

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 861 265**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/30** (2006.01)

**H01L 21/66** (2006.01)

**G01R 19/00** (2006.01)

**G05F 1/46** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.08.2015 PCT/US2015/046067**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.03.2016 WO16039962**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2015 E 15762830 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2021 EP 3191858**

54 Título: **Circuitos de red de voltaje distribuido que emplean promedios de voltaje y sistemas y procedimientos relacionados**

30 Prioridad:

**10.09.2014 US 201414482456**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.10.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**PRICE, BURT LEE;  
KOLLA, YESHWANT NAGARAJ y  
SHAH, DHAVAL RAJESHBHAI**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 861 265 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 de red de voltaje distribuido que emplean promedios de voltaje y sistemas y procedimientos relacionados

## 5 **ANTECEDENTES**

### **I. Campo de la divulgación**

10 **[0001]** La tecnología de la divulgación se refiere en general a circuitos de red de voltaje distribuido, y específicamente a medir voltaje y corriente dentro de dichos circuitos.

### **II. Antecedentes**

15 **[0002]** Las emisiones térmicas son un problema de creciente preocupación en el diseño de circuitos integrados (CI). Las altas temperaturas en un CI pueden causar una degradación de la movilidad de la portadora, lo cual puede ralentizar el funcionamiento del CI, aumentar la resistividad y/o causar fallas en el circuito. Este problema se ha vuelto especialmente crítico a medida que la escala de voltaje se ha ralentizado y ha aumentado el número de componentes activos por unidad de área. A este respecto, la temperatura de un CI fabricado en una pastilla semiconductora, como un microprocesador o una memoria caché, puede determinarse o estimarse basándose en la medición de corriente dentro del CI. Como ejemplo no limitativo, la medición de corriente dentro de un CI puede usarse para determinar si la corriente dentro del CI excede un umbral de corriente definido. Si la corriente medida dentro del CI excede el umbral de corriente definido, un sistema de control correspondiente al CI puede configurarse para realizar ciertas funciones que mejoran el rendimiento del CI, como evitar el sobrecalentamiento del CI.

25 **[0003]** Aunque la medición de corriente en pastilla de un CI en una pastilla semiconductora puede usarse para estimar la temperatura del CI, puede ser difícil medir con precisión la corriente dentro del CI. En particular, debido a que la distribución de voltaje, y por lo tanto la distribución de corriente, puede diferir entre los elementos del circuito distribuidos dentro de un CI, el perfil de corriente de un área particular de un CI no es necesariamente indicativo del perfil de corriente de otras áreas del CI o del CI completo. Por ejemplo, una primera corriente distribuida a una primera área de un CI puede ser diferente de una segunda corriente distribuida a una segunda área del CI. Por lo tanto, medir la corriente en un área particular de un CI puede no proporcionar una representación precisa de la corriente total dentro del CI. Las mediciones de corriente inexactas dentro del CI dan como resultado estimaciones de temperatura inexactas dentro del CI, lo cual puede reducir la efectividad de las funciones basadas en la temperatura configuradas para mejorar el rendimiento de un CI.

30 **[0004]** En este sentido, sería ventajoso medir con mayor precisión la corriente en pastilla a la luz de los perfiles de voltaje y corriente variables en los elementos distribuidos dentro de un CI. En particular, proporcionar mediciones de corriente en pastilla más precisas puede mejorar los resultados generados por las funciones dentro de un sistema de control correspondiente que utiliza la medición de corriente para aumentar el rendimiento del sistema. La patente de Estados Unidos n.º 6,937,178 se refiere a un convertidor digital a analógico de núcleo dividido insensible al gradiente. La patente de los Estados Unidos n.º 7,718,448 se refiere a un procedimiento de supervisión de la desalineación del proceso para reducir el funcionamiento asimétrico del dispositivo y mejorar el rendimiento eléctrico y de portadora caliente de las matrices de transistores LDMOS. "Embedding Statistical Tests for On-Chip Dynamic Voltage and Temperature Monitoring", IEEE, 3 de junio de 2012, se refiere a un procedimiento para estimar, a partir de mediciones en el chip, utilizando pruebas estadísticas integradas, el voltaje de suministro y la temperatura de una pequeña área de pastilla utilizando sensores digitales de bajo coste que presentan un conjunto de osciladores de anillo únicamente. La publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2014/0097828 se refiere a un aparato de supervisión de corriente.

## 50 **BREVE EXPLICACIÓN DE LA DIVULGACIÓN**

55 **[0005]** La presente invención se refiere a un circuito de red de voltaje distribuido, un procedimiento para calcular un voltaje promedio de un circuito de carga distribuida y un sistema de medición de corriente en pastilla, como se define en las reivindicaciones adjuntas. Los aspectos descritos en la descripción detallada incluyen circuitos de red de voltaje distribuido que emplean promedios de voltaje. También se describen sistemas y procedimientos relacionados. En un aspecto, debido a que un voltaje distribuido a un área de un circuito de carga distribuida dentro de un circuito integrado (CI) puede variar de un voltaje distribuido a una segunda área del mismo circuito de carga distribuida, un circuito de red de voltaje distribuido está configurado para aprovechar [tap] voltajes de múltiples áreas para calcular un voltaje promedio distribuido en el circuito de carga distribuida. El circuito de red de voltaje distribuido incluye un componente fuente de distribución de voltaje que tiene múltiples nodos fuente. El voltaje se distribuye desde cada nodo fuente a un nodo de carga de voltaje correspondiente del circuito de carga distribuida a través de interconexiones resistivas dentro de una red de distribución. Los nodos de toma [tap] de voltaje se emplean dentro de la red de distribución para acceder al voltaje de cada nodo de carga de voltaje correspondiente. Para calcular el voltaje promedio en el circuito de carga distribuida, cada nodo de toma de voltaje se acopla a un nodo de entrada de un elemento resistivo correspondiente en un circuito de media de voltaje. Además, un nodo de

salida de cada elemento resistivo se acopla a un nodo de salida de voltaje del circuito de promediado de voltaje. El acoplamiento de los nodos de salida de cada elemento resistivo mientras el nodo de entrada de cada elemento resistivo está acoplado a un nodo de toma de voltaje correspondiente genera el voltaje promedio del circuito de carga distribuida en el nodo de salida de voltaje.

**[0006]** Debido a que el voltaje en un nodo de carga de voltaje particular puede variar en comparación con el voltaje en otro nodo de carga de voltaje, el voltaje promedio determinado proporciona una medición más precisa del voltaje en todo el circuito de carga distribuida. Por tanto, el voltaje promedio puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente en el circuito de carga distribuida, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje en un área específica o un nodo de carga de voltaje único del CI. Una medición de corriente más precisa puede mejorar las funciones dentro de un sistema de control correspondiente que usa la medición de corriente para aumentar el rendimiento del sistema.

**[0007]** A este respecto, en un aspecto, se describe un circuito de red de voltaje distribuido. El circuito de red de voltaje distribuido comprende un componente fuente de distribución de voltaje. El componente fuente de distribución de voltaje comprende una pluralidad de nodos fuente. El circuito de red de voltaje distribuido comprende además un circuito de carga distribuida que comprende una pluralidad de nodos de carga de voltaje. El circuito de red de voltaje distribuido comprende además una red de distribución de fuente distribuida. La red de distribución de fuente distribuida comprende una pluralidad de interconexiones resistivas que interconectan cada nodo fuente entre la pluralidad de nodos fuente a un nodo de carga de voltaje correspondiente entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje. La red de distribución de fuente distribuida comprende además una pluralidad de nodos de toma de voltaje, en el que cada nodo de toma de voltaje corresponde a un nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje. El circuito de red de voltaje distribuido comprende además un circuito de promediado de voltaje. El circuito de promediado de voltaje comprende una pluralidad de elementos resistivos. Cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos comprende un nodo de entrada acoplado a un nodo de toma de voltaje correspondiente entre la pluralidad de nodos de toma de voltaje y un nodo de salida. El circuito de promediado de voltaje comprende además un nodo de salida de voltaje acoplado al nodo de salida de cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos. El nodo de salida de voltaje está configurado para proporcionar un voltaje promedio en el circuito de carga distribuida.

**[0008]** En otro aspecto, se describe un circuito de red de voltaje distribuido. El circuito de red de voltaje distribuido comprende un medio para distribuir un voltaje de fuente a una pluralidad de nodos de carga de voltaje a través de una red de distribución de fuente distribuida, en el que la red de distribución de fuente distribuida comprende una pluralidad de interconexiones resistivas que interconectan cada nodo fuente de una pluralidad de nodos fuente para un nodo de carga de voltaje correspondiente entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje. El circuito de red de voltaje distribuido comprende además un medio para recibir el voltaje de la fuente en la pluralidad de nodos de carga de voltaje. El circuito de red de voltaje distribuido comprende además un medio para determinar un voltaje presente en cada nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje a través de un nodo de toma de voltaje correspondiente de una pluralidad de nodos de toma de voltaje. El circuito de red de voltaje distribuido comprende además un medio para proporcionar el voltaje presente en cada nodo de toma de voltaje entre la pluralidad de nodos de toma de voltaje a un elemento resistivo correspondiente entre una pluralidad de elementos resistivos. El circuito de red de voltaje distribuido comprende además un medio para proporcionar un voltaje de salida de cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos a un nodo de salida de voltaje configurado para proporcionar un voltaje promedio a través de la pluralidad de nodos de carga de voltaje.

**[0009]** En otro aspecto, se describe un procedimiento para calcular un voltaje promedio de un circuito de red de voltaje distribuido. El procedimiento comprende distribuir un voltaje de fuente a una pluralidad de nodos de carga de voltaje a través de una red de distribución de fuente distribuida, en el que la red de interconexión resistiva comprende una pluralidad de interconexiones resistivas que interconectan cada nodo fuente de una pluralidad de nodos fuente a un nodo de carga de voltaje correspondiente entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje. El procedimiento comprende además recibir la fuente de voltaje en la pluralidad de nodos de carga de voltaje. El procedimiento comprende además determinar un voltaje presente en cada nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje a través de un nodo de toma de voltaje correspondiente de una pluralidad de nodos de toma de voltaje. El procedimiento comprende además proporcionar el voltaje presente en cada nodo de toma de voltaje entre la pluralidad de nodos de toma de voltaje a un elemento resistivo correspondiente entre una pluralidad de elementos resistivos. El procedimiento comprende además proporcionar un voltaje de salida de cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos a un nodo de salida de voltaje configurado para proporcionar un voltaje promedio a través de la pluralidad de nodos de carga de voltaje.

**[0010]** En otro aspecto, se describe un sistema de medición de corriente en pastilla. El sistema de medición de corriente en pastilla comprende una fuente de voltaje. El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además un circuito de carga distribuida que comprende una pluralidad de nodos de carga de voltaje. El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además una pluralidad de transistores cascode [cascode]. El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además una pluralidad de transistores de conmutación de cabeza [headswitch], en el que cada transistor de conmutación de cabeza entre la pluralidad de transistores de conmutación de cabeza está acoplado a la fuente de voltaje. El sistema de medición de corriente en pastilla

comprende además una pluralidad de transistores espejo, en el que cada transistor espejo entre la pluralidad de transistores espejo está acoplado a la fuente de voltaje. El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además una red de distribución de fuente distribuida. La red de distribución de fuente distribuida comprende una pluralidad de interconexiones resistivas de conmutación de cabeza que interconectan cada transistor de conmutación de cabeza entre la pluralidad de transistores de conmutación de cabeza a un nodo de carga de voltaje correspondiente entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje. La red de distribución de fuente distribuida comprende además una pluralidad de interconexiones resistivas de espejo que interconectan cada transistor de espejo entre la pluralidad de transistores de espejo a una fuente de un transistor cascodo correspondiente entre la pluralidad de transistores cascodo. La red de distribución de fuente distribuida comprende además una pluralidad de nodos de toma de voltaje de conmutación de cabeza, en los que cada nodo de toma de voltaje de conmutación de cabeza corresponde a un nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje. La red de distribución de fuente distribuida comprende además una pluralidad de nodos de toma de voltaje de espejo, en el que cada nodo de toma de voltaje de espejo corresponde a un transistor cascodo entre la pluralidad de transistores cascodo.

**[0011]** El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además un circuito de promediado de voltaje de conmutación de cabeza que comprende una pluralidad de resistencias. Cada resistencia entre la pluralidad de resistencias comprende un nodo de entrada acoplado a un nodo de toma de voltaje de conmutación de cabeza correspondiente entre la pluralidad de nodos de toma de voltaje de conmutación de cabeza, y un nodo de salida. El circuito de promediado de voltaje del interruptor principal comprende además un nodo de salida de voltaje del interruptor principal acoplado al nodo de salida de cada resistencia, con el nodo de salida de voltaje configurado para proporcionar un voltaje promedio del interruptor principal presente en el circuito de carga distribuida. El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además un circuito de promediado de voltaje de espejo que comprende una pluralidad de resistencias. Cada resistencia entre la pluralidad de resistencias comprende un nodo de entrada acoplado a un transistor espejo correspondiente entre la pluralidad de transistores espejo, y un nodo de salida. El circuito de promediado de voltaje de espejo comprende además un nodo de salida de voltaje de espejo acoplado al nodo de salida de cada resistencia, con el nodo de salida de voltaje configurado para proporcionar un voltaje de espejo promedio presente en la pluralidad de transistores cascodo. El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además un drenaje de cada transistor cascodo entre la pluralidad de transistores cascodo acoplados a una resistencia de detección, con la resistencia de detección configurada para proporcionar un voltaje a un convertidor de analógico a digital (ADC). El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además el ADC configurado para convertir el voltaje de la resistencia de detección en una señal digital representativa de una corriente de suministro de energía del circuito de carga distribuida. El sistema de medición de corriente en pastilla comprende además un amplificador operacional. El amplificador operacional comprende una primera entrada acoplada al nodo de salida de voltaje de la conmutación de cabeza. El amplificador operacional comprende además una segunda entrada acoplada al nodo de salida de voltaje del espejo. El amplificador operacional comprende además un nodo de salida acoplado a una puerta correspondiente a la pluralidad de transistores cascodo.

