

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 880**

51 Int. Cl.:

H05B 33/08 (2006.01)

H02M 1/42 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.01.2012 PCT/US2012/022059**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.07.2012 WO12100183**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2012 E 12737154 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2666220**

54 Título: **Circuito de activación para iluminación led con distorsión armónica total reducida**

30 Prioridad:

21.01.2011 US 201161435258 P

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

06.05.2020

73 Titular/es:

**SIGNIFY NORTH AMERICA CORPORATION
(100.0%)
200 Franklin Square Drive
Somerset, NJ 08873, US**

72 Inventor/es:

GRAJCAR, ZDENKO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 758 880 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

Circuito de activación para iluminación led con distorsión armónica total reducida

5 Referencia cruzada a solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de Patente Provisional de los EE. UU. Serie No. 61/423,258, titulada "CURRENT CONDITIONER WITH REDUCED TOTAL HARMONIC DISTORTION" y presentada el 21 de enero de 2011.

10 Antecedentes

Los circuitos de iluminación que utilizan diodos emisores de luz (LED) para producir iluminación tienen típicamente mayor eficiencia energética y una vida útil más larga que las bombillas incandescentes, lámparas fluorescentes u otras fuentes de iluminación equivalentes.

15 Sin embargo, los LED conducen la corriente en una sola dirección y, por lo tanto, usan corriente continua (CC) para funcionar. Para funcionar de manera eficiente cuando se alimenta con una fuente de potencia de corriente alterna (CA), los circuitos de iluminación basados en LED incluyen un circuito rectificador para convertir una señal de potencia de entrada de CA sinusoidal en una señal de potencia de CC rectificada de media onda o de onda completa. La señal sinusoidal rectificada tiene un valor variable que sigue una envoltura sinusoidal. Debido a que los LED (y los circuitos de iluminación LED) tienen un voltaje umbral por debajo del cual los LED están apagados y no conducen corriente ni emiten luz, un LED (o circuito de iluminación LED) alimentado por una señal sinusoidal rectificada en general se encenderá y apagará repetidamente dependiendo sobre si el valor instantáneo de la señal sinusoidal rectificada excede o no el voltaje umbral del LED.

20 El documento JP 2006 147933 A divulga un dispositivo de iluminación de diodos emisores de luz.

30 El documento US 7 081 722 B1 divulga un circuito controlador multifásico de diodo emisor de luz

Con el fin de hacer un uso eficiente de la potencia de entrada, los circuitos de iluminación LED pueden diseñarse de manera que se alimenten diferentes números de LED en diferentes momentos durante cada ciclo. En general, el circuito de iluminación incluye un circuito de detección de voltaje, para medir el valor instantáneo de la señal sinusoidal rectificada, y un microprocesador para determinar qué bombillos LED deben alimentarse en función del valor medido de la señal sinusoidal rectificada.

35 El microprocesador controla un conjunto de interruptores digitales para activar selectivamente varias combinaciones de LED basadas en el control del microprocesador. Por ejemplo, el microprocesador puede activar un primer conjunto de LED al comienzo y al final de un ciclo, cuando el valor instantáneo de la señal sinusoidal rectificada es bajo, y el microprocesador puede activar una conexión en serie de dos o más conjuntos de LED en la mitad del ciclo, cuando el valor instantáneo de la señal sinusoidal rectificada es alto.

40 La activación y desactivación de los conjuntos de LED por los interruptores digitales, sin embargo, causa niveles elevados de distorsión armónica en el circuito de iluminación LED y las líneas de potencia que proporcionan la señal de activación de CA. Además, la activación de cargas de LED no lineales causa distorsión del factor de potencia en el circuito de iluminación de LED y las líneas de potencia que proporcionan la señal de activación de CA. Las distorsiones armónicas y del factor de potencia contribuyen a la disminución de la eficiencia total de la iluminación LED, ya que la distorsión hace que las corrientes armónicas viajen a través de las líneas de potencia que proporcionan la señal de activación de CA.

45 Por lo tanto, existe una necesidad de circuitos de activación para aplicaciones de iluminación LED que produzca una distorsión armónica total mínima.

50 Resumen

55 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un circuito de acuerdo con la reivindicación 1 independiente.

60 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un circuito de acuerdo con la reivindicación 8 independiente.

Se entiende que varias configuraciones de la tecnología en cuestión serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia a partir de la divulgación, en donde se muestran y describen diversas configuraciones de la tecnología en cuestión a modo de ilustración. Como se verá, la tecnología en cuestión es capaz de otras configuraciones diferentes y sus diversos detalles pueden modificarse en varios otros aspectos, todo sin apartarse del alcance de la tecnología

en cuestión. En consecuencia, el resumen, los dibujos y la descripción detallada deben considerarse de naturaleza ilustrativa y no restrictiva.

Breve descripción de los dibujos

5 Las figuras de los dibujos representan una o más implementaciones de acuerdo con las presentes enseñanzas, solo a modo de ejemplo, no a modo de limitación. En las figuras, los números de referencia similares se refieren a elementos iguales o similares.

10 La figura 1A es un diagrama esquemático que muestra un circuito de acondicionamiento para conducir dos grupos LED que usan un voltaje de entrada de CA rectificado

15 Las figuras 1B, 1C y 1D respectivamente son un primer diagrama de temporización de voltaje, un diagrama de temporización de corriente y un segundo diagrama de temporización de voltaje que muestra ilustrativamente el funcionamiento del circuito de acondicionamiento de la Figura 1A. Las figs. 2A, 2B, 2C y 2D son diagramas esquemáticos que muestran varios ejemplos de interconexiones de LED y de grupos de LED para usar en el circuito de acondicionamiento de la Figura 1A.

20 La figura 3A es un diagrama esquemático que muestra un circuito de acondicionamiento modificado para activar dos grupos de LED utilizando un voltaje de entrada de CA rectificado.

La figura 3B es un diagrama de temporización actual que muestra ilustrativamente el funcionamiento del circuito de acondicionamiento de la Figura 3A.

25 La figura 4A es un diagrama esquemático que muestra un circuito de acondicionamiento modificado para activar tres grupos de LED utilizando un voltaje de entrada de CA rectificado.

La figura 4B es un diagrama de temporización actual que muestra ilustrativamente el funcionamiento del circuito de acondicionamiento de la Figura 4A.

30 La figura 5A es un diagrama esquemático que muestra un circuito de acondicionamiento modificado para activar dos grupos de LED utilizando un voltaje de entrada de CA rectificado.

35 Las figuras 5B y 5C son un diagrama de temporización actual y un diagrama de intensidad de iluminación que muestra ilustrativamente el funcionamiento del circuito de acondicionamiento de la Figura 5A.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

40 En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos a modo de ejemplos para proporcionar una comprensión profunda de las enseñanzas relevantes. Sin embargo, debería ser evidente para los expertos en la materia que las presentes enseñanzas se pueden practicar sin tales detalles. En otros casos, se han descrito métodos, procedimientos, componentes y/o circuitos bien conocidos a un nivel relativamente alto, sin detalles, para evitar oscurecer innecesariamente aspectos de las presentes enseñanzas.

45 Los circuitos de activación para alimentar las luces de diodos emisores de luz (LED) generalmente se basan en circuitos digitales para medir el valor instantáneo de un voltaje de activación, en un microprocesador para identificar LED para activar en función del valor medido y en interruptores digitales para activar selectivamente los LED identificados. Sin embargo, la circuitería digital reduce la eficiencia general de la iluminación LED al causar distorsión armónica y distorsión del factor de potencia en la luz LED y la línea de potencia asociada. Para reducir la distorsión armónica y la distorsión del factor de potencia causada por los circuitos digitales, se presenta un circuito de acondicionamiento de corriente para enrutar selectivamente la corriente a varios grupos de LED en una luz LED. El circuito de acondicionamiento de corriente utiliza componentes y circuitos analógicos para el funcionamiento, y produce una distorsión armónica mínima y una distorsión del factor de potencia.

55 El circuito de acondicionamiento de corriente se proporciona para enrutar selectivamente la corriente a diferentes grupos de LED dependiendo del valor instantáneo de un voltaje de entrada de CA. En una realización preferida, la circuitería de acondicionamiento incluye solo componentes de circuito analógico y no incluye componentes digitales o conmutadores digitales para el funcionamiento.

60 El circuito se basa en transistores de transistor de efecto de campo de semiconductores de óxido de metal en modo de empobrecimiento (MOSFET) para su funcionamiento. En una realización preferida, los transistores MOSFET de empobrecimiento tienen una alta resistencia entre sus terminales de drenaje y fuente, y cambian entre estados conductores y no conductores relativamente de manera lenta. Los transistores MOSFET en modo de empobrecimiento pueden conducir corriente entre sus terminales de drenaje y fuente cuando un voltaje V_{GS} entre los terminales de puerta y fuente es cero o positivo y el transistor MOSFET está operando en el modo (o región) de saturación (o activo, o conductor) (o región, o estado). Sin embargo, la corriente a través del transistor MOSFET en modo de

empobrecimiento puede restringirse si se aplica un voltaje V_{GS} negativo a los terminales y el transistor MOSFET ingresa al modo de corte (o no conductor) (o región, o estado). El transistor MOSFET hace transición entre los modos de saturación y corte operando en el modo o región, lineal u óhmico, en el que la cantidad de corriente que fluye a través del transistor (entre los terminales de drenaje y fuente) depende del voltaje entre la puerta y los terminales de fuente V_{GS} : en un ejemplo, los transistores MOSFET de empobrecimiento tienen preferiblemente una resistencia elevada entre el drenaje y la fuente (cuando funcionan en el modo lineal) de tal manera que los transistores cambian entre los modos de saturación y corte relativamente de manera lenta. Los transistores MOSFET de empobrecimiento cambian entre los modos de saturación y corte operando en la región lineal u óhmica, proporcionando así una transición suave y gradual entre los modos de saturación y corte. En un ejemplo, un transistor MOSFET en modo de empobrecimiento puede tener un voltaje umbral de -2.6 voltios, de modo que el transistor MOSFET en modo de empobrecimiento no permita que pase corriente entre los terminales de drenaje y fuente cuando el voltaje V_{GS} de la fuente de la puerta está por debajo de -2.6 voltios. Otros valores de los voltajes de umbral pueden utilizarse alternativamente.

