

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 283**

51 Int. Cl.:

H05B 33/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2007 E 07836669 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2013 EP 2119318**

54 Título: **Métodos y aparato para simular cargas resistivas**

30 Prioridad:

05.01.2007 US 883626 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.12.2013

73 Titular/es:

**PHILIPS SOLID-STATE LIGHTING SOLUTIONS,
INC. (100.0%)
3 Burlington Woods
Burlington, MA 01803, US**

72 Inventor/es:

LYS, IHOR A.

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 436 283 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

Métodos y aparato para simular cargas resistivas

5 **Antecedentes**

Los diodos emisores de luz (LED) son fuentes de luz basadas en semiconductores tradicionalmente empleadas en aplicaciones de electrodomésticos e instrumentación de baja potencia con fines de indicación y están disponibles en una variedad de colores (por ejemplo, rojo, verde, amarillo, azul, blanco), basándose en los tipos de materiales usados en su fabricación. Esta variedad de colores de los LED se ha aprovechado recientemente para crear fuentes de luz basadas en LED novedosas que tienen suficiente emisión de luz para nuevas aplicaciones de iluminación de espacios y visualización directa. Por ejemplo, tal como se comenta en la patente estadounidense n.º 6.016.038, pueden combinarse múltiples LED de colores diferentes en un elemento de iluminación que tiene uno o más microprocesadores internos, en el que la intensidad de los LED de cada color diferente se controla independientemente y se varía para producir varios tonos diferentes. En un ejemplo de un aparato de este tipo, se usan LED rojos, verdes y azules en combinación para producir literalmente cientos de tonos diferentes a partir de un único elemento de iluminación. Adicionalmente, las intensidades relativas de los LED rojos, verdes y azules pueden controlarse por ordenador, proporcionando así una fuente de luz de múltiples canales programables, que puede generar cualquier color y cualquier secuencia de colores a intensidades y saturaciones variables, permitiendo una amplia gama de efectos de iluminación atractivos. Tales fuentes de luz basadas en LED se han empleado recientemente en una variedad de tipos de elementos de iluminación y una variedad de aplicaciones de iluminación en las que se desean efectos de iluminación con color variables.

Estos sistemas de iluminación y los efectos que producen pueden controlarse y coordinarse mediante una red, en la que se comunica un flujo de datos que contiene paquetes de información a los dispositivos de iluminación. Cada uno de los dispositivos de iluminación puede registrar todos los paquetes de información que pasan a través del sistema, pero responder sólo a paquetes que están dirigidos al dispositivo particular. Una vez que llega un paquete de información apropiadamente dirigido, el dispositivo de iluminación puede leer y ejecutar las órdenes. Esta disposición requiere que cada uno de los dispositivos de iluminación tenga una dirección y se necesita que esas direcciones sean únicas con respecto a los otros dispositivos de iluminación en la red. Las direcciones se configuran normalmente mediante conmutadores de configuración en cada uno de los dispositivos de iluminación durante la instalación. Los conmutadores de configuración tienden a consumir mucho tiempo y ser propensos a errores.

Los sistemas de iluminación para entretenimiento, venta al por menor y lugares arquitectónicos, tales como cines, casinos, parques temáticos, tiendas y centros comerciales, requieren una diversidad de elementos de iluminación elaborados y por tanto sistemas de control para operar las luces. Las direcciones de los dispositivos de iluminación conectados en red convencionales se configuran mediante una serie de conmutadores físicos tales como selectores, conmutadores DIP o botones. Estos dispositivos tienen que configurarse individualmente para direcciones particulares y este proceso puede ser difícil. De hecho, una de las tareas más pesadas de los diseñadores de iluminación (la configuración del sistema) se realiza tras haber instalado las luces. Esta tarea requiere normalmente al menos dos personas e implica ir a cada elemento o instrumento de iluminación y determinar y configurar la dirección de la red para el mismo mediante el uso de conmutadores o selectores y después determinar la configuración y el elemento correspondiente en un ordenador o placa de iluminación. No resulta sorprendente que la configuración de la red de iluminación pueda llevar muchas horas, dependiendo de la ubicación y la complejidad. Por ejemplo, una nueva atracción en un parque de atracciones puede usar cientos de elementos de iluminación controlados por red, que no están en línea de visión ni unos con otros ni con ningún punto individual. Cada uno debe identificarse y vincularse con su configuración en una placa de control de iluminación. Las equivocaciones y confusiones son comunes durante este proceso. Con suficiente planificación y coordinación esta selección y configuración de direcciones puede realizarse de antemano, pero todavía requiere una cantidad sustancial de tiempo y esfuerzo.

Para tratar estas desventajas, la patente estadounidense n.º 6.777.891 (la "patente '891"), contempla disponer una pluralidad de unidades de iluminación basadas en LED como una "hilera de iluminación" controlada por ordenador, en la que cada unidad de iluminación constituye un "nodo" controlable de manera individual de la hilera de iluminación. Las aplicaciones adecuadas para tales hileras de iluminación incluyen aplicaciones de iluminación orientadas a la decoración y al entretenimiento (por ejemplo, luces para árboles de Navidad, luces de exposición, iluminación de parques temáticos, iluminación de salas recreativas de videojuegos y otros juegos, etc.). Mediante control por ordenador, una o más de tales hileras de iluminación proporcionan una variedad de efectos de iluminación complejos de cambio de color y temporal. En muchas implementaciones, se comunican datos de iluminación a uno o más nodos de una hilera de iluminación dada de una manera en serie, según una variedad de diferentes esquemas de procesamiento y transmisión de datos, mientras que se proporciona potencia en paralelo a unidades de iluminación respectivas de la hilera (por ejemplo, a partir de una fuente de alta tensión rectificadas, en algunos casos con una tensión ondulada sustancial). En otras implementaciones, se acoplan unidades de iluminación individuales de una hilera de iluminación entre sí mediante una variedad de diferentes configuraciones de conducción para proporcionar un fácil acoplamiento y disposición de múltiples unidades de iluminación que constituyen la hilera de iluminación. Además, con frecuencia se fabrican unidades de iluminación basadas en LED

pequeñas que pueden disponerse en una configuración de hilera de iluminación como circuitos integrados que incluyen conjunto de circuitos de procesamiento de datos y conjunto de circuitos de control para fuentes de luz de LED, y un nodo dado de la hilera de iluminación puede incluir uno o más circuitos integrados empaquetados con LED para un acoplamiento conveniente a un conducto para conectar múltiples nodos.