## **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

### **[0012]**

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un circuito de red de voltaje distribuido a modo de ejemplo dentro de un circuito integrado (CI) que emplea un circuito de promediado de voltaje configurado para calcular un voltaje promedio de un circuito de carga distribuida promediando voltajes en múltiples áreas del circuito de carga distribuida;

la Figura 2 es un diagrama de flujo de un proceso a modo de ejemplo empleado por el circuito de red de voltaje distribuido en la Figura 1 para calcular un voltaje promedio del circuito de carga distribuida;

la Figura 3 es un diagrama de circuito de otro circuito de red de voltaje distribuido a modo de ejemplo similar al circuito de red de voltaje distribuido de la Figura 1 pero que emplea transistores semiconductores de óxido metálico de tipo n (NMOS) en una red de distribución de fuente distribuida;

la Figura 4 es un diagrama de circuito de otro circuito de red de voltaje distribuido a modo de ejemplo similar al circuito de red de voltaje distribuido de la Figura 1 pero que emplea transistores semiconductores de óxido metálico de tipo p (PMOS) en una red de distribución de fuente distribuida;

la Figura 5 es un diagrama de circuito del circuito de red de voltaje distribuido que emplea transistores PMOS en la Figura 4, en el que se proporciona una salida del circuito de promediado de voltaje a un regulador de voltaje configurado para controlar un voltaje promedio a través de los nodos de carga de voltaje del circuito de carga distribuida;

la Figura 6 es un diagrama de circuito de un sistema de medición de corriente en pastilla a modo de ejemplo que emplea circuitos promediadores de voltaje similares al circuito de promediado de voltaje en la Figura 1

en relación con transistores de conmutación de cabeza y transistores espejo, y que puede emplear un regulador de voltaje configurado para regular el voltaje de carga y actual;

la Figura 7A es un diagrama de un circuito de prueba a modo de ejemplo que emplea una pluralidad de placas de interruptores de cabeza que incluyen el circuito de promediado de voltaje similar al circuito de promediado de voltaje de la Figura 1;

la Figura 7B es un diagrama de un circuito de prueba a modo de ejemplo que emplea una pluralidad de placas de conmutación de cabeza, en el que se mide un voltaje en una sola placa de conmutación de cabeza en lugar de medir un voltaje promedio de todo el circuito de prueba;

la Figura 8A es un gráfico que ilustra un conjunto a modo de ejemplo de señales correspondientes al voltaje promedio medido a través de los circuitos de prueba en las Figuras 7A y 7B con interconexiones metálicas no resistivas ideales;

la Figura 8B es un gráfico que ilustra un conjunto a modo de ejemplo de señales correspondientes al voltaje promedio medido a través de los circuitos de prueba en las Figuras 7A y 7B con interconexiones metálicas resistivas no ideales;

la Figura 9 es un diagrama de bloques de una pluralidad a modo de ejemplo de mosaicos de interruptores de cabeza acoplados a un núcleo de procesador para medir la corriente de carga media del núcleo del procesador empleando el circuito de promediado de voltaje en la Figura 1; y

la Figura 10 es un diagrama de bloques de un sistema basado en un procesador a modo de ejemplo que puede incluir el circuito de red de voltaje distribuido que emplea los circuitos de promediado de voltaje en las Figuras 1, 3 y 4.

## **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

**[0013]** Con referencia ahora a las figuras de los dibujos, se describen varios aspectos a modo de ejemplo de la presente divulgación. La palabra "a modo de ejemplo" se usa en el presente documento para referirse a "que sirve como ejemplo, caso o ilustración". Cualquier aspecto descrito en el presente documento como "a modo de ejemplo" no se debe interpretar necesariamente como preferente o ventajoso con respecto a otros aspectos.

**[0014]** Los aspectos descritos en la descripción detallada incluyen circuitos de red de voltaje distribuido que emplean promedios de voltaje. También se describen sistemas y procedimientos relacionados. En un aspecto, debido a que un voltaje distribuido a un área de un circuito de carga distribuida dentro de un circuito integrado (CI) puede variar de un voltaje distribuido a una segunda área del mismo circuito de carga distribuida, un circuito de red de voltaje distribuido está configurado para aprovechar voltajes de múltiples áreas para calcular un voltaje promedio distribuido en el circuito de carga distribuida. El circuito de red de voltaje distribuido incluye un componente fuente de distribución de voltaje que tiene múltiples nodos fuente. El voltaje se distribuye desde cada nodo fuente a un nodo de carga de voltaje correspondiente del circuito de carga distribuida a través de interconexiones resistivas dentro de una red de distribución. Los nodos de toma de voltaje se emplean dentro de la red de distribución para acceder al voltaje de cada nodo de carga de voltaje correspondiente. Para calcular el voltaje promedio en el circuito de carga distribuida, cada nodo de toma de voltaje se acopla a un nodo de entrada de un elemento resistivo correspondiente en un circuito de media de voltaje. Además, un nodo de salida de cada elemento resistivo está acoplado a un nodo de salida de voltaje del circuito de promediado de voltaje. El acoplamiento de los nodos de salida de cada elemento resistivo mientras el nodo de entrada de cada elemento resistivo está acoplado a un nodo de toma de voltaje correspondiente genera el voltaje promedio del circuito de carga distribuida en el nodo de salida de voltaje.

**[0015]** Debido a que el voltaje en un nodo de carga de voltaje particular puede variar en comparación con el voltaje en otro nodo de carga de voltaje, el voltaje promedio determinado proporciona una medición más precisa del voltaje en todo el circuito de carga distribuida. Por tanto, el voltaje promedio puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente en el circuito de carga distribuida, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje en un área específica o un nodo de carga de voltaje único del CI. Una medición de corriente más precisa puede mejorar las funciones dentro de un sistema de control correspondiente que usa la medición de corriente para aumentar el rendimiento del sistema.

**[0016]** A este respecto, la Figura 1 es un diagrama de bloques de un circuito de red de voltaje distribuido 100 a modo de ejemplo que emplea un circuito de promediado de voltaje 102. El circuito de red de voltaje distribuido 100 se proporciona en un circuito integrado (CI) 103 en una pastilla semiconductora en este ejemplo. El circuito de promediado de voltaje 102 está configurado para calcular un voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) de un circuito de carga distribuida 104 promediando los voltajes proporcionados a múltiples áreas del circuito de carga distribuida 104. Más específicamente, el circuito de red de voltaje distribuido 100 está configurado para tomar voltajes de múltiples áreas para calcular el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) distribuido al circuito de carga distribuida 104. Por lo tanto, como

ejemplo, el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente en el circuito de carga distribuida 104, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje presente en un nodo de carga de voltaje único del circuito de carga distribuida 104. La corriente calculada puede usarse para estimar la temperatura dentro del IC103.

[0017] Continuando con la referencia a la Figura 1, el circuito de red de voltaje distribuido 100 incluye un componente fuente de distribución de voltaje 106 que emplea una pluralidad de nodos fuente 108(1)-108(N). El voltaje se distribuye desde cada nodo fuente 108(1)-108(N) a un correspondiente nodo de carga de voltaje 110(1)-110(N) del circuito de carga distribuida 104 a través de una red de distribución fuente distribuida 112. La red de distribución de fuente distribuida 112 incluye una pluralidad de interconexiones resistivas 114(1)-114(M) que conectan cada nodo fuente 108(1)-108(N) al correspondiente nodo de carga de voltaje 110(1)-110(N). Notablemente, si bien este aspecto emplea una resistencia separada para cada interconexión resistiva 114(1)-114(M), otros aspectos pueden usar elementos de circuito alternativos para cada interconexión resistiva 114(1)-114(M), como, por ejemplo, para un ejemplo no limitativo, una longitud de cable que tiene un cierto valor resistivo. Además, los nodos de toma de voltaje 116(1)-116(N) se emplean dentro de la red de distribución de fuente distribuida 112 para acceder al voltaje de cada nodo de carga de voltaje correspondiente 110(1)-110(N).

[0018] Continuando con la referencia a la Figura 1, para calcular el voltaje promedio en el circuito de carga distribuida 104, cada nodo de toma de voltaje 116(1)-116(N) está acoplado a un nodo de entrada 118(1)-118(N) de un correspondiente elemento resistivo 120(1)-120(N) en el circuito de promediado de voltaje 102. Notablemente, aunque cada elemento resistivo 120(1)-120(N) en este aspecto es una sola resistencia, otros aspectos pueden emplear otros elementos de circuito para cada elemento resistivo 120(1)-120(N) para lograr una funcionalidad similar. Un nodo de salida 122(1)-122(N) de cada elemento resistivo 120(1)-120(N) está acoplado a un nodo de salida de voltaje 124 del circuito de promediado de voltaje 102. El acoplamiento de cada nodo de salida 122(1)-122(N) mientras cada nodo de entrada 118(1)-118(N) está acoplado a un nodo de toma de voltaje correspondiente 116(1)-116(N) genera el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) del circuito de carga distribuida 104 en el nodo de salida de voltaje 124. Más específicamente, el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) puede calcularse usando una resistencia ( $R$ ) de cada elemento resistivo 120(1)-120(N) y un voltaje ( $V$ ) de cada nodo de toma de voltaje 116(1)-116(N) mediante la siguiente ecuación:

$$V_{AVG} = (R(120(1)) \parallel R(120(2)) \parallel \dots R(120(N))) * (V(116(1))/R(120(1)) + V(116(2))/R(120(2)) + \dots V(116(N))/R(120(N)))$$

[0019] De esta manera, dado que el voltaje en cada nodo de carga de voltaje 110(1)-110(N) puede variar en comparación con cualquier otro nodo de carga de voltaje 110(1)-110(N), el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) proporciona una medición más precisa del voltaje proporcionado a todo el circuito de carga distribuida 104. Por lo tanto, el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente en el circuito de carga distribuida 104, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje en solo uno de los nodos de carga de voltaje 110(1)-110(N). Una medición de corriente más precisa puede mejorar las funciones dentro de un sistema de control correspondiente que usa la medición de corriente para aumentar el rendimiento del sistema.

[0020] A este respecto, la Figura 2 ilustra un proceso a modo de ejemplo 200 empleado por el circuito de red de voltaje distribuido 100 en la Figura 1 para calcular el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) del circuito de carga distribuida 104 promediando los voltajes proporcionados a múltiples áreas del circuito de carga distribuida 104. Con referencia a la Figura 2, el componente fuente de distribución de voltaje 106 distribuye un voltaje de fuente a la pluralidad de nodos de carga de voltaje 110(1)-110(N) a través de la red de distribución de fuente distribuida 112 (bloque 202). En particular, la red de distribución de fuente distribuida 112 incluye la pluralidad de interconexiones resistivas 114(1)-114(M) que interconectan cada nodo fuente 108(1)-108(N) a un correspondiente nodo de carga de voltaje 110(1)-110(N). Debido a tales interconexiones, cada nodo de carga de voltaje 110(1)-110(N) recibe el voltaje de fuente (bloque 204). El circuito de red de voltaje distribuido 100 determina un voltaje presente en cada nodo de carga de voltaje 110(1)-110(N) a través de cada nodo de toma de voltaje correspondiente 116(1)-116(N) empleado dentro de la red de distribución de fuente distribuida 112 (bloque 206). El voltaje en cada nodo de toma de voltaje 116(1)-116(N) se proporciona al nodo de entrada 118(1)-118(N) de cada elemento resistivo correspondiente 120(1)-120(N) en el circuito de promediado de voltaje 102 (bloque 208). El circuito de promediado de voltaje 102 proporciona el voltaje en el nodo de salida 122(1)-122(N) de cada elemento resistivo 120(1)-120(N) al nodo de salida de voltaje 124, que está configurado para proporcionar el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) a través de los nodos de carga de voltaje 110(1)-110(N) del circuito de carga distribuida 104 (bloque 210). El empleo del proceso 200 permite que el circuito de red de voltaje distribuido 100 calcule el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ), que puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente en el circuito de carga distribuida 104, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje presente solo en uno de los nodos de carga de voltaje 110(1)-110(N).

[0021] Varios tipos de circuitos distribuidos similares al circuito de red de voltaje distribuido 100 en la Figura 1 pueden usar el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) como una métrica valiosa. Como ejemplo no limitativo, un circuito de red de voltaje distribuido similar al circuito de red de voltaje distribuido 100 puede emplear transistores distribuidos, en

el que una red de distribución de fuente distribuida similar a la red de distribución de fuente distribuida 112 incluye múltiples transistores. A este respecto, la Figura 3 ilustra un circuito de red de voltaje distribuido de semiconductor de óxido metálico de tipo n (NMOS) 300, en el que una red de distribución de fuente distribuida 302 emplea transistores NMOS 304(1)-304(N). Notablemente, mientras que los transistores NMOS 304(1)-304(N) están en la red de distribución de fuente distribuida 302 en este aspecto, los transistores NMOS 304(1)-304(N) pueden estar ubicados en otros elementos en otros aspectos. Cada transistor NMOS 304(1)-304(N) está acoplado a un correspondiente nodo fuente 306(1)-306(N) de un componente fuente de distribución de voltaje 308 a través de un correspondiente drenaje 310(1)-310(N). La red de distribución de fuente distribuida 302 incluye una pluralidad de interconexiones resistivas 312(1)-312(M) que, junto con los transistores NMOS 304(1)-304(N), conectan cada nodo fuente 306(1)-306(N) a un nodo de carga de voltaje correspondiente 314(1)-314(N) de un circuito de carga distribuida 316. En particular, una fuente 318(1)-318(N) de cada transistor NMOS correspondiente 304(1)-304(N) se acopla al correspondiente nodo de carga de voltaje 314(1)-314(N). Además, el voltaje proporcionado a una puerta 320 del circuito 300 de red de voltaje distribuido NMOS controla cada transistor NMOS 304(1)-304(N). Los nodos de toma de voltaje 322(1)-322(N) se emplean dentro de la red de distribución de fuente distribuida 302 para acceder al voltaje de cada fuente correspondiente 318(1)-318(N) y, por extensión, cada nodo de carga de voltaje 314(1)-314(N).

