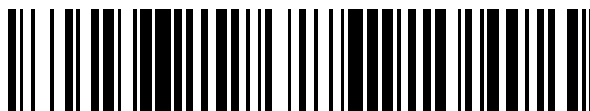


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 108**

51 Int. Cl.:

G06F 1/20 (2006.01)

G06F 1/32 (2009.01)

G01R 31/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.06.2017 PCT/US2017/037502**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2018 WO18009317**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2017 E 17733279 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3482274**

54 Título: **Circuitos y procedimientos que proporcionan calibración para mitigación de temperatura en un dispositivo informático**

30 Prioridad:

08.07.2016 US 201615205678

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

30.06.2020

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**SAEIDI, MEHDI;
ROSHANDELL, MELIKA y
MITTAL, RAJAT**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 770 108 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

Circuitos y procedimientos que proporcionan calibración para mitigación de temperatura en un dispositivo informático

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente solicitud se refiere, en general, a la gestión térmica de un dispositivo informático y, más específicamente, a la calibración de algoritmos de mitigación de temperatura en dispositivos informáticos.

10 ANTECEDENTES

[0002] Un dispositivo informático convencional (p. ej., un teléfono inteligente, una tableta, etc.) puede incluir un sistema en chip (SOC), que tiene un procesador y otros circuitos operativos. Específicamente, un SOC en un teléfono inteligente puede incluir un chip procesador dentro de un paquete, donde el paquete está montado sobre una placa de circuito impreso (PCB) internamente al teléfono. El teléfono incluye una carcasa externa y una pantalla, tal como una pantalla de cristal líquido (LCD). Cuando un usuario humano usa el teléfono toca físicamente la carcasa externa y la pantalla.

[0003] A medida que el SOC funciona, genera calor. En un ejemplo, el SOC dentro de un teléfono inteligente puede alcanzar temperaturas de 80 °C a 100 °C. Además, los teléfonos inteligentes convencionales no incluyen ventiladores para disipar el calor. Durante el uso, tal como el de un usuario humano que está viendo un vídeo en un teléfono inteligente, el SOC genera calor, y el calor se propaga a través de las partes internas del teléfono hacia la superficie externa del teléfono.

[0004] La superficie externa del teléfono a veces se denomina "carátula". La superficie externa incluye la parte de la carcasa externa que está físicamente en el exterior del teléfono, así como cualquier otra parte expuesta externamente, tal como una pantalla LCD. En general, se acepta que la carátula del teléfono no debe alcanzar temperaturas superiores a aproximadamente 40 °C-45 °C debido a razones de seguridad y ergonómicas. Como se indica anteriormente, el SOC dentro del teléfono inteligente puede alcanzar temperaturas de 80 °C a 100 °C, aunque la temperatura del SOC no se perciba directamente en la carátula del teléfono. En cambio, la disipación de calor dentro del teléfono a menudo significa que la temperatura de carátula del teléfono está a una temperatura más baja que la temperatura del SOC. Además, mientras que los cambios en la temperatura del SOC pueden ser relativamente rápidos (por ejemplo, de segundos), los cambios en la temperatura de carátula del dispositivo pueden ser relativamente lentos (por ejemplo, de decenas de segundos o minutos).

[0005] Los teléfonos inteligentes convencionales incluyen algoritmos para controlar tanto la temperatura del SOC como la temperatura de la carátula reduciendo una frecuencia de funcionamiento del SOC cuando un sensor de temperatura en el SOC alcanza un nivel umbral. Adicionalmente, las propiedades físicas de un modelo de teléfono inteligente y de un teléfono inteligente individual afectan al rendimiento térmico de un teléfono inteligente. Por ejemplo, se espera en general que un teléfono inteligente con un factor de forma delgado experimente altas temperaturas de carátula más rápidamente que un teléfono inteligente que tiene un factor de forma grueso. En un ejemplo adicional, se esperaría en general que un modelo de teléfono inteligente que tiene un espacio de aire o un difusor de calor entre su procesador y su carátula, experimente altas temperaturas de carátula más lentamente que un teléfono inteligente que no tiene un espacio de aire o un difusor de calor. Asimismo, las imperfecciones y defectos de fabricación pueden afectar al rendimiento térmico de un teléfono inteligente determinado al afectar a la resistencia térmica y las rutas de calor entre un procesador de teléfono inteligente y su carátula. Se llama la atención sobre el documento US 2015/346745 A1 que se refiere a unos aspectos de un circuito integrado (CI) que usa un voltaje de escalado. El CI incluye una sección de chip configurada para funcionar usando un voltaje de alimentación escalado. El CI también incluye un sensor configurado para medir una temperatura de la sección de chip. El CI también incluye un circuito de ajuste configurado para ajustar un voltaje de alimentación a un voltaje de alimentación escalado, en el que el voltaje escalado está basado en la temperatura medida. También se proporcionan aspectos de un dispositivo de prueba para un chip. El dispositivo de prueba incluye un sensor configurado para medir una frecuencia de funcionamiento de una sección del chip cuando funciona a una temperatura definida. El dispositivo de prueba también incluye un dispositivo de memoria que comprende una tabla de voltajes escalados, estando configurada la tabla de voltajes escalados para almacenar como una entrada la frecuencia de funcionamiento medida y la temperatura definida.

Se llama otra vez la atención sobre el documento US 2014/249690 A1 que se refiere a la provisión de un procedimiento para realizar la gestión térmica de un dispositivo electrónico. El procedimiento determina un valor de sensación basado en (i) una temperatura del dispositivo electrónico, y (ii) una velocidad de cambio de temperatura del dispositivo electrónico. El procedimiento asocia un nivel de incomodidad de una pluralidad de niveles de incomodidad, en base al valor de sensación determinado, al dispositivo electrónico. Al menos un nivel de incomodidad es dinámicamente ajustable. El nivel de incomodidad especifica una actividad máxima permitida para una unidad de procesamiento del dispositivo electrónico. En algunas implementaciones, el nivel de incomodidad especifica cuánta incomodidad térmica causa el dispositivo electrónico a un usuario del dispositivo electrónico. En algunas implementaciones, cada nivel de incomodidad de los diversos niveles de incomodidad está asociado con un intervalo en particular de valores de

sensación. El valor de la sensación está basado en un modelo de sensación ajustable por el usuario. El modelo de sensación ajustable por el usuario está basado en una de varias constantes de coeficiente térmico.

RESUMEN

[0006] De acuerdo con un modo de realización, un procedimiento incluye generar información de temperatura a partir de una pluralidad de sensores de temperatura dentro de un dispositivo informático, y procesar la información de temperatura para generar etapas de reducción de voltaje en base a una velocidad de cambio observada de la información de temperatura.

[0007] De acuerdo con otro modo de realización, un sistema incluye: un procesador de ordenador configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador, estando instalado el procesador de ordenador en un dispositivo informático; y un dispositivo sensor de temperatura dispuesto dentro del dispositivo informático, estando el dispositivo sensor de temperatura en comunicación con el procesador de ordenador, estando configurado el procesador de ordenador para realizar la siguiente operación: recibir información de temperatura desde el dispositivo sensor de temperatura, calcular un valor de velocidad de incremento de temperatura de unión a partir de la información de temperatura, y establecer unos pasos de reducción de voltaje en base al valor de velocidad de incremento de temperatura de unión.

[0008] De acuerdo con otro modo de realización, un dispositivo informático incluye: medios para detectar temperatura en una pluralidad de ubicaciones dentro de una carcasa externa del dispositivo informático, medios para calcular una velocidad de incremento de temperatura de unión a partir de datos de temperatura de los medios sensores de temperatura, medios para analizar una tabla de consulta para seleccionar un valor de tamaño de paso de reducción de voltaje en base la velocidad de incremento de temperatura de unión, y medios para reducir un voltaje de funcionamiento por el valor de tamaño de paso de reducción de voltaje.