Por tanto, el enfoque dado a conocer en la patente '891 proporciona una solución de control de múltiples colores, baja tensión, flexible, para hileras de iluminación basadas en LED que minimiza el número de componentes en los nodos de LED. En vista del éxito comercial de este enfoque, la industria de la iluminación desea hileras más largas con más nodos para aplicaciones complejas.

El documento US6570505 da a conocer una lámpara de diodos emisores de luz con un circuito de cambio de impedancia que indica fallos. El circuito comprende una sección de circuito derivado que incluye un elemento de baja impedancia y una serie conectable de dispositivos de conmutación controlables, y una sección de circuito de detector que comprende medios para detectar el apagado de la lámpara de LED y medios para cerrar el conmutador en respuesta al mismo.

Sumario

El solicitante ha reconocido y apreciado que con frecuencia resulta útil considerar la conexión de múltiples unidades de iluminación o fuentes de luz, así como otros tipos de cargas, para recibir potencia de funcionamiento en serie en vez de en paralelo. Una interconexión en serie de múltiples cargas puede permitir usar tensiones superiores para proporcionar potencia de funcionamiento a las cargas, y también puede permitir el funcionamiento de múltiples cargas sin requerir un transformador entre una fuente de potencia (por ejemplo, una toma de pared o tensión de línea tal como 120 VCA o 240 VCA) y las cargas (es decir, pueden hacerse funcionar múltiples cargas conectadas en serie "directamente" a partir de una tensión de línea).

Por consiguiente, la presente invención se refiere de manera general a métodos y a aparatos para facilitar una conexión en serie de múltiples cargas para extraer potencia de funcionamiento de una fuente de potencia. Las realizaciones de la invención dadas a conocer en el presente documento se refieren a configuraciones, modificaciones y mejoras que dan como resultado características corriente-tensión (I- V) alteradas asociadas con las cargas. En algunas realizaciones de la invención a modo de ejemplo, las cargas incluyen fuentes de luz basadas en LED (que incluyen uno o más LED) o unidades de iluminación basadas en LED, y características corriente-tensión asociadas con unidades de iluminación o fuentes de luz basadas en LED se alteran de una manera predeterminada para facilitar un comportamiento predecible y/o deseable de las unidades de iluminación/fuentes de luz basadas en LED cuando se conectan en una variedad de disposiciones en serie, en paralelo o en serie-en paralelo para extraer potencia de funcionamiento de una fuente de potencia.

El solicitante ha reconocido y apreciado particularmente que empleando cargas resistivas generalmente se facilitan diversas conexiones en serie, en paralelo, y en serie-en paralelo de múltiples cargas que extraen potencia de una fuente de potencia. Por consiguiente, en algunas realizaciones de la invención, las características corriente-tensión según métodos y aparato dados a conocer en el presente documento hacen que una carga le parezca un elemento sustancialmente lineal o "resistivo" (es decir que se comporta de manera similar a un resistor), al menos a lo largo de algún intervalo de funcionamiento, a una fuente de potencia de la que la carga extrae potencia.

En particular, se modifican cargas con características corriente-tensión variables y/o no lineales, tales como unidades de iluminación basadas en LED o fuentes de luz basadas en LED, para simular elementos sustancialmente lineales o resistivos, al menos a lo largo de algún intervalo de funcionamiento, cuando extraen potencia de una fuente de potencia. Esto, a su vez, facilita una conexión de potencia en serie de las unidades de iluminación o fuentes de luz basadas en LED modificadas, en la que la tensión a través de cada fuente de luz/unidad de iluminación modificada es relativamente más predecible. Dicho de otro modo, la tensión en los bornes de una fuente de potencia de la que extrae potencia la conexión en serie se comparte de una manera más predecible (por ejemplo, por igual) entre las fuentes de luz/unidades de iluminación modificadas. Simulando una carga resistiva, también pueden conectarse tales cargas modificadas en paralelo, o en diversas combinaciones en serie-en paralelo, con resultados predecibles con respecto a las tensiones y corrientes en los bornes.

Un primer aspecto de la presente invención proporciona un aparato que comprende al menos una carga que tiene una característica corriente-tensión variable o no lineal, y un circuito convertidor acoplado a la carga, tal como se define en la reivindicación 1.

Un segundo aspecto de la presente invención proporciona un método, tal como se define en la reivindicación 14.

Tal como se usa en el presente documento para fines de la presente divulgación, debe entenderse que el término "LED" incluye cualquier diodo electroluminiscente u otro tipo de sistema basado en unión/inyección de portadores que puede generar radiación en respuesta a una señal eléctrica. Por tanto, el término LED incluye, pero no se limita a, diversas estructuras basadas en semiconductores que emiten luz en respuesta a corriente, polímeros emisores de luz, diodos emisores de luz orgánicos (OLED), tiras electroluminiscentes y similares. En particular, el término LED se

refiere a diodos emisores de luz de todos los tipos (incluyendo diodos emisores de luz semiconductores y orgánicos) que pueden configurarse para generar radiación en uno o más del espectro infrarrojo, el espectro ultravioleta y diversas porciones del espectro visible (incluyendo generalmente longitudes de onda de radiación de desde aproximadamente 400 nanómetros hasta aproximadamente 700 nanómetros). Algunos ejemplos de LED incluyen, pero no se limitan a, diversos tipos de LED infrarrojos, LED ultravioletas, LED rojos, LED azules, LED verdes, LED amarillos, LED ámbar, LED naranjas y LED blancos (comentados adicionalmente a continuación). También debe apreciarse que pueden configurarse y/o controlarse LED para generar radiación que tiene diversos anchos de banda (por ejemplo, anchos completos a media altura, o FWHM) para un espectro dado (por ejemplo, ancho de banda estrecho, ancho de banda amplio), y una variedad de longitudes de onda dominantes dentro de una categorización de colores general dada.