**[0022]** Continuando con la referencia a la Figura 3, para calcular el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) en el circuito de carga distribuida 316, cada nodo de toma de voltaje 322(1)-322(N) se acopla a un nodo de entrada 324(1)-324(N) de una resistencia 326(1)-326(N) correspondiente en un circuito de promediado de voltaje 328. Un nodo de salida 330(1)-330(N) de cada resistencia 326(1)-326(N) está acoplado a un nodo de salida de voltaje 332 del circuito de promediado de voltaje 328. El acoplamiento de cada nodo de salida 330(1)-330(N) mientras cada nodo de entrada 324(1)-324(N) está acoplado a un nodo de toma de voltaje correspondiente 322(1)-322(N) genera el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) del circuito de carga distribuida 316 en un nodo de salida de voltaje 332. Como se describió anteriormente, la siguiente ecuación describe el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) en términos de la resistencia R de cada resistor 326(1)-326(N) y voltaje V en cada nodo de toma de voltaje 322(1)-322(N):

$$V_{AVG} = (R(326(1)) \parallel R(326(2)) \parallel \dots R(326(N))) * (V(322(1))/R(326(1)) + V(322(2))/R(326(2)) + \dots V(322(N))/R(326(N)))$$

**[0023]** De esta manera, la ecuación anterior describe el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) en el nodo de salida de voltaje 332 cuando el ancho de puerta de uno o más transistores NMOS 304(1)-304(N) no es aproximadamente igual al ancho de puerta de cada otro transistor NMOS 304(1)-304(N), así como cuando cada transistor NMOS 304(1)-304(N) tiene un ancho de puerta aproximadamente igual. En particular, si el ancho de la puerta de uno o más transistores NMOS 304(1)-304(N) no es aproximadamente igual al ancho de la puerta de cada otro transistor NMOS 304(1)-304(N), cada resistencia 326(1)-326(N) puede no tener una resistencia R aproximadamente igual. Por el contrario, cada resistencia 326(1)-326(N) debe tener una resistencia R adecuada en relación con el ancho de puerta del transistor NMOS correspondiente 304(1)-304(N) para que la ecuación descrita anteriormente calcule con precisión el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ). Además, si cada transistor NMOS 304(1)-304(N) tiene un ancho de puerta aproximadamente igual, cada resistencia 326(1)-326(N) debe tener una resistencia R aproximadamente igual para calcular con precisión el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ). En particular, si cada transistor NMOS 304(1)-304(N) tiene un ancho de puerta aproximadamente igual y, por lo tanto, cada resistencia 326(1)-326(N) tiene una resistencia R aproximadamente igual, la ecuación descrita anteriormente se simplifica a la siguiente ecuación:

$$V_{AVG} = (1/N) * (V(322(1)) + V(322(2)) + \dots V(322(N)))$$

**[0024]** Continuando con la referencia a la Figura 3, además de las resistencias 326(1)-326(N), el circuito de promediado de voltaje 328 también puede emplear una resistencia de escalado 334. La resistencia de escalado 334 tiene un nodo de entrada 336 acoplado a una fuente de tierra 338, y un nodo de salida 340 acoplado al nodo de salida 330(1)-330(N) de cada resistencia 326(1)-326(N). De esta manera, la resistencia de escalado 334 puede usarse para escalar el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) por un factor de escalado correspondiente a la resistencia de la resistencia de escalado 334 en comparación con el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) generada cuando la resistencia de escalado 334 es desempleado. Ya sea que se emplee o no la resistencia de escalado 334 en el circuito de promediado de voltaje 328, el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) se puede usar para calcular con mayor precisión la corriente en el circuito de carga distribuida 316, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje en solo uno de los nodos de carga de voltaje 314(1)-314(N). Una medición de corriente más precisa puede mejorar las funciones dentro de un sistema de control correspondiente que usa la medición de corriente para aumentar el rendimiento del sistema.

**[0025]** Mientras que el circuito de red de voltaje distribuido NMOS 300 en la Figura 3 emplea los transistores NMOS 304(1)-304(N) como elementos distribuidos en la red de distribución de fuente distribuida 302, otros circuitos de red de voltaje distribuido pueden emplear tipos de transistores alternativos. A este respecto, la Figura 4 ilustra un circuito de red de voltaje distribuido de semiconductor de óxido metálico de tipo p (PMOS) 400, en el que una red de distribución de fuente distribuida 402 emplea transistores PMOS 404(1)-404(N). Notablemente, mientras

que los transistores PMOS 404(1)-404(N) están en la red de distribución de fuente distribuida 402 en este aspecto, los transistores PMOS 404(1)-404(N) pueden estar ubicados en otros elementos en otros aspectos. Cada transistor PMOS 404(1)-404(N) está acoplado a un correspondiente nodo fuente 406(1)-406(N) de un componente fuente de distribución de voltaje 408 a través de una fuente correspondiente 410(1)-410(N). Similar a la red de distribución de fuente distribuida 302 en la Figura 3, la red de distribución de fuente distribuida 402 emplea una pluralidad de interconexiones resistivas 412(1)-412(M) que, junto con el transistor PMOS 404(1)-404(N), conectan cada nodo fuente 406(1)-406(N) a un correspondiente nodo de carga de voltaje 414(1)-414(N) de un circuito de carga distribuida 416. En particular, un drenaje 418(1)-418(N) de cada transistor PMOS correspondiente 404(1)-404(N) se acopla al correspondiente nodo de carga de voltaje 414(1)-414(N). Además, el voltaje proporcionado a una puerta 420 del circuito de red de voltaje distribuido PMOS 400 controla cada transistor PMOS 404(1)-404(N). Los nodos de toma de voltaje 422(1)-422(N) se emplean dentro de la red de distribución de fuente distribuida 402 para acceder al voltaje de cada drenaje correspondiente 418(1)-418(N), y por lo tanto, cada nodo de carga de voltaje 414(1)-414(N).

**[0026]** Continuando con la referencia a la Figura 4, cada nodo de toma de voltaje 422(1)-422(N) está acoplado a un nodo de entrada 424(1)-424(N) de una resistencia correspondiente 426(1)-426(N) en un circuito de promediado de voltaje 428. Un nodo de salida 430(1)-430(N) de cada resistencia 426(1)-426(N) está acoplado a un nodo de salida de voltaje 432 del circuito de promediado de voltaje 428. Por lo tanto, el acoplamiento de cada nodo de salida 430(1)-430(N) mientras cada nodo de entrada 424(1)-424(N) está acoplado a un nodo de toma de voltaje correspondiente 422(1)-422(N) genera el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) del circuito de carga distribuida 416 en el nodo de salida de voltaje 432. Puede emplearse una resistencia de escalado 434 similar a la resistencia de escalado 334 en la Figura 3 en el circuito de red de voltaje distribuido de PMOS 400 para escalar el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ). Además, las ecuaciones y las relaciones asociadas de ancho/resistencia de la puerta descritas anteriormente en relación con la Figura 3 también se aplican al calcular el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) en la Figura 4. De esta manera, el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente en el circuito de carga distribuida 416, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje en solo uno de los nodos de carga de voltaje 414(1)-414(N).

**[0027]** Además de usar el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) para calcular la corriente en un circuito de carga distribuida, el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) se puede emplear para ayudar a regular el voltaje proporcionado a un circuito de carga distribuida, como los circuitos de carga distribuida 104, 316 y 416 descritos anteriormente. A este respecto, la Figura 5 ilustra un circuito de red de voltaje distribuido 500 PMOS, en el que la puerta 420 del circuito 400 de red de voltaje distribuido PMOS en la Figura 4 está acoplada a un circuito regulador de voltaje 502. En particular, se proporciona un voltaje de referencia  $V_{REF}$  a una primera entrada 504 del circuito regulador de voltaje 502, mientras que el nodo de salida de voltaje 432 del circuito de promediado de voltaje 428 está acoplado a una segunda entrada 506 del circuito regulador de voltaje 502. Un nodo de salida 508 del circuito regulador de voltaje 502 está acoplado a la puerta 420 del circuito de red de voltaje distribuido PMOS 400. Las resistencias 426(1)-426(N) muestrean los voltajes a través del circuito de carga distribuida 416 como se describió anteriormente, proporcionando así el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) del circuito de carga distribuida 416 al circuito regulador de voltaje 502. El circuito regulador de voltaje 502, que es un amplificador operacional ("amplificador operacional") en este aspecto, fuerza el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) proporcionado al circuito de carga distribuida 416 a ser igual a  $V_{REF}$ . En particular, proporcionando el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) al circuito regulador de voltaje 502, el nodo de salida 508 proporciona un voltaje a la puerta 420 de modo que el voltaje proporcionado al circuito de carga distribuida 416 se regule a  $V_{REF}$ . Los voltajes en los nodos de carga de voltaje 414(1)-414(N) pueden variar dependiendo de factores como la resistencia de las interconexiones resistivas 412(0)-412(M) y el tamaño físico y la disposición del circuito de carga distribuida 416. Por lo tanto, proporcionar el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) al circuito regulador de voltaje 502 de esta manera, en lugar de proporcionar un voltaje en cualquier nodo de carga de voltaje 414(1)-414(N), ayuda a regular el voltaje proporcionado al circuito de carga distribuida 416 para reflejar la distribución de voltaje de todo el circuito de carga distribuida 416.

**[0028]** Como se describió anteriormente, el voltaje promedio ( $V_{AVG}$ ) puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente en un circuito de carga distribuida. A este respecto, la Figura 6 ilustra un sistema de medición de corriente en pastilla 600 que produce un mejor rendimiento cuando se emplean circuitos de promediado de voltaje similares a los circuitos 102, 328 y 428 de promediado de voltaje en las Figuras 1, 3 y 4, respectivamente. El sistema de medición de corriente en pastilla 600 se usa para medir una corriente de fuente de alimentación (no mostrada) de un circuito de carga distribuida 602, en el que el circuito de carga distribuida 602 puede ser, como ejemplos no limitativos, un núcleo de procesador o una memoria caché. Para medir dicha corriente, el sistema de medición de corriente en pastilla 600 incluye una fuente de voltaje ( $V_{dd}$ ) 604 que proporciona un voltaje de entrada a una fuente de cada transistor de conmutación de cabeza 606(1)-606(N). Los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N) proporcionan control de potencia al circuito de carga distribuida 602 permitiendo que una señal de voltaje 608 alcance los correspondientes nodos de carga de voltaje 610(1)-610(N) en el circuito de carga distribuida 602. La fuente de voltaje 604 también proporciona un voltaje de entrada a una fuente de cada transistor espejo 612(1)-612(N). El ancho de cada transistor de espejo 612(1)-612(N) es una fracción ( $f$ ) del ancho del transistor de conmutación de cabeza correspondiente 606(1)-606(N). Los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N) y los transistores de espejo 612(1)-612(N) están polarizados profundamente en la región del triodo del transistor de efecto de campo (FET), haciéndolos funcionar efectivamente como resistencias de valor bajo.



Notablemente, aunque los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N) y los transistores de espejo 612(1)-612(N) se emplean como transistores PMOS en este aspecto, otros aspectos pueden emplear los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N) y los transistores espejo 612(1)-612(N) como transistores NMOS. Además, un voltaje proporcionado por cada transistor de espejo 612(1)-612(N) atraviesa un transistor cascodo correspondiente 614(1)-614(N) en una resistencia de detección 616. Se proporciona un voltaje desde la resistencia de detección 616 a un convertidor analógico a digital (ADC) 618, que convierte el voltaje en un flujo de datos digitales 620 que representa la corriente de suministro de energía del circuito de carga distribuida 602.

**[0029]** Continuando con la referencia a la Figura 6, para que el sistema de medición de corriente en pastilla 600 funcione correctamente, los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N) y los transistores espejo 612(1)-612(N) deben tener exactamente iguales voltajes de drenaje-fuente. De esta manera, un amplificador operacional 622, junto con los transistores cascodo 614(1)-614(N), fuerza el voltaje de la fuente de drenaje de los transistores espejo 612(1)-612(N) a igualar al de los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N). Más específicamente, el amplificador operacional 622 controla los transistores cascodo 614(1)-614(N) para mantener la corriente en los transistores espejo 612(1)-612(N) igual a una fracción (f) de la corriente. En los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N). Al hacerlo, los voltajes de fuente de drenaje de los transistores espejo 612(1)-612(N) y los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N) se mantienen iguales entre sí. En particular, este aspecto ilustra los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N), los transistores de espejo 612(1)-612(N) y los transistores cascodo 614(1)-614(N) como transistores PMOS en la Figura 6, pero otros aspectos pueden emplear otros tipos de transistores para lograr una funcionalidad similar.

**[0030]** Continuando con la referencia a la Figura 6, los transistores de conmutación de cabeza 606(1)-606(N) se distribuyen para acoplarse al circuito de carga distribuida 602 en los nodos de carga de voltaje correspondientes 610(1)-610(N) a través de interconexiones resistivas de conmutación de cabeza (no mostrado) dentro de una red de distribución de fuente distribuida (no mostrado). Por tanto, se emplea un circuito de promediado de voltaje de conmutación de cabeza 624 para proporcionar un voltaje de conmutación de cabeza medio ( $V_{HSAVG}$ ) (no mostrado) a una primera entrada 626 del amplificador operacional 622 por medio de un nodo de salida de voltaje de conmutación de cabeza 628. De manera similar, los transistores espejo 612(1)-612(N) se acoplan cada uno al transistor cascodo correspondiente 614(1)-614(N) mediante interconexiones resistivas espejo (no mostradas) dentro de la red de distribución de fuente distribuida. Por tanto, se emplea un circuito de promediado de voltaje de espejo 630 para proporcionar un voltaje de espejo promedio ( $V_{MRAVG}$ ) (no mostrado) a una segunda entrada 632 del amplificador operacional 622 por medio de un nodo de salida de voltaje de espejo 634. Tanto el circuito de promediado de voltaje de la conmutación de cabeza 624 como el circuito 630 de promediado de voltaje del espejo incluyen elementos similares a los circuitos 102, 328 y 428 de promediado de voltaje en las Figuras 1, 3 y 4, respectivamente. En particular, las resistencias 636(1)-636(N) en el circuito de promediado de voltaje de la conmutación de cabeza 624 se acoplan a un nodo de toma de voltaje de conmutación de cabeza correspondiente 638(1)-638(N) dentro de la red de distribución de fuente distribuida, y están configurados para proporcionar el voltaje promedio de la conmutación de cabeza ( $V_{HSAVG}$ ) a la primera entrada 626 del amplificador operacional 622. Las resistencias 640(1)-640(N) en el circuito de promediado de voltaje de espejo 630 se acoplan a los correspondientes nodos de toma de voltaje de espejo 642(1)-642(N) dentro de la red de distribución de fuente distribuida, y están configurados para proporcionar el voltaje de espejo promedio ( $V_{MRAVG}$ ) a la segunda entrada 632 del amplificador operacional 622. Al proporcionar el voltaje promedio de la conmutación de cabeza ( $V_{HSAVG}$ ) y el voltaje de espejo promedio ( $V_{MRAVG}$ ) al amplificador operacional 622 de esta manera, la resistencia de detección 616 recibe un voltaje del cual calcular con mayor precisión la corriente en el circuito de carga distribuida 602, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje de uno de los nodos de carga de voltaje 610(1)-610(N).

