y el procesador 228 obtiene una primera tensión de circuito abierto OCV_A desde el segundo ADC 236. Para otro ejemplo, el controlador 202 de gestión de batería puede incluir un registro o una memoria que registra la tensión de batería V_{BAT} de la batería 210. Si el procesador 228 detecta que la batería 210 pasa del primer estado inactivo a un estado de carga, entonces el procesador 228 puede leer, del registro o de la memoria, datos para la última tensión de circuito abierto OCV_A , p. ej., correspondiente al tiempo t_{A2} mostrado en la FIG. 3. Después de obtener la primera tensión de circuito abierto OCV_A el procesador 228 busca en la

tabla de búsqueda de estado de carga rSoC (OCV) anteriormente mencionada un primer estado de carga rSoC_A que corresponde a la primera tensión de circuito abierto OCV_A. Por ejemplo, el procesador 228 busca los múltiples grupos de datos en la tabla de búsqueda rSoC (OCV) para un grupo de datos correspondiente. El grupo de datos correspondiente incluye un valor de tensión que está más cerca de la primera tensión de circuito abierto OCV_A en comparación con los otros valores de tensión almacenados en la tabla de búsqueda rSoC (OCV). El valor del estado de carga en el grupo de datos correspondiente puede considerarse como el primer estado de carga rSoC_A corresponde a la primera tensión de circuito abierto OCV_A. El primer estado de carga rSoC_A puede considerarse que es un estado de carga disponible de la batería 210 en el primer estado inactivo.

De manera similar, como se muestra en la FIG. 3, después de entrar en el segundo estado inactivo, la tensión de circuito abierto de la batería 210 se estabiliza gradualmente. Cuando la tensión de circuito abierto se ha estabilizado, el procesador 228 obtiene, del segundo ADC 236, una segunda tensión de circuito abierto OCV_B de la batería 210 en el segundo estado inactivo. Por ejemplo, si el procesador 228 detecta que la batería 210 entra en el segundo estado inactivo, el procesador 228 puede iniciar un temporizador. Cuando expira un intervalo de tiempo predeterminado T2, p. ej., en el tiempo t_{A5} se considera que la tensión de circuito abierto se ha estabilizado, y el procesador 228 obtiene una segunda tensión en circuito abierto OCV_B desde el segundo ADC 236. Las duraciones de los intervalos de tiempo T1 y T2 pueden ser, pero no necesariamente, las mismas. Después de obtener la segunda tensión de circuito abierto OCV_B, el procesador 228 busca en la tabla de búsqueda de estado de carga rSoC (OCV) un segundo estado de carga rSoC_B que corresponde a la segunda tensión de circuito abierto OCV_B. El segundo estado de carga rSoC_B puede considerarse que es un estado de carga disponible de la batería 210 en el segundo estado inactivo.

Adicionalmente, como se muestra en la FIG. 3, la batería 210 está en un estado de carga continua entre el primer estado inactivo y el segundo estado inactivo (p. ej., desde el tiempo t_{A3} hasta el tiempo t_{A4}). En una realización, un estado de carga continua se refiere a un estado de carga en el que una corriente de carga de una batería es continuamente mayor que cero amperios. El procesador 228 calcula la cantidad de cargas, p. ej., denominada cantidad de carga Q(t)_{CHG} al fluir hasta la batería 210 en el estado de carga continua, p. ej., según la ecuación (1) mencionada anteriormente, y actualiza una capacidad de carga absoluta total actual FACC de la batería 210 según una relación de la cantidad de carga Q(t)_{CHG} a una diferencia entre el segundo estado de carga rSoC_B y el primer estado de carga rSoC_A.

Más específicamente, en una realización, el procesador 228 calcula un factor de envejecimiento de carga actual AFC de la batería 210 según la siguiente ecuación:

$$AFC = \frac{Q(t)_{CHG}}{(rSoC_B - rSoC_A)} \quad (5)$$

El procesador 228 actualiza además una capacidad de carga absoluta total actual FACC de la batería 210 según la siguiente ecuación:

$$FACC = FACC_0 \times \frac{AFC}{AFC_0} \quad (6)$$

En la ecuación (6), FACC representa una capacidad de carga absoluta total actual de la batería 210, FACC₀ representa una capacidad de carga absoluta total previa de la batería 210, y AFC₀ representa un factor de envejecimiento de carga previo de la batería 210. El factor de envejecimiento de carga previo AFC₀ se refiere a un factor de envejecimiento de carga que se obtiene por el procesador 228 después de un proceso de carga previo de la batería 210. En una realización, la capacidad de carga absoluta total anterior FACC₀ se refiere a una capacidad de carga absoluta total que se actualiza previamente. En otra realización, si la batería 210 es una batería nueva, la capacidad de carga absoluta total previa FACC₀ se refiere a la capacidad de carga absoluta total predeterminada pFACC mencionada anteriormente de la batería 210.

La FIG. 4 ilustra un ejemplo de un gráfico para una tensión V_{BAT} de la batería 210 en diferentes estados, en una realización de la presente invención. La FIG. 4 se describe en combinación con la FIG. 2A y la FIG. 2B para explicar cómo calcular un factor de envejecimiento de descarga AFD de la batería 210. Como se muestra en la FIG. 4, la batería 210 pasa de un estado inactivo en el tiempo a un estado de carga (o un estado de descarga) en el tiempo t_{B3}. El estado de carga sigue inmediatamente al estado inactivo.

En una realización, después de entrar en el estado inactivo, la tensión de circuito abierto de la batería 210 se estabiliza gradualmente. Cuando la tensión de circuito abierto de la batería 210 se ha estabilizado (p. ej., desde el tiempo t_{B1} hasta el tiempo t_{B3}), el procesador 228 obtiene, a partir del segundo ADC 236, una tensión de circuito abierto OCV_C de la batería 210 en el estado inactivo. Por ejemplo, si el procesador 228 detecta que la batería 210 entra en el estado inactivo, el procesador 228 puede iniciar un temporizador. Cuando expira un intervalo de tiempo predeterminado T3, p. ej., en el tiempo t_{B2}, se considera que la tensión de circuito abierto se ha estabilizado, y el procesador 228 obtiene una tensión de circuito abierto OCV_C del segundo ADC 236. Para otro ejemplo, cuando el procesador 228 detecta que la batería 210 pasa del estado inactivo al estado de carga, el procesador 228 puede leer, de un registro o memoria mencionado anteriormente que registra la tensión de batería V_{BAT}, datos para la última tensión de circuito abierto

OCVc, p. ej., correspondientes al tiempo t_{B2} mostrado en la FIG. 4.

Quando la batería 210 pasa del estado inactivo al estado de carga (p. ej., en el tiempo t_{B3}), la tensión de batería V_{BAT} puede caer rápidamente de la tensión de circuito abierto OCVc a una tensión inicial de descarga V_D . El procesador 228 puede obtener, a partir del segundo ADC 236, la tensión inicial de descarga V_D y una corriente de descarga I_{DIS} de la batería 210 en estado de carga. Más específicamente, el procesador 228 puede recibir, desde el segundo ADC 236, una señal 214 indicativa de la tensión inicial de descarga V_D y una señal 216 indicativa de la corriente de descarga I_{DIS} . Por ejemplo, el procesador 228 puede iniciar un temporizador cuando detecta que la batería 210 pasa de un estado inactivo a un estado de carga, p. ej., en el tiempo t_{B3} . Cuando expira un intervalo de tiempo preestablecido Δt (p. ej., 3 ms, 4 ms o similar), el procesador 228 obtiene una tensión de batería V_D . Esa tensión de batería V_D puede considerarse como una tensión inicial de descarga V_D de la batería 210 en el estado de carga. Adicionalmente, el procesador 228 obtiene una corriente de descarga I_{DIS} de la batería 210 del segundo ADC 236. En una realización, el intervalo de tiempo preestablecido Δt es mayor que el tiempo que se requiere para que la tensión de batería V_{BAT} caiga de la tensión de circuito abierto OCVc a la tensión inicial de descarga V_D y el intervalo de tiempo preestablecido Δt es relativamente pequeño (p. ej., menos de 5 ms) de modo que una diferencia entre la tensión inicial de descarga real V_D y la tensión inicial de descarga V_D es relativamente pequeña y puede ignorarse. Para otro ejemplo, el procesador 228 (u otro circuito en el sistema 200A o 200B de gestión de batería) puede detectar una tasa de cambio dV_{BAT}/dt en la tensión de batería V_{BAT} . En el momento en que la batería 210 pasa del estado inactivo al estado de carga, la tasa de cambio dV_{BAT}/dt puede ser relativamente grande. Cuando la tensión de batería V_{BAT} cae a la tensión inicial de descarga V_D , la tasa de cambio dV_{BAT}/dt puede disminuir. Cuando el procesador 228 (o el otro circuito) detecta que la tasa de cambio dV_{BAT}/dt es menor que un umbral preestablecido, el procesador 228 puede obtener una tensión de batería V_D en este momento, y esta tensión de batería V_D puede considerarse como una tensión inicial de descarga V_D de la batería 210 en estado de carga.

En una realización, el procesador 228 actualiza una capacidad de carga absoluta total actual FACC de la batería 210 según la corriente de descarga I_{DIS} y una diferencia entre la tensión inicial de descarga V_D y la tensión de circuito abierto OCVc.

Más específicamente, el procesador 228 calcula un factor de envejecimiento de descarga actual AFD según la siguiente ecuación:

$$AFD = \frac{(V_D - OCV_C)}{I_{DIS}} \quad (7)$$

El procesador 228 actualiza además la capacidad de carga absoluta total actual FACC según la siguiente ecuación:

$$FACC = FACC_0 \times \frac{AFD}{AFD_0} \quad (8)$$

En la ecuación (8), FACC representa una capacidad de carga absoluta total actual de la batería 210, $FACC_0$ representa una capacidad de carga absoluta total previa de la batería 210, y AFD_0 representa un factor de envejecimiento de descarga previo de la batería 210. El factor de envejecimiento de descarga previo AFD_0 se refiere a un factor de envejecimiento de descarga que se obtiene por el procesador 228 durante o después de un proceso de descarga previo de la batería 210.

Como se ha mencionado anteriormente, en una realización, el procesador 228 puede actualizar la capacidad de carga absoluta total FACC de la batería 210 según el factor de envejecimiento de carga AFC y la ecuación (6). En otra realización, el procesador 228 puede actualizar la capacidad de carga absoluta completa FACC de la batería 210 según el factor de envejecimiento de descarga AFD y la ecuación (8). Adicionalmente, en otra realización más, el procesador 228 puede actualizar la capacidad de carga absoluta total FACC según el factor de envejecimiento de carga AFC y el factor de envejecimiento de descarga AFD basándose en una función específica, p. ej., la ecuación (9) de la siguiente manera.

$$FACC = f(AFC, AFD, FACC_0) \quad (9)$$

Por ejemplo, el procesador 228 puede actualizar la capacidad de carga absoluta total actual FACC según la siguiente ecuación:

$$FACC = \alpha \times FACC_0 \times \frac{AFC}{AFC_0} + \beta \times FACC_0 \times \frac{AFD}{AFD_0} \quad (10)$$

En la ecuación (10), α y β son factores de ponderación menores que 1, y la suma de α y β es igual a 1, p. ej., $\alpha + \beta = 1$. La ecuación (10) es un ejemplo con fines explicativos, y no pretende limitar la invención.

La FIG. 5 ilustra un diagrama 500 de flujo de un ejemplo de un método para actualizar una capacidad de carga absoluta total FACC de la batería 210, en una realización de la presente invención. Aunque se describen etapas específicas en la FIG. 5, tales etapas son ejemplos con fines ilustrativos. Es decir, las realizaciones según la presente invención son muy adecuadas para realizar otras etapas diferentes o variaciones de las etapas enumeradas en la FIG. 5. La FIG. 5 se describe en combinación con la FIG. 2A, la FIG. 2B, la FIG. 3 y la FIG. 4.

Como se muestra en la FIG. 5, en la etapa 502, el procesador 228 detecta si la batería 210 entra en un estado inactivo. Si la batería 210 entra en un estado inactivo, el diagrama 500 de flujo pasa a la etapa 504. En la etapa 504, el procesador 228 obtiene una tensión de circuito abierto OCV de la batería 210 en el estado inactivo, obtiene un estado de carga correspondiente rSoC de la tabla de búsqueda de estado de carga rSoC (OCV) y almacena la tensión de circuito abierto OCV y el estado de carga rSoC en un registro.

En la etapa 506, el procesador 228 detecta si la batería 210 pasa del estado inactivo a un estado de carga o un estado de carga. Si la batería 210 pasa del estado inactivo a un estado de carga, entonces el diagrama 500 de flujo pasa a la etapa 512. Si la batería 210 pasa del estado inactivo a un estado de carga, entonces el diagrama de flujo 500 pasa a la etapa 508.

En la etapa 508, el procesador 228 detecta/obtiene una tensión inicial de descarga V_D y una corriente de descarga I_{DIS} de la batería 210 en el estado de carga. En la etapa 510, el procesador 228 calcula un factor de envejecimiento de descarga AFD según la tensión inicial de descarga V_D , la corriente de descarga I_{DIS} y la tensión de circuito abierto OCV obtenida en la etapa 504 basándose en la ecuación (7), p. ej., $AFD = (V_D - OCV)/I_{DIS}$ y almacena el factor de envejecimiento de descarga AFD en el registro.