Por ejemplo, una implementación de un LED configurado para generar luz esencialmente blanca (por ejemplo, un LED blanco) puede incluir varios colorantes que emiten respectivamente diferentes espectros de electroluminiscencia que, en combinación, se mezclan para formar luz esencialmente blanca. En otra implementación, puede asociarse un LED de luz blanca con un material de fósforo que convierte la electroluminiscencia que tiene un primer espectro en un segundo espectro diferente. En un ejemplo de esta implementación, electroluminiscencia que tiene un espectro de longitud de onda relativamente corta y ancho de banda estrecho “bombea” el material de fósforo, que a su vez irradia una radiación de longitud de onda más larga que tiene un espectro algo más amplio.

También debe entenderse que el término LED no limita el tipo de empaquetamiento físico y/o eléctrico de un LED. Por ejemplo, tal como se comentó anteriormente, un LED puede referirse a un único dispositivo emisor de luz que tiene múltiples colorantes que están configurados para emitir respectivamente diferentes espectros de radiación (por ejemplo, que pueden ser individualmente controlables o no). Además, un LED puede estar asociado con un fósforo que se considera una parte integral del LED (por ejemplo, algunos tipos de LED blancos). En general, el término LED puede referirse a LED empaquetados, LED no empaquetados, LED de montaje en superficie, LED con chip incorporado, LED de montaje con empaquetamiento en T, LED de empaquetamiento radial, LED de empaquetamiento de potencia, LED que incluyen algún tipo de envoltura y/o elemento óptico (por ejemplo, una lente de difusión), etc.

Debe entenderse que el término “fuente de luz” se refiere a una cualquiera o más de una variedad de fuentes de radiación, incluyendo, pero sin limitarse a, fuentes basadas en LED (que incluyen uno o más LED tal como se definieron anteriormente), fuentes incandescentes (por ejemplo, lámparas de filamento, lámparas halógenas), fuentes fluorescentes, fuentes fosforescentes, fuentes de descarga de alta intensidad (por ejemplo, vapor de sodio, vapor de mercurio y lámparas de haluros metálicos), láseres, otros tipos de fuentes electroluminiscentes, fuentes piroluminiscentes (por ejemplo, llamas), fuentes luminiscentes de tipo velas (por ejemplo, camisas para gas, fuentes de radiación de arco de carbono), fuentes fotoluminiscentes (por ejemplo, fuentes de descarga gaseosa), fuentes luminiscente de cátodo que usan saciación electrónica, fuentes galvanoluminiscentes, fuentes cristaloluminiscentes, fuentes kineluminiscentes, fuentes termoluminiscente, fuentes triboluminiscentes, fuentes sonoluminiscentes, fuentes radioluminiscentes y polímeros luminiscentes.

Una fuente de luz dada puede configurarse para generar radiación electromagnética dentro del espectro visible, fuera del espectro visible o una combinación de ambas. Por tanto, los términos “luz” y “radiación” se usan de manera intercambiable en el presente documento. Adicionalmente, una fuente de luz puede incluir como componente integral uno o más filtros (por ejemplo, filtros de color), lentes u otros componentes ópticos. Además, debe entenderse que pueden configurarse fuentes de luz para una variedad de aplicaciones, incluyendo, pero sin limitarse a, indicación, exposición y/o iluminación. Una “fuente de iluminación” es una fuente de luz que está particularmente configurada para generar radiación que tiene una intensidad suficiente para iluminar eficazmente un espacio interior o exterior. En este contexto, “intensidad suficiente” se refiere a una potencia radiante suficiente en el espectro visible generada en el espacio o entorno (con frecuencia se emplea la unidad “lumen” para representar la luz total, emitida desde una fuente de luz en todas las direcciones, en cuanto a la potencia radiante o “flujo luminoso”) para proporcionar iluminación ambiental (es decir, luz que puede percibirse indirectamente y que puede reflejarse, por ejemplo, en una o más de una variedad de superficies que intervienen antes de percibirse en su totalidad o en parte).

Debe entenderse que el término “espectro” se refiere a una cualquiera o más frecuencias (o longitudes de onda) de radiación producida por una o más fuentes de luz. Por consiguiente, el término “espectro” se refiere a frecuencias (o longitudes de onda) no sólo en el rango visible, sino también a frecuencias (o longitudes de onda) en la zona infrarroja, ultravioleta y otras zonas del el espectro electromagnético global. Además, un espectro dado puede tener un ancho de banda relativamente estrecho (por ejemplo, un FWHM que tiene esencialmente pocos componentes de frecuencia o longitud de onda) o un ancho de banda relativamente amplio (varios componentes de frecuencia o longitud de onda que tienen diversas intensidades relativas). También debe apreciarse que un espectro dado puede ser el resultado de una mezcla de dos o más de otros espectros (por ejemplo, mezclar radiación emitida respectivamente desde múltiples fuentes de luz).

Para los fines de esta divulgación, el término “color” se usa de manera intercambiable con el término “espectro”. Sin

embargo, el término “color” se usa generalmente para referirse a una propiedad de la radiación que puede percibirse por un observador (aunque no se pretende que este uso limite el alcance de este término). Por consiguiente, el término “diferentes colores” se refiere implícitamente a múltiples espectros que tienen diferentes componentes de longitud de onda y/o anchos de banda. También debe apreciarse que el término “color” puede usarse en relación con luz tanto blanca como no blanca.