**[0031]** Continuando con la referencia a la Figura 6, cada uno del circuito de promediado de voltaje de la conmutación de cabeza 624 y el circuito de promediado de voltaje del espejo 630 pueden emplear una resistencia adicional para escalar el voltaje de conmutación de cabeza medio ( $V_{HSAVG}$ ) y el voltaje de espejo promedio ( $V_{MRAVG}$ ), respectivamente, si se desea. Más específicamente, el circuito de promediado de voltaje de la conmutación de cabeza 624 puede emplear una resistencia 644 de escala, similar a la resistencia de escalado 334 en la Figura 3. De esta manera, la resistencia de escalado 644 puede usarse para escalar el voltaje promedio del interruptor principal ( $V_{HSAVG}$ ) por un factor de escalado correspondiente a la resistencia de la resistencia de escalado 644 en comparación con el voltaje promedio del interruptor principal ( $V_{HSAVG}$ ) generado cuando 644 no está empleado. El circuito de promediado de voltaje de espejo 630 puede emplear una resistencia 646 de escalado de una manera similar al circuito de promediado de voltaje de conmutación de cabeza 624 para escalar el voltaje de espejo promedio ( $V_{MRAVG}$ ).

**[0032]** Además de medir la corriente del circuito de carga distribuida 602, el sistema de medición de corriente en pastilla 600 también puede configurarse para regular el voltaje de carga y la corriente proporcionada al circuito de carga distribuida 602. A este respecto, un circuito regulador de voltaje 648 que está configurado para regular el voltaje, y por lo tanto la corriente, proporcionada a través del circuito de carga distribuida 602 puede emplearse en el sistema de medición de corriente en pastilla 600. El circuito regulador de voltaje 648 está configurado para operar de manera similar al circuito regulador de voltaje 502 en la Figura 5. De esta manera, al recibir el voltaje de referencia  $V_{REF}$  y el voltaje promedio de la conmutación de cabeza ( $V_{HSAVG}$ ), el circuito regulador de voltaje 648

proporciona un voltaje al circuito de carga distribuida 602 que es aproximadamente igual al voltaje de referencia  $V_{REF}$ . La regulación del voltaje de carga proporcionado al circuito de carga distribuida 602 de esta manera puede ayudar a asegurar que el voltaje de carga del circuito de carga distribuida 602 se mantenga aproximadamente al nivel deseado.

**[0033]** Para ilustrar las mediciones de voltaje y corriente más precisas que pueden realizarse empleando los circuitos 102, 328 y 428 de promediado de voltaje en las Figuras 1, 3 y 4, respectivamente, y el circuito de promediado de voltaje de la conmutación de cabeza 624 y el circuito de promediado de voltaje de espejo 630 en la Figura 6, se pueden utilizar circuitos de prueba para generar datos de muestra. A este respecto, la Figura 7A ilustra un primer circuito de prueba 700 que emplea placas de conmutación de cabeza 702(1)-702(48). Una resistencia 704(1)-704(48) está acoplada a un transistor de conmutación de cabeza correspondiente 706(1)-706(48) para generar un voltaje promedio de conmutación de cabeza de prueba ( $V_{THSAVG}$ ) de manera similar al circuito de promediado de voltaje de conmutación de cabeza 624 en la Figura 6. Además, una resistencia 708(1)-708(48) está acoplada a un transistor espejo correspondiente 710(1)-710(48) para generar un voltaje de espejo de prueba medio ( $V_{TMRAVG}$ ) de manera similar al circuito de promediado de voltaje de espejo 630 en la Figura 6. Se incluyen una pluralidad de resistencias parásitas 712(1)(1)-712(48)(4) en el primer circuito de prueba 700 para simular la resistencia de interconexión. También se incluye un transistor cascodo 714(1)-714(48) correspondiente a cada transistor espejo 710(1)-710(48) en cada placa de conmutación de cabeza 702(1)-702(48). De esta manera, las corrientes de los transistores cascodo 714(1)-714(48) se suman y se proporcionan a una resistencia de detección 716.

**[0034]** Además, la Figura 7B ilustra un segundo circuito de prueba 700' que emplea placas de conmutación de cabeza 702'(1)-702'(48). Cada placa de conmutación de cabeza 702'(1)-702'(48) incluye un transistor de conmutación de cabeza correspondiente 706(1)-706(48) y un transistor de espejo correspondiente 710(1)-710(48) similar al primer circuito de prueba 700 en la Figura 7A. La pluralidad de resistencias parásitas 712(1)(1)-712(48)(4), así como los transistores cascodo 714(1)-714(48), también se incluyen en el segundo circuito de prueba 700'. Sin embargo, las placas de la conmutación de cabeza 702'(1)-702'(48) no incluyen las resistencias 704(1)-704(48) y 708(1)-708(48) acopladas a los transistores de conmutación de cabeza correspondientes 706(1)-706(48) y los transistores espejo 710(1)-710(48), respectivamente, como en el primer circuito de prueba 700 en la Figura 7A. De esta manera, el segundo circuito de prueba 700' no genera un voltaje de conmutación de cabeza de prueba medio ( $V_{THSAVG}$ ) y un voltaje de espejo de prueba medio ( $V_{TMRAVG}$ ). En lugar de eso, se mide un voltaje de conmutación de cabeza ( $V_{HS}$ ) y un voltaje de espejo ( $V_{MR}$ ) en la placa de conmutación de cabeza 702'(48). Las corrientes de los transistores cascodo 714(1)-714(48) se suman y se proporcionan a una resistencia de detección 716'.

**[0035]** A este respecto, la Figura 8A ilustra un conjunto a modo de ejemplo de señales 800 correspondientes a la corriente media medida a través del primer y segundo circuitos de prueba 700, 700' en las Figuras 7A y 7B con interconexiones metálicas no resistivas ideales. En particular, cada resistencia parásita 712(1)(1)-712(48)(4) tiene una resistencia igual a cero Ohmios ( $0\ \Omega$ ) para eliminar cualquier efecto que las resistencias parásitas 712(1)(1)-712(48)(4) pueden tener en el voltaje distribuido. Además, cada resistencia de detección 716, 716' tiene una resistencia igual a 300 ohmios ( $\Omega$ ). Un voltaje ( $V_{SENSE1}$ ) a través de la resistencia de detección 716, y un voltaje ( $V_{SENSE2}$ ) a través de la resistencia de detección 716', se ilustran en un primer gráfico 802. En particular, el voltaje ( $V_{SENSE1}$ ) y el voltaje  $V_{SENSE2}$  son aproximadamente iguales en múltiples valores de corriente. Por ejemplo, a una corriente máxima de 1,5 A, como lo indica la flecha 804, tanto ( $V_{SENSE1}$ ) como ( $V_{SENSE2}$ ) son aproximadamente iguales a 374 mV. Esto se evidencia en un segundo gráfico 806 que ilustra la diferencia en los valores entre ( $V_{SENSE1}$ ) y ( $V_{SENSE2}$ ). Más específicamente, la diferencia máxima existente entre ( $V_{SENSE1}$ ) y ( $V_{SENSE2}$ ) se produce a 1,5 A, en el que la diferencia es aproximadamente de solo 160  $\mu V$  (microvoltios), como indica la flecha 808. Por lo tanto, con los efectos de las resistencias parásitas 712(1)(1)-712(48)(4) efectivamente eliminadas, el primer circuito de prueba 700 y el segundo circuito de prueba 700' generan cerca de un voltaje efectivamente ideal a través de las respectivas resistencias de detección. 716, 716' de aproximadamente 374 mV.

**[0036]** A este respecto, la Figura 8B ilustra un conjunto a modo de ejemplo de señales 800' correspondientes a la corriente media medida a través del primer y segundo circuitos de prueba 700, 700' en las Figuras 7A y 7B con interconexiones metálicas resistivas no ideales. En particular, cada resistencia parásita 712(1)(1)-712(48)(4) tiene una resistencia de ohmios distinta de cero en este aspecto. El voltaje ( $V_{SENSE1}$ ) y el voltaje ( $V_{SENSE2}$ ) se ilustran ambos en un primer gráfico 802'. En particular, los valores de ( $V_{SENSE1}$ ) y ( $V_{SENSE2}$ ) no son iguales en diferentes niveles de corriente, como en la Figura 8A. Por ejemplo, a una corriente de 1,5 A, ( $V_{SENSE1}$ ) tiene un valor aproximadamente igual a 374 mV, como lo indica la flecha 810, que es el mismo valor de ( $V_{SENSE1}$ ) en el caso ideal descrito en la Figura 8A. Sin embargo, a una corriente de 1,5 A, ( $V_{SENSE2}$ ) tiene un valor aproximadamente igual a 63 mV, como lo indica la flecha 812. Esta diferencia de valores se ilustra además en un segundo gráfico 806', que muestra que la diferencia máxima existente entre ( $V_{SENSE1}$ ) y ( $V_{SENSE2}$ ) se produce de nuevo a 1,5 A, donde la diferencia es de aproximadamente 311 mV, como indica la flecha 814. Usando factores de escalado nominales, un valor de 63 mV para ( $V_{SENSE2}$ ) representa una corriente "medida" de 252 mA, en comparación con la corriente real de 1,5 A.

**[0037]** En este sentido, comparar el caso ideal ilustrado en la Figura 8A con el caso más realista ilustrado en la Figura 8B demuestra que el empleo de promediado de voltaje en el primer circuito de prueba 700 elimina

esencialmente la variación en el voltaje y la corriente medidos basándose en los perfiles de distribución de corriente variables a través de un circuito de carga. Más específicamente, en las condiciones realistas de la Figura 8B, el segundo circuito de prueba 700' proporciona un voltaje y una corriente muy por debajo de los generados en las condiciones ideales de la Figura 8A. Sin embargo, en las condiciones realistas de la Figura 8B, el primer circuito de prueba 700 genera un voltaje y una corriente que son aproximadamente iguales a los generados en las condiciones ideales de la Figura 8A. En otras palabras, el primer circuito de prueba 700 mide el voltaje promedio, mientras que el segundo circuito de prueba 700' mide un voltaje en un único nodo de carga de voltaje. Por tanto, el primer circuito de prueba 700 proporciona una medición de voltaje promedio consistente, mientras que el segundo circuito de prueba 700' proporciona voltajes variables dependiendo de desde qué nodo de carga de voltaje se mide el voltaje. Por lo tanto, el empleo de promediado de voltaje como se describe en el presente documento puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente en un circuito de carga distribuida, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje presente en un único nodo de carga de voltaje.

**[0038]** A este respecto, la Figura 9 ilustra un sistema 900 en el que los circuitos de conmutación de cabeza 902(1), 902(2) están distribuidos alrededor de un núcleo de procesador 904 para medir el voltaje de carga medio del núcleo de procesador 904. Cada circuito de conmutación de cabeza 902(1), 902(2) incluye una pluralidad de placas de conmutación de cabeza similares a las placas de conmutación de cabeza 702 en la Figura 7A. El núcleo del procesador 904 incluye una pluralidad de circuitos digitales, cada uno de los cuales puede estar activo en diferentes momentos. Debido a que los diversos circuitos digitales dentro del núcleo del procesador 904 pueden estar activos en diferentes momentos, la distribución de voltaje y corriente a través del núcleo del procesador 904 y los circuitos de interruptores de cabeza 902(1), 902(2) pueden variar drásticamente con el tiempo. El mecanismo de promediado de voltaje incluido en los circuitos de conmutación de cabeza 902(1), 902(2), como se describe en las figuras anteriores, y particularmente en la Figura 7A, mide el voltaje promedio del núcleo ( $V_{CAVG}$ ) distribuido en el núcleo del procesador 904. Por lo tanto, el voltaje promedio del núcleo ( $V_{CAVG}$ ) puede usarse para calcular con mayor precisión la corriente distribuida en el núcleo del procesador 904, en comparación con el cálculo de la corriente usando un voltaje en solo una ubicación en un solo punto en el tiempo.

**[0039]** Los circuitos de red de voltaje distribuido que emplean promedios de voltaje de acuerdo con los aspectos descritos en el presente documento pueden proporcionarse o integrarse en cualquier dispositivo basado en procesador. Entre los ejemplos, sin limitación, se incluyen un decodificador, una unidad de entretenimiento, un dispositivo de navegación, un dispositivo de comunicaciones, una unidad de datos de ubicación fija, una unidad de datos de ubicación móvil, un teléfono móvil, un teléfono celular, un ordenador, un ordenador portátil, un ordenador de escritorio, un asistente digital personal (PDA), un monitor, un monitor de ordenador, un televisor, un sintonizador, una radio, una radio satelital, un reproductor de música, un reproductor de música digital, un reproductor de música portátil, un reproductor de vídeo digital, un reproductor de vídeo, un reproductor de discos de vídeo digital (DVD) y un reproductor de vídeo digital portátil.

**[0040]** A este respecto, la Figura 10 ilustra un ejemplo de un sistema 1000 basado en procesador que puede emplear los circuitos 102, 328 y 428 de promediado de voltaje ilustrados en las Figuras 1, 3 y 4, respectivamente. En este ejemplo, el sistema 1000 basado en procesador incluye una o más unidades de procesamiento central (CPU) 1002, cada una de las cuales incluye uno o más procesadores 1004. Cada uno de los uno o más procesadores 1004 puede emplear una pluralidad de núcleos 1006(0)-1006(N), donde el voltaje de carga medio y la corriente de carga de cada núcleo 1006(0)-1006(N) se pueden calcular usando un correspondiente circuito de promediado de voltaje, como los circuitos de promediado de voltaje 102(0)-102(N), 328(0)-328(N) o 428(0)-428(N). La(s) CPU(s) 1002 puede(n) ser un dispositivo principal. La(s) CPU(s) 1002 puede(n) tener una memoria caché 1008 acoplada al (los) procesador(es) 1004 para un acceso rápido a los datos almacenados temporalmente. La(s) CPU(s) 1002 están acoplada(s) a un bus de sistema 1010 y puede(n) interconectar dispositivos principales y secundarios incluidos en el sistema 1000 basado en procesador. Como es bien sabido, la(s) CPU(s) 1002 se comunica con estos otros dispositivos intercambiando información de dirección, control y datos a través del bus del sistema 1010. Por ejemplo, la(s) CPU(s) 1002 puede(n) comunicar peticiones de transacciones de bus a un controlador de memoria 1012 como un ejemplo de un dispositivo secundario. Aunque no se ilustra en la Figura 10, podrían proporcionarse múltiples buses de sistema 1010, en los que cada bus de sistema 1010 constituye una estructura diferente.