[0009] De acuerdo con otro modo de realización, un procedimiento incluye: recopilar datos de temperatura de una pluralidad de sensores de temperatura internos a una carcasa de un dispositivo informático durante un primer período de tiempo, medir una velocidad de incremento de temperatura del dispositivo informático a partir de los datos de temperatura, usar la velocidad de incremento de temperatura como clave para seleccionar un valor de una estructura de datos, en el que el valor incluye un tamaño de paso de voltaje, y reducir un voltaje de funcionamiento del dispositivo informático por el tamaño de paso de voltaje.

[0010] La invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Otros aspectos de la invención se describen en líneas generales en las reivindicaciones dependientes. Cuando se usa el término modo de realización para describir combinaciones de características no reivindicadas, debe entenderse que el término se refiere a ejemplos útiles para comprender la presente invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0011]

La figura 1 es una ilustración de un ejemplo de dispositivo informático que puede realizar un procedimiento de acuerdo con diversos modos de realización.

La figura 2 es una ilustración de un ejemplo de arquitectura interna del dispositivo informático de la figura 1, de acuerdo con un modo de realización.

La figura 3 es una ilustración de un ejemplo de procedimiento de calibración para un algoritmo de mitigación de temperatura que se va a usar en el dispositivo informático de la figura 1.

La figura 4 es una ilustración de un ejemplo de tabla de consulta que se puede usar para calibrar un algoritmo de mitigación de temperatura de acuerdo con unas velocidades de cambio de temperatura, tales como unas velocidades de incremento de temperatura de unión y unas velocidades de incremento de temperatura de carátula, de acuerdo con un modo de realización.

La figura 5 es una ilustración de un ejemplo de velocidades de incremento de temperatura de un dispositivo informático, de acuerdo con un modo de realización.

La figura 6 es una ilustración de un ejemplo de pasos de reducción de voltaje que se pueden aplicar mediante un algoritmo de mitigación de temperatura, de acuerdo con un modo de realización.

La figura 7 es una ilustración de un diagrama de flujo de un ejemplo de procedimiento de mitigación térmica.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0012] Diversos modos de realización proporcionados en el presente documento incluyen sistemas y procedimientos para calibrar la mitigación de temperatura de un dispositivo informático. Por ejemplo, diversos modos de realización descritos en el presente documento capturan propiedades físicas de un dispositivo informático fabricado y usan esas propiedades físicas para calibrar un proceso de mitigación de temperatura del dispositivo informático.

[0013] En un modo de realización, un procesador de ordenador incluye un número de chips de circuito integrado (por ejemplo, un SOC que tiene un número de núcleos de procesamiento, un circuito integrado de gestión de energía (PMIC) y similares). Los chips están dispuestos dentro de un dispositivo informático, tal como un teléfono inteligente. El dispositivo informático también incluye una batería, una placa de circuito impreso que aloja los chips, una pantalla táctil y una carcasa externa, entre otras cosas. La fuente de alimentación, por ejemplo, un PMIC, convierte el voltaje y la corriente de la batería en un voltaje y una corriente que los otros chips pueden usar. A medida que los chips funcionan, generan calor.

[0014] El calor de los chips se difunde por todo el dispositivo informático de acuerdo con las propiedades de conducción de calor de los materiales físicos que componen el dispositivo informático. Sin embargo, en general se espera que la carátula del dispositivo informático no esté tan caliente como los chips, al menos en condiciones de funcionamiento habituales. El sistema incluye uno o más procesos que realizan un seguimiento de unos sensores de temperatura dentro de los chips y sobre la placa de circuito impreso y reducen una frecuencia de funcionamiento y/o un voltaje de funcionamiento de uno o más de los chips para mitigar una temperatura de chip y/o una temperatura de carátula.

[0015] Las propiedades físicas del dispositivo informático afectan a la manera en que un algoritmo de mitigación de temperatura se puede usar eficazmente. Por ejemplo, algunos dispositivos informáticos pueden tener propiedades físicas de conducción de calor que permiten que una temperatura de carátula aumente relativamente rápido. En otro ejemplo, un dispositivo informático puede tener propiedades físicas de conducción de calor que permiten que una temperatura detectada en un chip o en la placa de circuito impreso aumente relativamente rápido. La velocidad de cambio de una temperatura se denomina en estos ejemplos velocidad de incremento, de modo que un dispositivo informático fabricado que tiene una velocidad de incremento relativamente alta tiene una alta velocidad de cambio de una temperatura detectada en el chip o la placa o calculada para la carátula.

[0016] En un ejemplo de modo de realización, después de que se fabrique el dispositivo informático, uno o más de los chips ejecuta una prueba de rendimiento informático mientras realiza un seguimiento de las lecturas de temperatura en todo el chip y la placa. El propio dispositivo informático sigue su rendimiento durante la prueba de rendimiento, que incluye un número de instrucciones ejecutadas, un tiempo para mitigación con valores de mitigación térmica predeterminados, unas velocidades de incremento de temperatura y similares. Las velocidades de incremento de temperatura y el tiempo para mitigación proporcionan una indicación de las propiedades térmicas del dispositivo informático. El dispositivo informático procesa la información de temperatura y los otros resultados de la prueba de rendimiento informático para generar valores de parámetros para un algoritmo de mitigación de temperatura del teléfono inteligente. Por ejemplo, el procesador puede establecer puntos de ajuste de temperatura de unión, puntos de ajuste de temperatura de carátula, incrementos de ajuste de frecuencia y de temperatura, velocidades de interrogación de sensor de temperatura y similares, en base a los datos de la prueba de rendimiento.

[0017] Dicha calibración se puede realizar en cualquier momento apropiado, tal como después de la fabricación pero antes de la expedición, de forma periódica, tal como una vez al año o en otros momentos. Diversos modos de realización pueden proporcionar ventajas con respecto a los sistemas y técnicas convencionales. Por ejemplo, diversos modos de realización descritos en el presente documento pueden proporcionar un algoritmo de mitigación de temperatura específico del dispositivo usando las propiedades físicas de un dispositivo en particular para establecer su algoritmo de mitigación de temperatura. Esto contrasta con los sistemas convencionales que pueden usar un mismo algoritmo de mitigación de temperatura para cada teléfono que usa un mismo chip o para todos los teléfonos individuales construidos con el mismo número de modelo. En consecuencia, diversos modos de realización descritos en el presente documento pueden adaptar mejor la mitigación de la temperatura a las propiedades individuales de un dispositivo que pueden ser el resultado de variaciones de fabricación, daños durante el uso y similares.

[0018] Se pueden realizar diversos modos de realización mediante hardware y/o software en un dispositivo informático. Por ejemplo, algunos modos de realización incluyen algoritmos de hardware y/o software realizados por un procesador, que puede formar parte de un SOC, en un dispositivo informático mientras el dispositivo está funcionando. El ajuste de los valores de parámetros del algoritmo térmico incluye almacenar datos en un medio legible por ordenador. Por ejemplo, diversos modos de realización pueden incluir memoria no volátil o volátil reservada en un chip de circuito integrado de un dispositivo informático para almacenar puntos de ajuste de temperatura de unión, puntos de ajuste de temperatura de carátula, valores de paso de reducción de voltaje y frecuencia y velocidades de interrogación de sensor de temperatura. La figura 3, a continuación, proporciona una visión general de un ejemplo de proceso.

[0019] La figura 1 es un diagrama simplificado que ilustra un ejemplo de dispositivo informático 100 en el que se pueden implementar diversos modos de realización. En el ejemplo de la figura 1, el dispositivo informático 100 que se muestra es un teléfono inteligente. Sin embargo, el alcance de los modos de realización no está limitado a un teléfono

inteligente, ya que otros modos de realización pueden incluir una tableta, un ordenador portátil u otro dispositivo apropiado. De hecho, el alcance de los modos de realización incluye cualquier dispositivo informático en particular, tanto si es móvil como si no. Los modos de realización que incluyen dispositivos alimentados por batería, tales como tabletas y teléfonos inteligentes, se pueden beneficiar de los conceptos descritos en el presente documento.

Específicamente, los conceptos descritos en el presente documento proporcionan técnicas para gestionar el calor que se genera dentro del dispositivo informático 100 y que se disipa también fuera del dispositivo informático 100, proporcionando de este modo comodidad y seguridad para un usuario humano y ahorrando energía de batería.