El término “temperatura de color” se usa generalmente en el presente documento en relación con luz blanca, aunque no se pretende que este uso limite el alcance de este término. La temperatura de color se refiere esencialmente a un contenido o tonalidad de color particular (por ejemplo, rojizo, azulado) de la luz blanca. La temperatura de color de una muestra de radiación dada se caracteriza convencionalmente según la temperatura en grados Kelvin (K) de un radiador de cuerpo negro que irradia esencialmente el mismo espectro que la muestra de radiación en cuestión. Las temperaturas de color del radiador de cuerpo negro se encuentran generalmente dentro de un intervalo de desde aproximadamente 700 grados K (que se considera normalmente como el primero visible para el ojo humano) hasta más de 10.000 grados K; la luz blanca se percibe generalmente a temperaturas de color superiores a 1500-2000 grados K.

Temperaturas de color inferiores indican generalmente luz blanca que tiene un componente rojo más significativo o una “sensación más caliente”, mientras que temperaturas de color superiores indican generalmente luz blanca que tiene un componente azul más significativo o una “sensación más fría”. A modo de ejemplo, el fuego tiene una temperatura de color de aproximadamente 1.800 grados K, una bombilla incandescente convencional tiene una temperatura de color de aproximadamente 2848 grados K, la luz diurna a primera hora de la mañana tiene una temperatura de color de aproximadamente 3.000 grados K, y los cielos nublados a mediodía tienen una temperatura de color de aproximadamente 10.000 grados K. Una imagen a color visualizada con luz blanca que tiene una temperatura de color de aproximadamente 3.000 grados K tiene un tono relativamente rojizo, mientras que la misma imagen a color visualizada con luz blanca que tiene una temperatura de color de aproximadamente 10.000 grados K tiene un tono relativamente azulado.

El término “elemento de iluminación” se usa en el presente documento para referirse a una implementación o disposición de una o más unidades de iluminación en un factor de forma, conjunto o paquete particular. El término “unidad de iluminación” se usa en el presente documento para referirse a un aparato que incluye una o más fuentes de luz del mismo tipo o de tipos diferentes. Una unidad de iluminación dada puede tener una cualquiera de una variedad de disposiciones de montaje para la(s) fuente(s) de luz, disposiciones y formas de carcasa/alojamiento, y/o configuraciones de conexión eléctrica y mecánica. Adicionalmente, una unidad de iluminación dada puede estar asociada opcionalmente con (por ejemplo, incluir, estar acoplada con y/o empaquetada junto con) varios otros componentes (por ejemplo, conjunto de circuitos de control) referentes al funcionamiento de la(s) fuente(s) de luz. Una “unidad de iluminación basada en LED” se refiere a una unidad de iluminación que incluye una o más fuentes de luz basadas en LED tal como se comentó anteriormente, solas o en combinación con otras fuentes de luz no basadas en LED. Una unidad de iluminación de “múltiples canales” se refiere a una unidad de iluminación basada en LED o no basada en LED que incluye al menos dos fuentes de luz configuradas para generar respectivamente diferentes espectros de radiación, en la que cada espectro de fuente diferente puede denominarse “canal” de la unidad de iluminación de múltiples canales.

El término “controlador” se usa en el presente documento generalmente para describir diversos aparatos referentes al funcionamiento de una o más fuentes de luz. Un controlador puede implementarse de muchas maneras (por ejemplo, tal como con hardware dedicado) para realizar diversas funciones comentadas en el presente documento. Un “procesador” es un ejemplo de un controlador que emplea uno o más microprocesadores que pueden programarse usando software (por ejemplo, microcódigo) para realizar diversas funciones comentadas en el presente documento. Un controlador puede implementarse con o sin emplear un procesador, y también puede implementarse como combinación de hardware dedicado para realizar algunas funciones y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados y conjunto de circuitos asociado) para realizar otras funciones. Ejemplos de componentes de controlador que pueden emplearse en diversas realizaciones de la presente divulgación incluyen, pero no se limitan a, microprocesadores convencionales, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y red de puertas programables (FPGA).

En diversas implementaciones, puede asociarse un procesador o controlador con uno o más medios de almacenamiento (denominados genéricamente “memoria” en el presente documento, por ejemplo, memoria informática volátil y no volátil tal como RAM, PROM, EPROM, discos compactos, discos ópticos, cinta magnética, etc.). En algunas implementaciones, los medios de almacenamiento pueden codificarse con uno o más programas que, cuando se ejecutan en uno o más procesadores y/o controladores, realizan al menos algunas de las funciones comentadas en el presente documento. Pueden fijarse diversos medios de almacenamiento dentro de un procesador o controlador o pueden ser transportables, de manera que el uno o más programas almacenados en los mismos pueden cargarse en un procesador o controlador de modo que se implementan diversos aspectos de la presente invención comentados en el presente documento. Los términos “programa” o “programa informático” se usan en el presente documento en un sentido genérico para referirse a cualquier tipo de código informático (por ejemplo, software o microcódigo) que puede emplearse para programar uno o más procesadores o controladores.

El término “direccionable” se usa en el presente documento para referirse a un dispositivo (por ejemplo, una fuente de luz en general, un elemento o unidad de iluminación, un controlador o procesador asociado con una o más fuentes de luz o unidades de iluminación, otros dispositivos no relacionados con la iluminación, etc.) que está configurado para recibir información (por ejemplo, datos) previstos para múltiples dispositivos, incluyendo él mismo, y para responder selectivamente a información particular prevista para él. El término “direccionable” se usa con frecuencia en relación con un entorno conectado en red (o una “red”, comentada adicionalmente a continuación), en el que múltiples dispositivos están acoplados entre sí por medio de algún medio o medios de comunicaciones.