**[0041]** Se pueden conectar otros dispositivos principales y secundarios al bus del sistema 1010. Como se ilustra en la Figura 10, estos dispositivos pueden incluir un sistema de memoria 1014, uno o más dispositivos de entrada 1016, uno o más dispositivos de salida 1018, uno o más dispositivos de interfaz de red 1020 y uno o más controladores de pantalla 1022, como ejemplos. El (los) dispositivo(s) de entrada 1016 pueden incluir cualquier tipo de dispositivo de entrada, incluidos, entre otros, teclas de entrada, interruptores, procesadores de voz, etc. Los dispositivos de salida 1018 pueden incluir cualquier tipo de dispositivo de salida, incluyendo pero sin limitarse a audio, vídeo, otros indicadores visuales, etc. El (los) dispositivo(s) de interfaz de red 1020 puede(n) ser cualquier dispositivo configurado para permitir el intercambio de datos hacia y desde una red 1024. La red 1024 puede ser cualquier tipo de red, incluidas, entre otras, una red cableada o inalámbrica, una red privada o pública, una red de área local (LAN), una red de área local amplia (WLAN) e Internet. El (los) dispositivo(s) de interfaz de red 1020 se pueden configurar para admitir cualquier tipo de protocolo de comunicaciones deseado. El sistema de memoria 1014 puede incluir una o más unidades de memoria 1026(0)-1026(N).

**[0042]** La(s) CPU(s) 1002 también pueden configurarse para acceder al (los) controlador (es) de pantalla 1022 a través del bus del sistema 1010 para controlar la información enviada a una o más pantallas 1028. El (los) controlador (es) de pantalla 1022 envía(n) información a la(s) pantalla(s) 1028 para que se muestre a través de uno o más procesadores de vídeo 1030, que procesan la información que se va a mostrar en un formato adecuado para la(s) pantalla(s) 1028. La pantalla(s) 1028 puede incluir cualquier tipo de pantalla, incluidos, entre otros, un tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de plasma, etc.

**[0043]** Los expertos en la técnica apreciarán además que los diversos bloques, módulos, circuitos y algoritmos lógicos ilustrativos descritos en relación con los aspectos descritos en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, instrucciones almacenadas en la memoria o en otro medio legible por ordenador y ejecutarse mediante un procesador u otro dispositivo de procesamiento, o combinaciones de ambos. Los dispositivos principales y secundarios descritos en el presente documento pueden emplearse en cualquier circuito, componente de hardware, circuito integrado (CI) o chip CI, como ejemplos. La memoria divulgada en el presente documento puede ser de cualquier tipo y tamaño de memoria y puede configurarse para almacenar cualquier tipo de información deseada. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad, se han descrito anteriormente varios componentes, bloques, módulos, circuitos y pasos ilustrativos en general en términos de su funcionalidad. La forma en que se implementa dicha funcionalidad depende de la aplicación particular, las opciones de diseño y/o las limitaciones de diseño impuestas al sistema en general. Los artesanos expertos pueden implementar la funcionalidad descrita de diferentes maneras para cada aplicación particular, pero tales decisiones de implementación no deben interpretarse como una desviación del alcance de la presente divulgación.

**[0044]** Los diversos bloques, módulos y circuitos lógicos ilustrativos descritos en relación con los aspectos descritos en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador, un procesador de señal digital (DSP), un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), una matriz de puertas programables de campo (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, puerta discreta o lógica de transistor, componentes discretos de hardware o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador puede ser un microprocesador, pero como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estado convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo DSP, o cualquier otra configuración de este tipo.

**[0045]** Los aspectos divulgados en el presente documento pueden estar incorporados en hardware y en instrucciones que se almacenan en hardware y pueden residir, por ejemplo, en memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria flash, memoria de solo lectura (ROM), ROM eléctricamente programable (EPROM), ROM programable eléctricamente borrable (EEPROM), registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o cualquier otra forma de medio legible por ordenador conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento a modo de ejemplo está acoplado al procesador de modo que el procesador pueda leer información y escribir información en el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede ser parte integral del procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en una estación remota. Como alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en una estación remota, estación base o servidor.

**[0046]** También se observa que se describen los pasos operativos descritos en cualquiera de los aspectos a modo de ejemplo en el presente documento para proporcionar ejemplos y discusión. Las operaciones descritas se pueden realizar en numerosas secuencias diferentes distintas de las secuencias ilustradas. Además, las operaciones descritas en un solo paso operativo se pueden realizar realmente en varios pasos diferentes. Además, pueden combinarse uno o más pasos operativos analizados en los aspectos a modo de ejemplo. Debe entenderse que los pasos operativos ilustrados en los diagramas de flujo pueden estar sujetos a numerosas modificaciones diferentes, como será fácilmente evidente para un experto en la técnica. Los expertos en la técnica también entenderán que la información y las señales se pueden representar usando cualquiera de una variedad de tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, los datos, instrucciones, comandos, información, señales, bits, símbolos y chips a los que se puede hacer referencia a lo largo de la descripción anterior pueden estar representados por voltajes, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos, o cualquier combinación de los mismos.

**[0047]** La descripción anterior de la divulgación se proporciona para permitir que cualquier persona experta en la técnica realice o utilice la divulgación. Varias modificaciones de la divulgación resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras variaciones sin apartarse del alcance de la divulgación. Por tanto, no se pretende que la divulgación se limite a los ejemplos y diseños descritos en el presente documento, sino que se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

# REIVINDICACIONES

1. Un circuito de red de voltaje distribuido (300, 400), que comprende:

un componente fuente de distribución de voltaje (308, 408) que comprende una pluralidad de nodos fuente (306, 406);

un circuito de carga distribuida (316, 416) que comprende una pluralidad de nodos de carga de voltaje (314, 414);

una red de distribución de fuente distribuida (302, 402), que comprende:

una pluralidad de interconexiones resistivas (312, 412) que interconectan cada nodo fuente entre la pluralidad de nodos fuente a un nodo de carga de voltaje correspondiente entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje;

una pluralidad de transistores (304, 404), correspondiendo cada transistor entre la pluralidad de transistores a un nodo fuente entre la pluralidad de nodos fuente y un nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje;

y

una pluralidad de nodos de toma de voltaje (322, 422), en el que un único nodo de toma de voltaje corresponde a cada nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje; y

un circuito de promediado de voltajes (328, 428), que comprende:

una pluralidad de elementos resistivos (326, 426), comprendiendo cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos:

un nodo de entrada (324, 424) acoplado a un nodo de toma de voltaje correspondiente entre la pluralidad de nodos de toma de voltaje; y

un nodo de salida (330, 430); y

un nodo de salida de voltaje (332, 432) acoplado al nodo de salida de cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos, con el nodo de salida de voltaje configurado para proporcionar un voltaje promedio del circuito de carga distribuida;

**caracterizado por que** cada elemento resistivo tiene una resistencia basada en un ancho de puerta del transistor correspondiente al nodo de carga de voltaje del nodo de toma de voltaje correspondiente.

2. El circuito de red de voltaje distribuido de la reivindicación 1, en el que el circuito de promediado de voltaje comprende además:

una resistencia de escalado (334, 434) acoplada entre una fuente de tierra y el nodo de salida de cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos,

la resistencia de escalado configurada para escalar el voltaje promedio en el nodo de salida de voltaje.

3. El circuito de red de voltaje distribuido de la reivindicación 1, en el que cada transistor entre la pluralidad de transistores tiene un ancho de puerta aproximadamente igual.

4. El circuito de red de voltaje distribuido de la reivindicación 3, en el que cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos en el circuito de promediado de voltaje tiene una resistencia aproximadamente igual.

5. El circuito de red de voltaje distribuido de la reivindicación 1, en el que al menos dos transistores entre la pluralidad de transistores tienen diferentes anchos de puerta.

6. El circuito de red de voltaje distribuido de la reivindicación 1, en el que cada transistor entre la pluralidad de transistores comprende un transistor semiconductor de óxido metálico de tipo n, NMOS.

7. El circuito de red de voltaje distribuido de la reivindicación 1, en el que cada transistor entre la pluralidad de transistores comprende un transistor semiconductor de óxido metálico de tipo p, PMOS.

8. El circuito de red de voltaje distribuido de la reivindicación 1, que comprende además un circuito regulador de voltaje (502) configurado para regular un voltaje proporcionado al circuito de carga distribuida, comprendiendo el circuito regulador de voltaje:

una primera entrada (504) acoplada a una fuente de voltaje de referencia;

una segunda entrada (506) acoplada al nodo de salida de voltaje (432) del circuito de promediado de voltaje; y

una salida (508) acoplada a la red de distribución de fuente distribuida.

9. Un procedimiento (200) para calcular un voltaje promedio de un circuito de carga distribuida, que comprende:

distribuir (202) un voltaje de fuente a una pluralidad de nodos de carga de voltaje del circuito de carga distribuida a través de una red de distribución de fuente distribuida, en el que la red de distribución de fuente distribuida comprende una pluralidad de interconexiones resistivas que interconectan cada nodo fuente de una pluralidad de nodos fuente a un nodo de carga de voltaje correspondiente entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje y una pluralidad de transistores, correspondiendo cada transistor entre la pluralidad de transistores a un nodo fuente entre la pluralidad de nodos fuente y un nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje;

recibir (204) el voltaje de la fuente en la pluralidad de nodos de carga de voltaje;

determinar (206) un voltaje presente en cada nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje a través de un nodo de toma de voltaje correspondiente de una pluralidad de nodos de toma de voltaje, en el que un solo nodo de toma de voltaje corresponde a cada nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje;

proporcionar (208) el voltaje presente en cada nodo de toma de voltaje entre la pluralidad de nodos de toma de voltaje a un elemento resistivo correspondiente entre una pluralidad de elementos resistivos, teniendo cada elemento resistivo una resistencia basada en un ancho de puerta del transistor correspondiente a la carga de voltaje nodo del nodo de toma de voltaje correspondiente; y

proporcionar (210) un voltaje de salida de cada elemento resistivo entre la pluralidad de elementos resistivos a un nodo de salida de voltaje configurado para proporcionar el voltaje promedio del circuito de carga distribuida.

10. Un sistema de medición de corriente en pastilla (600) que comprende un circuito de red de voltaje distribuido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, que comprende además:

una fuente de voltaje (604);

una pluralidad de transistores cascode (614);

una pluralidad de transistores de conmutación de cabeza (606), en la que cada transistor de conmutación de cabeza entre la pluralidad de transistores de conmutación de cabeza está acoplado a la fuente de voltaje;

una pluralidad de transistores espejo (612), en el que cada transistor espejo entre la pluralidad de transistores espejo está acoplado a la fuente de voltaje; y

en el que la red de distribución de fuente distribuida comprende:

una pluralidad de interconexiones resistivas de conmutación de cabeza (636) que interconectan cada transistor de conmutación de cabeza entre la pluralidad de transistores de conmutación de cabeza a un nodo de carga de voltaje correspondiente (610) entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje;

una pluralidad de interconexiones resistivas de espejo (640) que interconectan cada transistor de espejo entre la pluralidad de transistores de espejo a una fuente de un transistor cascode correspondiente entre la pluralidad de transistores cascode;

una pluralidad de nodos de toma de voltaje de conmutación de cabeza (638), en la que cada nodo de toma de voltaje de conmutación de cabeza corresponde a un nodo de carga de voltaje entre la pluralidad de nodos de carga de voltaje; y

una pluralidad de nodos de toma de voltaje de espejo (640), en el que cada nodo de toma de voltaje de espejo corresponde a un transistor cascode entre la pluralidad de transistores cascode; y

en el que el circuito de promediado de voltaje es un circuito de promediado de voltaje de conmutación de cabeza (624), que comprende:

una pluralidad de resistencias (636), comprendiendo cada resistencia entre la pluralidad de resistencias:

un nodo de entrada acoplado a un correspondiente nodo de toma de voltaje de conmutación de cabeza entre la pluralidad de nodos de toma de voltaje de conmutación de cabeza; y

un nodo de salida; y

un nodo de salida de voltaje de conmutación de cabeza (628) acoplado al nodo de salida de cada resistor, con el nodo de salida de voltaje de conmutación de cabeza configurado para proporcionar un voltaje de conmutación de cabeza medio presente en el circuito de carga distribuida; y

que comprende además un circuito de promediado de voltaje de espejo (630), que comprende:

una pluralidad de resistencias (640), comprendiendo cada resistencia entre la pluralidad de resistencias:

un nodo de entrada (642) acoplado a un transistor espejo correspondiente entre la pluralidad de transistores espejo; y

un nodo de salida; y

un nodo de salida de voltaje de espejo (634) acoplado al nodo de salida de cada resistor, con el nodo de salida de voltaje de espejo configurado para proporcionar un voltaje de espejo promedio presente en la pluralidad de transistores cascode;

un drenaje de cada transistor cascode entre la pluralidad de transistores cascode acoplados a una resistencia de detección (616);

la resistencia de detección configurada para proporcionar un voltaje a un convertidor de analógico a digital, ADC (618);

el ADC configurado para convertir el voltaje de la resistencia de detección en una señal digital (620) representativa de una corriente de suministro de energía del circuito de carga distribuida; y

un amplificador operacional (622), que comprende:

una primera entrada de amplificador operacional (626) acoplada al nodo de salida de voltaje de la conmutación de cabeza;

una segunda entrada de amplificador operacional (632) acoplada al nodo de salida de voltaje del espejo; y

un nodo de salida de amplificador operacional acoplado a una puerta correspondiente a la pluralidad de transistores cascode.

11. El sistema de medición de corriente en pastilla de la reivindicación 10, en el que el circuito de promediado de voltaje de la conmutación de cabeza comprende además:

una resistencia de escalado (644) acoplada entre una fuente de tierra y el nodo de salida de cada resistencia entre la pluralidad de resistencias en el circuito de promediado de voltaje del interruptor principal,

la resistencia de escalado configurada para escalar el voltaje promedio del interruptor principal en el nodo de salida de voltaje del interruptor principal.