En la etapa 512, el procesador 228 calcula la cantidad de cargas $Q(t)_{CHG}$ que fluyen a través de la batería 210 en el estado de carga. En la etapa 514, si el procesador 228 detecta que la batería 210 pasa del estado de carga a otro estado inactivo, entonces el diagrama 500 de flujo pasa a la etapa 516. En la etapa 516, el procesador 228 obtiene la cantidad de carga $Q(t)_{CHG}$ de la batería 210, obtiene la tensión de circuito abierto OCV' y el estado de carga rSoC' de la batería 210 en el estado inactivo actual, y almacena la tensión de circuito abierto OCV' y el estado de carga rSoC' en un registro. En la etapa 518, el procesador 228 calcula un factor de envejecimiento de carga AFC según la cantidad de carga $Q(t)_{CHG}$ y el estado de carga rSoC' obtenido en la etapa 516, y según un estado de carga rSoC almacenado previamente (p. ej., $AFC = Q(t)_{CHG}/(rSoC' - rSoC)$). El procesador 228 almacena además el factor de envejecimiento de carga calculado AFC en el registro.

En la etapa 520, el procesador 228 busca en el registro para determinar si hay un factor de envejecimiento de carga previo AFC_0 y/o un factor de envejecimiento de descarga previo AFD_0 almacenado en el registro.

Si el factor de envejecimiento de carga previo AFC_0 y el factor de envejecimiento de descarga previo AFD_0 no se encuentran en el registro, entonces el diagrama 500 de flujo pasa a la etapa 522 para repetir el diagrama 500 de flujo.

Si el factor de envejecimiento de descarga previo AFD_0 se encuentra en el registro, y no se encuentra ningún factor de envejecimiento de carga previo AFC_0 , a continuación, el diagrama 500 de flujo pasa a la etapa 524. En la etapa 524, el procesador 228 actualiza una capacidad de carga absoluta total actual FACC de la batería 210 según la ecuación (8), y almacena la capacidad de carga absoluta total actual actualizada FACC en el registro.

Si un factor de envejecimiento de carga previo AFC_0 se encuentra en el registro, y no se encuentra ningún factor de envejecimiento de descarga AFD_0 previo se encuentra, entonces el diagrama 500 de flujo pasa a la etapa 526. En la etapa 526, el procesador 228 actualiza una capacidad de carga absoluta total actual FACC de la batería 210 según la ecuación (6), y almacena la capacidad de carga absoluta total actual actualizada FACC en el registro.

Si es un factor de envejecimiento de carga previo AFC_0 y un factor de envejecimiento de descarga previo AFD_0 se encuentran en el registro, entonces el diagrama 500 de flujo pasa a la etapa 528. En la etapa 528, el procesador 228 actualiza una capacidad de carga absoluta total actual FACC de la batería 210 según la ecuación (9), y almacena la capacidad de carga absoluta total actual actualizada FACC en el registro.

Por consiguiente, una realización según la presente invención proporciona un método para actualizar una capacidad de carga absoluta total actual FACC de la batería 210 basándose en factores de envejecimiento de la batería 210, obteniendo de este modo una capacidad de carga disponible total actual DFC más precisa y un estado de carga disponible actual rSoC más preciso de la batería 210.

Como se ha mencionado anteriormente, en una realización, durante un proceso de descarga, la temperatura de la batería 210 puede aumentar cuando la corriente de descarga I_{DIS} es relativamente grande. Así, el procesador 228 está configurado para estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210. En una de tales realizaciones, la capacidad restante de EOD aRC_{EOD} de la batería 210 de la ecuación (2c) se obtiene buscando en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) una capacidad restante que corresponde a una tensión de final de descarga V_{EOD} , una corriente actual de batería I_N y la temperatura de final de descarga T_{EOD} .

$$aRC_{EOD} = f(V_{EOD}, I_N, T_{EOD}) \quad (11)$$

De manera similar, el estado de carga de EOD aSoC_{EOD} de la batería 210 de la ecuación (4a) se obtiene buscando en la tabla de búsqueda aRC (V, I, T) un estado de carga que corresponde a una tensión de final de descarga V_{EOD}, una corriente actual de batería I_N y la temperatura de final de descarga T_{EOD}.

$$aSOC_{EOD} = f(V_{EOD}, I_N, T_{EOD}). \quad (12)$$

- 5 Como resultado, el procesador 228 puede obtener una capacidad de carga disponible total DFC más precisa, así como un estado de carga disponible rSoC_N más preciso de la batería 210.

En una realización, un método para estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 implica múltiples parámetros, p. ej., incluyendo un tiempo de descarga total Δt_{TOT} una tasa de descarga R_{DIS} una energía descargada E_{DIS} un factor de capacidad térmica equivalente K_N, etc. Más específicamente, en una realización, un tiempo de descarga total Δt_{TOT} de una batería incluye un tiempo de descarga total absoluto Δt_{TOT_A} y un tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R}. El tiempo total de descarga absoluto Δt_{TOT_A} se refiere al tiempo para que la batería se descargue desde un estado totalmente cargado a un estado totalmente descargado. El tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R} se refiere al tiempo para que la batería se descargue desde un estado totalmente cargado a un estado de final de descarga. El tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R} es inferior al tiempo de descarga total absoluto Δt_{TOT_A}.

En una realización, cuando se descarga una batería, los parámetros que reflejan una situación de descarga de la batería incluyen una corriente de descarga I_{DIS} y una tasa de descarga R_{DIS}. La tasa de descarga R_{DIS} puede denominarse "tasa C". Una tasa C es una medida de la tasa a la que se descarga una batería con relación a su capacidad máxima (p. ej., una capacidad de carga absoluta total FACC). Una tasa de 1C significa que la corriente de descarga I_{DIS} descargará toda la batería en 1 hora. Una tasa de 2C significa que la corriente de descarga descargará toda la batería en 30 minutos. En otras palabras, si la tasa de descarga R_{DIS} es de 1C, entonces el tiempo de descarga total absoluto Δt_{TOT_A} de la batería es de 1 hora. De manera similar, si la tasa de descarga R_{DIS} es de 2C, entonces el tiempo de descarga total absoluto Δt_{TOT_A} de la batería es de 30 minutos. En una realización, la tasa de descarga R_{DIS} puede obtenerse mediante cálculo basándose en la corriente de descarga I_{DIS} y la capacidad de carga absoluta total FACC, p. ej., R_{DIS} = I_{DIS} × (1 hora/FACC). En otra realización, la tasa de descarga R_{DIS} puede obtenerse leyendo información en una instrucción proporcionada por un usuario. Por ejemplo, una máquina de alta potencia tal como un vacío portátil puede tener unos pocos niveles de potencia para que lo seleccione un usuario. Los niveles de potencia pueden incluir un nivel de potencia inferior correspondiente a la tasa de descarga de 1C, un nivel de potencia media correspondiente a la tasa de descarga de 2C y un nivel de potencia superior correspondiente a la tasa de descarga de 4C. Así, la tasa de descarga actual R_{DIS} puede obtenerse leyendo la información de instrucción para el nivel de potencia que es seleccionado por el usuario.

En una realización, una energía descargada E_{DIS} se refiere a la cantidad de energía liberada de una batería debido a que se descarga. La energía descargada E_{DIS} puede estar dada por:

$$E_{DIS} = \int_{t_1}^{t_2} P_{DIS} dt, \quad (13a)$$

- 35 En la ecuación (13a), P_{DIS} representa una potencia de descarga de la batería. En una realización, si la corriente I_{DIS} de descarga de la batería es relativamente estable, entonces la potencia de descarga puede estar dada por: P_{DIS} = I_{DIS} × V_{NOM}, donde V_{NOM} representa una tensión nominal de la batería. De este modo, la ecuación (13a) puede simplificarse de la siguiente manera:

$$E_{DIS} = I_{DIS} \times V_{NOM} \times \Delta t_{DIS}. \quad (13b)$$

- 40 En la ecuación (13b), Δt_{DIS} representa un tiempo de descarga de la batería, p. ej., Δt_{DIS} = t₂ - t₁.

En una realización, la cantidad de cambio ΔT, p. ej., incremento, de la temperatura de una batería puede determinarse mediante una energía descargada E_{DIS} y un factor de capacidad térmica K_N equivalente de la batería. Más específicamente, el cambio de temperatura ΔT, p. ej., incremento, en la temperatura de la batería puede estar dado por:

$$45 \quad \Delta T = K_N \times E_N. \quad (14)$$

Adicionalmente, en una realización, el factor de capacidad térmica equivalente K_N de la batería tiene una relación específica con la corriente de descarga I_{DIS} de la batería, y puede estar dada por una función de la siguiente manera:

$$K_N = f(I_{DIS}). \quad (15)$$

En una realización, la función (15) se puede obtener basándose en datos experimentales.

La FIG. 6A, la FIG. 6B, la FIG. 6C y la FIG. 6D ilustran ejemplos de gráficos para cambios de temperatura en diferentes situaciones basándose en ejemplos de datos experimentales, en realizaciones de la presente invención. Tomando la FIG. 6A por ejemplo, la línea 642 muestra el cambio en la temperatura de la batería en una situación en la que una batería totalmente cargada descarga a una tasa de descarga de 0,8C (p. ej., $R_{DIS} = 0,8C$), y la temperatura inicial de la batería es de 5 °C; y la línea 644 muestra el cambio en la temperatura de la batería en una situación en la que la batería totalmente cargada se descarga a una tasa de descarga de 0,8C, y la temperatura inicial de la batería es de 25 °C. Tomando la FIG. 6B para otro ejemplo, la línea 646 muestra el cambio en la temperatura de la batería en una situación en la que la batería totalmente cargada se descarga a una tasa de descarga de 1,2C, y la temperatura inicial de la batería es de 15 °C. En una realización, una base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ puede establecerse basándose en datos experimentales a diferentes tasas de descarga, p. ej., 0,4C, 0,8C, ..., 4C, etc., y a diferente temperatura inicial, p. ej., 5 °C, 10 °C, ..., 45 °C, etc. La base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ también puede denominarse tabla de ajuste de temperatura de la celda. La base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ puede almacenarse en una memoria, p. ej., la memoria 830 mostrada en la FIG. 8.

Más específicamente, en una realización, la base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ incluye múltiples conjuntos de datos. Cada conjunto de datos corresponde a una tasa de descarga R_{DIS} y una temperatura inicial $T_{INITIAL}$. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 6A, la línea 642 representa un conjunto de datos correspondientes a una tasa de descarga de 0,8C y una temperatura inicial de 5 °C, y la línea 644 representa un conjunto de datos correspondientes a una tasa de descarga de 0,8C y una temperatura inicial de 25 °C. Para otro ejemplo, como se muestra en la FIG. 6B, la línea 646 representa un conjunto de datos correspondientes a una tasa de descarga de 1,2C y una temperatura inicial de 15 °C. Así, cada conjunto de datos incluye información para una tasa de descarga y una temperatura inicial. Adicionalmente, cada conjunto de datos incluye información para un tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R} . Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 6A, si la batería se descarga a una tasa de 0,8C, y la temperatura inicial de la batería es de 5 °C, entonces el tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R} de la batería puede ser de 3.843 segundos. Para otro ejemplo, como se muestra en la FIG. 6B, si la batería se descarga a una tasa de 1,2C, y la temperatura inicial de la batería es de 15 °C, entonces el tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R} de la batería puede ser de 2.719 segundos. Además, cada conjunto de datos puede incluir, pero no necesariamente, valores de tensión de la tensión de la batería y valores de Coulomb de las cargas descargadas de la batería en diferentes momentos (p. ej., desde el momento en el que la batería comienza a descargarse hasta el momento en el que la batería entra en el estado de final de descarga).

En una realización, la batería 210 está completamente cargada cuando la batería 210 comienza a descargarse. En una de tales realizaciones, el procesador 228 puede obtener una tasa de descarga de batería actual R_{DIS} y una temperatura actual de batería T_N y buscar la base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ para un tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R} que corresponde a la tasa de descarga actual de batería R_{DIS} y la temperatura actual de batería T_N , p. ej., $\Delta t_{TOT_R} = f(R_{DIS}, T_N)$. El procesador 228 puede estimar la cantidad de energía, p. ej., una energía descargada E_{DIS} que se liberará de la batería 210 cuando la batería 210 se descargue del estado totalmente cargado al estado de final de descarga, según el tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R} y la ecuación (13a), p. ej., $E_{DIS} = I_{DIS} \times V_{NOM} \times \Delta t_{TOT_R}$. El procesador 228 también puede obtener un factor de capacidad térmica equivalente K_N de la batería 210 basándose en la ecuación (15), p. ej., $K_N = f(I_{DIS})$, y estimar un cambio de temperatura ΔT_{EOD} de la batería 210 basándose en la ecuación (14), p. ej., $\Delta T_{EOD} = K_N \times E_{DIS}$. Como resultado, el procesador 228 puede estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 añadiendo el cambio de temperatura ΔT_{EOD} a la temperatura actual de batería T_N , p. ej., $T_{EOD} = T_N + \Delta T_{EOD}$.