En una implementación de red, uno o más dispositivos acoplados a una red pueden servir como controlador para uno o más de otros dispositivos acoplados a la red (por ejemplo, en una relación maestro/esclavo). En otra implementación, un entorno conectado en red puede incluir uno o más controladores dedicados que están configurados para controlar uno o más de los dispositivos acoplados a la red. Generalmente, múltiples dispositivos acoplados a la red pueden tener acceso cada uno a datos que están presentes en el medio o los medios de comunicaciones; sin embargo, un dispositivo dado puede ser “direccionable” porque está configurado para intercambiar datos selectivamente con (es decir, recibir datos de y/o transmitir datos a) la red, basándose, por ejemplo, en uno o más identificadores particular (por ejemplo, “direcciones”) asignados al mismo.

El término “red” tal como se usa en el presente documento se refiere a cualquier interconexión de dos o más dispositivos (incluyendo controladores o procesadores) que facilita el transporte de información (por ejemplo para el control de dispositivos, almacenamiento de datos, intercambio de datos, etc.) entre dos cualesquiera o más dispositivos y/o entre múltiples dispositivos acoplados a la red. Tal como debe apreciarse fácilmente, diversas implementaciones de redes adecuadas para interconectar múltiples dispositivos pueden incluir cualquiera de una variedad de topologías de red y emplear cualquiera de una variedad de protocolos de comunicación. Adicionalmente, en diversas redes según la presente divulgación, una conexión cualquiera entre dos dispositivos puede representar una conexión dedicada entre los dos sistemas, o alternativamente una conexión no dedicada. Además de transportar información prevista para los dos dispositivos, una conexión no dedicada de este tipo puede transportar información no prevista necesariamente para ninguno de los dos dispositivos (por ejemplo, una conexión de red abierta). Además, debe apreciarse fácilmente que diversas redes de dispositivos tal como se comentan en el presente documento pueden emplear uno o más enlaces inalámbricos, por hilo/cable y/o por fibra óptica para facilitar el transporte de información a través de la red.

El término “interfaz de usuario” tal como se usa en el presente documento se refiere a una interfaz entre un usuario humano u operario y uno o más dispositivos que permite la comunicación entre el usuario y el/los dispositivo(s). Los ejemplos de interfaces de usuario que pueden emplearse en diversas implementaciones de la presente divulgación incluyen, pero no se limitan a, conmutadores, potenciómetros, botones, selectores, controles deslizantes, un ratón, teclado, teclado numérico, diversos tipos de controladores de juegos (por ejemplo, palancas de control), bolas de control del cursor, pantallas de visualización, diversos tipos de interfaces de usuario gráficas (GUI), pantallas táctiles, micrófonos y otros tipos de sensores que pueden recibir alguna forma de estímulo generada por seres humanos y generar una señal en respuesta a la misma.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, caracteres de referencia similares se refieren generalmente a las mismas piezas en todas las vistas diferentes. Además, los dibujos no están necesariamente a escala, haciéndose énfasis generalmente en vez de eso en ilustrar los principios de la invención.

La figura 1 ilustra un gráfico de una característica corriente-tensión para un resistor típico.

Las figuras 2 y 3 ilustran gráficos de características corriente-tensión para un LED convencional y una unidad de iluminación basada en LED convencional, respectivamente.

La figura 4 es un diagrama de bloques generalizado que ilustra una unidad de iluminación basada en LED a modo de ejemplo adecuada para su uso con un aparato para facilitar una conexión en serie de múltiples cargas.

La figura 5 es un diagrama de bloques generalizado que ilustra un sistema de iluminación conectado en red de unidades de iluminación basadas en LED de la figura 4.

La figura 6 es un diagrama de bloques generalizado de un aparato a modo de ejemplo para alterar una característica corriente-tensión de una carga.

La figura 7 ilustra un sistema que incluye una pluralidad de aparatos de la figura 6 conectados en serie.

La figura 8 ilustra gráficos de características corriente-tensión a modo de ejemplo contempladas para el aparato de las figuras 6 y 7.

La figura 9 es un diagrama de circuito de un circuito convertidor adecuado para el aparato de la figura 6, según una realización de la presente invención.

La figura 10 ilustra un gráfico de una característica corriente-tensión para el aparato de la figura 9.

La figura 11 es un diagrama de circuito de un circuito convertidor a modo de ejemplo adecuado para el aparato de la figura 6.

La figura 12 ilustra un gráfico de una característica corriente-tensión para el aparato de la figura 11.

Las figuras 13 y 14 son diagramas de circuito de circuitos convertidores basados en FET adecuados para el aparato de la figura 6.

La figura 15 es un diagrama de circuito de otro aparato a modo de ejemplo para alterar una característica corriente-tensión de una carga que incluye una carga limitada por tensión, según una realización alternativa de la presente invención.

La figura 16 es un diagrama de circuito basado en el aparato de la figura 15, en el que el aparato incluye además un circuito de funcionamiento para controlar la carga limitada por tensión.

La figura 17 es un diagrama de circuito que muestra un ejemplo del circuito de funcionamiento ilustrado en la figura 16.

Las figuras 18-20 son diagramas de circuito de aparato para alterar una característica corriente-tensión de una carga.

La figura 21 ilustra un gráfico de una característica corriente-tensión para el aparato de la figura 20.

Las figuras 22 y 23 son diagramas de circuito que muestran otros ejemplos del circuito convertidor del aparato mostrado en la figura 6, en los que la resistencia efectiva del aparato alrededor de algún punto de funcionamiento nominal se altera de una manera predeterminada.

Las figuras 24 y 25 ilustran sistemas de iluminación a modo de ejemplo que incluyen una pluralidad de aparatos conectados en serie o en serie-en paralelo de la figura 6.

La figura 26 ilustra un sistema de iluminación a modo de ejemplo similar a los mostrados en las figuras 24 y 25, que incluye además un filtro y puente rectificador para el funcionamiento directo a partir de una tensión de línea de CA.

La figura 27 ilustra un aparato que incluye una unidad de iluminación basada en LED de la figura 4 y que constituye los nodos mostrados en las figuras 24, 25 y 26.