[0020] Como se muestra en la figura 1, el dispositivo informático 100 incluye una superficie externa o carátula 120, que se puede esperar que entre en contacto con las manos u otras partes del cuerpo de un usuario humano. La superficie externa 120 incluye, por ejemplo, superficies metálicas y superficies de plástico y las superficies que forman la unidad de pantalla 110. En un ejemplo, la unidad de pantalla 110 incluye una pantalla táctil capacitiva de cristal líquido (LCD), que puede estar fabricada en vidrio, plástico, zafiro o vidrio recubierto de plástico, etc. Por lo tanto, la superficie externa 120 incluye las diversas superficies externas, tales como la unidad de pantalla 110 y las otras partes de la carcasa externa. La cubierta posterior del dispositivo informático 100 incluye otra parte de la superficie externa del dispositivo, y específicamente otra parte de la carcasa externa, que puede estar dispuesta en un plano paralelo a un plano de la unidad de pantalla 110.

[0021] La figura 2 ilustra un ejemplo de disposición de algunos componentes externos e internos del dispositivo informático 100, de acuerdo con un modo de realización. En este ejemplo, el procesador de ordenador del dispositivo informático está implementado en un sistema en chip (SOC) dentro de un paquete 220, y el paquete 220 está montado en una placa de circuito impreso 210 y dispuesto dentro de la carcasa física del dispositivo informático 100. Una capa de difusor de calor e interferencia electromagnética (EMI) 230 está dispuesta encima del paquete SOC 220, y la cubierta posterior 240 está dispuesta sobre la capa 230. El paquete 220 que incluye el procesador puede estar montado en un plano paralelo a un plano de la superficie de pantalla y un plano de la cubierta posterior 240.

[0022] Aunque no se muestra en la figura 2, se entiende que el dispositivo informático 100 puede incluir otros componentes, tales como una batería, otras placas de circuito impreso, otros chips de circuito integrado y los paquetes de chip, y similares. La batería, las placas de circuito impreso y los chips de circuito integrado están dispuestos dentro del dispositivo informático 100 de modo que están encerrados dentro de la carcasa física del dispositivo informático 100, como se indica, mediante la superficie externa 120.

[0023] A medida que el procesador de ordenador y otros chips funcionan, generan calor, que se disipa por toda la estructura física del dispositivo informático 100. Dependiendo de las propiedades térmicas específicas del dispositivo informático 100, el calor de funcionamiento del procesador dentro del paquete SOC 220 puede alcanzar temperaturas molestas o casi molestas en la superficie externa 120 del dispositivo informático 100, y las situaciones de exceso de calor pueden amenazar la integridad del paquete 220 o los dispositivos semiconductores dentro del paquete 220. En consecuencia, el dispositivo informático 100 incluye sensores de temperatura localizados en todas partes. Se muestran unos ejemplos de sensores de temperatura marcados como T_{J1} , T_{J2} y T_{J3} . Los sensores de temperatura T_{J1} y T_{J2} están implementados dentro del SOC del paquete 220, mientras que el sensor de temperatura marcado como T_{J3} está implementado en una superficie de la placa de circuito impreso 210.

[0024] Diversos modos de realización pueden incluir cualquier número de sensores de temperatura según corresponda. Por ejemplo, un SOC puede incluir una pluralidad de núcleos, tales como una unidad central de procesamiento (CPU), una unidad de procesamiento de gráficos (GPU), un núcleo de cámara, un núcleo de módem y similares. En dicho modo de realización, cada núcleo puede incluir al menos uno (y posiblemente más) sensores de temperatura. Dicha disposición puede ser ventajosa, porque diferentes núcleos funcionarán en diferentes tiempos y con diferentes intensidades, dependiendo de una aplicación determinada.

[0025] T_J significa temperatura de unión, y en cualquier tiempo determinado una temperatura de unión se refiere a una lectura de temperatura más alta por cualquiera de los sensores. Por ejemplo, si el sensor de temperatura T_{J2} lee la temperatura más alta de los tres sensores de temperatura, el valor de esa lectura de temperatura es la temperatura de unión. A medida que el dispositivo informático 100 funciona, la temperatura de unión puede cambiar, y el sensor en particular que lee la temperatura de unión puede cambiar. Además, aunque el dispositivo informático 100 no incluye un sensor de temperatura en la cubierta posterior 240 o la pantalla 110, el procesador dentro del paquete SOC 220 puede incluir algoritmos para calcular una temperatura de carátula (T_{skin}) en base a las lecturas de temperatura de los sensores T_{J1} - T_{J3} .

[0026] El procesador de ordenador dentro del paquete SOC 220 proporciona funcionalidad para controlar el calor generado dentro del dispositivo informático 100 mediante uno o más algoritmos para realizar un seguimiento de las temperaturas en los diversos sensores, incluyendo una temperatura de unión, y emprender la acción apropiada. Por ejemplo, uno o más algoritmos pueden seguir las temperaturas de los sensores de temperatura y reducir un voltaje y/o una frecuencia de funcionamiento del procesador en el paquete 220 cuando la temperatura de unión sobrepasa uno o más puntos de ajuste. De forma similar, el mismo algoritmo o uno similar puede seguir un valor para T_{skin} y puede reducir un voltaje y/o una frecuencia de funcionamiento del procesador en el paquete 220 cuando T_{skin} sobrepasa uno o más puntos de ajuste.

[0027] La figura 3 es una ilustración del proceso 300 para calibrar un algoritmo de mitigación de temperatura, adaptado de acuerdo con un modo de realización. El proceso comienza con la acción 310, "Ejecutar pruebas A, B, C". Algunos modos de realización pueden incluir ejecutar una única prueba de rendimiento informático o más de una prueba de rendimiento, y cualquier número de pruebas de rendimiento que puedan ser apropiadas se pueden ejecutar en diversos modos de realización. Un ejemplo de prueba incluye el millón de instrucciones por segundo de Dhrystone (DMIPS), que incluye ejecutar una variedad de patrones de prueba en un teléfono inteligente u otro dispositivo de procesamiento y registrar los resultados.

[0028] A medida que se ejecutan una o más pruebas de rendimiento en el dispositivo informático, el dispositivo informático puede reducir una frecuencia de funcionamiento y/o un voltaje de funcionamiento de acuerdo con unos valores predeterminados en un algoritmo de mitigación de temperatura. Un ejemplo de algoritmo de mitigación de temperatura que se puede usar en algunos modos de realización incluye el escalado dinámico de reloj y voltaje (DCVS), en el que un algoritmo de mitigación de temperatura verifica los sensores de temperatura de acuerdo con una velocidad de interrogación y, a continuación, reduce una frecuencia de funcionamiento y un voltaje de funcionamiento de acuerdo con unos puntos de ajuste de T_J y unos puntos de ajuste de T_{skin} . A medida que T_J y/o T_{skin} disminuyen, el algoritmo puede incrementar la frecuencia de funcionamiento y/o el voltaje de funcionamiento. Además, la frecuencia de funcionamiento y/o el voltaje de funcionamiento aumentan o disminuyen de acuerdo con pasos o incrementos establecidos, como se explica con más detalle a continuación. Los diversos modos de realización pueden incluir usar cualquier algoritmo de mitigación de temperatura, y en el presente documento el DCVS se menciona como ejemplo.

[0029] A medida que el dispositivo informático ejecuta las pruebas de rendimiento, el algoritmo de mitigación de temperatura puede hacer que se ejecuten menos instrucciones por segundo en virtud de la disminución de la frecuencia de funcionamiento. Por lo tanto, un dispositivo informático con propiedades de conducción de calor menos deseables puede experimentar más actividad de mitigación térmica y, de este modo, ejecutar menos instrucciones por segundo que otro dispositivo informático que tenga propiedades de conducción de calor más deseables y ejecute el mismo algoritmo de mitigación de temperatura. A medida que un dispositivo informático ejecuta las pruebas de rendimiento, registra un número de instrucciones ejecutadas, un tiempo para que se produzca una mitigación, unas velocidades de incremento de T_J , unas velocidades de incremento de T_{skin} y cualquier otro valor útil.