En otra realización, la batería 210 no está totalmente cargada cuando la batería 210 comienza a descargarse. En una de tales realizaciones, un ejemplo de un método para estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 se describe en combinación con la FIG. 7, la FIG. 8 y la FIG. 9A.

En el ejemplo de la FIG. 7, se supone que el punto 740 representa una situación en la que la batería 210 comienza a descargarse. Más específicamente, la batería 210 comienza a descargarse en el momento t_1 , a una tasa de descarga actual de R_{DIS} y a una temperatura actual de T_N . Suponiendo que la batería 210 se está descargando a la tasa de descarga R_{DIS} durante un tiempo antes del momento actual t_1 , entonces el parámetro Δt_{PAST} mostrado en la FIG. 7 representa un tiempo pasado supuesto desde un momento inicial supuesto t_0 cuando la batería 210 está totalmente cargada y comienza a descargarse a la tasa de descarga R_{DIS} hasta el momento actual t_1 . El procesador 228 puede estimar el tiempo pasado supuesto Δt_{PAST} según un estado de carga absoluto actual $aSoC_N$ y la tasa de descarga actual R_{DIS} . Basándose en el tiempo pasado supuesto Δt_{PAST} , el procesador 228 puede estimar una temperatura inicial supuesta $T_{INITIAL}$ de la batería 210 en el momento inicial supuesto t_0 . Por consiguiente, el procesador 228 puede buscar en la base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ un tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} que corresponde a la tasa actual de descarga R_{DIS} y la temperatura inicial supuesta $T_{INITIAL}$, estimando de este modo una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 según el tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} .

La FIG. 8 ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema 800 de gestión de batería, en una realización de la presente invención. La FIG. 8 se describe en combinación con la FIG. 2A, la FIG. 2B, la FIG. 3, la FIG. 4, la FIG. 5, la FIG. 6A, la FIG. 6B, la FIG. 6C, la FIG. 6D y la FIG. 7. En el ejemplo de la FIG. 8, el controlador 802 de gestión de batería es similar al controlador 202 de gestión de batería en la FIG. 2A o la FIG. 2B, excepto que el controlador 802 de gestión de batería incluye además una base de datos de tiempo de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ mencionada

anteriormente almacenada en una memoria, p. ej., la memoria 830 mostrada en la FIG. 8. El procesador 228 puede estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 basándose en la base de datos $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$.

La FIG. 9A ilustra un diagrama 900A de flujo de un ejemplo de un método para estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210, en una realización de la presente invención. Aunque se describen etapas específicas en la FIG. 9A, tales etapas son ejemplos con fines ilustrativos. Es decir, las realizaciones según la presente invención son muy adecuadas para realizar otras etapas diferentes o variaciones de las etapas enumeradas en la FIG. 9A. La FIG. 9A se describe en combinación con la FIG. 2A, la FIG. 2B, la FIG. 3, la FIG. 4, la FIG. 5, la FIG. 6A, la FIG. 6B, la FIG. 6C, la FIG. 6D, la FIG. 7 y la FIG. 8.

Como se muestra en la FIG. 9, en la etapa 902, el procesador 228 obtiene un estado de carga absoluto actual $aSoC_N$ y una tasa actual de descarga R_{DIS} . Como se ha mencionado anteriormente, en una realización, el procesador 228 puede obtener el estado de carga absoluto actual $aSoC_N$ buscando en la tabla de búsqueda $aRC(V, I, T)$ un estado de carga que corresponde a una tensión actual de batería V_N , una corriente actual de batería I_N y una temperatura actual de batería T_N de la batería 210. En una realización, el procesador 228 puede obtener la tasa actual de descarga R_{DIS} mediante la lectura de información en una instrucción proporcionada por un usuario, o haciendo un cálculo basado en una corriente de descarga actual de la batería 210.

En la etapa 904, el procesador 228 estima un tiempo pasado supuesto Δt_{PAST} según el estado de carga absoluto actual $aSoC_N$ y la tasa de descarga actual R_{DIS} . Por ejemplo, el tiempo pasado supuesto Δt_{PAST} puede estar dado por: $\Delta t_{PAST} = (100 \% - aSoC_N) / R_{DIS}$. Como se ha mencionado anteriormente, en una realización, el tiempo Δt_{PAST} representa un tiempo pasado supuesto desde un momento inicial supuesto t_0 cuando la batería 210 está totalmente cargada y comienza a descargarse a la tasa de descarga R_{DIS} hasta un momento actual t_1 .

En la etapa 906, el procesador 228 estima una energía descargada supuesta E_{PAST} según el tiempo pasado supuesto Δt_{PAST} , una corriente actual de descarga I_{DIS} de la batería 210, y una tensión nominal V_{NOM} de la batería 210. La energía descargada supuesta E_{PAST} se refiere a una cantidad de energía que se supone que se libera de la batería 210 durante el tiempo pasado supuesto Δt_{PAST} . Basándose en la ecuación (13b), la energía descargada supuesta E_{PAST} puede estar dada por: $E_{PAST} = I_{DIS} \times V_{NOM} \times \Delta t_{PAST}$.

En la etapa 908, el procesador 228 obtiene un factor de capacidad térmica equivalente K_N de la batería 210 según la corriente de descarga I_{DIS} basándose en la ecuación (15).

En la etapa 910, el procesador 228 estima un cambio de temperatura supuesto ΔT_{CHANGE} de la batería 210 según el factor de capacidad térmica equivalente K_N y la energía descargada supuesta E_{PAST} . El cambio de temperatura supuesto ΔT_{CHANGE} se refiere al cambio en la temperatura de la batería desde el momento inicial supuesto t_0 hasta el momento actual t_1 . Basándose en la ecuación (14), el cambio de temperatura supuesto ΔT_{CHANGE} puede estar dado por: $\Delta T_{CHANGE} = K_N \times E_{PAST}$.

En la etapa 912, el procesador 228 estima una temperatura inicial supuesta $T_{INITIAL}$ de la batería 210 en el momento inicial supuesto t_0 según una temperatura actual de batería T_N de la batería 210 y del cambio de temperatura supuesto ΔT_{CHANGE} , p. ej., $T_{INITIAL} = T_N - \Delta T_{CHANGE}$.

En la etapa 914, el procesador 228 busca en la base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ un tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} que corresponde a la tasa actual de descarga R_{DIS} y la temperatura inicial supuesta $T_{INITIAL}$, p. ej., $\Delta t_{TOT_R} = f(R_{DIS}, T_{INITIAL})$. Por ejemplo, el procesador 228 puede buscar en los múltiples conjuntos de datos en la base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$ un conjunto de datos correspondiente. El conjunto de datos correspondiente incluye una tasa de descarga y una temperatura inicial que coinciden con la tasa actual de descarga R_{DIS} y la temperatura inicial supuesta $T_{INITIAL}$. Si se encuentra el conjunto de datos correspondiente, entonces el tiempo de descarga total disponible en el conjunto de datos correspondiente puede considerarse como el tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} . Si se encuentra el conjunto de datos correspondiente, entonces el procesador 228 puede realizar una interpolación lineal para estimar el tiempo de descarga total disponible Δt_{TOT_R} basándose en los datos de la base de datos de tiempos de descarga $\Delta t(R_{DIS}, T_{INITIAL})$.

En la etapa 916, el procesador 228 estima una energía descargada total E_{DIS} según el tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} , la corriente actual de descarga I_{DIS} y la tensión nominal V_{NOM} . La energía descargada total E_{DIS} se refiere a la cantidad total de energía liberada desde la batería 210 durante el tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} . Basándose en la ecuación (13b), la energía descargada total E_{DIS} puede estar dada por: $E_{DIS} = I_{DIS} \times V_{NOM} \times \Delta t_{TOT_R}$.

En la etapa 918, el procesador 228 estima un cambio de temperatura total ΔT_{EOD} según el factor de capacidad térmica equivalente K_N y la energía descargada total E_{DIS} . El cambio de temperatura total ΔT_{EOD} se refiere al cambio en la batería 210 desde el momento inicial supuesto t_0 hasta el momento de final de descarga t_{END} cuando la batería 210 entra en un estado de final de descarga. Basándose en la ecuación (14), el cambio de temperatura total ΔT_{EOD} puede estar dado por: $\Delta T_{EOD} = K_N \times E_{DIS}$.

En la etapa 920, el procesador 228 estima una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 según el cambio de temperatura total ΔT_{EOD} y la temperatura inicial supuesta $T_{INITIAL}$, p. ej., $T_{EOD} = T_{INITIAL} + \Delta T_{EOD}$.

La FIG. 9B ilustra un diagrama 900B de flujo de otro ejemplo de un método para estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210, en una realización de la presente invención. Aunque se describen etapas específicas en la FIG. 9B, tales etapas son ejemplos con fines ilustrativos. Es decir, las realizaciones según la presente invención son muy adecuadas para realizar otras etapas diferentes o variaciones de las etapas enumeradas en la FIG. 9A. La FIG. 9B se describe en combinación con la FIG. 2A, la FIG. 2B, la FIG. 3, la FIG. 4, la FIG. 5, la FIG. 6A, la FIG. 6B, la FIG. 6C, la FIG. 6D, la FIG. 7, la FIG. 8 y la FIG. 9A. Como se muestra en la FIG. 9B, el diagrama 900B de flujo es similar al diagrama 900A de flujo en la FIG. 9A excepto que, las etapas 916, 918 y 920 en la FIG. 9A se sustituyen por las etapas 922, 924, 926 y 928 en la FIG. 9B.

Más específicamente, en el ejemplo de la FIG. 9B, el diagrama 900B de flujo pasa a la etapa 922 después de la etapa 914. En la etapa 922, el procesador 228 estima un tiempo restante Δt_{REM} según el tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} y el tiempo pasado supuesto Δt_{PAST} , por ejemplo, $\Delta t_{REM} = \Delta t_{TOT_R} - \Delta t_{PAST}$. El tiempo restante Δt_{REM} se refiere a un tiempo estimado para que la batería 210 se descargue desde el momento actual t_1 hasta el momento de final de descarga t_{END} cuando la batería 210 entra en un estado de final de descarga.

En la etapa 924, el procesador 228 estima la energía descargada restante E_{DIS_REM} según el tiempo restante Δt_{REM} , la corriente actual de descarga I_{DIS} y la tensión nominal V_{NOM} de la batería 210. La energía descargada restante E_{DIS_REM} se refiere a una cantidad estimada de energía que será liberada de la batería 210 durante el tiempo restante Δt_{REM} . Según la ecuación (13b), la energía descargada restante E_{DIS_REM} puede estar dada por: $E_{DIS_REM} = I_{DIS} \times V_{NOM} \times \Delta t_{REM}$.

En la etapa 926, el procesador 228 estima un cambio de temperatura restante ΔT_{EOD_REM} según el factor de capacidad térmica equivalente K_N y la energía descargada restante E_{DIS_REM} . El cambio de temperatura restante ΔT_{EOD_REM} se refiere al cambio en la batería 210 desde el momento actual t_1 hasta el momento de final de descarga t_{END} cuando la batería 210 entra en un estado de final de descarga. Basándose en la ecuación (14), el cambio de temperatura restante ΔT_{EOD_REM} puede estar dado por: $\Delta T_{EOD_REM} = K_N \times E_{DIS_REM}$.

En la etapa 928, el procesador 228 estima una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 según el cambio de temperatura restante ΔT_{EOD_REM} y la temperatura actual T_N , p. ej., $T_{EOD} = T_N + \Delta T_{EOD_REM}$.

Por consiguiente, en una realización, el procesador 228 puede estimar una temperatura inicial supuesta $T_{INITIAL}$ de la batería 210 basándose en un estado de carga absoluto actual $aSoC_N$ de la batería 210 y una tasa actual de descarga R_{DIS} de la batería 210. Adicionalmente, el procesador 228 puede buscar la base de datos de tiempos de descarga Δt (R_{DIS} , $T_{INITIAL}$) para un tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} que corresponde a la tasa actual de descarga R_{DIS} y la temperatura inicial supuesta $T_{INITIAL}$. Además, el procesador 228 puede estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería 210 según el tiempo de descarga total disponible supuesto Δt_{TOT_R} .

La FIG. 10 ilustra un ejemplo de un método para estimar un estado de carga disponible de una batería, en una realización de la presente invención. Aunque se describen etapas específicas en la FIG. 10, tales etapas son ejemplos con fines ilustrativos. Es decir, las realizaciones según la presente invención son muy adecuadas para realizar otras etapas diferentes o variaciones de las etapas enumeradas en la FIG. 10. La FIG. 10 se describe en combinación con la FIG. 2A, la FIG. 2B, la FIG. 3, la FIG. 4, la FIG. 5, la FIG. 6A, la FIG. 6B, la FIG. 6C, la FIG. 6D, la FIG. 7, la FIG. 8, la FIG. 9A y la FIG. 9B.

En la etapa 1002, el circuito 220 de conversión de analógico a digital convierte las señales analógicas 214, 216 y 222, indicativas de una tensión actual de batería V_N , una corriente actual de batería I_N y una temperatura actual de batería T_N de la batería 210, en señales digitales legibles por ordenador 234.