Descripción detallada

A continuación se describen en detalle diversos aspectos y realizaciones de la presente invención, incluyendo determinadas realizaciones que se refieren particularmente a fuentes de luz basadas en LED. Sin embargo, debe apreciarse que la presente invención no se limita a ninguna manera particular de implementación, y que las diversas realizaciones comentadas explícitamente en el presente documento son principalmente con fines de ilustración. Por ejemplo, los diversos conceptos comentados en el presente documento pueden implementarse de manera adecuada en una variedad de entornos que implican fuentes de luz basadas en LED, otros tipos de fuentes de luz que no incluyen LED, entornos que implican tanto LED como otros tipos de fuentes de luz en combinación, y entornos que implican dispositivos no relacionados con la iluminación solos o en combinación con diversos tipos de fuentes de luz.

La presente invención se refiere de manera general a métodos y aparatos inventivos para simular cargas resistivas, así como facilitar conexiones en serie, en paralelo o en serie-en paralelo de múltiples cargas para extraer potencia de funcionamiento de una fuente de potencia. En algunas implementaciones dadas a conocer en el presente documento, resultan de interés cargas que tienen una característica corriente-tensión variable y/o no lineal. En otras implementaciones, las cargas de interés pueden tener uno o más aspectos o componentes funcionales que pueden controlarse modulando la potencia a los componentes funcionales. Los ejemplos de tales componentes funcionales pueden incluir, pero no se limitan a, motores u otros accionadores y componentes motorizados/móviles (por ejemplo, relés, solenoides), componentes de control de temperatura (por ejemplo elementos de calentamiento/enfriamiento) y al menos algunos tipos de fuentes de luz. Los ejemplos de técnicas de control de modulación de potencia que pueden emplearse en la carga para controlar los componentes funcionales incluyen, pero no se limitan a, modulación de frecuencia de impulsos, modulación de ancho de impulsos y modulación de número de impulsos (por ejemplo, conversión D/A de un bit).

En algunas realizaciones, los métodos y aparatos de la invención se refieren a configuraciones, modificaciones y

mejoras que dan como resultado características corriente-tensión alteradas asociadas con cargas. Tal como se conoce bien en las técnicas eléctricas, una característica corriente-tensión (I-V) es un gráfico en una gráfica que muestra la relación entre una corriente CC a través de un dispositivo electrónico y la tensión de CC a través de sus bornes. La figura 1 muestra un gráfico 302 de característica I-V a modo de ejemplo para un resistor, en el que los valores de tensión aplicada se representan a lo largo de un eje horizontal (eje de las X), y los valores de corriente resultante se representan a lo largo de un eje vertical (eje de las Y). Puede emplearse una característica I-V para determinar parámetros básicos de un dispositivo y para modelar su comportamiento en un circuito eléctrico.

Quizás el ejemplo más sencillo de una característica I-V lo proporciona el gráfico 302 para un resistor que, según la ley de Ohm ($V = I \cdot R$), da como resultado una relación teóricamente lineal entre una tensión aplicada a través del resistor y una corriente resultante que fluye a través del resistor. Un gráfico de una característica I-V lineal puede describirse generalmente mediante la relación $I = mV + b$, en la que m es la pendiente del gráfico y b es la intersección del gráfico a lo largo del eje vertical. En el caso particular de un resistor regido por la ley de Ohm, como en el gráfico 302 mostrado en la figura 1, la intersección $b = 0$ (el gráfico pasa por el origen de la gráfica), y la resistencia R viene dada por la inversa de la pendiente m (es decir, una pendiente pronunciada representa una baja resistencia y una pendiente pequeña representa una alta resistencia).

En diversos aspectos de la presente invención, pueden alterarse características corriente-tensión de cargas de una manera predeterminada para facilitar un comportamiento predecible y/o deseable de múltiples cargas cuando se conectan en serie para extraer potencia de funcionamiento de una fuente de potencia. En algunas realizaciones de la invención a modo de ejemplo dadas a conocer en el presente documento, las cargas incluyen o consisten esencialmente en fuentes de luz basadas en LED (que incluyen uno o más LED) o unidades de iluminación basadas en LED, y se alteran características corriente-tensión asociadas con unidades de iluminación o fuentes de luz basadas en LED de una manera predeterminada para facilitar un comportamiento predecible y/o deseable de las unidades de iluminación/fuentes de luz basadas en LED cuando se conectan en disposiciones en serie, en paralelo o en serie-en paralelo para extraer potencia de funcionamiento de una fuente de potencia.

Un problema que surge con frecuencia cuando se plantea la conexión de múltiples LED o unidades de iluminación basadas en LED para obtener potencia de funcionamiento es que generalmente sus características corriente-tensión son significativamente variables o no lineales, es decir, no se parecen a la de un resistor. Por ejemplo, la característica I-V de un LED convencional es aproximadamente exponencial (es decir, la corriente extraída por el LED es aproximadamente una función exponencial de la tensión aplicada). Más allá de una pequeña tensión de polarización directa, normalmente en un intervalo de desde aproximadamente 1,6 voltios hasta 3,5 voltios (dependiendo del color del LED), un pequeño cambio en la tensión aplicada da como resultado un cambio sustancial en la corriente a través del LED. Dado que la tensión de LED está logarítmicamente relacionada con la corriente de LED, puede considerarse que la tensión permanece esencialmente constante a lo largo del intervalo de funcionamiento del LED; de esta manera, generalmente se considera que los LED son dispositivos de "tensión fija". La figura 2 ilustra un gráfico 304 de característica corriente-tensión a modo de ejemplo de un LED convencional, en el que se indica un punto de funcionamiento nominal justo por encima de la tensión de polarización directa V_{LED} . La figura 2 muestra que dentro de un pequeño intervalo de tensión, el LED puede transportar un amplio intervalo de corriente según una relación aproximadamente exponencial que tiene una pendiente apreciablemente alta o pronunciada en el punto de funcionamiento nominal.