[0030] Mientras se ejecutan las pruebas (acción 310) o después de que se ejecuten las pruebas (acción 310), se pueden realizar una o más de las acciones 320-350. La acción 320, "Medir rendimiento", incluye registrar y/o procesar resultados de pruebas que indican el rendimiento informático, tal como millones de instrucciones por segundo. La acción 330, "Medir tiempo para mitigación", incluye registrar y/o procesar resultados de pruebas que indican una cantidad de tiempo que se le permitió ejecutar al dispositivo informático antes de que el algoritmo de mitigación disminuyera la velocidad de procesamiento reduciendo una frecuencia de funcionamiento, reduciendo un voltaje o similares. Adicionalmente, el procedimiento 300 incluye además la acción 340, "Medir velocidad de incremento de T_J ", que incluye registrar y/o procesar resultados de pruebas que indican la velocidad de cambio de temperatura en los sensores de temperatura internos del dispositivo. Las velocidades de incremento más altas indican típicamente que el rendimiento se mitiga antes que en los dispositivos informáticos con velocidades de incremento más bajas. La acción 350 "Medir velocidad de incremento de T_{skin} " incluye usar un algoritmo de estimación de temperatura de carátula que está basado en unos algoritmos de sensor de temperatura y calcular una velocidad de incremento para la temperatura de carátula. Los valores medidos en las acciones 320-350 se pueden usar para calibrar el algoritmo de mitigación de temperatura y las acciones posteriores.

[0031] El procedimiento 300 incluye además las acciones 360, 370, 380 y 390 para actualizar los parámetros del algoritmo de mitigación de temperatura de acuerdo con los valores medidos en las acciones 320-350. Por ejemplo, la acción 360 incluye actualizar los pasos de voltaje y frecuencia usados por el algoritmo de DCVS. En este ejemplo, el algoritmo de DCVS usa un tamaño de paso en particular para reducir o incrementar el voltaje, y ese tamaño de paso se selecciona en base a un número de factores, que incluyen la velocidad de incremento de T_J y/o la velocidad de incremento de T_{skin} .

[0032] Continuando con el ejemplo, a medida que se ejecuta la prueba de rendimiento, el procesador de ordenador sigue la velocidad de incremento de T_J . Con esa velocidad de incremento medida y guardada, el procesador de ordenador selecciona, a continuación, un tamaño de paso de voltaje de la tabla de consulta 365 y usa ese tamaño de paso en el algoritmo de DCVS.

[0033] En la figura 4 se ilustra un ejemplo de tabla de consulta, de acuerdo con un modo de realización. En la figura 4, la tabla de consulta 365 incluye una columna izquierda, que proporciona una selección de tamaños de paso en milivoltios. Una columna derecha proporciona mediciones de velocidad de incremento en grados Celsius por segundo. Cada una de las filas asigna un paso de voltaje de tamaño en particular a una velocidad de incremento medida. Por ejemplo, la entrada 410 asigna un tamaño de paso de 15 mV a una velocidad de incremento de 25 °C por segundo medida. De forma similar, la entrada 440 asigna un tamaño de paso de 65 mV a una velocidad de incremento de 55 °C por segundo medida. Las otras entradas 420, 430 son intermedias entre las entradas de extremo superior e inferior 440 y 410, respectivamente. La tabla 365 ilustrada en la figura 4 es, por supuesto, un ejemplo. Se entiende que otros

modos de realización pueden incluir más o menos entradas, diferentes tamaños de paso y diferentes velocidades de incremento apropiadas para una aplicación en particular.

[0034] La figura 5 ilustra ejemplos de velocidades de incremento de acuerdo con un modo de realización. Las velocidades de incremento incluyen un cambio de temperatura durante un período de tiempo definido, tal como la duración de la prueba de rendimiento. La curva 510 ilustra un ejemplo de velocidad de incremento que podría estar asociada con un dispositivo informático de gama baja que tiene propiedades de conducción térmica menos deseables. En el ejemplo de la curva 510, las propiedades de conducción del dispositivo informático permiten que la temperatura de unión o una T_{skin} calculada aumente relativamente rápido. Por el contrario, la curva 520 ilustra un ejemplo de velocidad de incremento que podría estar asociada con un dispositivo informático de gama alta que tiene propiedades de conducción térmica más deseables. En la curva 520, la temperatura de unión y/o la temperatura de carátula aumentan menos rápidamente. En el presente ejemplo, una velocidad de incremento de temperatura de unión o velocidad de incremento de T_{skin} más alta se asociaría con pasos de voltaje más grandes para controlar la temperatura hasta un nivel aceptable. En consecuencia, la curva 510 está asociada con un paso de voltaje mayor (35 mV) que la curva 520 (15 mV). Esto es consecuente con el ejemplo de tabla de consulta 365 de la figura 4, en la que las velocidades de incremento de temperatura más altas están asociadas con pasos de voltaje más grandes.

[0035] Volviendo al ejemplo de la figura 3, en la acción 360, el procesador de ordenador recibe la medición de velocidad de incremento de T_J de la acción 340 y, a continuación, compara el valor de medición de velocidad de incremento de T_J con las entradas de la tabla de consulta 365. La acción 360 incluye establecer una correspondencia aproximada entre el valor medido para la velocidad de incremento de T_J y las entradas disponibles en la tabla 365, incluyendo redondear a la alta o a la baja, encontrar una correspondencia más cercana o usar otro criterio de selección. En consecuencia, la acción 360 incluye analizar la estructura de datos (en este caso, la tabla 365) para hacer corresponder la velocidad de incremento de T_J observada con un valor de velocidad de incremento de T_J de la tabla, seleccionar el valor de paso de voltaje que se corresponde con el valor de velocidad de incremento de T_J de la tabla y, a continuación, aplicar el valor de paso de voltaje al algoritmo de DCVS. Otros modos de realización pueden, por supuesto, hacer corresponder una velocidad de incremento de T_{skin} observada con unas entradas de una tabla y aplicar un tamaño de paso de voltaje correspondiente además de o en lugar de usar una temperatura de unión. En otras palabras, establecer un tamaño de paso de reducción de voltaje en base a T_{skin} en otros modos de realización funciona de manera similar a la acción 360 usando temperaturas de unión.

[0036] La figura 6 es una ilustración del comportamiento de DCVS durante el funcionamiento normal, de acuerdo con un modo de realización. Específicamente, la acción 360 puede incluir seleccionar y aplicar un tamaño de paso de voltaje apropiado de la tabla de consulta 365 durante la calibración; más tarde, durante el funcionamiento normal, el algoritmo de DCVS exhibe un comportamiento similar al ilustrado en la figura 6, ya que usa el tamaño de paso de voltaje aplicado.

[0037] La figura 6 muestra una tabla 600 que tiene tres columnas, en la que la columna derecha ilustra pasos de voltaje de 50 mV. Específicamente, la diferencia entre el paso 1 y el paso 2 es de 50 mV, y también hay una delta de voltaje de 50 mV entre el paso 2 y el paso 3. Los pasos entre el paso 3 y el paso n no se ilustran específicamente para indicar que el comportamiento de la figura 6 puede incluir cualquier número de pasos. Aunque el paso n está asociado con 650 mV, se entiende que los extremos alto y bajo del comportamiento se pueden establecer en cualquier nivel de voltaje apropiado en diversos modos de realización.

[0038] La columna central indica valores de frecuencia que están asociados con unos niveles y pasos de voltaje respectivos. En general, se espera que un funcionamiento a un voltaje más bajo esté asociado con un funcionamiento a frecuencias de reloj más bajas para asegurar que los bits de datos se capturen correctamente. En consecuencia, el modo de realización de la figura 6 asocia frecuencias de funcionamiento más bajas con voltajes de funcionamiento más bajos. Diversos modos de realización pueden aumentar y disminuir voltajes y frecuencias de reloj como corresponda.