La figura 1A es un diagrama esquemático que muestra un circuito 100 de acondicionamiento para activar dos grupos de LED utilizando un voltaje de entrada de CA rectificado. El circuito 100 de acondicionamiento usa circuitería analógica para enrutar selectivamente la corriente a uno o ambos grupos de LED en función del valor instantáneo del voltaje de entrada de CA.

El circuito 100 de acondicionamiento recibe un voltaje de entrada de CA de una fuente 101 de voltaje de CA, tal como una fuente 101 de potencia, tal como un suministro de energía, un voltaje de línea de CA o similar. La fuente 101 de voltaje de CA está acoplada en serie con un fusible 103, y la interconexión en serie de la fuente 101 de voltaje de CA y el fusible 103 están acoplados en paralelo con un supresor de voltaje transitorio (TVS) 105 u otro circuito de protección contra sobretensiones. La interconexión en serie de la fuente 101 de voltaje de CA y el fusible 103 se acoplan adicionalmente en paralelo con dos terminales de entrada de un rectificador 107 de voltaje. En un ejemplo, el rectificador 107 de voltaje puede incluir un rectificador de puente de diodos que proporciona la rectificación de onda completa de una forma de onda de voltaje de CA sinusoidal de entrada. En otros ejemplos, se pueden usar otros tipos de circuitos de rectificación de voltaje.

El rectificador 107 de voltaje funciona como una fuente de voltaje de CC variable y produce un voltaje rectificado V_{rect} entre sus dos terminales de salida V^+ y V^- . El voltaje rectificado V_{rect} corresponde a una versión rectificadora del voltaje de activación de CA. En general, el voltaje rectificado V_{rect} es un voltaje de CC rectificado de onda completa. El voltaje rectificado V_{rect} se usa como el voltaje de CC de entrada para activar los grupos 109 y 111 de LED del circuito 100 de acondicionamiento. En particular, el voltaje rectificado V_{rect} se utiliza como voltaje de entrada para activar dos interconexiones en serie de un grupo de LED, un transistor y una resistencia.

Una primera interconexión en serie de un primer grupo 109 de LED, un primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento de n canales (acoplado por los terminales de drenaje y fuente), y una primera resistencia 117 está acoplada entre los terminales de salida V^+ y V^- del rectificador 107 de voltaje. El primer grupo 109 de LED tiene su ánodo acoplado al terminal V^+ (nodo n1), y su cátodo está acoplado al terminal de drenaje del primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento (nodo n2). El terminal fuente del transistor 113 está acoplado a un primer terminal de la resistencia 117 (nodo n3), mientras que el terminal de puerta del transistor 113 y el segundo terminal de la resistencia 117 están acoplados al terminal V^- (nodo n4) del rectificador 107 de voltaje, de modo que el voltaje a través de la primera resistencia 117 sirve como voltaje de polarización V_{GS} entre los terminales de puerta y fuente del primer transistor 113.

Una segunda interconexión en serie de un segundo grupo 111 de LED, un segundo transistor MOSFET de empobrecimiento de n canales 115 (acoplado por los terminales de drenaje y fuente), y una segunda resistencia 119 está acoplada entre los terminales de drenaje y fuente del primer transistor 113. En particular, el ánodo del segundo grupo 111 de LED está acoplado al nodo n2, mientras que el cátodo del segundo grupo 111 de LED está acoplado en el nodo n5 al terminal de drenaje del segundo transistor 115. El terminal fuente del segundo transistor 115 está acoplado a un primer terminal de la segunda resistencia 119 en el nodo n6, mientras que el terminal de puerta del segundo transistor 115 y el segundo terminal de la segunda resistencia 119 están acoplados al nodo n3 y el terminal fuente del primer transistor 113. El voltaje a través de la segunda resistencia 119 sirve, así como el voltaje de polarización V_{GS} entre los terminales de puerta y fuente del segundo transistor 115.

Cada uno de los primeros y segundos grupos 109 y 111 de LED tienen un voltaje directo (o voltaje de umbral). El voltaje directo generalmente es un voltaje mínimo requerido a través del grupo de LED para que la corriente fluya a través del grupo de LED y/o para que el grupo de LED emita luz. El primer y segundo grupos 109 y 111 de LED pueden tener el mismo voltaje directo (por ejemplo, 50 voltios), o el primer y segundo grupos 109 y 111 de LED pueden tener diferentes voltajes directos (por ejemplo, 60 voltios y 40 voltios, respectivamente)

En funcionamiento, en la circuitería 100 de activación de la figura 1A, uno o ambos grupos 109 y 111 de LED pueden conducir corriente dependiendo de si se cumple el voltaje directo de uno o ambos grupos 109 y 111 de LED. El funcionamiento de la circuitería 100 de activación de LED de la Figura 1A se explicará con referencia al diagrama de temporización de voltaje de la Figura 1B.

La figura 1B es un diagrama de sincronización de voltaje que muestra el voltaje rectificado V_{rect} durante un ciclo. El voltaje rectificado V_{rect} puede aplicarse a la salida del rectificador 107 de voltaje a los grupos 109 y 111 de LED, como se muestra en la circuitería 100 de activación de la Figura 1A.

5 El ciclo ejemplar del voltaje rectificado V_{rect} mostrado en la figura 1B comienza en el tiempo t_0 con el voltaje rectificado V_{rect} , que tiene un valor de 0V (0 voltios). El voltaje rectificado V_{rect} experimenta un ciclo de medio seno entre los tiempos t_0 y t_5 . Entre los tiempos t_0 y t_5 , el valor del voltaje rectificado V_{rect} permanece por debajo del voltaje directo del primer grupo 109 de LED, y no fluye corriente a través del primer grupo 109 de LED. A medida que el voltaje rectificado V_{rect} alcanza un valor de V_1 , se alcanza el voltaje directo del primer grupo 109 de LED y la corriente comienza a fluir gradualmente a través del primer grupo 109 de LED. En este tiempo, el primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento está en un estado conductor de tal manera que la corriente que fluye desde el rectificador 107 a través del primer grupo 109 de LED fluye a través del transistor MOSFET 113 (desde los terminales de drenaje a fuente) y la primera resistencia 117.

15 A medida que el voltaje rectificado V_{rect} aumenta en valor de V_1 a V_2 , el valor de la corriente que fluye a través del primer grupo 109 de LED, el primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento, y la primera resistencia 117 aumenta. El aumento de corriente a través de la primera resistencia 117 hace que aumente el voltaje a través de la primera resistencia 117, y que aumente el voltaje inverso correspondiente entre los terminales de puerta y fuente del primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento. Sin embargo, a medida que aumenta el voltaje de la fuente de compuerta inversa, el primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento comienza a salir de la saturación y pasar al modo o región de funcionamiento "lineal" u "óhmico". De este modo, el primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento puede comenzar a apagarse y conducir menos corriente a medida que el valor del voltaje rectificado V_{rect} alcanza el valor V_2 .

20 Mientras tanto, a medida que el voltaje rectificado V_{rect} alcanza el valor V_2 (en el tiempo t_2), el voltaje rectificado V_{rect} alcanza o excede la suma del voltaje directo del primer y segundo grupos 109 y 111 de LED. Como resultado, el segundo grupo 111 de LED comienza a conducir corriente, y la corriente que fluye a través del primer grupo 109 de LED comienza a fluir a través de la interconexión en serie del segundo grupo 111 de LED, el segundo transistor 115 MOSFET de empobrecimiento, y la segunda y primera resistencia 119 y 117. Como V_{rect} excede V_2 y el primer transistor 109 MOSFET de empobrecimiento entra en modo de corte, la mayor parte o la totalidad de la corriente que fluye a través del primer grupo 109 de LED fluye a través del segundo grupo 111 de LED.

25 Por lo tanto, durante la primera mitad del ciclo, inicialmente no fluye corriente a través de ninguno de los grupos 109 y 111 de LED primero y segundo (período $[t_0, t_1]$). Sin embargo, cuando el valor de V_{rect} alcanza o supera V_1 , la corriente comienza a fluir a través del primer grupo 109 de LED que comienza a emitir luz (período $[t_1, t_2]$) mientras el segundo grupo 111 de LED permanece apagado. Finalmente, a medida que el valor de V_{rect} alcanza o supera V_2 , la corriente comienza a fluir a través del primer y segundo grupos 109 y 111 de LED que emiten luz (período después de t_2).

30 Durante la segunda mitad del ciclo, el voltaje rectificado V_{rect} disminuye de un máximo de V_{max} de nuevo a 0 voltios. Durante este período, el segundo y primer grupo 111 y 109 de LED se apagan secuencial y gradualmente dejan de conducir corriente. En particular, mientras el valor de V_{rect} permanece por encima de V_2 , tanto el primer como el segundo grupos 109 y 111 de LED permanecen en el estado de conducción. Sin embargo, a medida que el valor de V_{rect} alcanza o cae por debajo de V_2 (en el tiempo t_3), V_{rect} ya no alcanza o excede la suma del voltaje directo del primer y segundo grupos 109 y 111 de LED, y el segundo grupo 111 de LED comienza a apagarse y a dejar de conducir corriente. Aproximadamente al mismo tiempo, la caída de voltaje a través de la primera resistencia cae por debajo del voltaje umbral del primer transistor 109 MOSFET de empobrecimiento, y el primer transistor 109 MOSFET de empobrecimiento ingresa al modo de operación lineal u óhmico y comienza a conducir la corriente una vez más. Como resultado, la corriente fluye a través del primer grupo 109 de LED, el primer transistor 109 MOSFET de empobrecimiento, y la primera resistencia 117, y el primer grupo 109 de LED continúa así emitiendo luz. Sin embargo, cuando el valor de V_{rect} alcanza o disminuye por debajo de V_1 (en el tiempo t_4), V_{rect} ya no alcanza o excede el voltaje directo del primer grupo 109 de LED, y el primer grupo 109 de LED comienza a apagarse y dejar de conducir corriente. Como resultado, tanto el primer como el segundo grupo 109 y 111 de LED se apagan y dejan de emitir luz durante el período $[t_4, t_5]$.