Debido a su naturaleza de tensión fija, la potencia extraída por un LED es esencialmente proporcional a la corriente transportada. A medida que aumenta el promedio de la corriente a través de (y el consumo de potencia de) un LED, aumenta el brillo de luz generada por el LED, hasta la capacidad de gestión de corriente máxima del LED. Una conexión en serie de múltiples LED no cambia la forma de la característica corriente-tensión mostrada en la figura 2. Por tanto, hacer funcionar uno o más LED a partir de una fuente de tensión generalmente no resulta práctico sin uno o más dispositivos de limitación de la corriente para "aplanar" la característica I-V, ya que pequeños cambios en la tensión tienen cambios significativos en la corriente.

Para mantener la corriente y potencia de LED a niveles relativamente predecibles con variaciones en la tensión aplicada (así como variaciones en las características físicas entre LED debidas a diferencias de fabricación, cambios de temperatura y otras fuentes de tensión directa variación), con frecuencia se coloca un resistor limitador de corriente en serie con un LED y después se conecta con una fuente de potencia. Esto tiene el efecto de aplanar en cierta medida la pendiente de lo contrario pronunciada de la característica I-V mostrada en la figura 2, aunque a cambio de una reducción de la eficacia (ya que inevitablemente el resistor expande algo de potencia y la disipa como calor). Siempre que haya suficiente tensión disponible, pueden conectarse múltiples LED en serie con un único resistor limitador de corriente. Sin embargo, la corriente que fluye a través de la combinación en serie de resistor y LED es una función de la(s) tensión/tensiones directa(s) V_{LED} del/de los LED. Dicho de otro modo, la corriente transportada desde la fuente de potencia por la combinación en serie de resistor/LED no es independiente de los parámetros de funcionamiento (tensión, corriente) del/de los LED, y estos parámetros de funcionamiento dependen a su vez de las tolerancias de fabricación del/de los LED, la variabilidad de la fuente de tensión y el porcentaje de tensión total permitido en el resistor en serie.

En el funcionamiento normal, muchos dispositivos eléctricos/electrónicos convencionales extraen corriente variable

de fuentes de energía comunes, que normalmente proporcionan tensiones esencialmente fijas y estables independientemente de las demandas de potencia del dispositivo. Éste es el caso de hecho para una unidad de iluminación basada en LED convencional, que puede hacerse funcionar para energizar uno o más de múltiples LED diferentes (o múltiples grupos de LED diferentes) en cualquier momento, cada uno asociado con una corriente particular (tal como se comenta adicionalmente a continuación en relación con la figura 4). Por tanto, puede considerarse que la característica corriente-tensión es “variable”, en cuanto a que el dispositivo puede extraer una corriente variable (por ejemplo, múltiples corrientes diferentes) a cualquier tensión de suministro dada.

La figura 3 ilustra una característica corriente-tensión variable a modo de ejemplo que incluye tres gráficos 306₁, 306₂ y 306₃, y un punto de funcionamiento nominal a modo de ejemplo, para una unidad de iluminación basada en LED convencional. En el ejemplo de la figura 3, tres corrientes diferentes son posibles a una tensión dada y para cada gráfico, se emplea una fuente de corriente constante para aplanar significativamente la característica I-V. Debido a las fuentes de corriente constante, la figura 3 ilustra que para cualquier modo de funcionamiento dado (para cada uno de los gráficos), se extrae un intervalo particularmente pequeño de corriente promedio por la unidad de iluminación a lo largo de un amplio intervalo de tensiones aplicadas; sin embargo, de nuevo, a cualquier tensión dada, son posibles múltiples corrientes diferentes. Debe apreciarse que los tres gráficos mostrados en la figura 3 se proporcionan principalmente con fines de ilustración, y que otros tipos de unidades de iluminación o dispositivos electrónicos que tienen múltiples modos de funcionamiento pueden tener características I-V que comprenden múltiples gráficos que atraviesan una variedad de trayectorias, incluyendo aquellas con pendientes negativas, discontinuidades, histéresis, consumo de potencia variable con el tiempo (incluyendo todas las formas de modulación), etc. Sin embargo, todas estas posibilidades pueden representarse no obstante por una región de combinaciones de tensión/corriente válidas, limitadas por un conjunto de corrientes máximas a lo largo de un intervalo de tensiones.

Las características corriente-tensión notablemente variables o no lineales ilustradas en las figuras 2 y 3 generalmente no conducen particularmente a una interconexión de potencia en serie de tales cargas, ya que la compartición de tensión entre cargas con tales características I-V no lineales es impredecible. Por consiguiente, en diversas realizaciones de la presente invención, características corriente-tensión alteradas hacen que una carga le parezca un elemento sustancialmente lineal o “resistivo” (por ejemplo, que se comporta de manera similar a un resistor), al menos a lo largo de algún intervalo de funcionamiento, a una fuente de potencia de la que la carga extrae potencia. En particular, pueden modificarse cargas que incluyen fuentes de luz basadas en LED y/o unidades de iluminación basadas en LED para funcionar como elementos sustancialmente lineales o resistivos, al menos a lo largo de algún intervalo de funcionamiento, cuando extraen potencia de una fuente de potencia. A su vez, esto facilita una conexión de potencia en serie de las unidades de iluminación o fuentes de luz basadas en LED modificadas, en las que la tensión a través de cada fuente de luz/unidad de iluminación modificada es relativamente más predecible; es decir, la tensión en los bornes de una fuente de potencia de la que la conexión en serie está extrayendo potencia se comparte de una manera más predecible (por ejemplo, igual) entre las fuentes de luz/unidades de iluminación modificadas. Simulando una carga resistiva, tales cargas modificadas también pueden conectarse en paralelo, o diversas disposiciones en serie-en paralelo, con resultados predecibles con respecto a tensiones y corrientes en los bornes.