[0039] Por ejemplo, cada una de las filas de la figura 6 puede corresponder a una acción emprendida por el algoritmo de mitigación de temperatura. Entonces, en un ejemplo, cuando una lectura de temperatura en aumento sobrepasa un primer punto de ajuste de temperatura (T_J o T_{skin}), el algoritmo de mitigación de temperatura puede pasar al paso 1 y continuar realizando el seguimiento. Si la temperatura se continúa incrementando o permanece igual durante más de un período de tiempo en particular, entonces el algoritmo de mitigación de temperatura puede pasar al paso 2 y continuar realizando el seguimiento, ya sea para continuar reduciendo el voltaje o para comenzar a incrementar el voltaje después de que la temperatura se estabilice o comience a disminuir.

[0040] La acción 360 también puede incluir seleccionar un tamaño de paso de voltaje en base a la medida de rendimiento o el tiempo para mitigación, en la que un menor tiempo para mitigación puede estar asociado con pasos de voltaje más grandes y en la que un rendimiento medido más alto puede estar asociado con pasos de voltaje más grandes.

[0041] La acción 370 incluye actualizar puntos de ajuste de temperatura y puntos de apagado en base, al menos en parte, a unas velocidades de incremento de T_J (acción 340) y un tiempo para mitigación (acción 330). Los puntos de

ajuste incluyen valores de lectura de temperatura en los diversos sensores de temperatura en los que se puede invocar un algoritmo de mitigación, tal como DCVS. En general, un tiempo más corto para mitigación y una velocidad de incremento mayor darán lugar a puntos de ajuste de temperatura más bajos. La acción 370 puede ser similar a la acción 360, en la medida en que el procesador de ordenador recibe los valores de las acciones 330, 340 y hace corresponder esos valores con la tabla de consulta 375. La acción 370 aplica a continuación las entradas de la tabla de consulta como puntos de ajuste de temperatura.

[0042] La acción 370 puede incluir además actualizar puntos de apagado. En este ejemplo, los puntos de apagado incluyen valores de lectura de temperatura en los que los chips de circuito integrado se pueden desconectar por completo para evitar situaciones de exceso de calor. En general, un tiempo para mitigación más corto y una velocidad de incremento mayor darán lugar a puntos de apagado más bajos. La acción 370 incluye recibir mediante el procesador de ordenador los valores de las acciones 330, 340 y hacer corresponder esos valores dentro de la tabla de consulta 375 para determinar puntos de apagado apropiados y aplicar esos puntos de apagado al algoritmo de mitigación de temperatura.

[0043] La acción 390 incluye actualizar puntos de ajuste de temperatura de carátula como respuesta a las velocidades de incremento de T_{skin} medidas de la acción 350. La acción 390 incluye recibir mediante el procesador de ordenador valores de la acción 350 y hacer corresponder esos valores con unas entradas de la tabla de consulta 395. La acción 390 aplica a continuación unas entradas seleccionadas de la tabla de consulta 395 como puntos de ajuste de temperatura de carátula en el algoritmo de mitigación. Los puntos de ajuste de temperatura de carátula pueden incluir valores de temperatura correspondientes a unas estimaciones de T_{skin} . A medida que el dispositivo informático funciona durante el funcionamiento normal, también puede calcular T_{skin} , y cuando T_{skin} sobrepasa un punto de ajuste, la mitigación de temperatura se puede realizar reduciendo el voltaje de funcionamiento y/o la frecuencia de funcionamiento como se describe anteriormente.

[0044] La acción 380 incluye recibir mediciones de velocidad de incremento de T_J y hacer corresponder esas mediciones con unos valores de la tabla de consulta 385 para determinar unos valores de velocidad de interrogación apropiados. En este ejemplo, las velocidades de interrogación incluyen una frecuencia para adquirir datos de temperatura de los sensores de temperatura. En general, se supone que unas velocidades de incremento de temperatura de unión mayores deberían corresponder a unas velocidades de interrogación más altas para los sensores de temperatura. La acción 380 incluye usar información de velocidad de incremento de T_J medida para determinar unas tasas de interrogación apropiadas y aplicar esas velocidades de interrogación al algoritmo de mitigación de temperatura.

[0045] Los modos de realización pueden incluir realizar el procedimiento 300 durante el proceso de fabricación de un teléfono inteligente en particular u otro dispositivo informático. Esto permite que las políticas térmicas del dispositivo en particular se establezcan de forma individual para ese dispositivo. El procedimiento 300 se puede volver a ejecutar como corresponda, tal como una vez al año u en otros momentos, para ajustar las políticas térmicas. Por el contrario, diversos procesos convencionales incluyen establecer políticas térmicas para modelos de dispositivos, de modo que cada dispositivo de un modelo en particular incluya una misma política térmica.

[0046] Una ventaja de algunos modos de realización que usan el procedimiento 300 para calibrar un algoritmo de mitigación de temperatura es que esos modos de realización pueden aplicar valores en particular a un dispositivo informático fabricado determinado. Por ejemplo, un dispositivo informático fabricado determinado puede tener una variación de fabricación, tal como un espacio de aire entre un paquete de chip y un difusor de calor, que afecta a las propiedades de conducción de calor del dispositivo informático. El procedimiento 300 ejecuta una prueba de rendimiento y, a continuación, realiza una calibración para determinar valores adecuados para ese dispositivo informático fabricado. Otros dispositivos informáticos fabricados en la misma instalación e incluso con el mismo número de modelo pueden tener características de conducción de calor diferentes debido a la variación de fabricación y, en consecuencia, pueden incluir valores de mitigación de temperatura algo diferentes más favorables para esos dispositivos individuales.

[0047] En la figura 7 se ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo de procedimiento 700 de provisión de mitigación térmica. En un ejemplo, una unidad de gestión térmica, que puede incluir funcionalidad de hardware y/o software en un procesador del dispositivo informático, realiza el procedimiento 700. En algunos ejemplos, una unidad de gestión térmica incluye unos circuitos de procesamiento que ejecutan instrucciones legibles por ordenador para recibir datos de temperatura desde sensores de temperatura en el dispositivo informático y para realizar una función de calibración y una función de mitigación de temperatura de acuerdo con un algoritmo en particular.

[0048] El modo de realización de la figura 7 incluye realizar las acciones 710-740 durante una operación de calibración. Por ejemplo, la acción 710-740 se puede realizar como respuesta a la ejecución de una prueba de rendimiento informática y la captura de valores durante esa prueba de rendimiento informática. La acción 750 se puede realizar durante el funcionamiento normal, usando el algoritmo de mitigación de temperatura calibrado.

[0049] En la acción 710, la unidad de gestión térmica lee datos de detección de temperatura de los sensores de temperatura en los chips de circuito integrado y en la placa de circuito impreso. Los ejemplos se muestran

anteriormente en la figura 2, donde los sensores de temperatura se indican como T_{J1} - T_{J3} . La acción 710 de este ejemplo puede incluir interrogar los sensores de temperatura a una velocidad predeterminada durante una prueba de rendimiento informática. La acción 710 también puede incluir medir el rendimiento, medir un tiempo para mitigación usando unos valores de mitigación de temperatura predeterminados, medir una velocidad de incremento de T_J y medir una velocidad de incremento de T_{skin} , como se describe anteriormente con respecto a las acciones 320-350 de la figura 3.

[0050] En la acción 720, la unidad de gestión térmica analiza una estructura de datos para hacer corresponder una velocidad de cambio observada de la información de temperatura con un valor de velocidad de cambio de información de temperatura en particular en la estructura de datos. Por ejemplo, en los ejemplos anteriores, la velocidad de cambio de la información de temperatura incluye una velocidad de incremento. Además, en el ejemplo anterior, la unidad de gestión térmica examina una tabla de consulta usando la velocidad de incremento de T_J (o la velocidad de incremento de T_{skin}) como clave para encontrar una entrada en la tabla correspondiente a un valor de velocidad de incremento que sea aproximadamente correspondiente. En otras palabras, la velocidad de incremento se puede usar como clave en un par clave-valor para seleccionar una entrada de la tabla. Los ejemplos anteriores usan una tabla de consulta como la estructura de datos, pero el alcance de los modos de realización no está tan limitado. Otros modos de realización pueden usar diferentes estructuras de datos cuando corresponda.