35 La figura 1C es un diagrama de tiempo actual que muestra las corrientes I_{G1} e I_{G2} que fluyen respectivamente a través del primer y segundo grupos 109 y 111 de LED durante un ciclo del voltaje rectificado V_{rect} .

40 Como se describe en relación con la Figura 1B, la corriente I_{G1} a través del primer grupo 109 de LED comienza a fluir alrededor del tiempo t_1 , y aumenta a un primer valor I_1 . La corriente I_{G1} continúa fluyendo a través del primer grupo 109 de LED desde aproximadamente el tiempo t_1 a aproximadamente el tiempo t_4 . Entre los tiempos t_2 y t_3 , la corriente I_{G2} fluye a través del segundo grupo 111 de LED, y alcanza un segundo valor I_2 . Durante el período de tiempo $[t_2, t_3]$, la corriente I_{G1} aumenta al valor a I_2 .

45 En general, los parámetros eléctricos de los componentes del circuito 100 de activación pueden seleccionarse para ajustar el funcionamiento del circuito 100. Por ejemplo, los voltajes directos del primer y segundo grupos 109 y 111 de

LED pueden determinar el valor de los voltajes V_1 y V_2 a los que se activan el primer y segundo grupos de LED. En particular, el voltaje V_1 puede ser sustancialmente igual al voltaje directo del primer grupo de LED, mientras que el voltaje V_2 puede ser sustancialmente igual a la suma de los voltajes directos del primer y segundo grupo de LED. En un ejemplo, el voltaje directo del primer grupo de LED puede establecerse en un valor de 60 V, por ejemplo, mientras que el voltaje directo del segundo grupo de LED puede establecerse en un valor de 40 V, de modo que el voltaje V_1 sea aproximadamente igual a 60 V y el voltaje V_2 es aproximadamente igual a 100V. Además, el valor de la primera resistencia 117 puede establecerse de manera que el primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento entre en un estado no conductor cuando el voltaje V_{rect} alcanza un valor de V_2 , como tal el valor de la primera resistencia 117 puede ser establecido en función del voltaje umbral del primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento, la resistencia de la fuente de drenaje del primer transistor MOSFET de empobrecimiento y los voltajes V_1 y V_2 . En un ejemplo, la primera resistencia puede tener un valor de alrededor de 31.6 ohmios.

La circuitería 100 de acondicionamiento de la figura 1A se puede utilizar para proporcionar iluminación regulable utilizando el primer y segundo grupos 109 y 111 de LED. Los circuitos de acondicionamiento pueden, en particular, proporcionar una intensidad de iluminación variable basada en la amplitud del voltaje de activación rectificada V_{rect} . La figura 1D es un diagrama de sincronización de voltaje que muestra los efectos de una amplitud de voltaje de conducción reducida en la circuitería 100 de iluminación LED.

Como se muestra en la Figura 1D, la amplitud de el voltaje de activación V_{rect} se ha reducido de un valor de V_{max} a un valor de V_{max}' en 151. La amplitud del voltaje de activación V_{rect} puede haberse reducido mediante la activación de un potenciómetro, un interruptor de atenuación u otro medio apropiado. Mientras se reduce la amplitud del voltaje de activación, los voltajes de umbral V_1 y V_2 permanecen constantes a medida que los voltajes de umbral se establecen por parámetros de los componentes del circuito 100.

Debido a que el voltaje de activación V_{rect} tiene una amplitud menor, el voltaje de activación tarda un tiempo $[t_0, t_1']$ en alcanzar el primer voltaje umbral V_1 durante la primera mitad de cada ciclo que es más largo que el tiempo $[t_0, t_1]$. De manera similar, el voltaje de activación tarda un tiempo $[t_0, t_2']$ en alcanzar el segundo voltaje umbral V_2 que es más largo que el tiempo $[t_0, t_2]$. Además, el voltaje de activación de menor amplitud alcanza el segundo umbral antes (en un momento t_3' , que ocurre antes del tiempo t_3) durante la segunda mitad de cada ciclo, y de manera similar alcanza el primer umbral antes (en un tiempo t_4' , que ocurre antes del tiempo t_4), durante la segunda mitad de cada ciclo. Como resultado, el período de tiempo $[t_1', t_4']$ durante el cual la corriente fluye a través del primer grupo 109 de LED se reduce sustancialmente con respecto al período de tiempo correspondiente $[t_1, t_4]$ cuando el voltaje de entrada tiene amplitud completa. De manera similar, el período de tiempo $[t_2', t_3']$ durante el cual la corriente fluye a través del segundo grupo 111 de LED se reduce sustancialmente con respecto al período de tiempo correspondiente $[t_2, t_3]$ cuando el voltaje de entrada tiene una amplitud completa. Debido a que la intensidad de la iluminación producida por cada uno de los grupos 109 y 111 de LED primero y segundo, depende de la cantidad total de corriente que fluye a través de los grupos de LED, el acortamiento de los períodos de tiempo durante los cuales la corriente fluye a través de cada uno de los grupos de LED hace que la intensidad de iluminación producida por cada uno de los grupos de LED se reduzca.

Además de proporcionar iluminación regulable, el circuito 100 de acondicionamiento de la figura 1A se puede utilizar para proporcionar iluminación regulable dependiente del color. Para proporcionar iluminación regulable dependiente del color, el primer y segundo grupo de LED pueden incluir LED de diferentes colores, o diferentes combinaciones de LED que tienen diferentes colores. Cuando se proporciona un voltaje de amplitud completa V_{rect} , la salida de luz de la circuitería 100 de acondicionamiento es proporcionada por el primer y el segundo grupo de LED, y el color de la salida de luz se determina en función de la intensidad de luz relativa y la luz de color respectiva proporcionada por cada uno de los grupos de LED. Sin embargo, a medida que se reduce la amplitud del voltaje V_{rect} , la intensidad de luz proporcionada por el segundo grupo de LED se reducirá más rápidamente que la intensidad de luz proporcionada por el primer grupo de LED. Como resultado, la salida de luz de la circuitería 100 de acondicionamiento estará dominada gradualmente por la salida de luz (y el color de la luz) producida por el primer grupo de LED.

La circuitería 100 de acondicionamiento mostrada en la figura 1A incluye primero y segundo Grupos 109 y 111 de LED. Cada grupo de LED puede estar formado por uno o más LED, o por uno o más LED de alto voltaje. En los ejemplos en los que un grupo de LED incluye dos o más LED (o dos o más LED de alto voltaje), los LED pueden estar acoplados en serie y/o en paralelo.

Las figuras 2A y 2B muestran ejemplos de interconexiones de LED que pueden usarse como grupos 109 y 111 de LED. En el ejemplo de la figura 2A, un grupo de LED ejemplar (acoplado entre los nodos n_1 y n_2 , como el grupo 109 de LED de la figura 1A) está formado por cuatro subgrupos de LED acoplados en serie, donde cada subgrupo es una interconexión en paralelo de tres LED. En el ejemplo de la figura 2B, un grupo de LED de ejemplo (acoplado entre los nodos n_2 y n_5 , como el grupo 111 de LED de la figura 1A) está formado por tres subgrupos de LED acoplados en serie, donde cada subgrupo es una interconexión en paralelo de dos LED.

Se pueden usar otras diversas interconexiones de LED. En otro ejemplo, un primer grupo de LED puede estar formado por 22 subgrupos de LED acoplados en serie donde cada subgrupo es una interconexión en paralelo de tres LED, mientras que un segundo grupo de LED puede estar formado por 25 subgrupos de LED acoplados en serie donde

cada subgrupo es una interconexión en paralelo de dos LED. Los LED en un solo grupo pueden estar unidos por cable a un único dado semiconductor, o a múltiples dados semiconductores interconectados.

En general, la estructura de un grupo de LED puede seleccionarse para proporcionar Grupo LED con parámetros eléctricos particulares. Por ejemplo, el voltaje umbral del grupo de LED se puede aumentar acoplando más subgrupos de LED en serie, mientras que la potencia máxima (o corriente máxima) que evalúa al grupo de LED se puede aumentar acoplando más LED en paralelo dentro de cada subgrupo. Como tal, un grupo de LED puede diseñarse para tener parámetros eléctricos particulares, tales como tener un voltaje umbral de 40 V, 50 V, 60 V, 70 V, 120 V u otro nivel de voltaje apropiado. Del mismo modo, un grupo de LED puede diseñarse para tener una potencia nominal particular, como una potencia de 2, 7, 12.5 o 16 vatios.

Cada grupo de LED puede estar formado además por LED que emiten luz del mismo o de diferentes colores. Por ejemplo, un grupo de LED que solo incluye LED que emiten una luz roja puede emitir una luz sustancialmente roja, mientras que un grupo de LED que incluye una mezcla de LED que emiten luz roja y luz blanca puede emitir una luz rojiza.

Como se muestra en el ejemplo de sincronización actual de la figura 1C, la amplitud máxima de las corrientes I_{G1} e I_{G2} a través del primer y segundo grupos de LED 109 y 111 es aproximadamente la misma. Sin embargo, debido a que el primer grupo 109 de LED conduce la corriente durante un período de tiempo más largo, la potencia de salida total del primer grupo 109 de LED es generalmente mayor que la potencia de salida total del segundo grupo 111 de LED. Para evitar la sobrecarga del primer grupo 109 de LED, el primer y segundo grupos 109 y 111 de LED pueden incluir diferentes interconexiones de LED, como se describe en relación con las Figura 2A y 2B arriba. En un ejemplo, el primer grupo 109 de LED puede incluir más LED acoplados en paralelo que el segundo grupo 111 de LED, a fin de reducir la amplitud máxima de corriente que fluye a través de cada LED del primer grupo 109 de LED y así reducir las posibilidades de sobrecargar el primer grupo 109 de LED.

Alternativamente, se pueden usar diferentes números de grupos de LED en la Circuitería 100 de acondicionamiento. Las figuras 2C y 2D muestran dos ejemplos en los que la Circuitería 100 de acondicionamiento se han modificado para incluir varios números de grupos de LED.