En la etapa 1004, el procesador 228 accede a la tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V , I , T) almacenada en la memoria 230. La tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V , I , T) incluye múltiples grupos de datos. Cada grupo incluye datos para una tensión V , una corriente I , una temperatura T y un parámetro asociado con una capacidad restante aRC que corresponde a la tensión V , la corriente I y la temperatura T . El parámetro puede incluir una capacidad restante absoluta aRC y/o un estado de carga absoluto $aSoC$ (p. ej., $aSoC = aRC / pFACC$).

Más específicamente, en la etapa 1006, el procesador 228 busca en la tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V , I , T) un valor de parámetro actual, p. ej., una capacidad restante absoluta actual aRC_N o un estado de carga absoluto actual $aSoC$ de la batería 210, que corresponde a una tensión actual de batería V_N , una corriente actual de batería I_N y una temperatura actual de batería T_N según las señales digitales 234, p. ej. $aRC_N = f(V_N, I_N, T_N)$.

En la etapa 1008, el procesador 228 busca en la tabla de búsqueda de capacidad restante aRC (V , I , T) un valor de parámetro de final de descarga, p. ej., una capacidad restante de EOD aRC_{EOD} o un estado de carga de EOD $aSoC_{EOD}$ que corresponde a una tensión de final de descarga V_{EOD} , la corriente actual de batería I_N y una temperatura de final de descarga T_{EOD} .

En la etapa 1010, el procesador 228 estima una capacidad de carga disponible total actual DFC de la batería 210 según una diferencia entre el valor de parámetro actual (p. ej., aRC_N o $aSoC$) y el valor de parámetro de final de descarga (p. ej., aRC_{EOD} o $aSoC_{EOD}$). Se proporcionan ejemplos en las descripciones relacionadas con las ecuaciones (2c) y (4a) mencionadas anteriormente.

- 5 En la etapa 1012, el procesador 228 cuenta la cantidad de cargas $Q(t)$ basándose en una señal (p. ej., la señal 232A en la FIG. 2A o la señal 232B en la FIG. 2B), indicativa de una corriente de batería de la batería 210, recibida desde el circuito 220 de conversión de analógico a digital.

En la etapa 1014, el procesador 228 estima un estado de carga disponible actual $rSoC_N$ de la batería 210 según la capacidad de carga disponible total DFC y la cantidad de cargas $Q(t)$ que fluyen a través de la batería 210.

- 10 En resumen, las realizaciones según la presente invención proporcionan controladores de gestión de batería para estimar un estado de carga disponible actual $rSOC_N$ de una batería. El controlador puede contar la cantidad de cargas $Q(t)$ que fluyen a través de la batería basándose en el recuento de Coulomb. El controlador también puede estimar una capacidad de carga disponible total actual DFC de la batería basándose en los valores de parámetros obtenidos de una tabla de búsqueda de capacidad restante. El controlador puede estimar además el estado de carga disponible actual $rSOC_N$ de la batería según la cantidad de cargas $Q(t)$ y la capacidad de carga disponible total actual DFC. En
15 otras palabras, el estado de carga disponible actual $rSOC_N$ de la batería puede obtenerse combinando el recuento de Coulomb con la tabla de búsqueda de capacidad restante. Como resultado, el cambio brusco en el valor estimado del estado de carga disponible que existe en la técnica anterior puede eliminarse en una realización de la presente invención. Además, el controlador puede estimar factores de envejecimiento, p. ej., incluyendo un factor de
20 envejecimiento de carga AFC y un factor de envejecimiento de descarga AFD, de la batería, y actualizar una capacidad de carga absoluta total FACC de la batería basándose en los factores de envejecimiento, de tal manera que la estimación del estado de carga disponible $rSOC_N$ de la batería puede ser más precisa. Además, el controlador puede estimar una temperatura de final de descarga T_{EOD} de la batería basándose en una base de datos de tiempos de
25 descarga, una tasa de descarga R_{DIS} de la batería, y una temperatura actual T_N de la batería, obteniendo de este modo una capacidad de carga disponible total actual DFC más precisa. Como resultado, la precisión de la estimación del estado de carga disponible $rSOC_N$ de la batería puede mejorarse aún más.

- Aunque la descripción y los dibujos anteriores representan realizaciones de la presente invención, se entenderá que pueden realizarse diferentes adiciones, modificaciones y sustituciones en los mismos sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Un experto en la técnica apreciará que la invención
30 puede utilizarse con muchas modificaciones de forma, estructura, disposición, proporciones, materiales, elementos y componentes y, de otro modo, utilizarse en la práctica de la invención, que están particularmente adaptados a entornos y requisitos operativos específicos sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones descritas en la presente memoria deben considerarse, por lo tanto, en
35 todos los aspectos como ilustrativas y no restrictivas, estando indicado el alcance de la invención por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un controlador (202, 802) de gestión de batería que comprende:

circuito (220) de conversión de analógico a digital configurado para convertir señales analógicas (214, 216, 222), indicativas de una tensión actual de batería (V_N), una corriente actual de batería (I_N) y una temperatura actual de batería actual (T_N) de una batería, en señales digitales (234);

una memoria (230) configurada para almacenar una tabla de búsqueda de capacidad restante ($aRC(V, I, T)$) que comprende una pluralidad de grupos de datos, en donde cada grupo de dichos grupos de datos incluye una tensión (V), una corriente (I), una temperatura (T) y un parámetro (aRC , $aSoC$) asociado con una capacidad restante (aRC) que corresponde a dicha tensión (V), dicha corriente (I) y dicha temperatura (T); y

un procesador (228), acoplado a dicho circuito (220) de conversión de analógico a digital y a dicha memoria, y configurado para recibir una señal (232A, 232B), indicativa de una corriente (I_{BAT}) de batería, desde dicho circuito (220) de conversión de analógico a digital, contando de este modo la cantidad de cargas ($Q(t)$) que fluyen a través de dicha batería, configuradas para buscar en dicha tabla de búsqueda de capacidad restante ($aRC(V, I, T)$) un valor de parámetro actual (aRC_N , $aSoC_N$) correspondiente a dicha tensión actual de batería (V_N), dicha corriente actual de batería (I_N) y dicha temperatura actual de batería (T_N) según dichas señales digitales (234), configuradas para buscar en dicha tabla de búsqueda de capacidad restante ($aRC(V, I, T)$) un valor de parámetro de final de descarga (aRC_{EOD} , $aSoC_{EOD}$) correspondiente a una tensión de final de descarga (V_{EOD}) indicativo de entrar en un estado de final de descarga para proteger la batería de la sobredescarga, dicha corriente actual de batería (I_N) y una temperatura de final de descarga (T_{EOD}) configurado para estimar una capacidad de carga disponible total actual (DFC) de dicha batería según una diferencia entre dicho valor de parámetro de corriente (aRC_N , $aSoC_N$) y dicho valor de parámetro de final de descarga (aRC_{EOD} , $aSoC_{EOD}$) y configurado para estimar un estado de carga disponible actual ($rSOC_N$) de dicha batería según dicha capacidad de carga disponible total actual (DFC) y dicha cantidad de cargas ($Q(t)$) que fluyen a través de dicha batería.

2. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 1, en donde dicho parámetro (aRC , $aSoC$) comprende un estado de carga ($aSoC$), dicho valor de parámetro de corriente (aRC_N , $aSoC_N$) comprende un estado de carga absoluto actual ($aSoC_N$) de dicha batería, y de dicho valor de parámetro de final de descarga (aRC_{EOD} , $aSoC_{EOD}$) comprende un estado de carga de final de descarga (EOD) ($aSoC_{EOD}$) de dicha batería, y en donde dicho procesador está configurado para estimar dicha capacidad de carga disponible total actual (DFC) según la siguiente ecuación:

$$DFC = FACC \times (aSOC_N - aSOC_{EOD}) / rSOC_{N-1},$$

donde DFC representa dicha capacidad de carga disponible total actual, FACC representa una capacidad de carga absoluta total actual de dicha batería, $aSOC_N$ representa dicho estado de carga absoluto actual, y $aSOC_{EOD}$ representa dicho estado de carga de final de descarga, y $rSOC_{N-1}$ representa un estado de carga disponible previamente estimado de dicha batería.

3. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 2, en donde dicho procesador está configurado para estimar dicho estado de carga disponible actual ($rSOC_N$) según la siguiente ecuación:

$$rSOC_N = [(DFC \times rSOC_{N-1}) + Q(t)] / DFC,$$

donde $rSOC_N$ representa dicho estado de carga disponible actual, y $Q(t)$ presenta dicha cantidad de cargas que fluyen a través de dicha batería.

4. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 1, en donde dicho parámetro (aRC , $aSoC$) comprende una capacidad restante (aRC), dicho valor de parámetro de corriente (aRC_N , $aSoC_N$) comprende una capacidad restante absoluta actual (aRC_N) de dicha batería, y de dicho valor de parámetro de final de descarga (aRC_{EOD} , $aSoC_{EOD}$) comprende una capacidad restante de final de descarga (aRC_{EOD}) de dicha batería, y en donde dicho procesador está configurado para estimar dicha capacidad de carga disponible total actual (DFC) según la siguiente ecuación:

$$DFC = FACC \times (aRC_N - aRC_{EOD}) / (pFACC \times rSOC_{N-1}),$$

donde DFC representa dicha capacidad de carga disponible total actual, aRC_N representa dicha capacidad restante absoluta actual, y aRC_{EOD} representa dicha capacidad restante de final de descarga, $pFACC$ representa una capacidad de carga absoluta total predeterminada de dicha batería, y $rSOC_{N-1}$ representa un estado de carga disponible previamente estimado de dicha batería.

5. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 4, en donde dicho procesador está configurado para estimar dicho estado de carga disponible actual ($rSOC_N$) según la siguiente ecuación:

$$rSOC_N = [(DFC \times rSOC_{N-1}) + Q(t)] / DFC,$$

donde $rSOC_N$ representa dicho estado de carga disponible actual, y $Q(t)$ presenta dicha cantidad de cargas que fluyen a través de dicha batería.

6. El controlador (202, 802) de gestión de batería de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde dicha memoria está configurada para almacenar una tabla de búsqueda de estado de carga ($rSoC$ (OCV)) que comprende una pluralidad de grupos de datos, y en donde cada grupo de datos de dichos grupos de datos comprende un valor de tensión (OCV) y un estado de carga ($rSoC$) correspondiente a dicho valor de tensión.

7. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 6, en donde dicho procesador está configurado para realizar una pluralidad de operaciones que comprenden:

obtener, a partir de dicho circuito (220) de conversión de analógico a digital, una primera tensión de circuito abierto (OCV_A) de dicha batería en un primer estado inactivo;

buscar en dicha tabla de búsqueda de estado de carga ($rSoC$ (OCV)) un primer estado de carga ($rSoC_A$) correspondiente a dicha primera tensión de circuito abierto (OCV_A);

obtener, a partir de dicho circuito (220) de conversión de analógico a digital, una segunda tensión de circuito abierto (OCV_A) de dicha batería en un segundo estado inactivo;

buscar en dicha tabla de búsqueda de estado de carga ($rSoC$ (OCV)) un segundo estado de carga ($rSoC_B$) correspondiente a dicha segunda tensión de circuito abierto (OCV_A), en donde dicha batería está en un estado de carga continua entre dicho primer estado inactivo y dicho segundo estado inactivo;

calcular una cantidad de carga ($Q(t)_{CHG}$) de dicha batería en dicho estado de carga; y

actualizar una capacidad de carga absoluta total actual (FACC) de dicha batería según una relación de dicha cantidad de carga con respecto a una diferencia entre dicho segundo estado de carga ($rSoC_B$) y dicho primer estado de carga ($rSoC_A$).

8. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 7, en donde dicho procesador está configurado para actualizar dicha capacidad de carga absoluta total actual (FACC) de dicha batería según un factor de envejecimiento de carga actual (AFC) de dicha batería, y en donde dicho procesador está configurado para calcular dicho factor de envejecimiento de carga actual según la siguiente ecuación:

$$AFC = Q(t)_{CHG} / (rSOC_B - rSOC_A),$$

donde AFC representa dicho factor de envejecimiento de carga actual, $Q(t)_{CHG}$ representa dicha cantidad de carga, $rSOC_B$ representa dicho segundo estado de carga, y $rSOC_A$ representa dicho primer estado de carga.

9. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 8, en donde dicho procesador está configurado para actualizar dicha capacidad de carga absoluta total actual (FACC) según la siguiente ecuación:

$$FACC = FACC_0 \times (AFC / AFC_0),$$

donde FACC representa dicha capacidad de carga absoluta total actual, $FACC_0$ representa una capacidad de carga absoluta total previa de dicha batería, y AFC_0 representa un factor de envejecimiento de carga previa de dicha batería.

10. El controlador (202, 802) de gestión de batería de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde dicho procesador está configurado para realizar una pluralidad de operaciones que comprenden:

obtener, a partir de dicho circuito (220) de conversión de analógico a digital, una tensión de circuito abierto (OCV_C) de dicha batería en un estado inactivo;

obtener, a partir de dicho circuito (220) de conversión de analógico a digital, una tensión inicial de descarga (V_D) de dicha batería y una corriente de descarga (I_{DIS}) de dicha batería en un estado de carga, en donde dicho estado de carga sigue inmediatamente a dicho estado inactivo; y

actualizar una capacidad de carga absoluta total actual (FACC) de dicha batería según una relación de una diferencia entre dicha tensión inicial de descarga (V_D) y dicha tensión de circuito abierto (OCV_C) a dicha corriente de descarga (I_{DIS}).

11. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 10, en donde dicho procesador está configurado para actualizar dicha capacidad de carga absoluta total actual (FACC) de dicha batería según un factor de envejecimiento de descarga de corriente (AFD) de dicha batería, y en donde dicho procesador está configurado para calcular dicho factor de envejecimiento de descarga actual (AFD) según la siguiente ecuación:

$$AFD = (V_D - OCV_C) / I_{DIS},$$

donde AFD presenta dicho factor de envejecimiento de descarga actual, V_D presenta dicha tensión inicial de descarga, OCV_C , presenta dicha tensión de circuito abierto, e I_{DIS} presenta dicha corriente de descarga.

12. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 11, en donde dicho procesador está configurado para actualizar dicha capacidad de carga absoluta total actual (FACC) según la siguiente ecuación:

$$FACC = FACC_0 \times (AFD / AFD_0),$$

donde FACC representa dicha capacidad de carga absoluta total actual, $FACC_0$ representa una capacidad de carga absoluta total previa de dicha batería, y AFD_0 representa un factor de envejecimiento de descarga previa de dicha batería.

13. El controlador (202, 802) de gestión de batería de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde dicho circuito (202) de conversión de analógico a digital comprende:

un primer convertidor (238A, 238B) de analógico a digital, en donde dicho procesador recibe, desde dicho primer convertidor de analógico a digital, una señal indicativa de una corriente de batería (I_{BAT}) de dicha batería obteniendo de este modo dicha cantidad de cargas ($Q(t)$) que fluyen a través de dicha batería; y

un segundo convertidor (236) de analógico a digital, en donde dicho procesador recibe, desde dicho segundo convertidor de analógico a digital, una señal indicativa de dicha tensión inicial de descarga (V_D) y una señal indicativa de dicha corriente de descarga (I_{DIS}) calculando de este modo un factor de envejecimiento de descarga actual (AFD) de dicha batería, en donde una velocidad de conversión de dicho segundo convertidor de analógico a digital es mayor que una velocidad de conversión de dicho primer convertidor de analógico a digital.

14. El controlador (202, 802) de gestión de batería de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende además una base de datos de tiempos de descarga ($\Delta t(RI_{DIS}, T_{INITIAL})$) almacenada en una memoria, en donde dicha base de datos de tiempos de descarga ($\Delta t(RI_{DIS}, T_{INITIAL})$) comprende una pluralidad de conjuntos de datos, y cada conjunto de datos de dicha pluralidad de conjuntos de datos comprende una tasa de descarga (RI_{DIS}) una temperatura inicial ($T_{INITIAL}$), y un tiempo de descarga total disponible (Δt_{TOT_R}) correspondiente a dicha tasa de descarga (RI_{DIS}) y dicha temperatura inicial ($T_{INITIAL}$) y en donde dicho procesador está configurado para estimar dicha temperatura de final de descarga (T_{EOD}) basándose en dicha base de datos de tiempo de descarga ($\Delta t(RI_{DIS}, T_{INITIAL})$).

15. El controlador (202, 802) de gestión de batería de la reivindicación 14, en donde dicho procesador está configurado para estimar una temperatura inicial supuesta ($T_{INITIAL}$) de dicha batería basándose en un estado de carga absoluto actual ($aSoC_N$) de dicha batería y una tasa de descarga actual (RI_{DIS}) de dicha batería, buscar dicha base de datos de tiempos de descarga ($\Delta t(RI_{DIS}, T_{INITIAL})$) para un tiempo de descarga total disponible supuesto (Δt_{TOT_R}) que corresponde a dicha tasa de descarga actual (RI_{DIS}) y dicha temperatura inicial supuesta ($T_{INITIAL}$) y estimar dicha temperatura de final de descarga (T_{EOD}) de dicha batería según dicho tiempo de descarga total disponible supuesto (Δt_{TOT_R}).