[0051] En la acción 730, la unidad de gestión térmica selecciona un primer valor de paso de reducción de voltaje correspondiente al valor de velocidad de cambio de información de temperatura en particular en la estructura de datos. Anteriormente se proporciona un ejemplo con respecto a la figura 4, en el que cada uno de los valores de paso de reducción de voltaje de la columna izquierda corresponde a un valor de velocidad de incremento respectivo de la columna derecha. En la acción 730, la unidad de gestión térmica selecciona un valor de paso de reducción de voltaje como respuesta al análisis de la acción 720.

[0052] En la acción 740, la unidad de gestión térmica aplica el primer valor de paso de reducción de voltaje al algoritmo de mitigación de temperatura. Por ejemplo, la unidad de gestión térmica puede almacenar una indicación del primer valor de paso de reducción de voltaje en memoria no volátil en un chip del dispositivo informático.

[0053] En la acción 750, la unidad de mitigación térmica reduce el rendimiento del dispositivo informático, de acuerdo con el algoritmo de mitigación de temperatura durante el funcionamiento normal del dispositivo informático. En un ejemplo, el algoritmo de mitigación de temperatura es un algoritmo de software que se inicia al activar el dispositivo leyendo direcciones de memoria no volátil dentro del chip de ordenador para recopilar los valores de la calibración. Uno de esos valores es el primer valor de paso de reducción de voltaje. Los otros valores pueden incluir, por ejemplo, puntos de ajuste de T_J y puntos de apagado, puntos de ajuste de T_{skin} , velocidades de interrogación de sensor de temperatura, y similares, también almacenados en direcciones de memoria no volátil.

[0054] La acción 750 incluye reducir la energía consumida por al menos un chip de circuito integrado del dispositivo informático. En un ejemplo, el algoritmo de mitigación de temperatura reduce un voltaje de funcionamiento de uno o más chips de circuito integrado, reduciendo de este modo el consumo de energía. Sin embargo, el alcance de los modos de realización puede incluir cualquier técnica de mitigación de temperatura apropiada, tal como la reducción de una frecuencia de funcionamiento, ya sea como parte de la reducción de voltaje o independientemente de la reducción de voltaje.

[0055] A medida que el dispositivo funciona durante el uso normal, la unidad de gestión térmica ejecuta un algoritmo de mitigación de temperatura en segundo plano, emprendiendo la acción apropiada a medida que los puntos de ajuste de temperatura la unión y los puntos de ajuste de temperatura de carátula se pasan en lecturas de temperatura creciente o en lecturas de temperatura decreciente. Por lo tanto, cuando un usuario humano deja el dispositivo inactivo, realiza llamadas telefónicas, envía mensajes de texto, ve vídeos, y similares, la unidad de gestión térmica ejecuta continuamente el algoritmo de mitigación de temperatura calibrado para asegurar que las temperaturas de funcionamiento del dispositivo no infrinjan los límites de la carátula.

[0056] El alcance de los modos de realización no se limita al procedimiento específico mostrado en la figura 7. Otros modos de realización pueden añadir, omitir, rediseñar o modificar una o más acciones. Por ejemplo, el procedimiento 700 puede incluir realizar la acción 750 repetidamente durante el funcionamiento normal, tanto si las acciones 710-740 se repiten como si no.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (700) que comprende:

- 5 generar (710) información de temperatura a partir de una pluralidad de sensores de temperatura dentro de un dispositivo informático; y
- procesar (720, 730, 740) la información de temperatura para generar pasos de reducción de voltaje en base a una velocidad de cambio observada de la información de temperatura.

10 2. El procedimiento (700) de la reivindicación 1, que comprende además:

reducir (750) el rendimiento del dispositivo informático durante un funcionamiento normal del dispositivo informático, y como respuesta a otra información de temperatura recibida durante un funcionamiento normal del dispositivo informático.

3. El procedimiento (700) de la reivindicación 2, en el que reducir (750) el rendimiento del dispositivo informático comprende reducir una frecuencia de funcionamiento del dispositivo informático además de reducir un voltaje de funcionamiento del dispositivo informático, o en el que reducir (750) el rendimiento del dispositivo informático comprende reducir un voltaje de funcionamiento del dispositivo informático de acuerdo con los pasos de reducción de voltaje en el algoritmo de mitigación de temperatura.

4. El procedimiento (700) de la reivindicación 1, en el que los pasos de reducción de voltaje están asociados con unos pasos de reducción de frecuencia respectivos.

5. El procedimiento (700) de la reivindicación 1, en el que la velocidad de cambio observada de la información de temperatura comprende:

una velocidad de cambio de información de temperatura asociada con una temperatura de unión del dispositivo informático.

6. El procedimiento (700) de la reivindicación 5, en el que la temperatura de unión del dispositivo informático comprende una lectura de un primer sensor de temperatura de una pluralidad de sensores de temperatura del dispositivo, en el que la lectura es una lectura más alta de la pluralidad de sensores de temperatura.

7. El procedimiento (700) de la reivindicación 1, que comprende además:

almacenar una pluralidad de valores de paso de reducción de voltaje como deltas de voltaje en una estructura de datos, estando asociado cada valor de paso de reducción de voltaje con un valor de paso de reducción de frecuencia y un valor de velocidad de cambio de información de temperatura, en el que la estructura de datos comprende una tabla de consulta.

8. El procedimiento (700) de la reivindicación 7, en el que procesar (720, 730, 740) la información de temperatura comprende:

analizar (720) la estructura de datos para hacer corresponder la velocidad de cambio observada de la información de temperatura con un valor de velocidad de cambio de información de temperatura en particular en la estructura de datos;

seleccionar (730) un primer valor de paso de reducción de voltaje correspondiente al valor de velocidad de cambio de información de temperatura en particular en la estructura de datos; y

reducir (740) un voltaje de funcionamiento del dispositivo informático por el primer valor de paso de reducción de voltaje.

9. El procedimiento (700) de la reivindicación 8, que comprende además: usar el primer valor de paso de reducción de voltaje durante un funcionamiento normal del dispositivo informático.

10. Un sistema (100) que comprende:

un procesador de ordenador configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador, estando instalado el procesador de ordenador en un dispositivo informático; y

un dispositivo sensor de temperatura dispuesto dentro del dispositivo informático, estando configurado el dispositivo sensor de temperatura para comunicarse con el procesador de ordenador, estando configurado el procesador de ordenador para realizar la siguiente operación:

- recibir información de temperatura desde el dispositivo sensor de temperatura;
- 5 calcular un valor de velocidad de incremento de temperatura de unión a partir de la información de temperatura; y
- establecer pasos de reducción de voltaje en base al valor de velocidad de incremento de temperatura de unión.
- 10 **11.** El sistema (100) de la reivindicación 10, en el que el dispositivo sensor de temperatura está dispuesto sobre una placa de circuito impreso del dispositivo informático, y en el que la placa de circuito impreso está encerrada dentro de una carcasa del dispositivo informático.
- 15 **12.** El sistema (100) de la reivindicación 10, en el que el dispositivo sensor de temperatura es uno de una pluralidad de dispositivos sensores de temperatura encerrados dentro de una carcasa del dispositivo informático.
- 13.** El sistema (100) de la reivindicación 12, en el que una temperatura de unión del dispositivo comprende una lectura del sensor de temperatura de la pluralidad de dispositivos sensores de temperatura, en el que la lectura es una lectura más alta de la pluralidad de dispositivos sensores de temperatura.
- 20 **14.** El sistema (100) de la reivindicación 10, en el que el valor de velocidad de incremento de temperatura de unión comprende una velocidad de cambio de una temperatura de unión durante una operación de calibración del dispositivo informático.
- 25 **15.** El sistema (100) de la reivindicación 10, en el que el procesador de ordenador está configurado además para reducir un voltaje de funcionamiento del procesador de ordenador de acuerdo con los pasos de reducción de voltaje durante un funcionamiento normal.