Por ejemplo, la figura 2C muestra la circuitería 200 de acondicionamiento que es sustancialmente similar a la circuitería 100 de acondicionamiento. Sin embargo, en la circuitería 200 de acondicionamiento de la figura 2C, el primer grupo de iluminación LED ha sido reemplazado por una interconexión en paralelo de dos grupos 109a y 109b de LED. Al proporcionar dos grupos 109a y 109b de LED acoplados en paralelo, la mitad de la corriente I_{G1} actual fluiría a través de cada uno de los grupos 109a y 109b de LED. La interconexión en paralelo de los dos grupos 109a y 109b de LED puede reducir así la corriente total que fluye a través de cada grupo de LED y reducir la potencia de salida total de cada grupo de LED. La interconexión en paralelo puede minimizar las posibilidades de que cualquiera de los grupos 109a y 109b de LED sufra una sobrecarga.

La figura 2D muestra otro circuito 250 de acondicionamiento ejemplar que es sustancialmente similar al circuito 100 de acondicionamiento. Sin embargo, en el circuito 250 de acondicionamiento, el primer grupo de iluminación LED ha sido reemplazado por una interconexión en paralelo de tres grupos 109c, 109d y 109e de LED. Además, el segundo grupo 111 de iluminación LED ha sido reemplazado por una interconexión en paralelo de dos grupos 111a y 111b de LED. Como se describe en relación con la figura 2C, la interconexión en paralelo de dos o más grupos de LED en paralelo puede reducir la corriente total que fluye a través de cada grupo de LED y reducir las posibilidades de que cualquier grupo de LED sufra de sobrecarga.

La figura 3A muestra un diagrama esquemático de un circuito 300 de acondicionamiento modificado para activar dos grupos de LED usando un voltaje de entrada de CA rectificado. El circuito 300 de acondicionamiento modificado es sustancialmente similar al circuito 100 de acondicionamiento de la figura 1A. Sin embargo, el circuito 300 modificado no incluye el segundo transistor 115 MOSFET de empobrecimiento del circuito 100. En cambio, el cátodo del segundo grupo 111 de LED está acoplado directamente a la segunda resistencia 119.

El circuito 300 funciona sustancialmente de manera similar al circuito 100. Como se describe en relación con las Figuras 1B y 1C, el primer grupo 109 de LED del circuito 300 conducirá corriente durante un primer período de tiempo $[t_1, t_4]$, mientras que el segundo grupo 111 de LED del circuito 300 conducirá corriente durante el segundo período de tiempo $[t_2, t_3]$. Sin embargo, debido a que el circuito 300 no incluye el transistor 115 MOSFET de empobrecimiento, la corriente máxima que fluye a través del primer y segundo grupo de LED durante el período de tiempo $[t_2, t_3]$ no está limitada por la conductancia del transistor 115 MOSFET de empobrecimiento. Como resultado, la corriente que fluye a través del primer y segundo grupos de LED en el circuito 300 puede alcanzar un pico con un valor más alto que en el circuito 100. Sin embargo, el circuito 300 puede tener una eficiencia de iluminación menor que el circuito 100 porque la segunda resistencia 119 disipa más potencia.

La figura 3B es una sincronización de corriente que muestra las corrientes I_{G1} y I_{G2} que fluyen respectivamente a través del primer y segundo grupos 109 y 111 de LED del circuito 300 durante un ciclo. Como se muestra en la figura 3B, los flujos de corriente a través del circuito 300 son generalmente similares a los flujos de corriente a través del circuito 100

como se muestran en la figura 1C. Sin embargo, las amplitudes máximas alcanzadas por las corrientes I_{G1} y I_{G2} en el circuito 300 (como se muestra en la figura 3B) son mayores que las amplitudes máximas alcanzadas en el circuito 100 (como se muestra en la figura 1C).

5 La figura 4A muestra un diagrama esquemático de un circuito 400 modificado para activar tres grupos de LED usando un voltaje de entrada de CA rectificado. El circuito 400 modificado es sustancialmente similar al circuito 100 de acondicionamiento de la figura 1A. Sin embargo, el circuito 400 modificado incluye una interconexión en serie de un tercer grupo 112 de LED, un tercer transistor 116 MOSFET de empobrecimiento y una tercera resistencia 120 acoplada entre el cátodo del segundo grupo 111 de LED y la fuente del segundo transistor 115 MOSFET de empobrecimiento.

10 El circuito 400 modificado funciona de manera similar al circuito 100 de iluminación LED. Sin embargo, el circuito 400 modificado enruta selectivamente la corriente a cero, uno, dos o todos los tres grupos de LED dependiendo del valor instantáneo del voltaje de activación rectificado V_{rect} . El circuito 400 modificado puede tener tres umbrales de voltaje V_1 , V_2 y V_3 en los que se activan diferentes grupos de LED. En particular, el primer grupo 109 de LED puede activarse durante un período $[t_1, t_4]$ durante el cual el voltaje de activación V_{rect} excede el primer umbral V_1 de voltaje, el segundo grupo 111 de LED puede activarse durante un período $[t_2, t_3]$ durante el cual el voltaje de activación V_{rect} excede el segundo umbral V_2 , de voltaje y el tercer grupo 112 de LED puede activarse durante un período $[t_{21}, t_{22}]$ durante el cual el voltaje de activación V_{rect} excede el tercer umbral V_3 de voltaje. Los umbrales de voltaje pueden ser tales que $V_1 < V_2 < V_3$, y los períodos de tiempo pueden ser tales que $[t_{21}, t_{22}]$ forman parte de $[t_2, t_3]$, y tal que $[t_2, t_3]$ forman parte de $[t_1, t_4]$.

La figura 4B es un diagrama de sincronización de corriente que muestra las corrientes I_{G1} , I_{G2} e I_{G3} que fluyen respectivamente a través del primer, segundo y tercer grupos 109, 111 y 112 de LED durante un ciclo de operación del circuito 400. Como se muestra en la figura 4B, el primero y el segundo grupos de LED funcionan sustancialmente de manera similar a los mostrados en la figura 1C. En particular, de acuerdo con el diagrama de sincronización de la figura 4B, una corriente I_{G1} fluye a través del primer grupo 109 de LED durante el período $[t_1, t_4]$, mientras que una corriente I_{G2} fluye a través del segundo grupo 111 de LED durante el período $[t_2, t_3]$. Sin embargo, en el circuito 400, la corriente I_{G3} fluye adicionalmente a través del tercer grupo 112 de LED durante el período $[t_{21}, t_{22}]$.

30 En el circuito 400, los parámetros eléctricos de los componentes se pueden seleccionar para ajustar el funcionamiento del circuito 100. Por ejemplo, el voltaje V_1 puede ser sustancialmente igual al voltaje directo del primer grupo de LED, mientras que el voltaje V_2 puede ser sustancialmente igual a la suma de los voltajes directos del primer y segundo grupos de LED y el voltaje V_3 puede ser sustancialmente igual a la suma de los voltajes directos del primer, segundo y tercer grupo de LED. En un ejemplo, el voltaje directo del primer grupo de LED puede establecerse en un valor de 40 V, por ejemplo, mientras que los voltajes directos del segundo y tercer grupo de LED pueden establecerse en valores de 30 V cada uno, de modo que los voltajes V_1 , V_2 y V_3 son respectivamente aproximadamente iguales a 40 V, 70 V y 100 V. Además, el valor de la primera resistencia 117 puede establecerse de modo que el primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento entre en un estado no conductor cuando el voltaje V_{rect} alcanza un valor de V_2 , y el valor de la segunda resistencia 119 puede establecerse de tal manera que el segundo transistor 115 MOSFET de empobrecimiento entra en un estado no conductor cuando el voltaje V_{rect} alcanza un valor de V_3 .

45 Si bien se han presentado circuitos de iluminación LED que selectivamente activan dos Grupos 109 y 111 de LED (véase la figura 1A, circuito 100) y que activan selectivamente tres grupos 109, 111 y 112 de LED (véase la figura 4A, circuito 400), las enseñanzas aquí contenidas pueden ser más generalmente utilizadas para diseñar circuitos que activan cuatro o más grupos de LED. Por ejemplo, un circuito que activa cuatro grupos de LED puede ser sustancialmente similar al circuito 400, pero puede incluir una interconexión en serie adicional de un cuarto grupo de LED, un cuarto transistor MOSFET de empobrecimiento y una cuarta resistencia acoplada entre el cátodo del tercer grupo 112 de LED y la fuente del tercer transistor 116 MOSFET de empobrecimiento. De manera similar, un circuito que activa cinco grupos de LED puede ser sustancialmente similar al circuito que activa cuatro grupos de LED, pero puede incluir una interconexión adicional de un quinto grupo de LED, un quinto transistor MOSFET de empobrecimiento y una quinta resistencia acoplada entre el cátodo del cuarto grupo de LED y la fuente del cuarto transistor MOSFET de empobrecimiento.

55 La figura 5A muestra un diagrama esquemático de un circuito 500 modificado para activar dos grupos LED que usan un voltaje de entrada de CA rectificado. El circuito 500 modificado es similar al circuito 100 de acondicionamiento de la figura 1A. Sin embargo, en el circuito 500 modificado, el primer y el segundo grupos 509 y 511 de LED están acoplados en paralelo y, por lo tanto, pueden estar provistos de manera sustancialmente alternativa de una corriente de activación (en lugar de contar con una corriente de activación de manera simultánea, como en el circuito 100).

60 En particular, en el circuito 500, la primera interconexión en serie del primer grupo 509 de LED, el primer transistor 513 MOSFET de empobrecimiento (acoplado por los terminales de drenaje y fuente), y la primera resistencia 517 está acoplada entre los nodos V^+ y V^- de salida del rectificador 107 de voltaje. El terminal de puerta del primer transistor 513 MOSFET de empobrecimiento está acoplado al nodo V^- . Sin embargo, la segunda interconexión en serie del segundo grupo 511 de LED, el segundo transistor 515 MOSFET de empobrecimiento (acoplado por los terminales de drenaje y fuente), y la segunda resistencia 519 está acoplada entre el nodo de salida V^+ del rectificador 107 de voltaje y el terminal fuente del primer transistor 513 MOSFET de empobrecimiento. El terminal de puerta del

segundo transistor 515 MOSFET de empobrecimiento está acoplado al terminal fuente del primer transistor 513 MOSFET de empobrecimiento.