12. El sistema de medición de corriente en pastilla de la reivindicación 10, que comprende además un circuito regulador de voltaje (648) configurado para regular un voltaje proporcionado al circuito de carga distribuida,

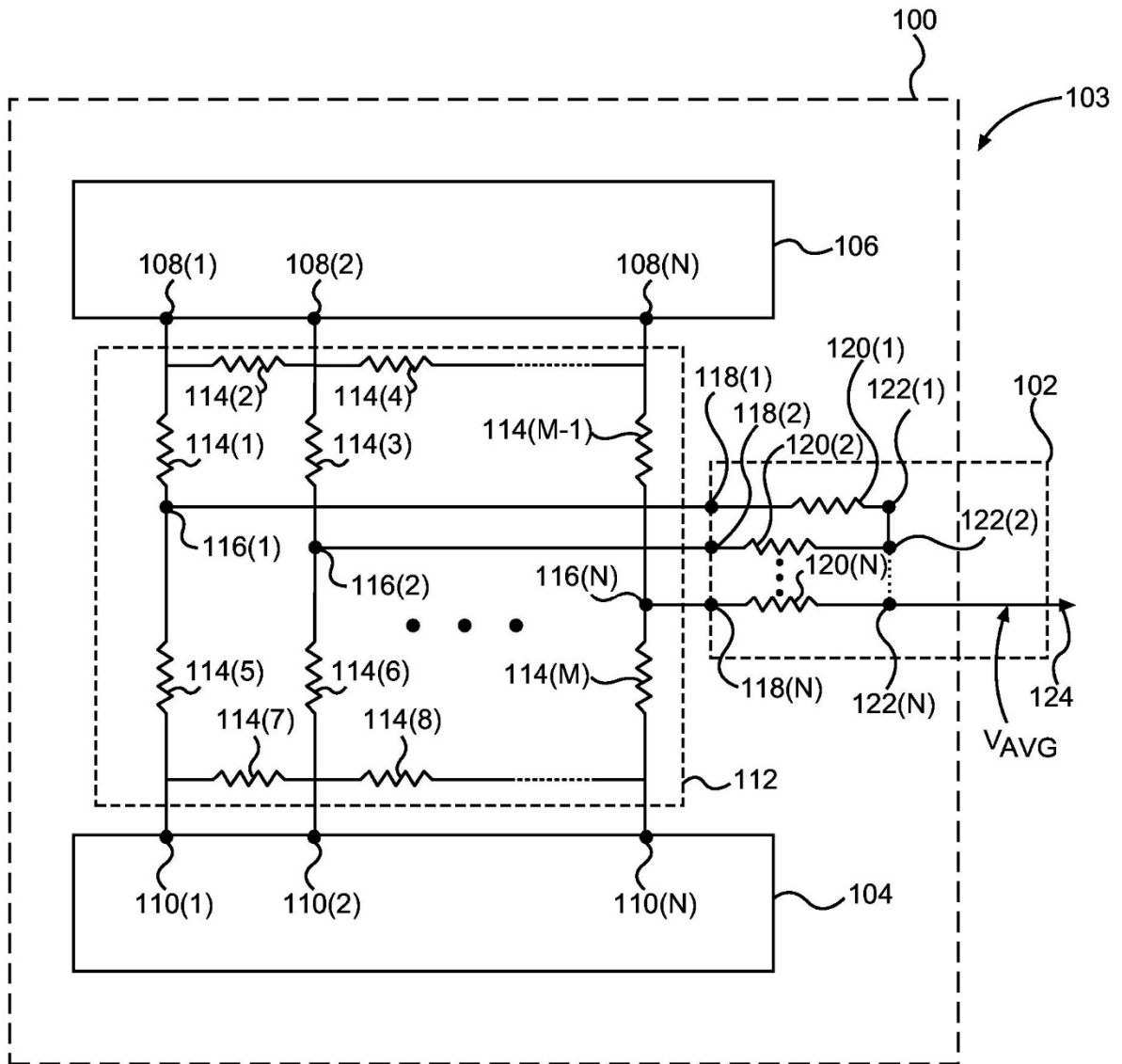
comprendiendo el circuito regulador de voltaje:

una primera entrada de regulador de voltaje acoplada a una fuente de voltaje de referencia;

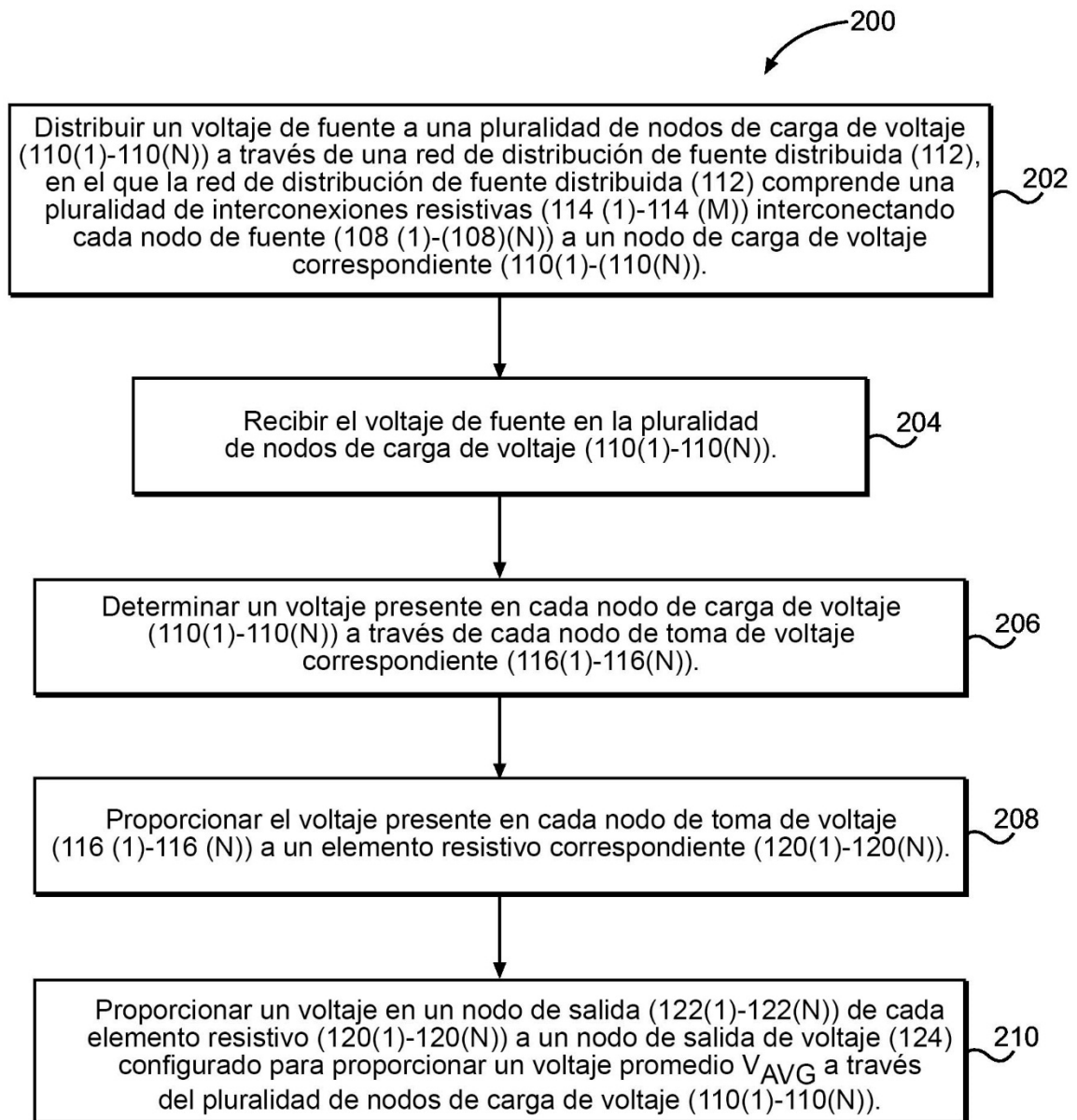
5 una segunda entrada de regulador de voltaje acoplada al nodo de salida de voltaje de la conmutación de cabeza del circuito de promediador de voltaje de la conmutación de cabeza; y

10 una salida de regulador de voltaje acoplada a una puerta de cada transistor de conmutación de cabeza entre la pluralidad de transistores de conmutación de cabeza y una puerta de cada transistor de espejo entre la pluralidad de transistores de espejo.