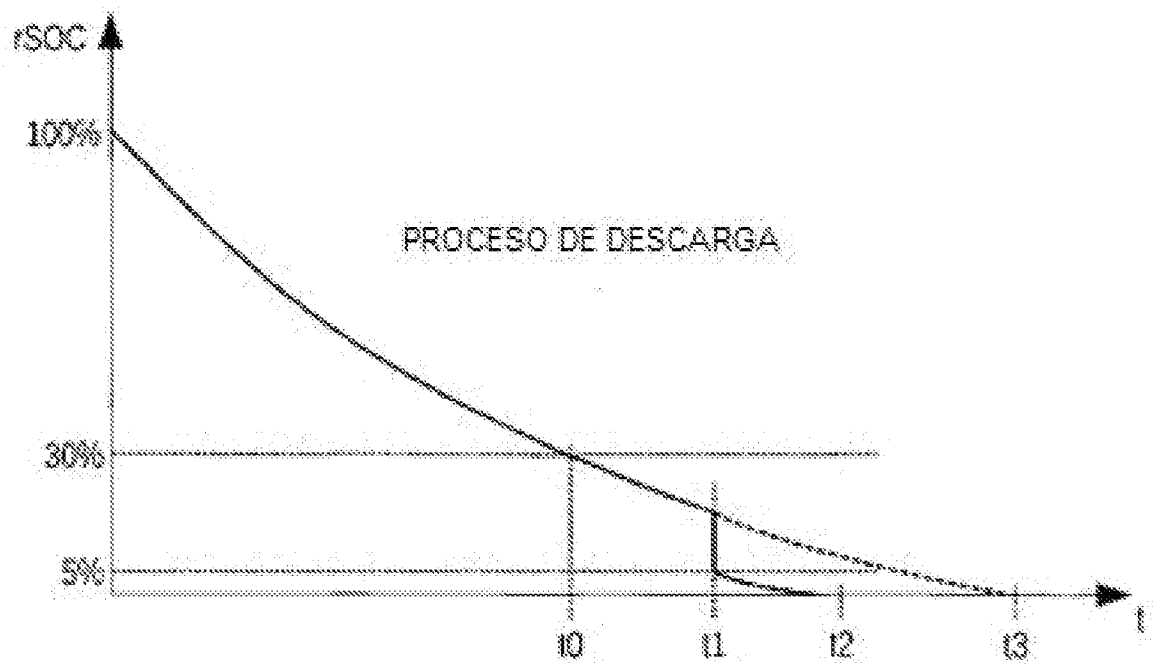


FIG. 1A

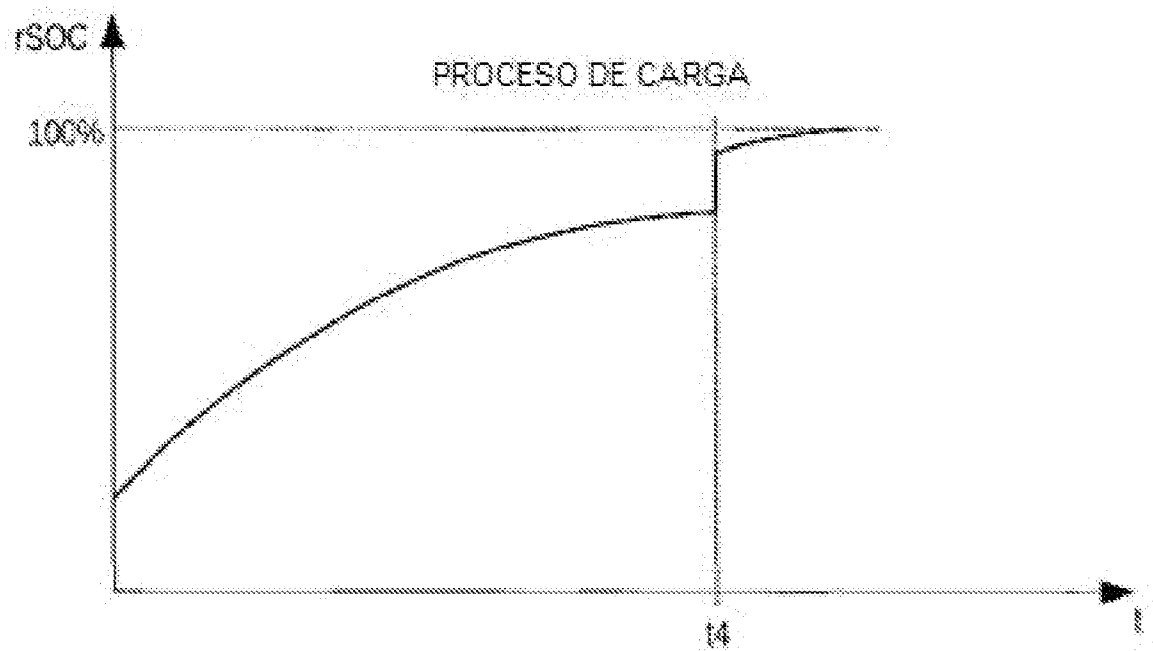


FIG. 1B

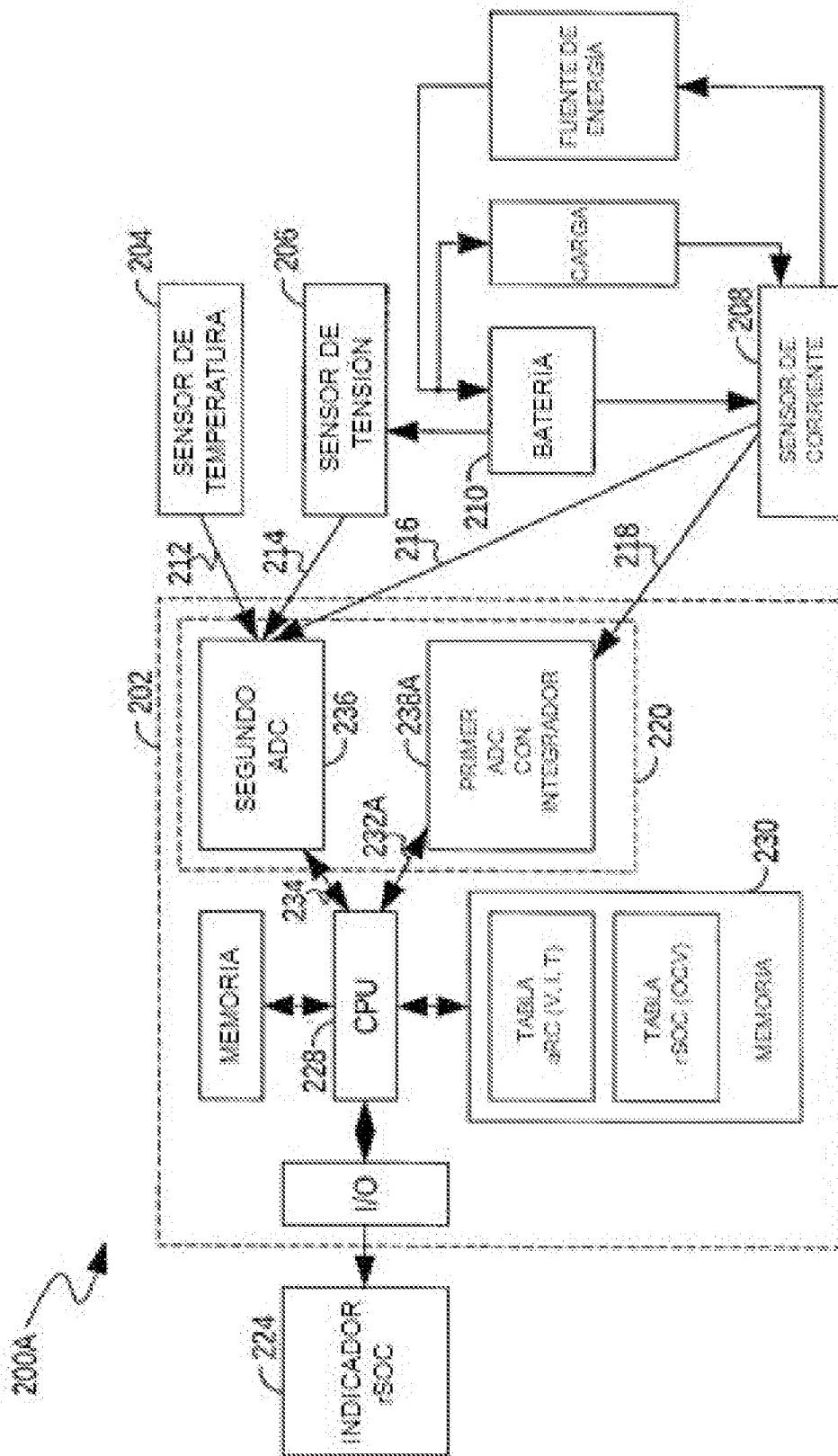


FIG. 2A

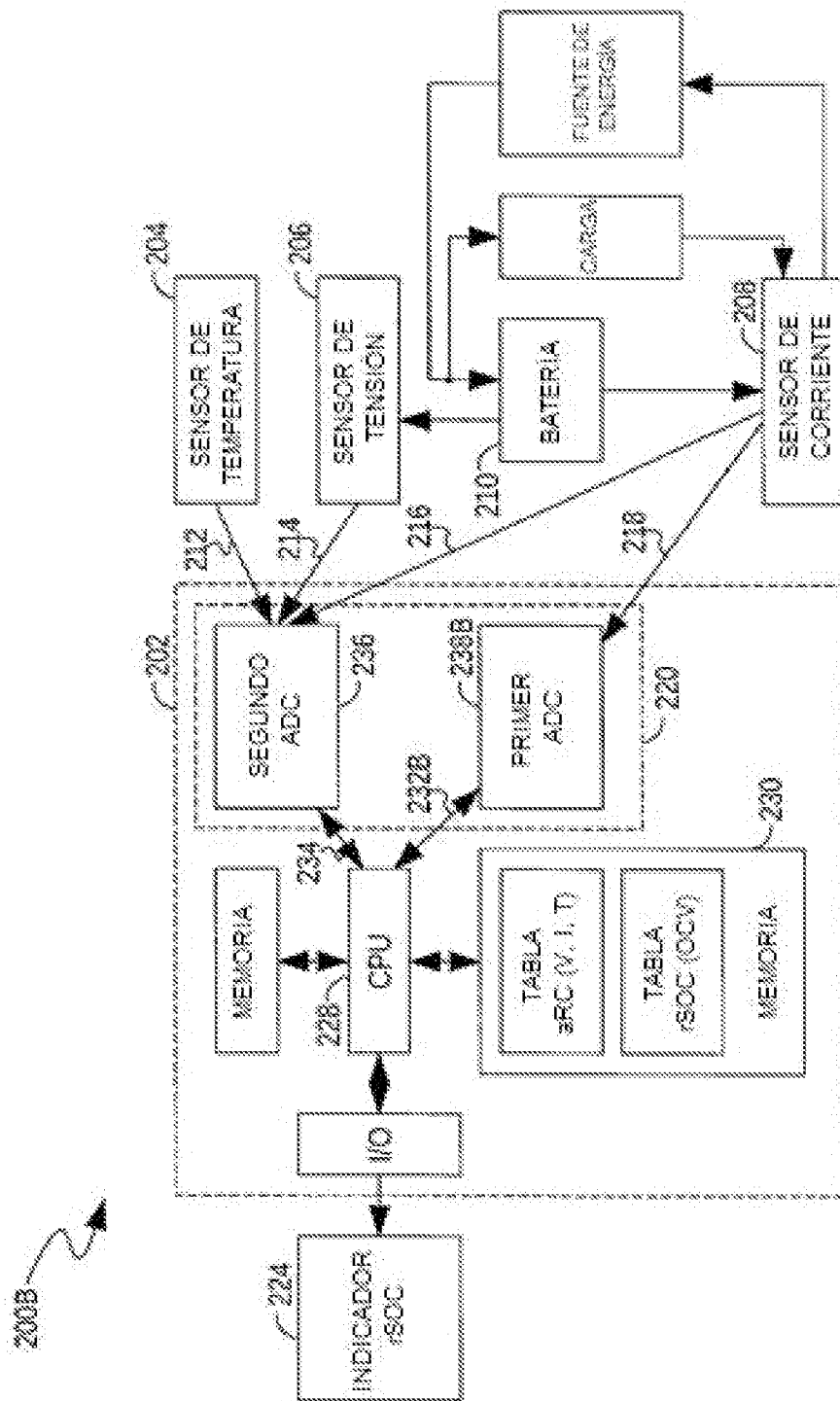


Fig. 2B

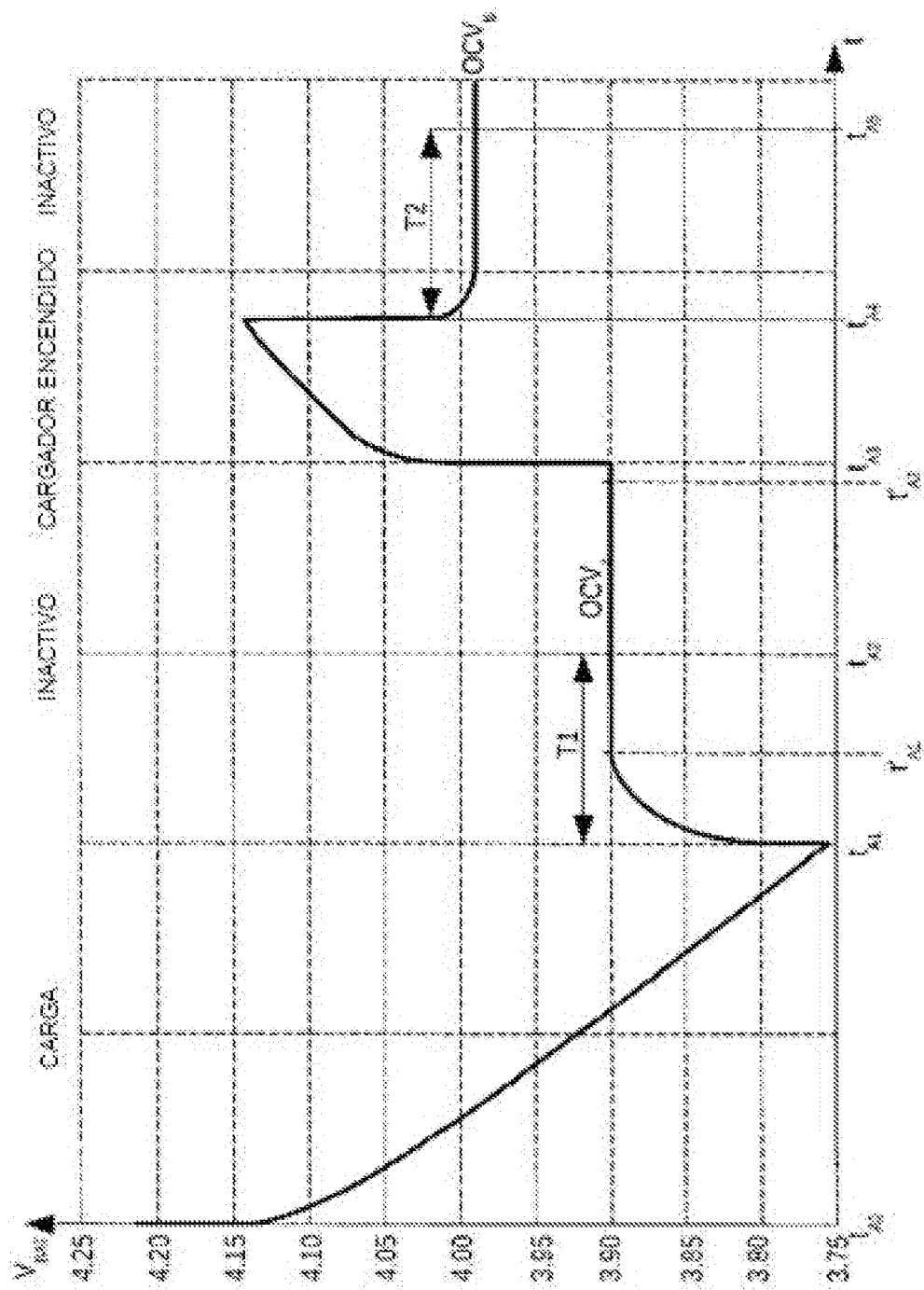


FIG. 3