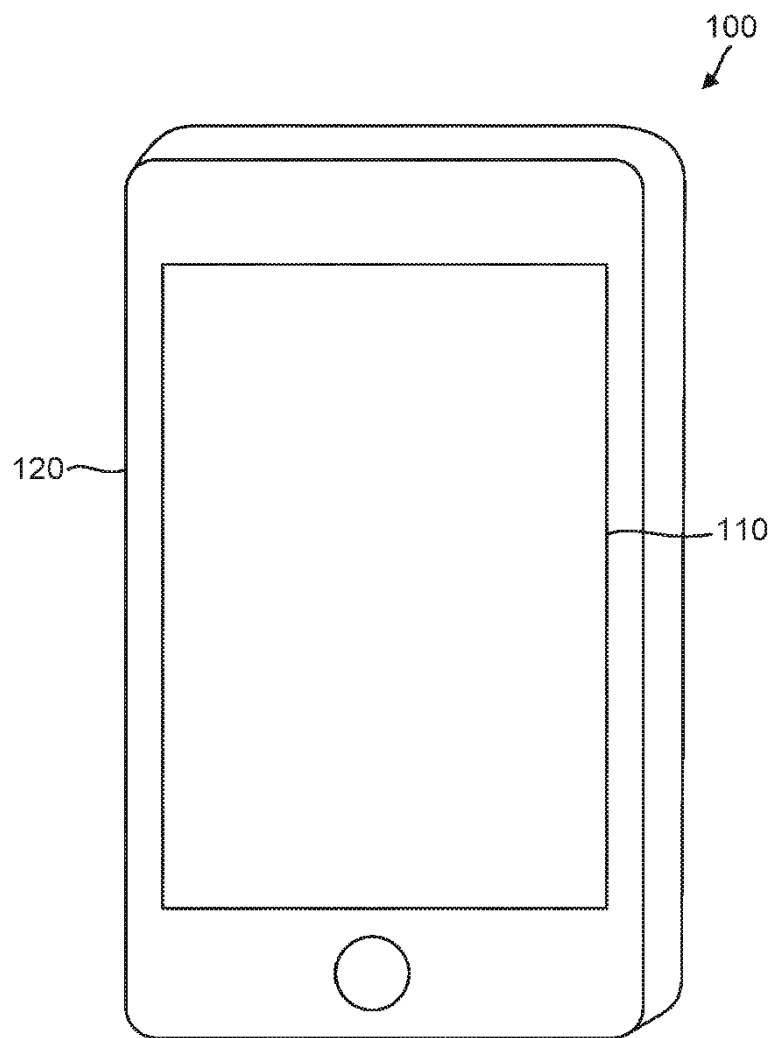


FIG. 1

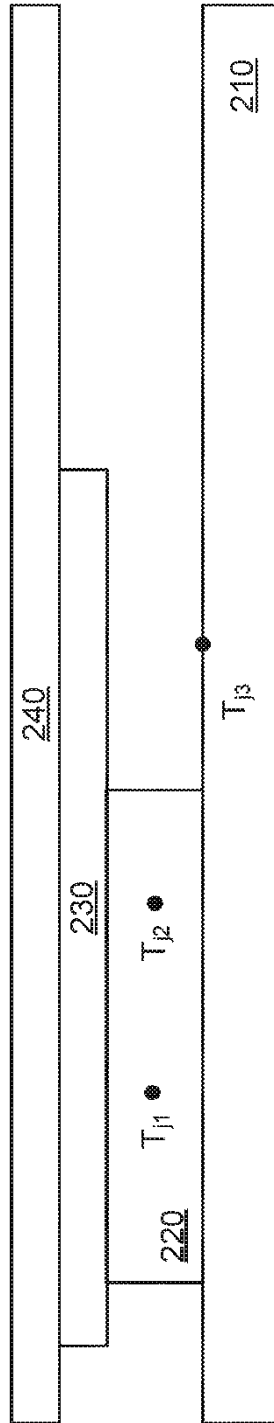
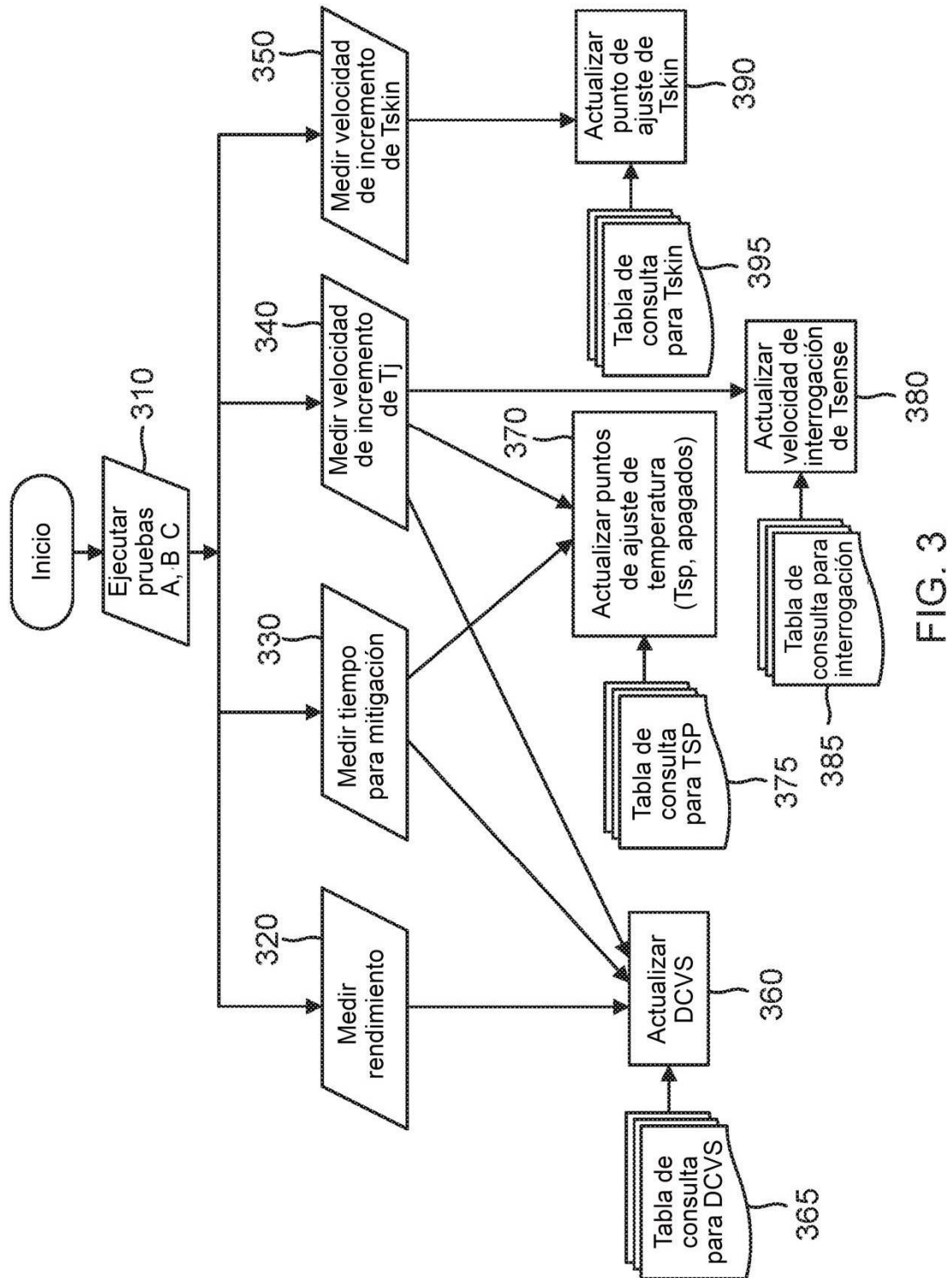


FIG. 2



365 ↙

Pasos de PMIC	Velocidad de incremento (°C/s)
15 mV	Incremento de 25 °C de Tj en primeros 100 ms de prueba
25 mV	Incremento de 35 °C de Tj en primeros 100 ms de prueba
45 mV	Incremento de 45 °C de Tj en primeros 100 ms de prueba
65 mV	Incremento de 55 °C de Tj en primeros 100 ms de prueba