El funcionamiento del circuito 500 se explicará con referencia al diagrama de sincronización de corriente de la figura 5B. Como en el caso del circuito 100 de acondicionamiento, el circuito 500 de acondicionamiento tiene un primer y segundo umbral V_1 y V_2 , de voltaje y el voltaje de activación rectificado V_{rect} excede respectivamente el primer y el segundo umbral durante los períodos de tiempo $[t_1, t_4]$ y $[t_2, t_3]$ de cada ciclo.

Debido a que el primer y segundo grupos 509 y 511 de LED no están acoplados en serie, sin embargo, la corriente I_{G1} que fluye a través del primer grupo 509 de LED no fluye a través del segundo grupo 511 de LED, y la corriente I_{G2} que fluye a través del segundo grupo 511 de LED no fluye a través del primer grupo 509 de LED. Como resultado, cuando el primer transistor 513 de empobrecimiento de MOSFET entra y opera en un estado no conductor (período $[t_2, t_3]$), la corriente I_{G1} a través del primer grupo 509 de LED se reduce o se corta. Como resultado, el primer grupo 509 de LED se apaga sustancialmente (y deja de emitir luz) durante el período $[t_2, t_3]$. Mientras tanto, el segundo grupo 511 de LED del circuito 500 funciona sustancialmente como en el circuito 100. En particular, el segundo grupo 511 de LED conduce corriente (y emite luz) durante el período $[t_2, t_3]$.

Los parámetros eléctricos para el circuito 500 se pueden seleccionar para ajustar el funcionamiento del circuito. Por ejemplo, los voltajes directos del primer y segundo grupos 509 y 511 de LED pueden determinar el valor de los voltajes V_1 y V_2 a los que se activan el primer y segundo grupos de LED. En particular, el voltaje V_1 puede ser sustancialmente igual al voltaje directo del primer grupo de LED, mientras que el voltaje V_2 puede ser sustancialmente igual al voltaje directo del segundo grupo de LED. En un ejemplo, el voltaje directo del primer grupo de LED puede establecerse en un valor de 60 V, por ejemplo, mientras que el voltaje directo del segundo grupo de LED puede establecerse en un valor de 100 V, de modo que el voltaje V_1 es aproximadamente igual a 60 V y el voltaje V_2 es aproximadamente igual a 100 V. Además, el valor de la primera resistencia 117 puede establecerse de modo que el primer transistor 113 MOSFET de empobrecimiento entre en un estado no conductor cuando el voltaje V_{rect} alcanza un valor de V_2 . Como tal, el valor de la primera resistencia 117 puede establecerse en función del voltaje umbral del primer transistor 513 MOSFET de empobrecimiento, la resistencia de la fuente de drenaje del primer transistor 513 MOSFET de empobrecimiento y los voltajes V_1 y V_2 .

El funcionamiento del circuito 500 de iluminación LED puede presentar una ventaja en términos de proporcionar una intensidad de iluminación constante incluso en situaciones en las que una amplitud de voltaje de activación es variable. Como se describe en relación con la figura 1D, a medida que disminuye la amplitud del voltaje rectificado V_{rect} , la duración de los períodos $[t_1, t_4]$ y $[t_2, t_3]$ durante los cuales el primer y el segundo grupo de LED emiten luz disminuye correspondientemente. Como resultado, se reduce la intensidad de iluminación total producida por los grupos de LED. Sin embargo, el circuito 500 de iluminación LED puede proporcionar una intensidad de iluminación relativamente constante incluso cuando la amplitud del voltaje rectificado V_{rect} sufre pequeñas variaciones.

La figura 5C muestra un primer diagrama que muestra la intensidad de iluminación relativa del primer y segundo grupos G_1 y G_2 de LED de acuerdo con la amplitud del voltaje V_{rect} de activación. La intensidad de la iluminación se normaliza, para cada grupo de LED, a un valor del 100% para una amplitud de voltaje de activación de 120 V. A medida que la amplitud del voltaje de activación disminuye por debajo de 120 V, la intensidad de la iluminación del segundo grupo G_2 de LED disminuye gradualmente por debajo del 100%. Sin embargo, a medida que la amplitud del voltaje de activación disminuye por debajo de 120 V, la intensidad de la iluminación del primer grupo G_1 de LED inicialmente aumenta antes de disminuir para amplitudes de bajo voltaje de activación. Como resultado, la intensidad de iluminación total producida por la circuitería de LED (es decir, la intensidad de iluminación total proporcionada por la combinación del primer y segundo grupos $G_1 + G_2$ de LED) permanece relativamente constante para un rango de amplitudes de voltaje de entrada (por ejemplo, el rango de amplitudes $[120 V, 100 V]$, en el ejemplo de la figura 5C), antes de disminuir para amplitudes de bajo voltaje de activación. Por lo tanto, la circuitería 500 de iluminación LED puede usarse ventajosamente para proporcionar una intensidad de iluminación constante frente a una amplitud de fuente de potencia variable, mientras que, no obstante, permite atenuar la intensidad de la iluminación a amplitudes de fuente de potencia más bajas. Por ejemplo, el circuito 500 de iluminación LED puede proporcionar una intensidad de iluminación constante incluso cuando se producen variaciones en la amplitud de suministro causadas por corrientes transitorias en una línea de potencia.

Las diversas modificaciones al circuito 100 de acondicionamiento descritas en este documento pueden aplicarse al circuito 500 de acondicionamiento. Por ejemplo, el circuito 500 de acondicionamiento puede incluir diversas interconexiones de LED y de grupos de LED, tales como las interconexiones en serie y paralelas de LED y de grupos de LED descritos aquí en relación con las Figuras 2A-2D. En otro ejemplo, el segundo transistor 515 puede retirarse opcionalmente del circuito 500 de acondicionamiento, y el cátodo del segundo grupo 511 de LED acoplado al primer terminal de la resistencia 519. En otro ejemplo más, se pueden incluir interconexiones en serie adicionales de un grupo de LED, un transistor MOSFET de empobrecimiento y una resistencia en el circuito 500 de acondicionamiento. Por ejemplo, una tercera serie de interconexión de un tercer grupo de LED, un tercer transistor MOSFET de empobrecimiento y una tercera resistencia se pueden acoplar entre el ánodo del primer grupo 509 de LED y la fuente del segundo transistor 515 MOSFET de empobrecimiento. El terminal de puerta del tercer transistor MOSFET de empobrecimiento se acoplaría entonces a la fuente del segundo transistor 515 MOSFET de empobrecimiento. De

forma similar, una cuarta serie de interconexión de un cuarto grupo de LED, un cuarto transistor MOSFET de empobrecimiento y una cuarta resistencia se pueden acoplar entre el ánodo del primer grupo 509 de LED y la fuente del tercer transistor MOSFET de empobrecimiento. El terminal de puerta del cuarto transistor MOSFET de empobrecimiento se acoplaría a la fuente del tercer transistor MOSFET de empobrecimiento.

5 Los circuitos de acondicionamiento que se muestran y describen en esta solicitud, incluidos el circuito 100, 200, 250, 300, 400 y 500 de acondicionamiento que se muestran en las figuras, y las diversas modificaciones a los circuitos de acondicionamiento descritos en la aplicación, están configurados para activar los circuitos de iluminación LED con distorsión armónica total reducida o mínima. Mediante el uso de circuitos analógicos que enruta la corriente de forma
10 gradual y selectiva a diversos grupos de LED, los circuitos de acondicionamiento proporcionan una alta eficiencia de iluminación mediante la activación de uno, dos o más grupos de LED en función del valor instantáneo del voltaje de activación.

15 Además, mediante el uso de transistores MOSFET de empobrecimiento con resistencias r_{ds} elevadas de la fuente de drenaje, los transistores MOSFET de empobrecimiento hacen la transición entre los modos de saturación y corte de manera relativamente lenta. Como tal, al garantizar que los transistores cambien gradualmente entre estados conductores y no conductores, el encendido y apagado de los grupos y transistores LED sigue contornos sustancialmente sinusoidales. Como resultado, la circuitería produce poca distorsión armónica a medida que los grupos de LED se activan y desactivan gradualmente. Además, el primer y segundo (o más) grupos de LED controlan
20 la corriente entre sí: el nivel de voltaje directo del segundo grupo de LED influye en el flujo de corriente a través del primer grupo de LED, y el nivel de voltaje directo del primer grupo de LED influye en el flujo de corriente a través del segundo grupo de LED. Como resultado, la circuitería se autocontrola a través de las interacciones entre los múltiples grupos de LED y los múltiples transistores MOSFET.

25 En un aspecto, el término “transistor de efecto de campo (FET)” puede referirse a cualquiera de una variedad de transistores multiterminales que generalmente operan en los principios de controlar un campo eléctrico para controlar la forma y, por lo tanto, la conductividad de un canal de un tipo de portador de carga en un material semiconductor, que incluye, pero no se limita a, un transistor de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico (MOSFET), una unión FET (JFET), un semiconductor de metal FET (MESFET), un transistor de alta movilidad de electrones (HEMT),
30 un FET dopado de modulación (MODFET), un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un diodo epitaxial inverso rápido FET (FREDFET) y un FET sensible a iones (ISFET).

A menos que se mencione lo contrario, se pueden implementar diversas configuraciones descritas en la presente divulgación en un sustrato de silicio, silicio-germanio (SiGe), arseniuro de galio (GaAs), fosfuro de indio (InP) o fosfuro
35 de indio y galio (InGaP), o cualquier otro sustrato adecuado .

Una referencia a un elemento en singular no pretende significar “uno y solo uno” a menos que así se indique específicamente, sino más bien “uno o más”. Por ejemplo, una resistencia puede referirse a una o más resistencias, un voltaje puede referirse a uno o más voltajes, una corriente puede referirse a una o más corrientes, y una señal
40 puede referirse a señales de voltaje diferencial.