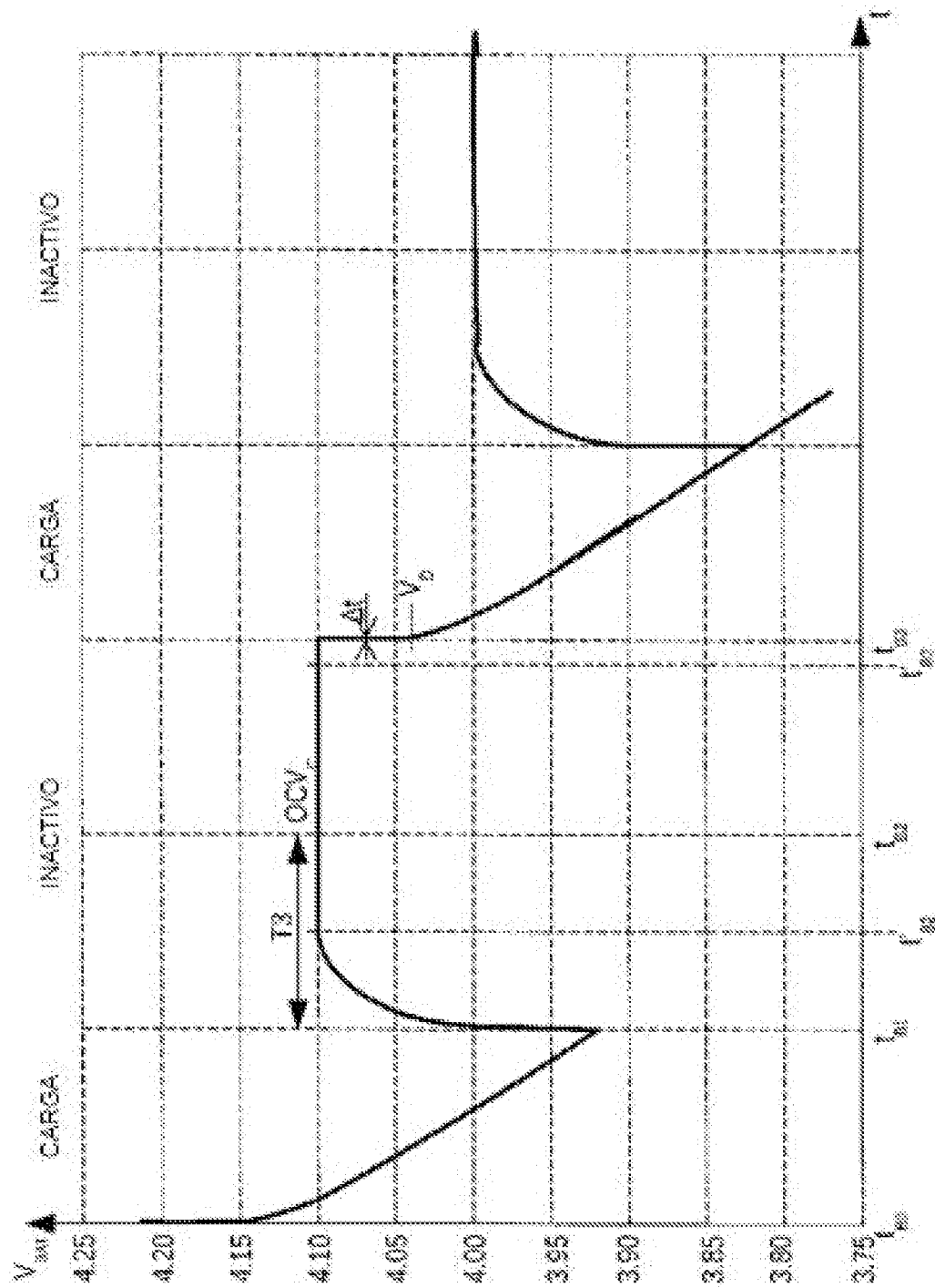


FIG. 4

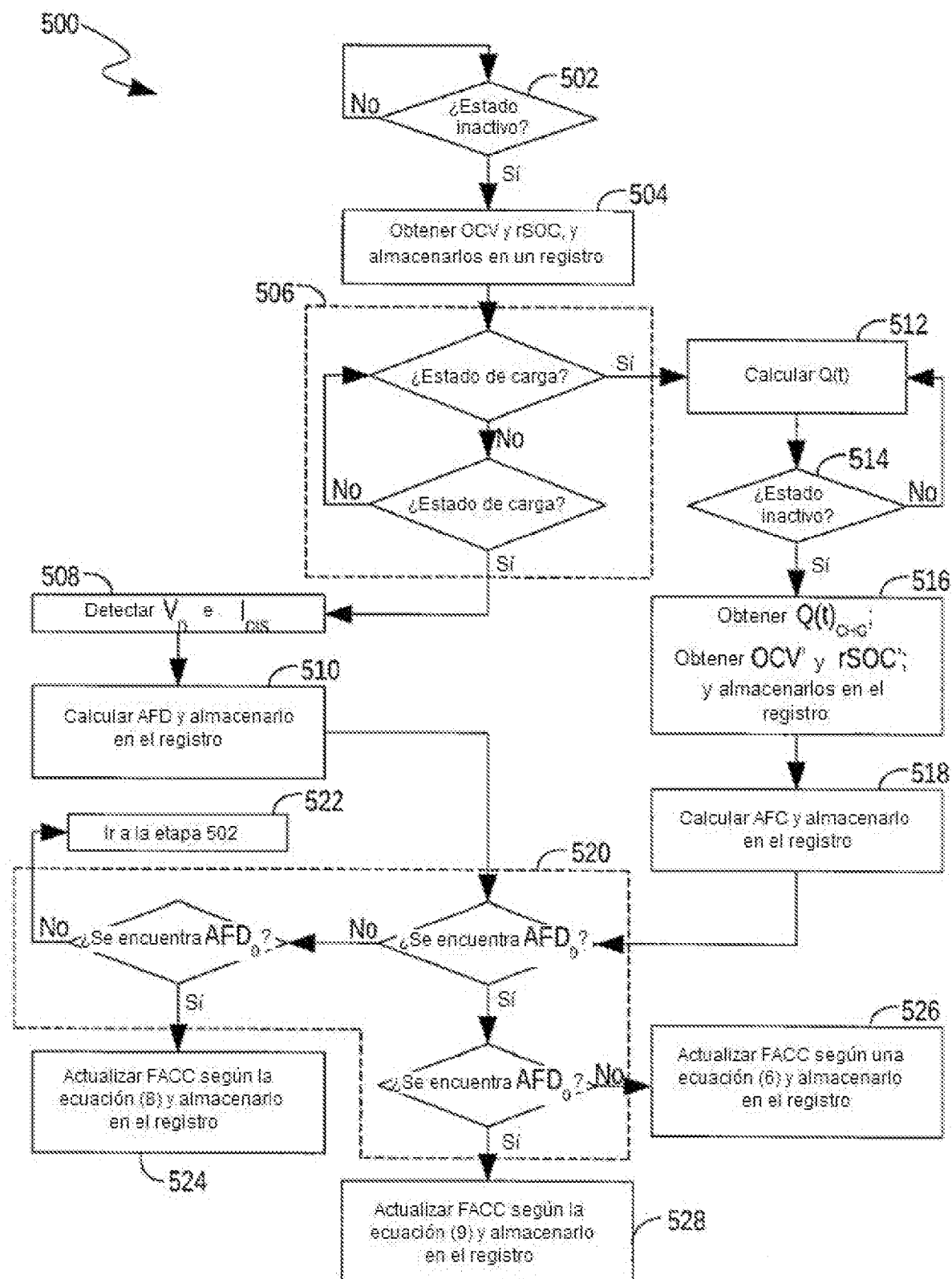


FIG. 5

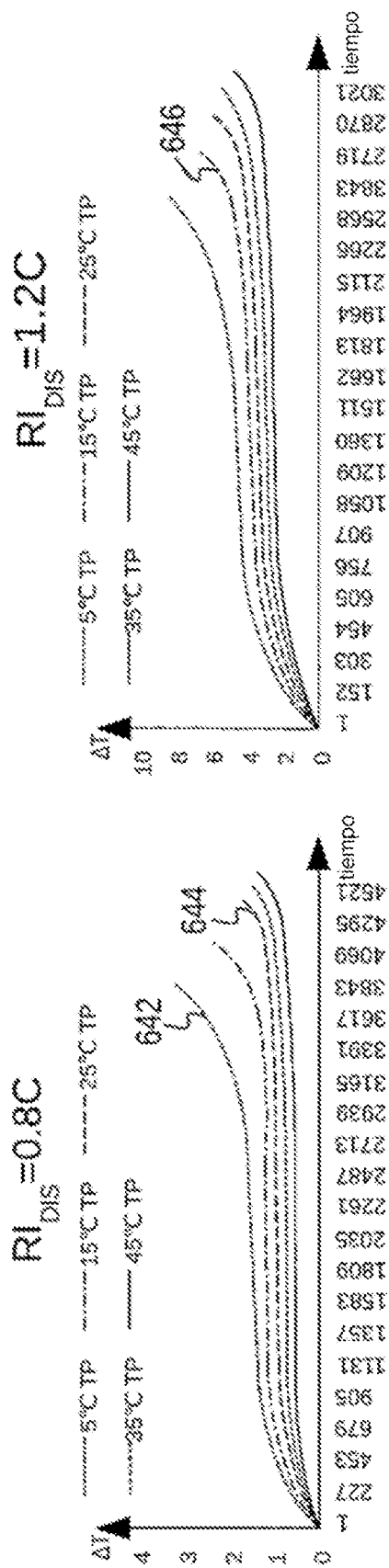


FIG. 6A

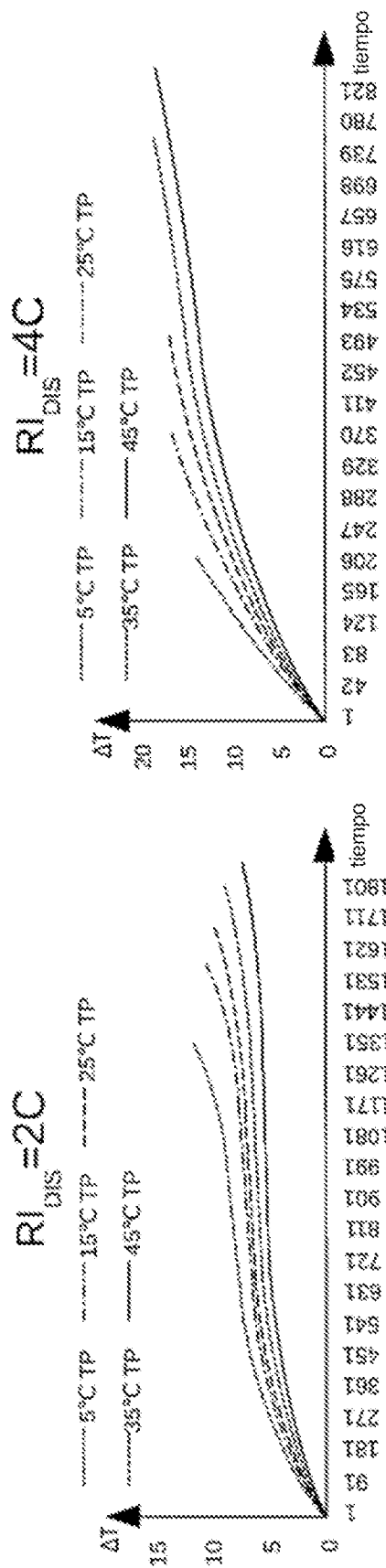


FIG. 6C

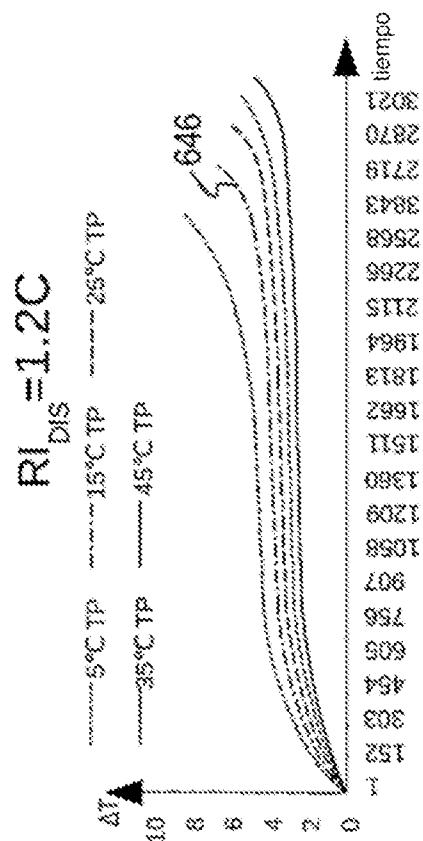


FIG. 6B

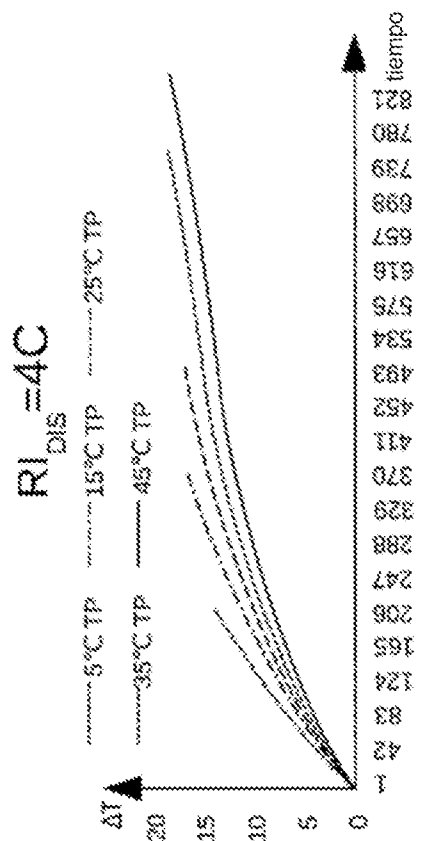