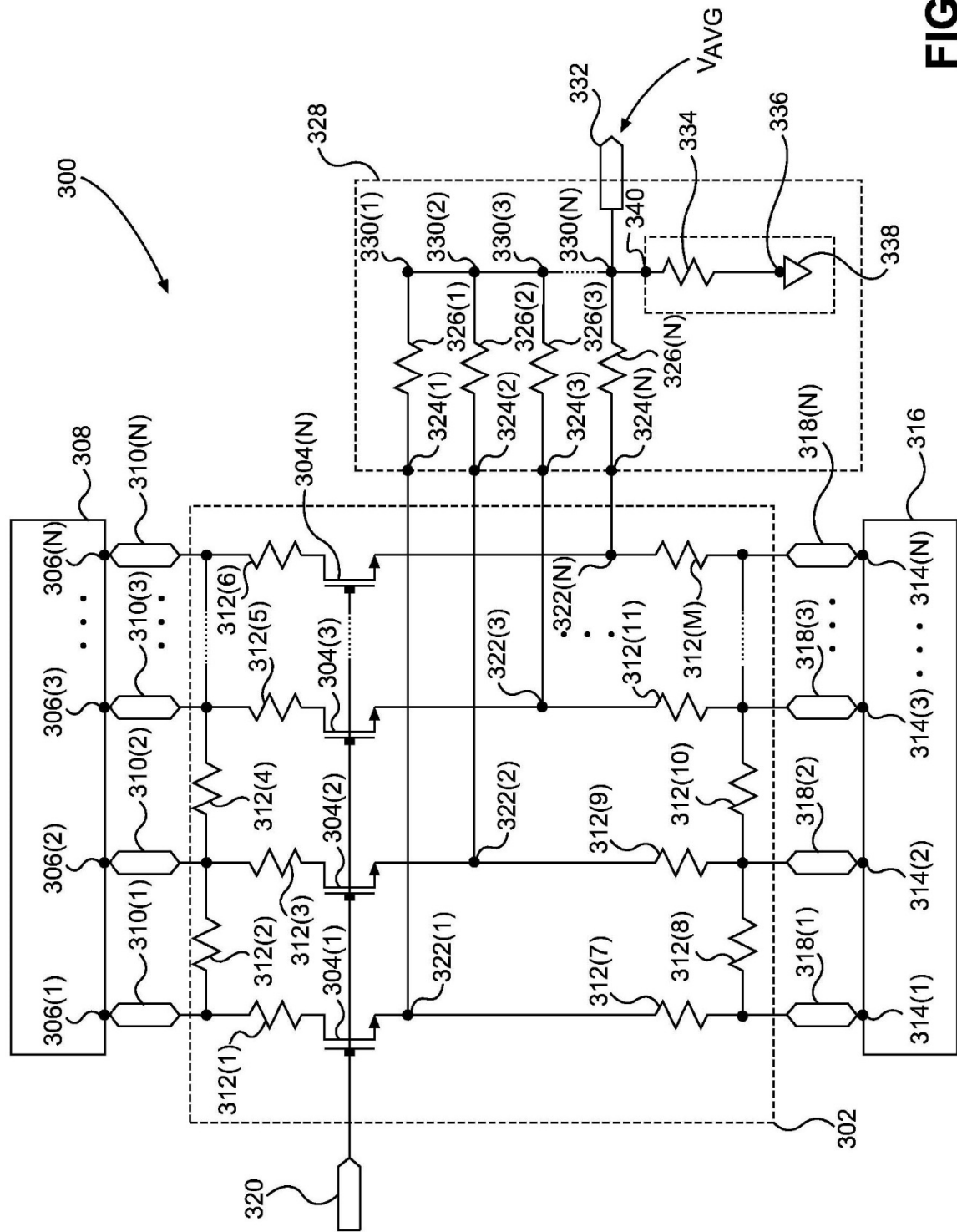


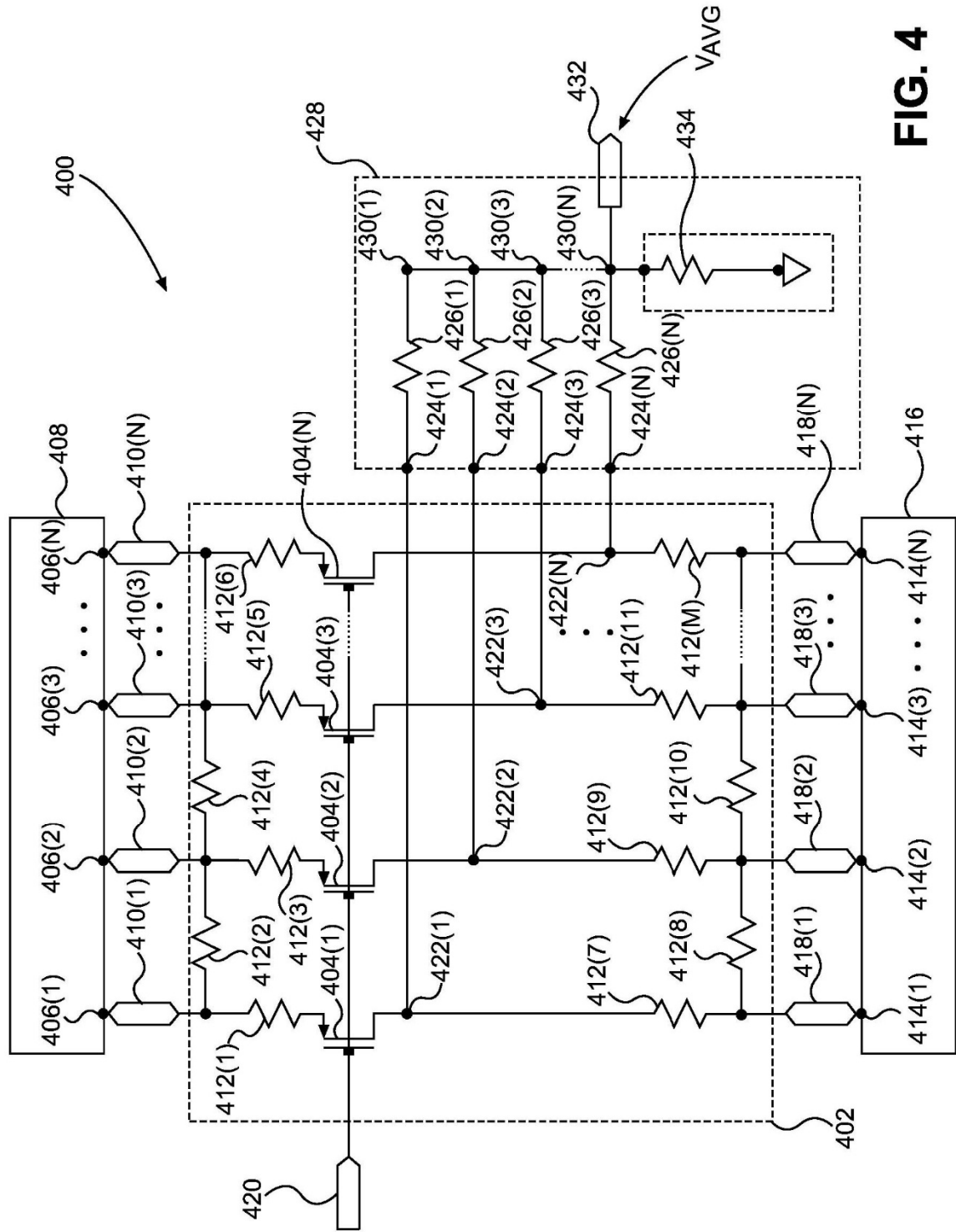


**FIG. 1**



**FIG. 2**





**FIG. 4**

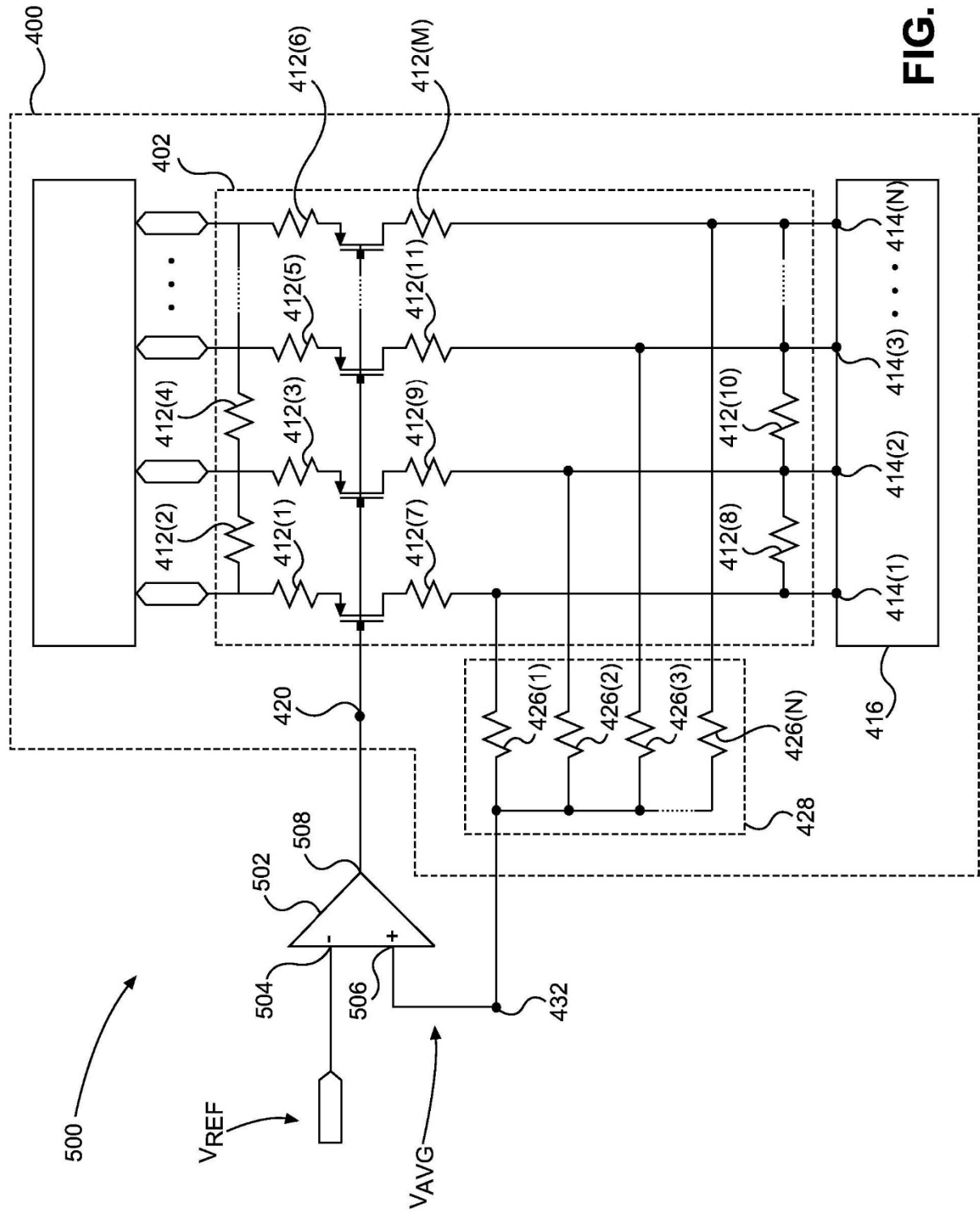
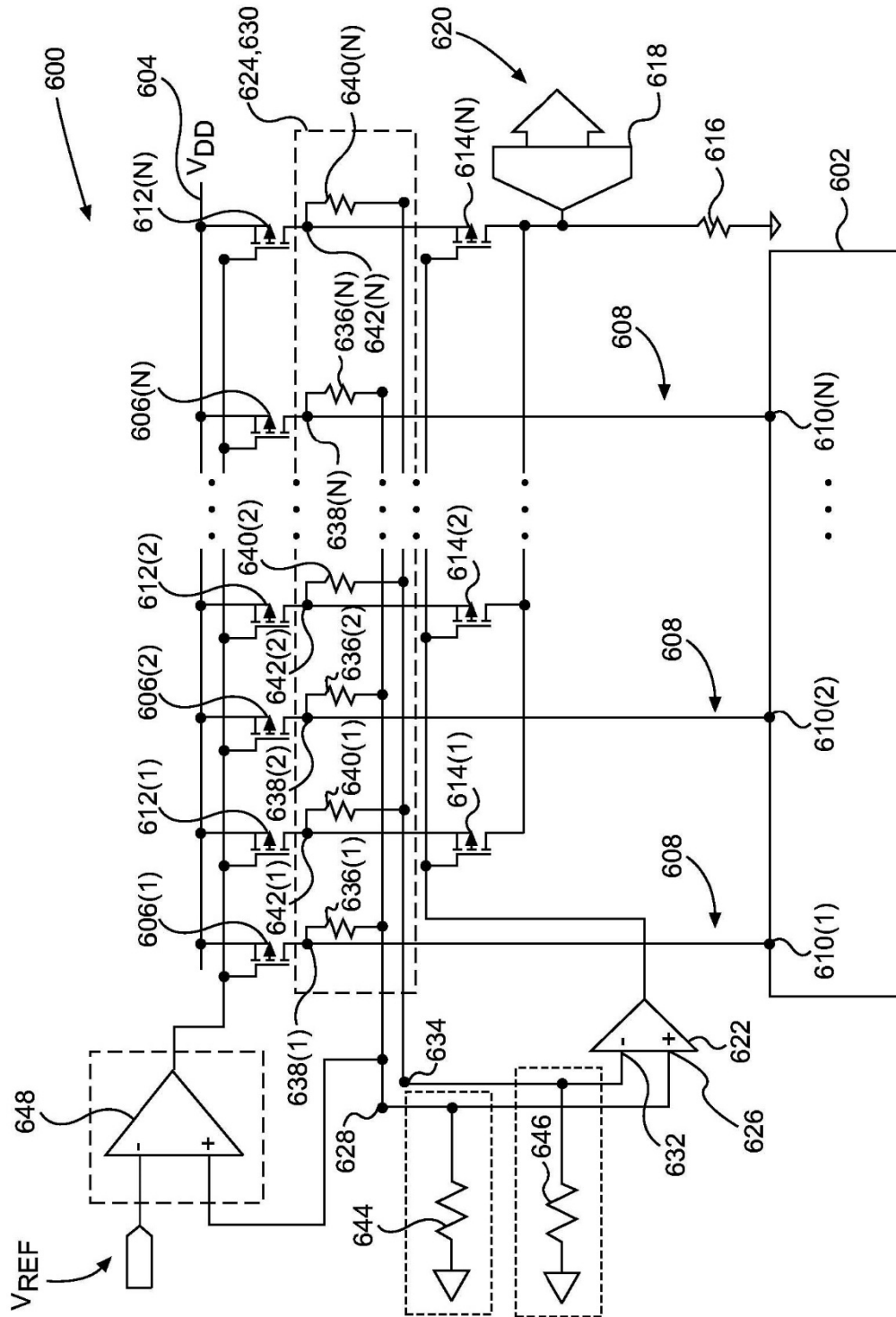