La palabra “ejemplar” se usa en el presente documento para significar “que sirve como ejemplo o ilustración”. Cualquier aspecto o diseño descrito aquí como “ejemplar” no debe interpretarse necesariamente como preferido o ventajoso sobre otros aspectos o diseños. En un aspecto, varias configuraciones y operaciones alternativas descritas en el
45 presente documento pueden considerarse al menos equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito (100; 200; 400) que comprende:

5 una primera interconexión en serie de un primer grupo (109) de diodos emisores de luz, un primer transistor (113) y una primera resistencia (117); y

una segunda interconexión en serie de un segundo grupo (111) de diodos emisores de luz, un segundo transistor (115) y una segunda resistencia (119), en el que:

10 la interconexión de la segunda serie está conectada entre un terminal de drenaje y un terminal de fuente del primer transistor, y los grupos de diodos emisores de luz primero y segundo se activan selectivamente por un voltaje variable aplicado a través de la interconexión de la primera serie; el circuito comprende, además:

15 un rectificador (107) que recibe un voltaje de activación de CA en un par de terminales de entrada, rectifica el voltaje de activación de CA recibido y emite el voltaje rectificado como el voltaje variable en un par de nodos de salida, y en el que:

20 un cátodo del primer grupo de diodos emisores de luz está acoplado al terminal de drenaje del primer transistor (113), caracterizado porque:

un ánodo del primer grupo (109) de diodos emisores de luz está acoplado a uno de los dos nodos de salida del rectificador;

25 el terminal fuente del primer transistor está acoplado a un primer terminal de la primera resistencia (117); y

un terminal de puerta del primer transistor está acoplado a un segundo terminal de la primera resistencia y al otro par de nodos de salida del rectificador.

30 2. El circuito (100; 200; 400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

un ánodo del segundo grupo (111) de diodos emisores de luz está acoplado al terminal de drenaje del primer transistor (113);

35 un cátodo del segundo grupo de diodos emisores de luz está acoplado a un terminal de drenaje del segundo transistor (115);

un terminal fuente del segundo transistor está acoplado a un primer terminal de la segunda resistencia; y

40 un terminal de puerta del segundo transistor está acoplado a un segundo terminal de la segunda resistencia y al terminal fuente del primer transistor.

3. El circuito (400) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:

45 una tercera serie de interconexión de un tercer grupo de diodos emisores de luz (112), un tercer transistor (116) y una tercera resistencia (120), en el que:

la tercera serie de interconexión está conectada entre un terminal de drenaje y un terminal fuente del segundo transistor (115).

50 4. El circuito (100; 200; 400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer (113) y el segundo (115) transistores son transistores MOSFET de empobrecimiento.

5. El circuito (100; 200; 400) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que:

55 la primera resistencia (117) está acoplada entre el terminal fuente y un terminal de puerta del primer transistor (113), y

60 el primer transistor hace transición de un estado conductor a un estado no conductor cuando el voltaje variable excede un primer umbral.

6. El circuito (100; 200; 400) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que:

65 el segundo grupo (111) de diodos emisores de luz se activa selectivamente cuando el voltaje variable excede el primer umbral.

7. El circuito (110; 200; 400) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que:

los primeros (109) y segundos (111) grupos de diodos emisores de luz tienen voltajes umbral respectivos, el primer grupo de diodos emisores de luz se activa cuando el voltaje variable excede el voltaje umbral del primer grupo de diodos emisores de luz, y el segundo grupo de diodos emisores de luz se activa cuando el voltaje variable excede la suma de los voltajes umbral del primer y segundo grupos de diodos emisores de luz.

8. Un circuito (500) que comprende:

una primera interconexión en serie de un primer grupo (509) de diodos emisores de luz, un primer transistor (513) y una primera resistencia (517); y

una segunda interconexión en serie de un segundo grupo (511) de diodos emisores de luz, un segundo transistor (515) y una segunda resistencia (519), en el que:

el primer y segundo grupo de diodos emisores de luz se activan selectivamente por un voltaje variable aplicado a través de la primera serie de interconexión;

caracterizado porque:

la interconexión de la segunda serie está conectada entre un ánodo del primer grupo de diodos emisores de luz y un terminal fuente del primer transistor.

9. El circuito (500) de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende, además:

un rectificador (107) que recibe un voltaje de activación de CA en un par de terminales de entrada, rectifica el voltaje de activación de CA recibido y emite el voltaje rectificado como el voltaje variable en un par de nodos de salida, y en el que:

el ánodo del primer grupo (509) de diodos emisores de luz está acoplado a uno del par de nodos de salida del rectificador;

un cátodo del primer grupo de diodos emisores de luz está acoplado a un terminal de drenaje del primer transistor;

el terminal fuente del primer transistor (513) está acoplado a un primer terminal de la primera resistencia (517); y

un terminal de puerta del primer transistor está acoplado a un segundo terminal de la primera resistencia y al otro par de nodos de salida del rectificador.

10. El circuito (500) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que:

un ánodo del segundo grupo (511) de diodos emisores de luz está acoplado al ánodo del primer grupo (509) de diodos emisores de luz;

un cátodo del segundo grupo de diodos emisores de luz está acoplado a un terminal de drenaje del segundo transistor (515);

un terminal fuente del segundo transistor está acoplado a un primer terminal de la segunda resistencia (519); y

un terminal de puerta del segundo transistor está acoplado a un segundo terminal de la segunda resistencia y al terminal fuente del primer transistor (513).

11. El circuito (500) de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende, además:

una tercera interconexión en serie de un tercer grupo de diodos emisores de luz, un tercer transistor y una tercera resistencia, en donde:

la tercera interconexión en serie está conectada entre el ánodo del primer grupo (509) de diodos emisores de luz y un terminal fuente del segundo transistor (515).

12. El circuito (500) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el primer (513) y el segundo transistor (515) son transistores MOSFET de empobrecimiento.

13. El circuito (500) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que:

la primera resistencia (517) está acoplada entre el terminal fuente y un terminal de puerta del primer transistor (513),
y

5 el primer transistor hace transición de un estado conductor a un estado no conductor cuando el voltaje variable excede un primer umbral.

14. El circuito (500) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que:

10 el segundo grupo (511) de diodos emisores de luz se activa cuando el voltaje variable excede el primer umbral.

15. El circuito (500) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que:

el primer (509) y el segundo (511) grupos de diodos emisores de luz tienen voltajes umbral respectivos,

15 el primer grupo de diodos emisores de luz se activa cuando el voltaje variable excede el voltaje umbral del primer grupo de diodos emisores de luz y no excede el primer umbral, y

20 el segundo grupo de diodos emisores de luz se activa cuando el voltaje variable excede el voltaje umbral de los segundos grupos de diodos emisores de luz.