FIG. 6D

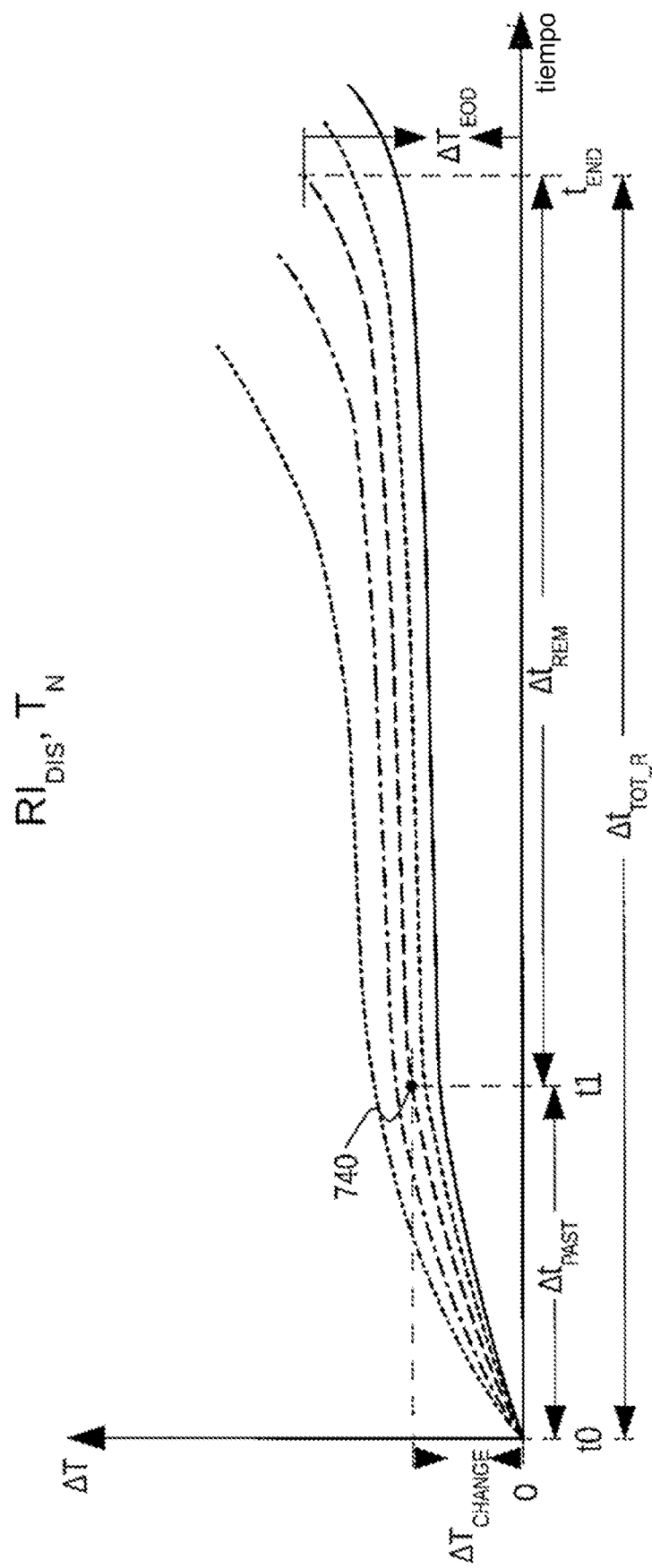


FIG. 7

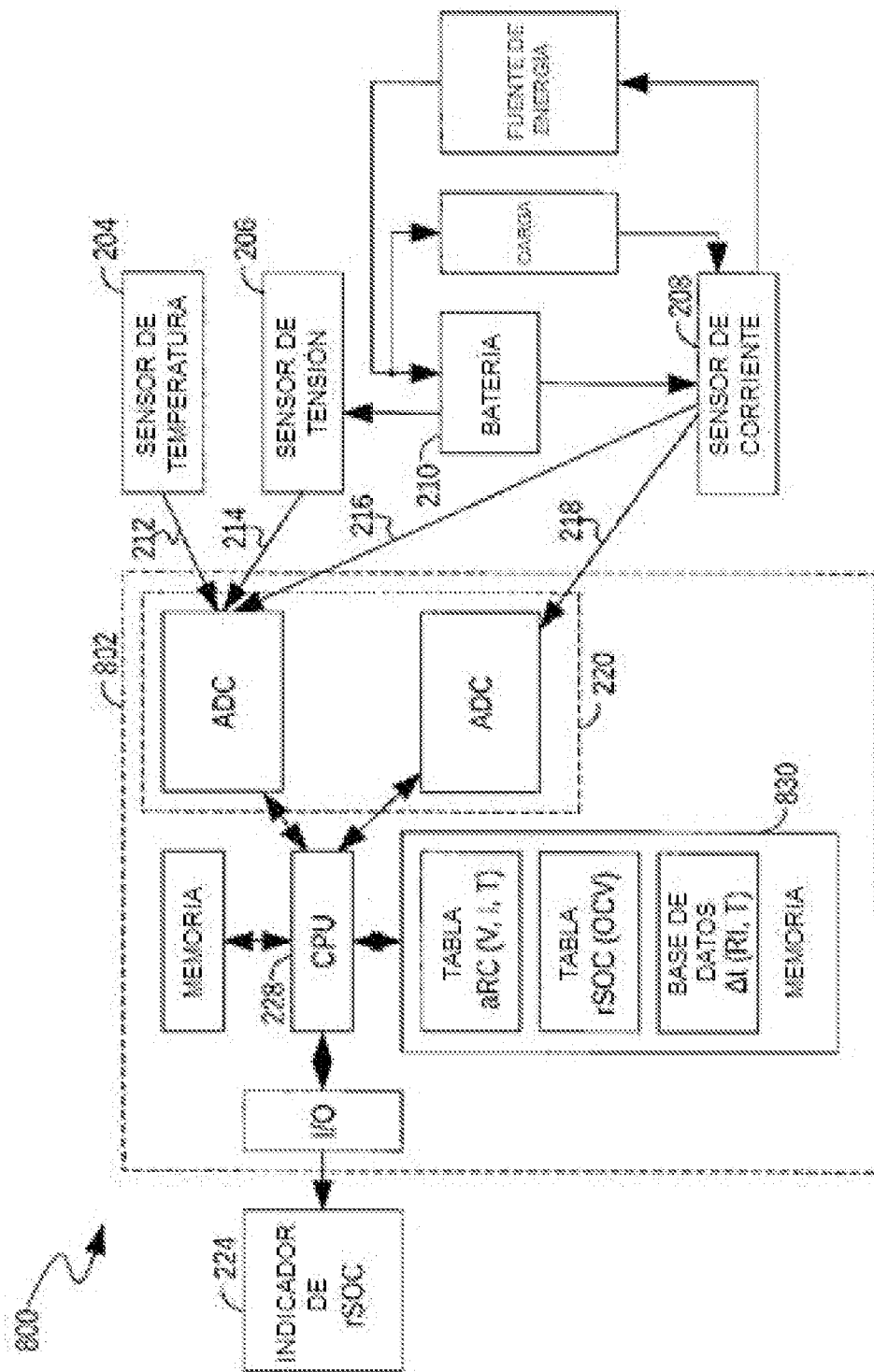


FIG. 8

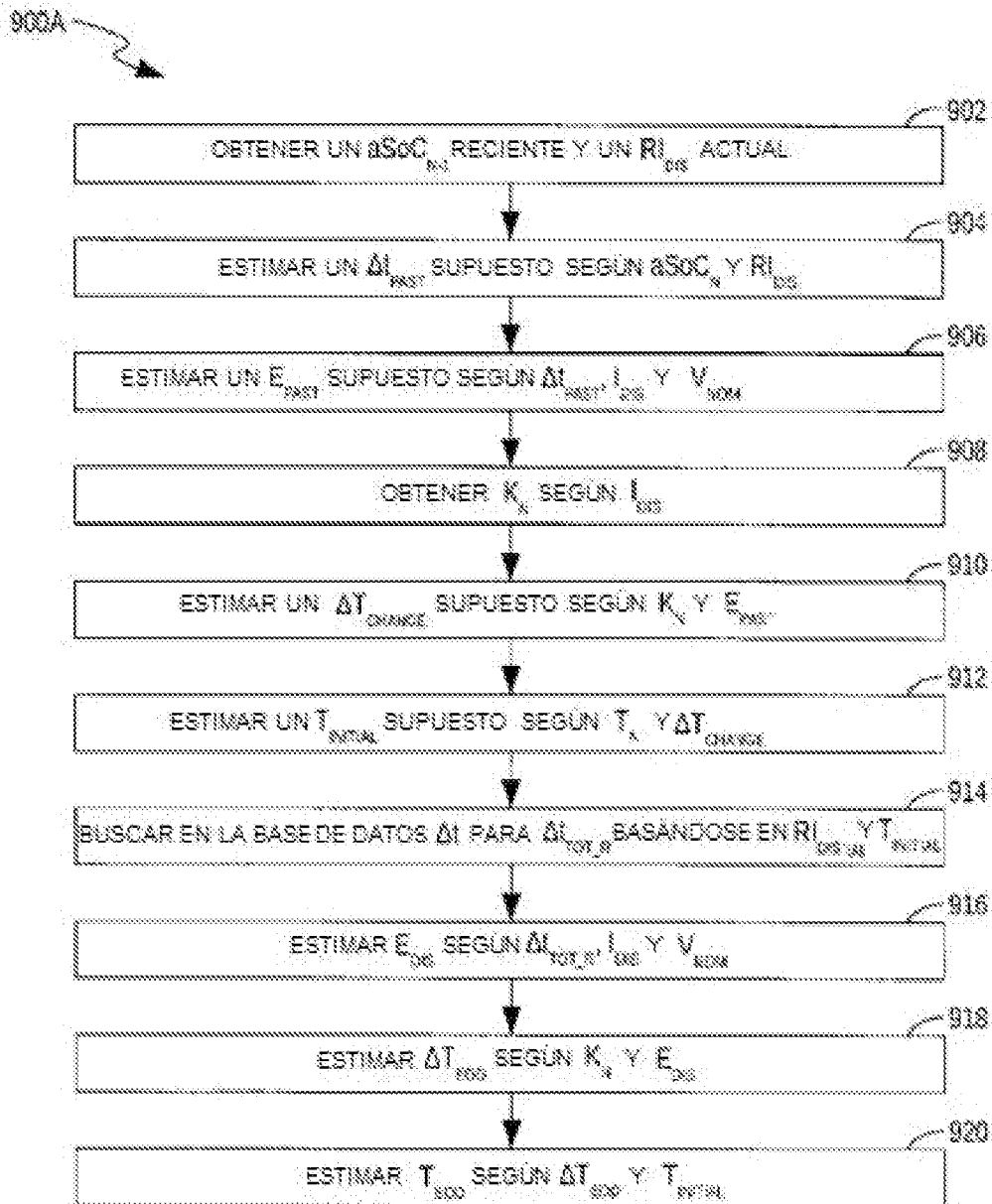


FIG. 9A

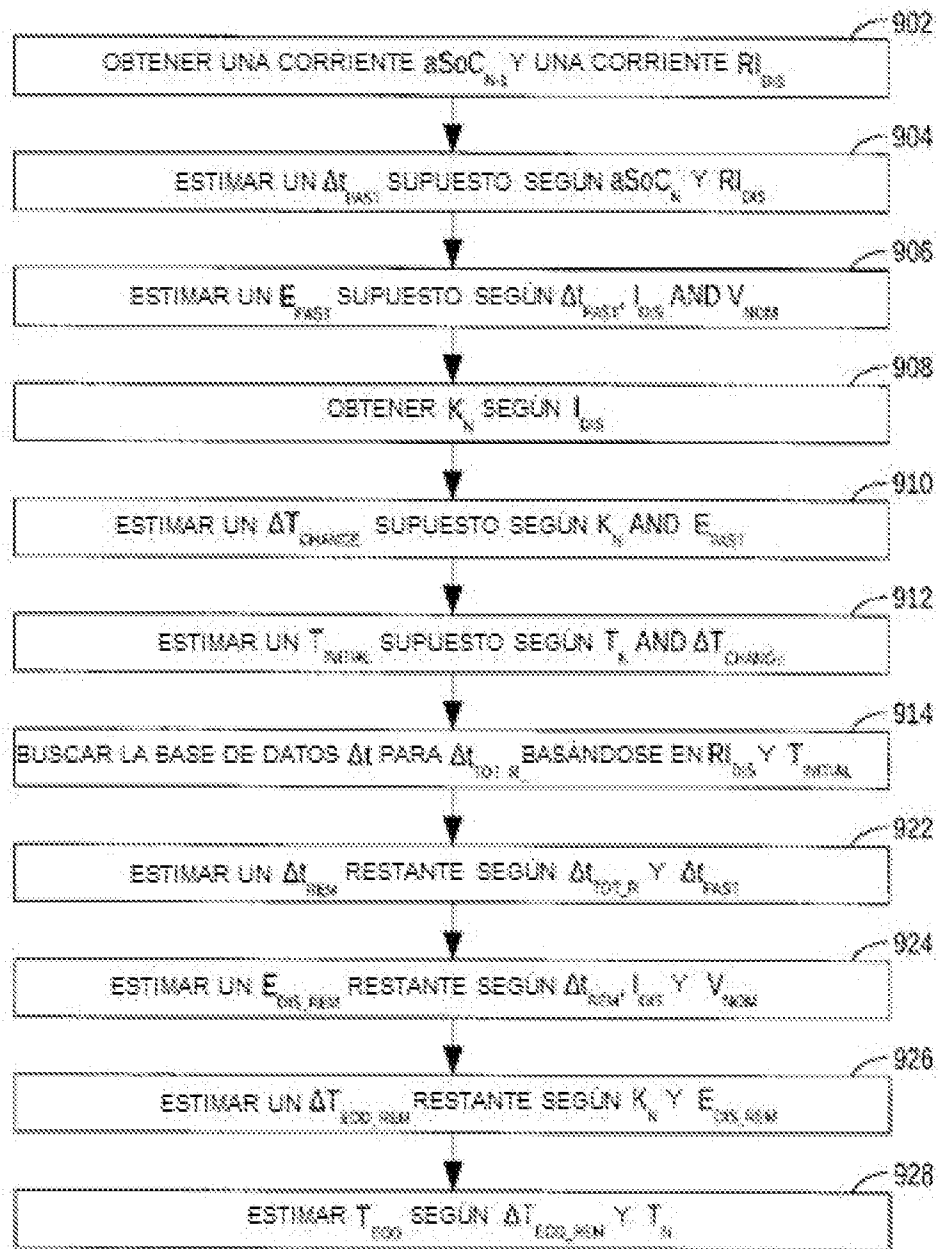


FIG. 9B

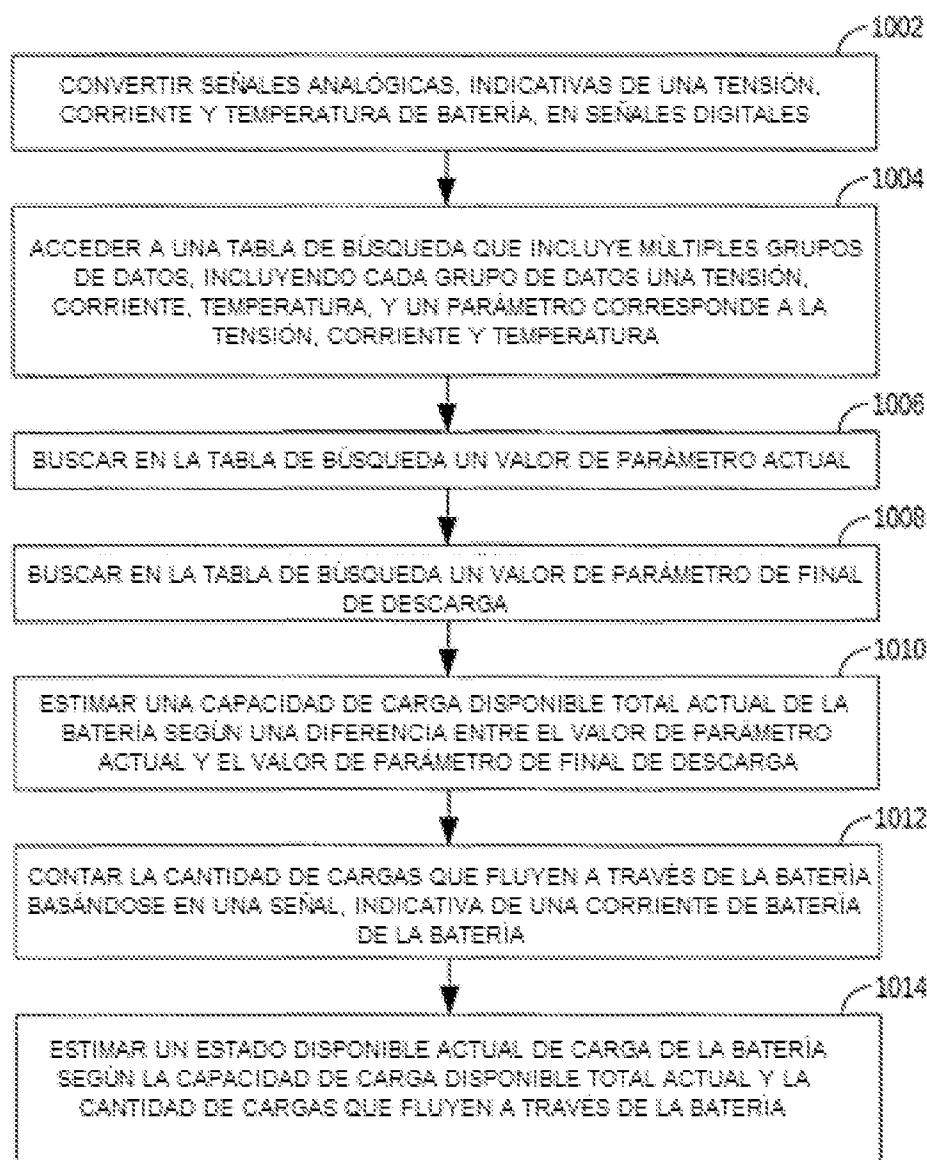


FIG. 10