FIG. 5



**FIG. 6**

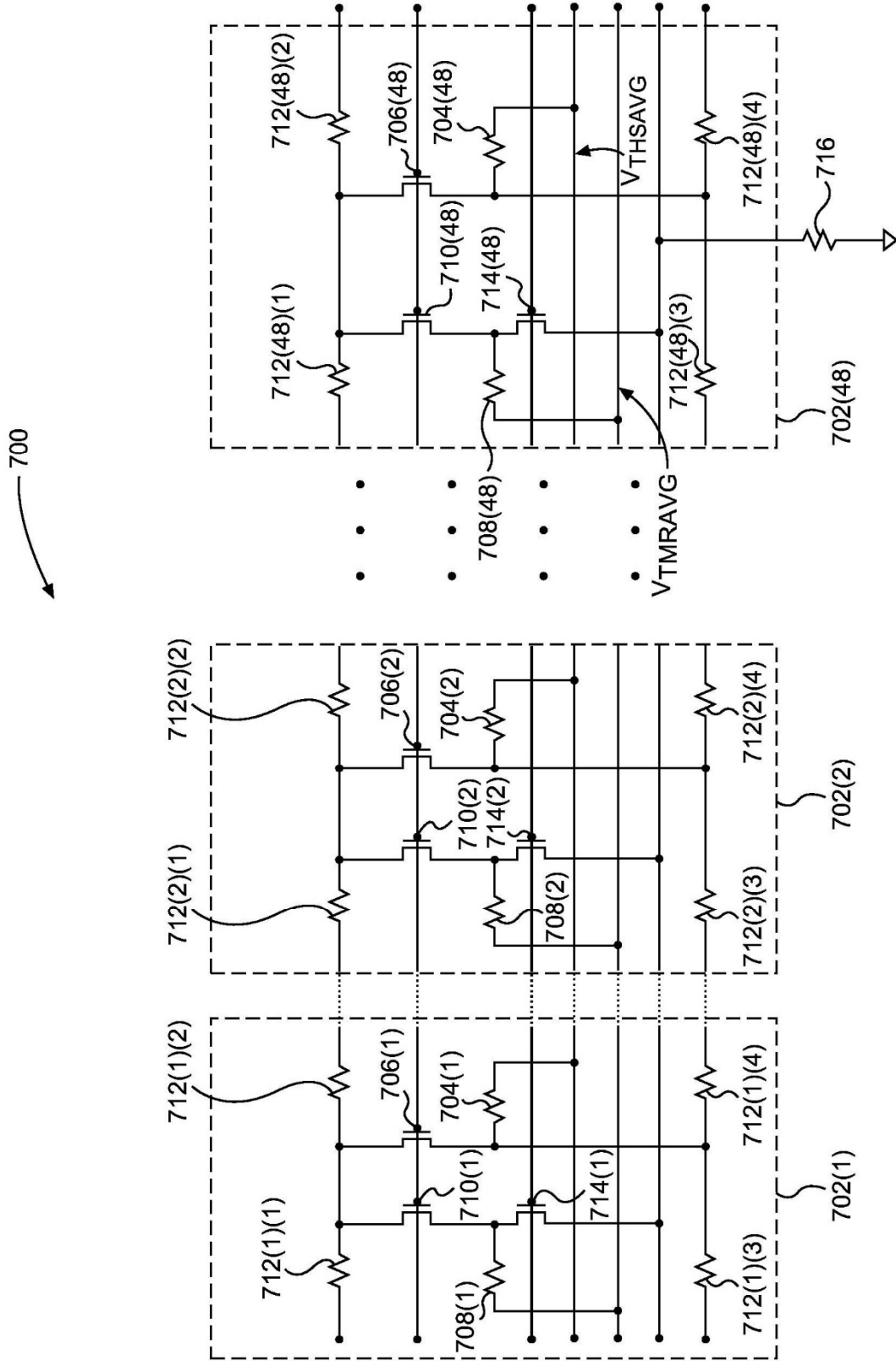


FIG. 7A

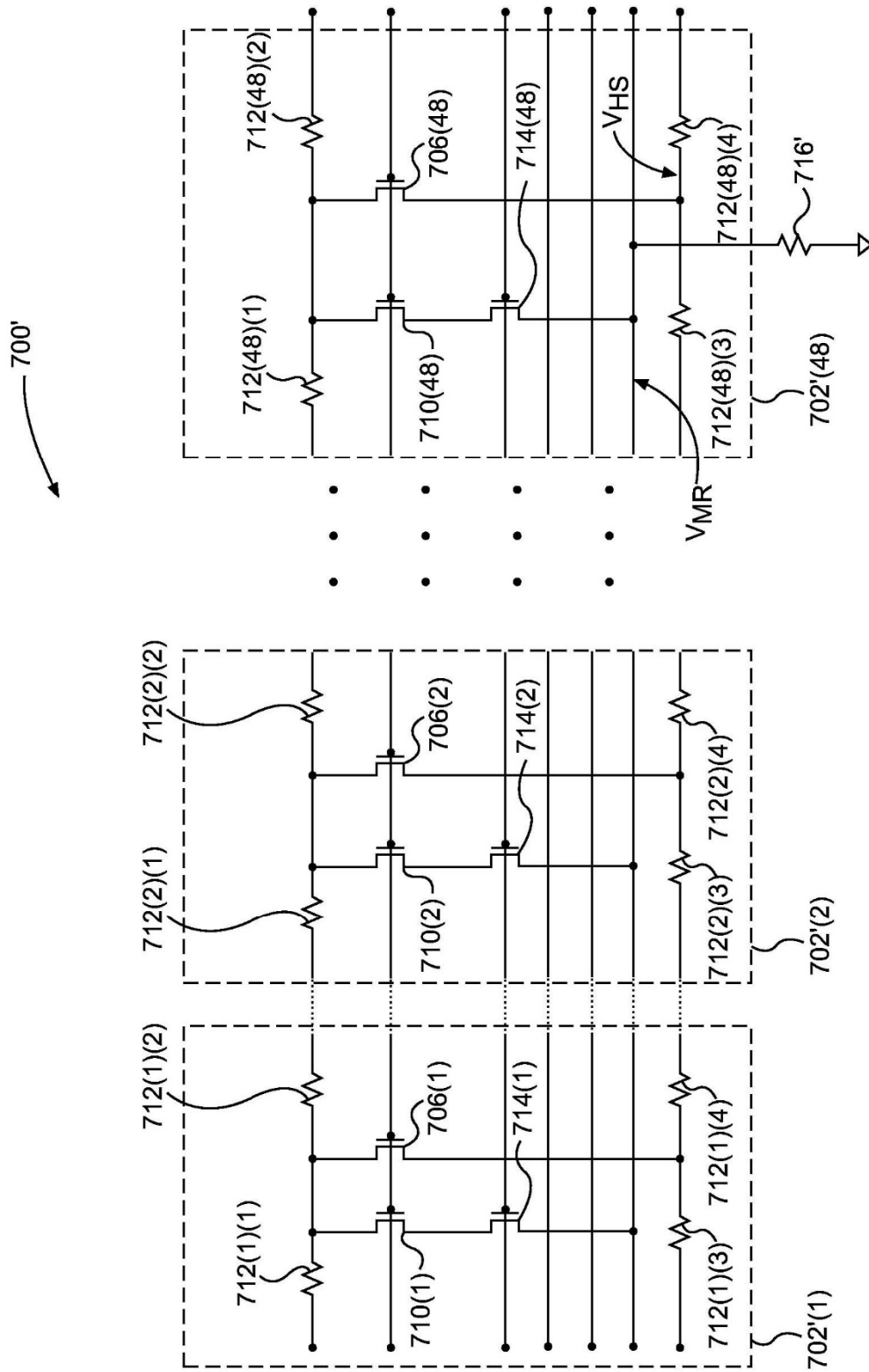
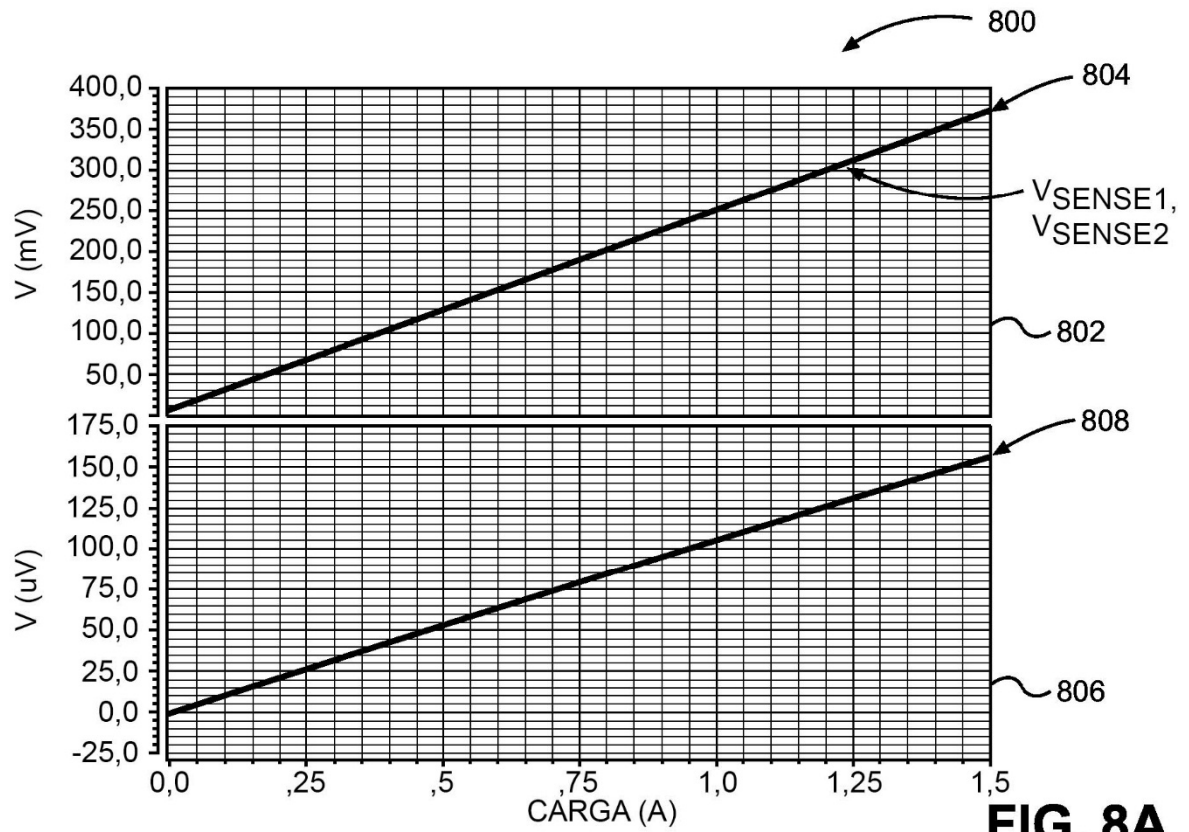
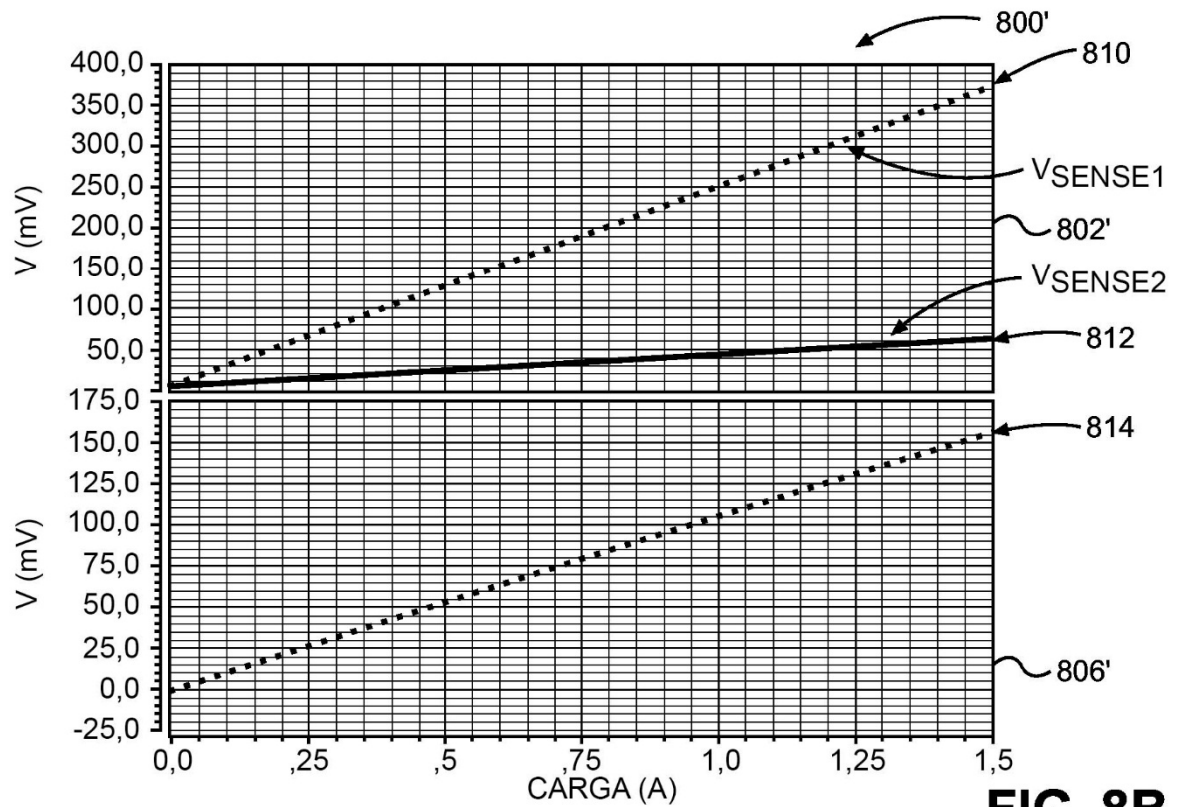


FIG. 7B

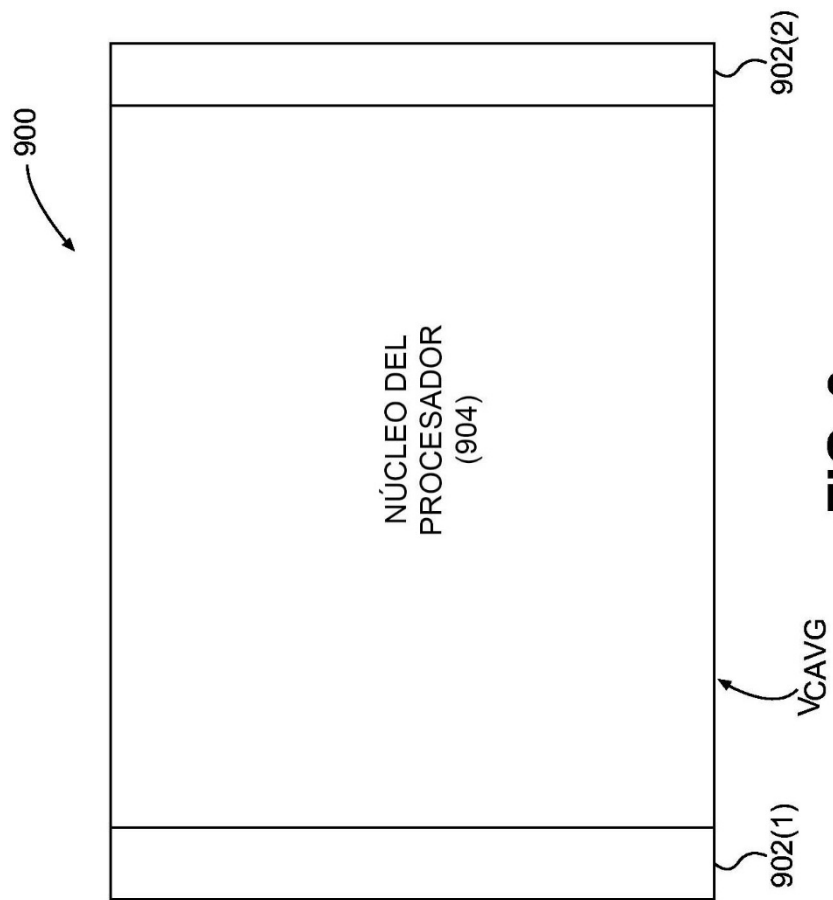




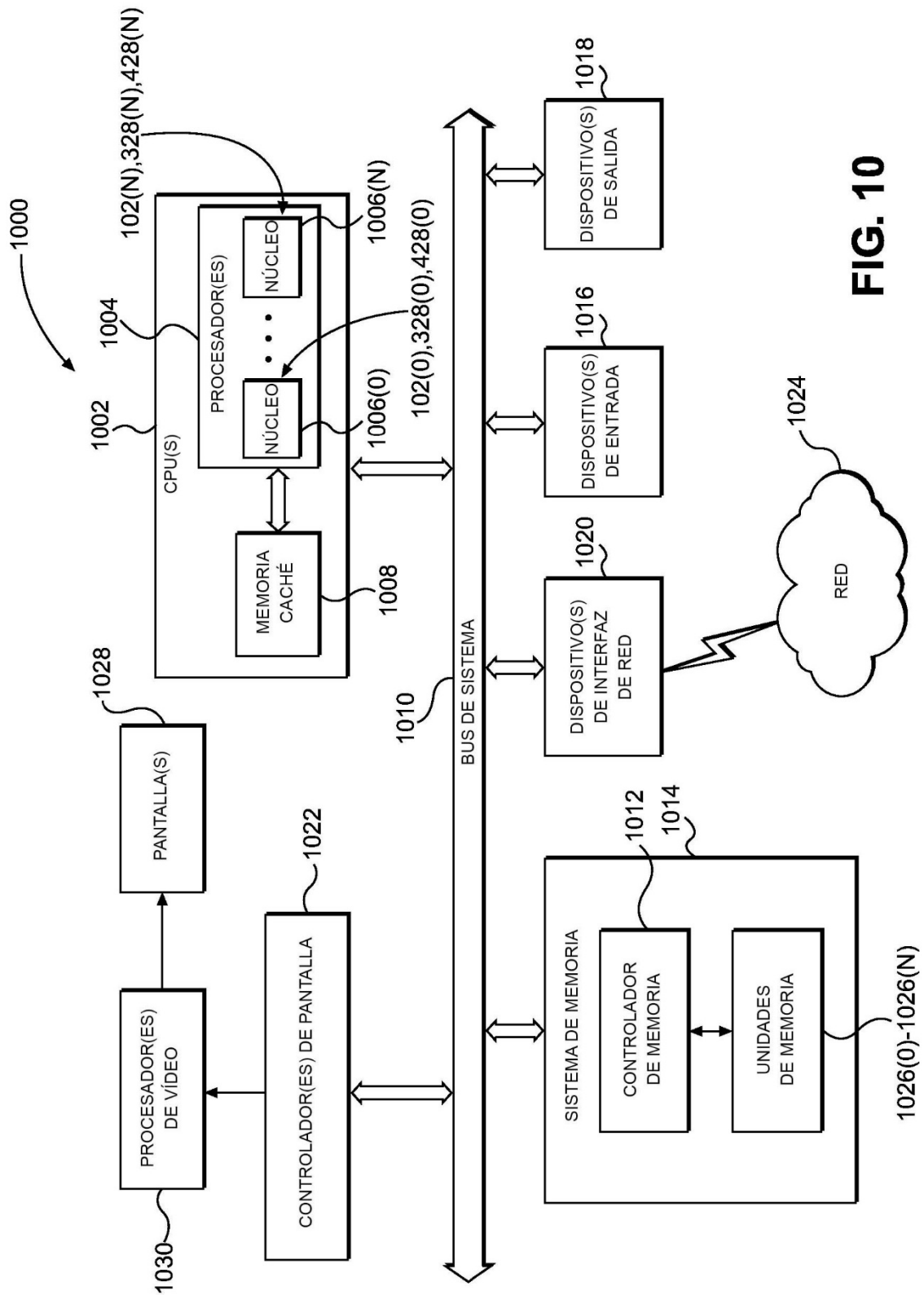
**FIG. 8A**



**FIG. 8B**



**FIG. 9**



**FIG. 10**