FIG. 1A

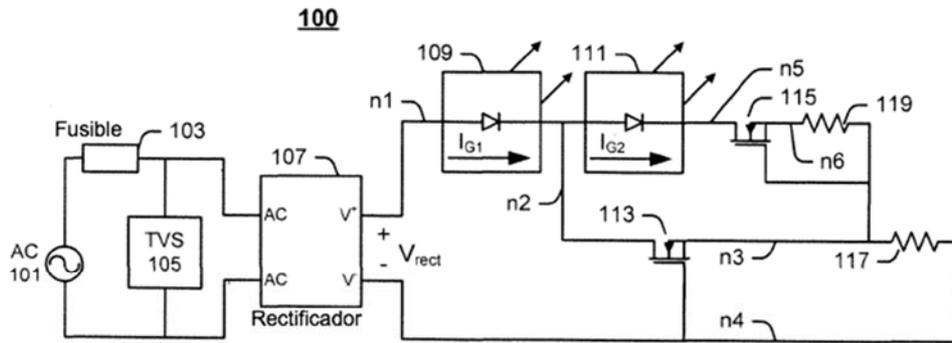


FIG. 1B

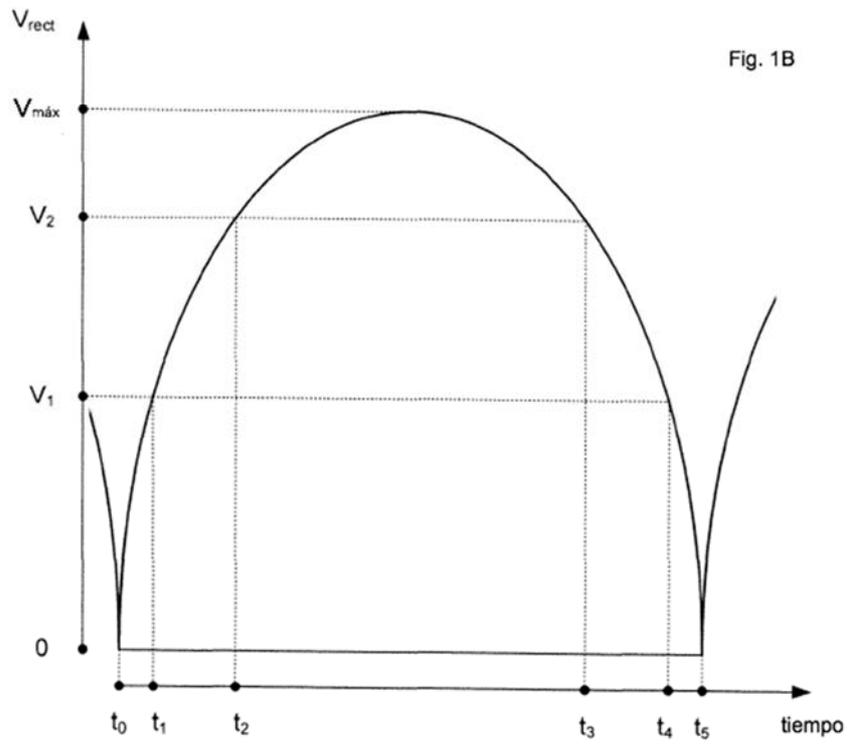


FIG. 1C

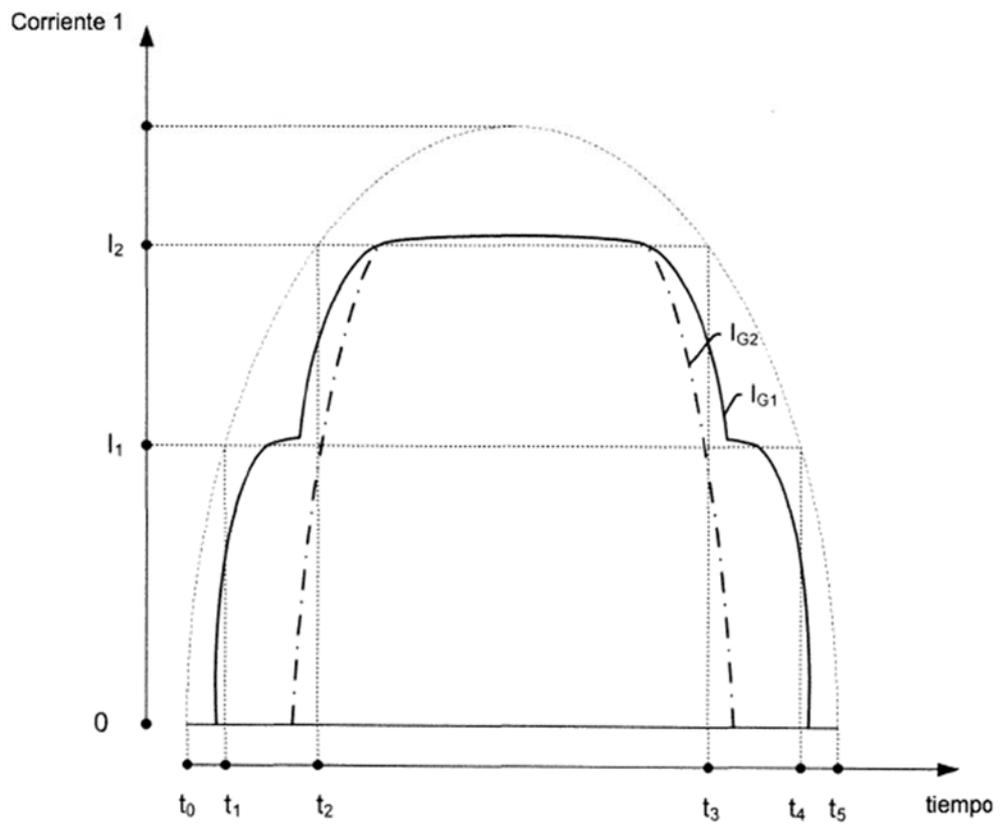


FIG. 1D

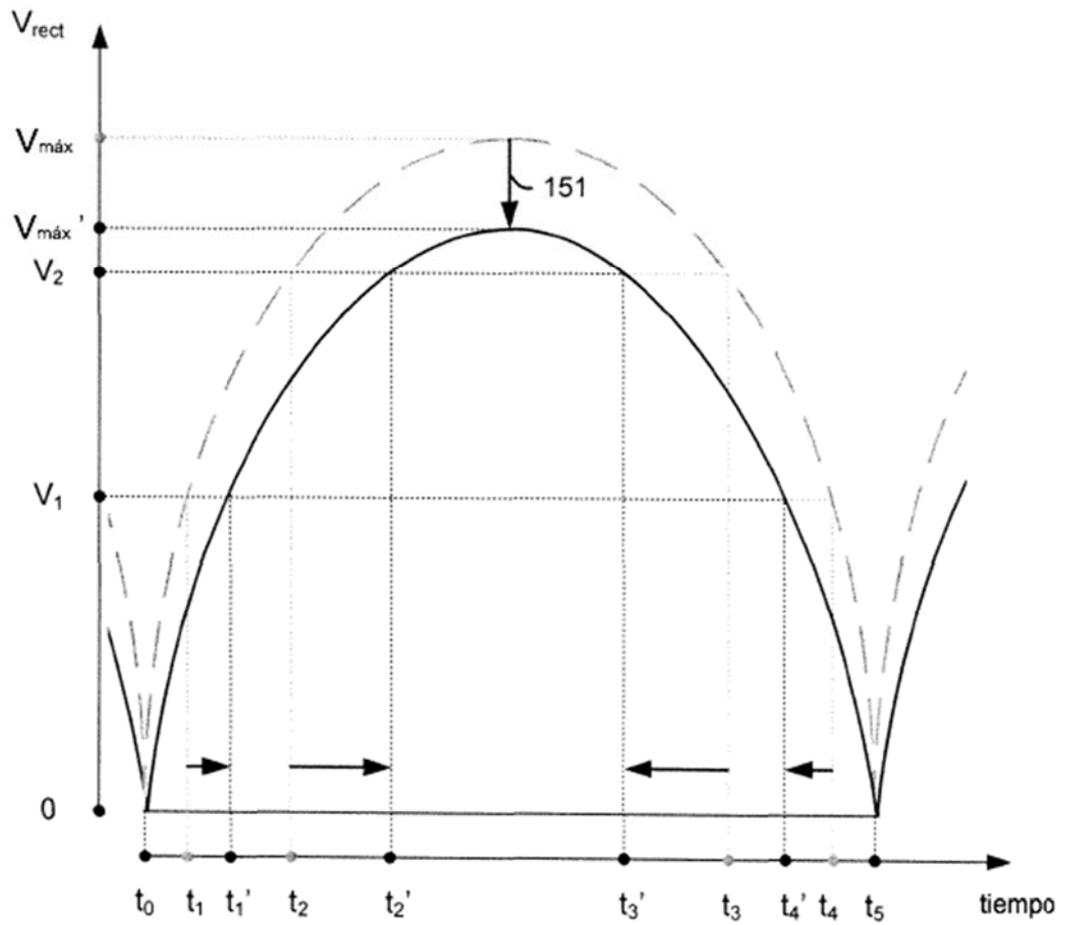


FIG. 2A

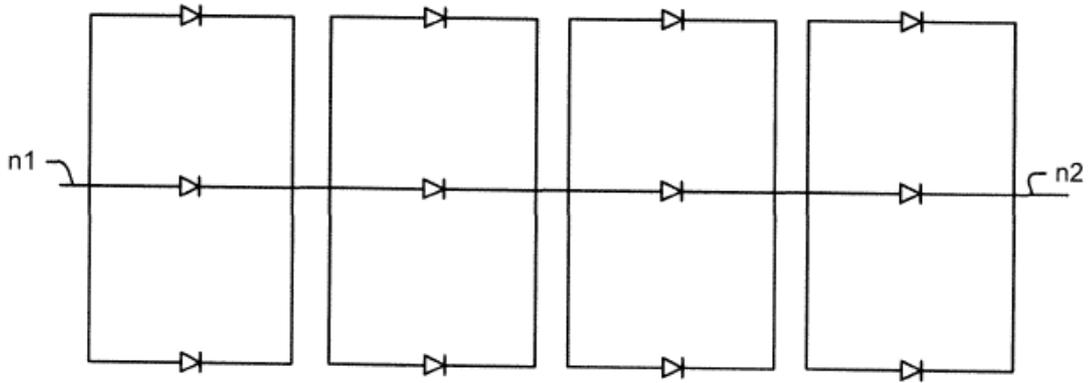


FIG. 2B

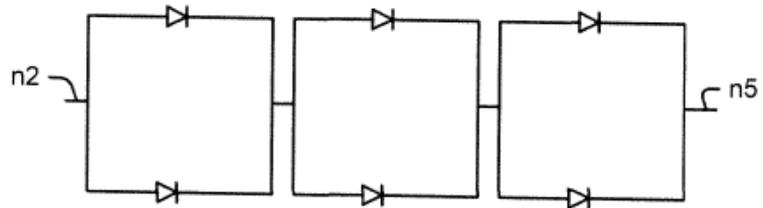


FIG. 2C