410

420

430

440

FIG. 4

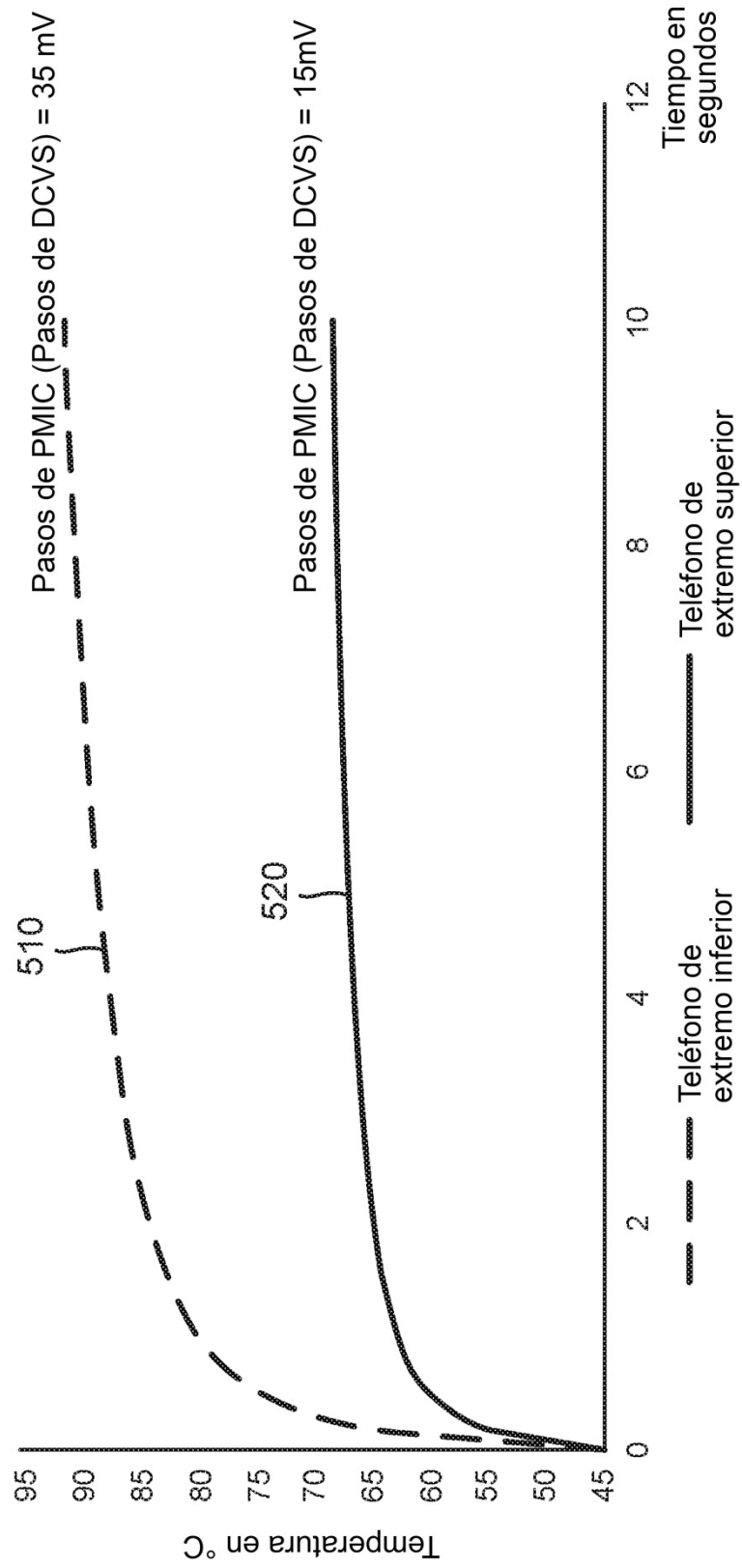


FIG. 5

600

Pasos	Frecuencia (MHz)	Voltaje de PMIC (mV)
Paso n	1070	650
...	...	...
Paso 3	2000	900
Paso 2	2300	950
Paso 1	2400	1000

FIG. 6

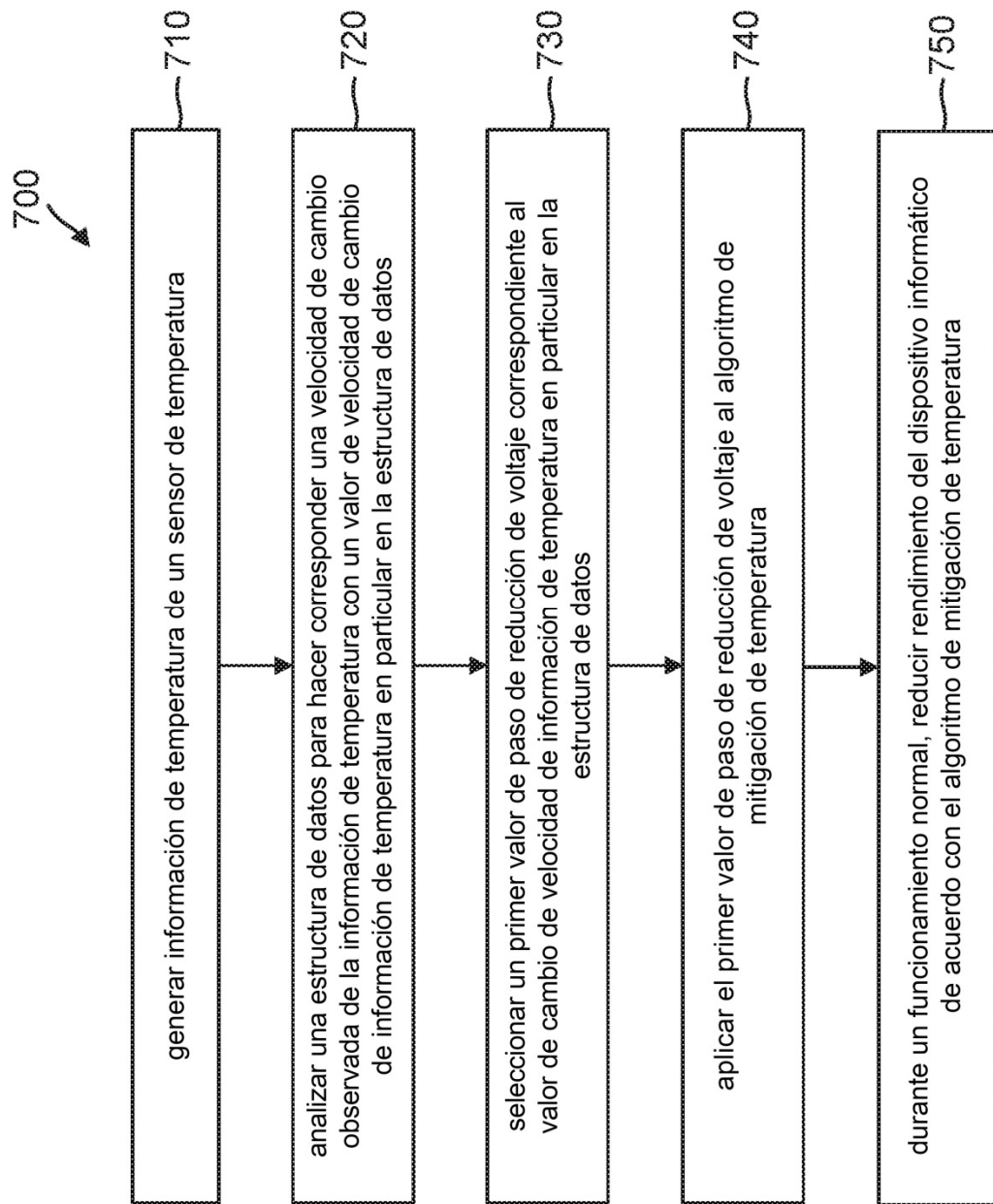


FIG. 7