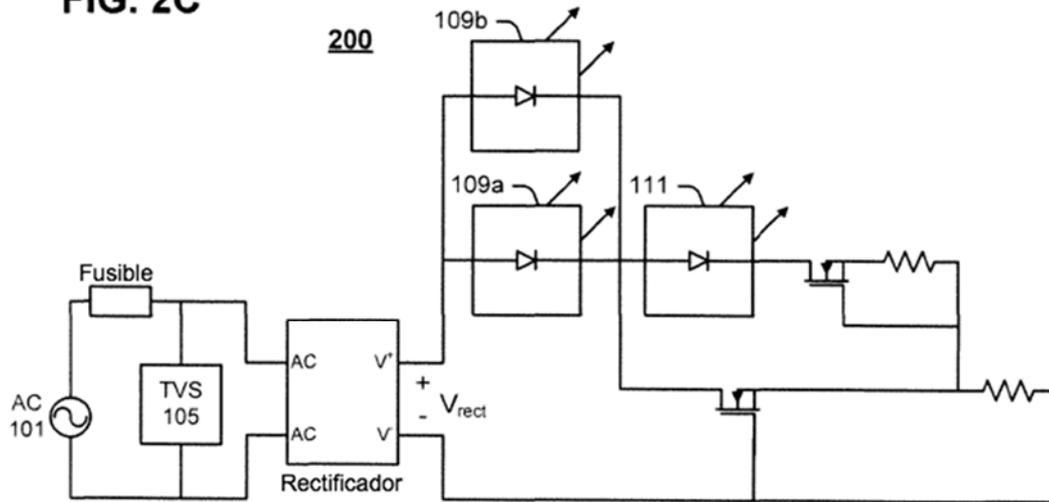


FIG. 2D

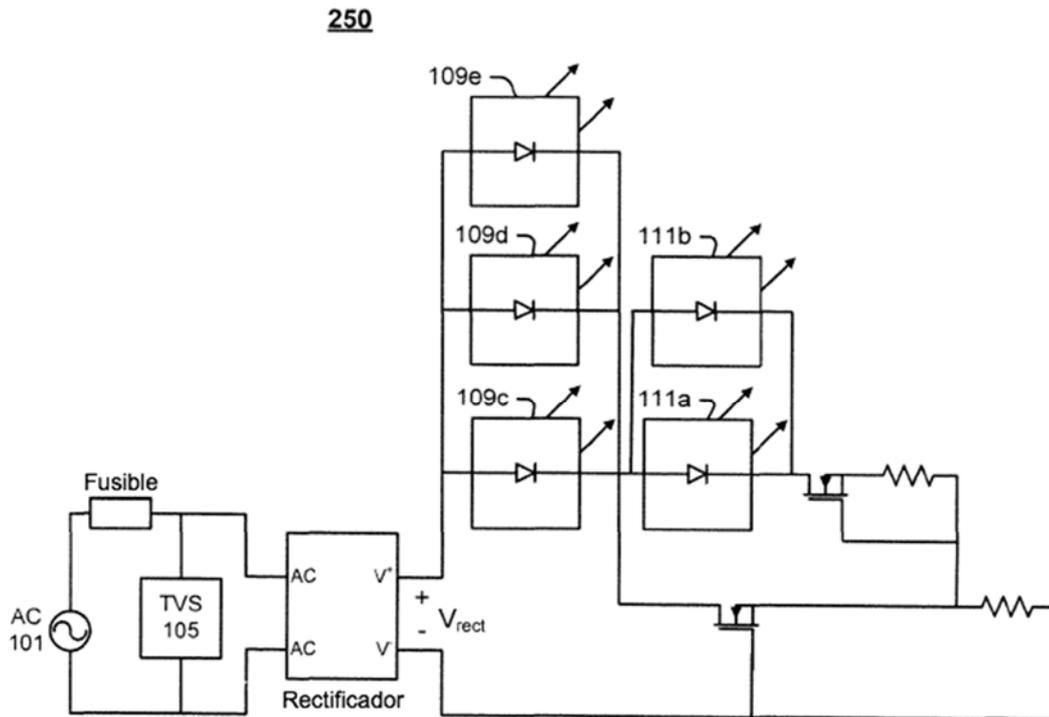


FIG. 3A

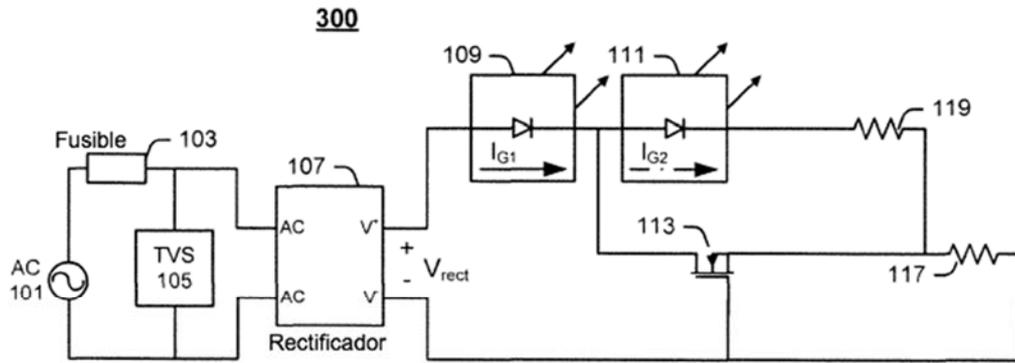


FIG. 3B

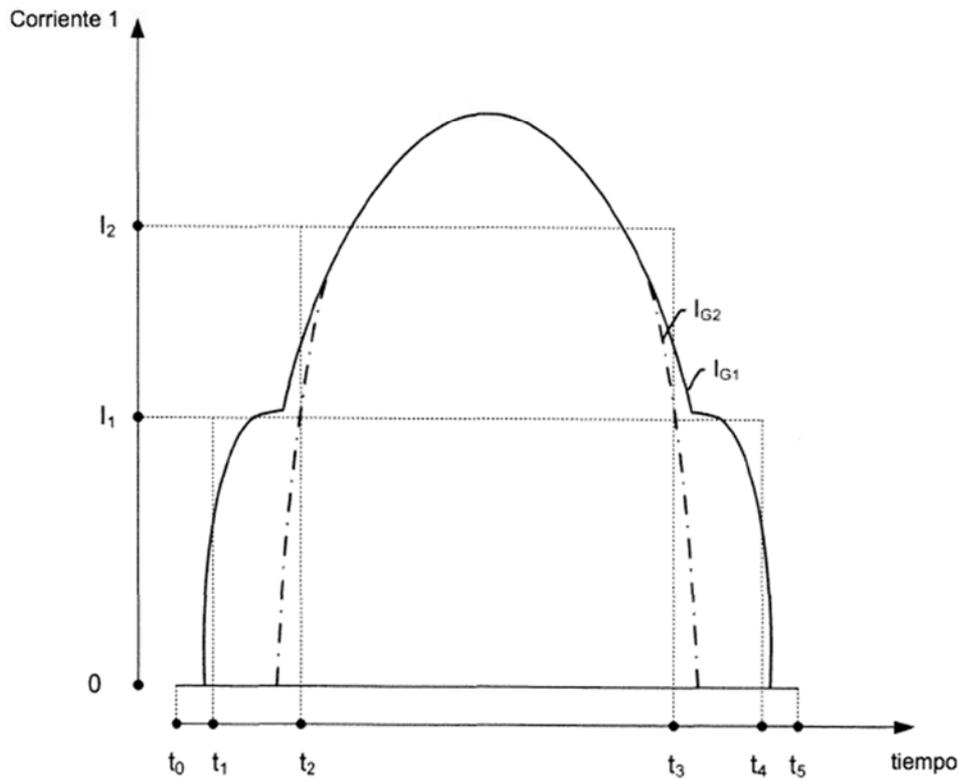


FIG. 4A

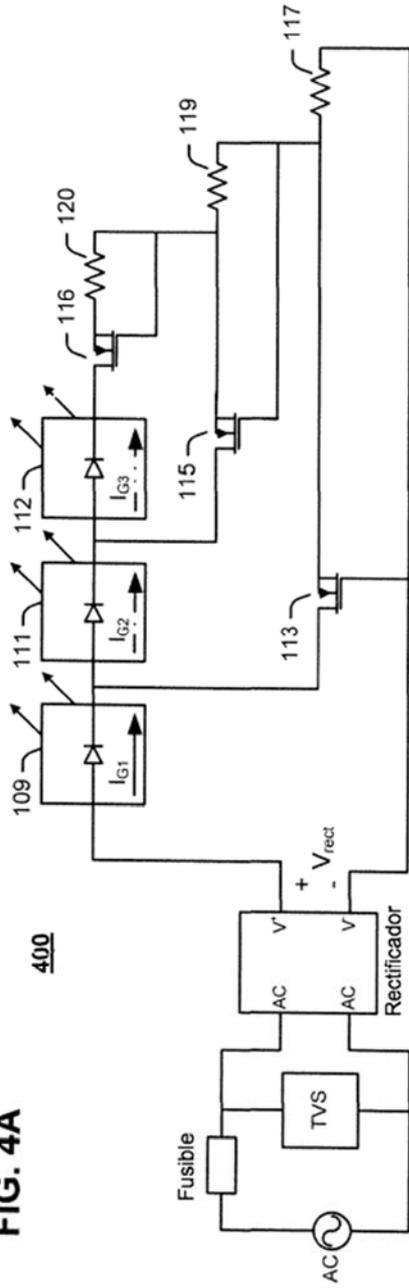


FIG. 4B

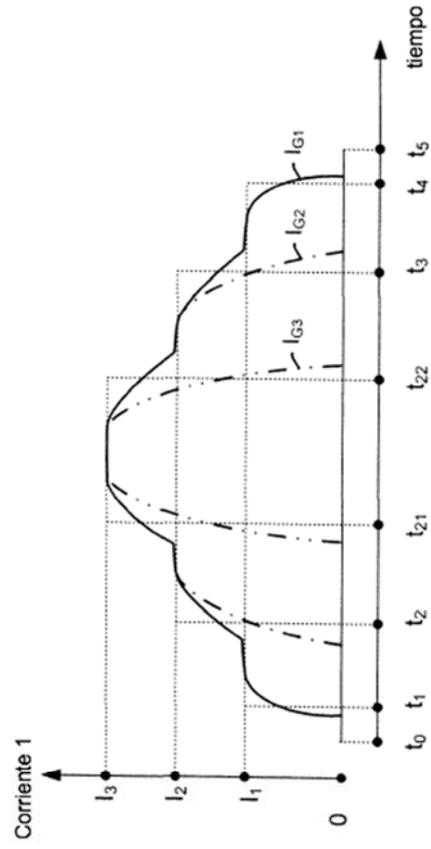


FIG. 5A

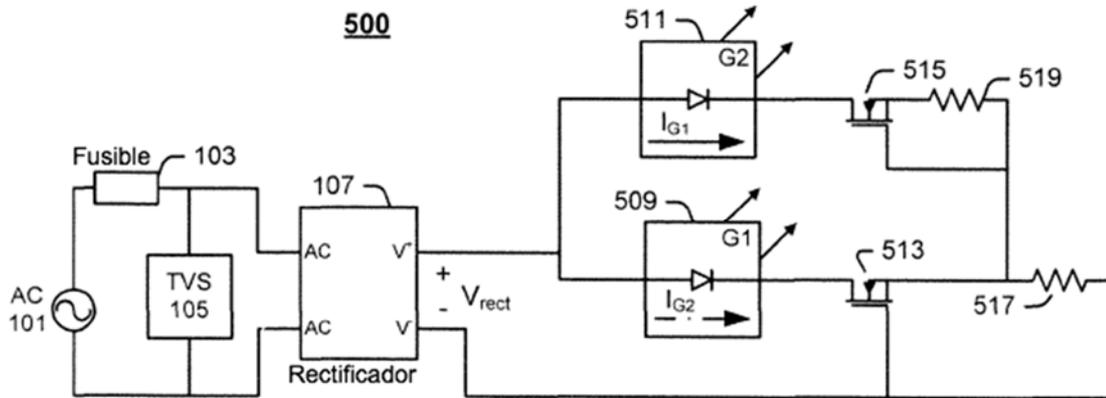


FIG. 5B