Para los fines de la presente divulgación, un elemento sustancialmente lineal o “resistivo” es uno cuya característica corriente-tensión a lo largo de al menos algún intervalo de funcionamiento designado (es decir, intervalo de tensiones aplicadas) tiene una pendiente esencialmente constante; dicho de otro modo, una “resistencia efectiva” R_{ef} del elemento permanece esencialmente constante a lo largo del intervalo de funcionamiento designado, en la que la resistencia efectiva viene dada por la inversa de la pendiente del gráfico de característica I-V a lo largo del intervalo de funcionamiento designado. Una “resistencia aparente” R_{ap} del elemento dentro del intervalo de funcionamiento designado viene dado por la razón de una tensión en los bornes V_T particular aplicada al elemento y una corriente en los bornes I_T correspondiente extraída por el elemento, es decir, $R_{ap} = V_T/I_T$. Según diversas implementaciones comentadas adicionalmente a continuación, pueden modificarse cargas que tienen características I-V variables o no lineales (por ejemplo, combinarse con conjunto de circuitos adicional) de tal manera que el aparato resultante tiene una resistencia efectiva R_{ef} en algún punto de funcionamiento nominal $V_T = V_{nom}$ (o a lo largo de algún intervalo de funcionamiento) de entre aproximadamente 0,1 (R_{ap}) y 10,0 (R_{ap}). En aún otras implementaciones, pueden modificarse cargas de tal manera que el aparato resultante tiene una resistencia efectiva en algún punto de funcionamiento nominal (o a lo largo de algún intervalo de funcionamiento) de entre aproximadamente R_{ap} y 4 (R_{ap}). En algunas implementaciones, una característica corriente-tensión deseada puede ser sustancialmente lineal de manera significativa más allá de un intervalo de funcionamiento particular alrededor de un punto de funcionamiento nominal; sin embargo, en otras implementaciones, el intervalo de tensión para el que la característica corriente-tensión es sustancialmente lineal alrededor del punto de funcionamiento nominal no necesita ser muy grande.

Para facilitar una discusión de características corriente-tensión alteradas asociadas con cargas según las realizaciones de la presente invención, en primer lugar se comentan un ejemplo particular de una carga que comprende una unidad de iluminación basada en LED convencional que puede modificarse según se contempla por la invención, así como sistemas o redes de tales unidades de iluminación, en relación con las figuras 4 y 5. Después se comentan diversos métodos y aparatos para alterar la característica corriente-tensión de la unidad de iluminación basada en LED a modo de ejemplo, así como otros tipos de cargas, en relación con las figuras posteriores.

La figura 4 ilustra un ejemplo de una unidad 100 de iluminación basada en LED. Diversas implementaciones de unidades de iluminación basadas en LED similares a las descritas a continuación en relación con la figura 4 pueden encontrarse, por ejemplo, en las patentes estadounidenses n.ºs 6.016.038 y 6.211.626.

En diversas realizaciones de la presente invención, la unidad 100 de iluminación mostrada en la figura 4 puede usarse sola o junto con otras unidades de iluminación similares en un sistema de unidades de iluminación. Usada sola o en combinación con otras unidades de iluminación, la unidad 100 de iluminación puede emplearse en una variedad de aplicaciones incluyendo, pero sin limitarse a, iluminación de espacio interior o exterior (por ejemplo, arquitectónico) de visión directa o visión indirecta e iluminación en general, iluminación directa o indirecta de objetos o espacios, iluminación para teatro u otra basada en el entretenimiento/efectos especiales, iluminación decorativa, iluminación orientada a la seguridad, iluminación de vehículos, iluminación asociada con, o iluminación de, exposiciones y/o mercancía (por ejemplo para publicidad y/o en entornos de venta al por menor/consumidor), iluminación combinada y sistemas de comunicación, etc., así como para diversos fines de indicación, exposición e información.

Adicionalmente, pueden implementarse una o más unidades de iluminación similares a la descrita en relación con la figura 4 en una variedad de productos incluyendo, pero sin limitarse a, diversas formas de bombillas o módulos de luz que tienen diversas formas y disposiciones de acoplamiento eléctrico/mecánico (incluyendo bombillas o módulos de sustitución o "retroadaptación" adaptados para usarse en casquillos o elementos de iluminación convencionales), así como una variedad de productos de consumo y/o domésticos (por ejemplo, luces de noche, juguetes, juegos o componentes de juegos, componentes o sistemas de entretenimiento, utensilios, electrodomésticos, dispositivos para la cocina, productos de limpieza, etc.) y componentes arquitectónicos (por ejemplo, paneles iluminados para paredes, suelos, techos, componentes de ornamentación y decoración iluminados, etc.).

Haciendo referencia a la figura 4, la unidad 100 de iluminación incluye una o más fuentes 104A, 104B, 104C y 104D de luz (mostradas colectivamente como 104), en las que una o más de las fuentes de luz pueden ser una fuente de luz basada en LED que incluye uno o más LED. Dos cualesquiera o más de las fuentes de luz pueden adaptarse para generar radiación de diferentes colores (por ejemplo rojo, verde, azul); con respecto a esto, tal como se comentó anteriormente, cada una de las fuentes de luz de color diferente genera un espectro de fuente diferente que constituye un "canal" diferente de una unidad de iluminación de "múltiples canales". Aunque la figura 4 muestra cuatro fuentes 104A, 104B, 104C y 104D de luz, debe apreciarse que la unidad de iluminación no está limitada con respecto a esto, ya que pueden emplearse diferentes números y diversos tipos de fuentes de luz (todas fuentes de luz basadas en LED, y fuentes de luz basadas en LED y no basadas en LED en combinación, etc.) adaptadas para generar radiación de una variedad de colores diferentes, incluyendo luz esencialmente blanca, en la unidad 100 de iluminación, tal como se comenta adicionalmente a continuación.

Haciendo todavía referencia a la figura 4, la unidad 100 de iluminación también incluye un controlador 105 configurado para emitir una o más señales de control de modo que se accionan las fuentes de luz para generar diversas intensidades de luz a partir de las fuentes de luz. Por ejemplo, en una implementación, el controlador 105 puede estar configurado para emitir al menos una señal de control para cada fuente de luz de modo que se controla independientemente la intensidad de luz (por ejemplo, potencia radiante en lúmenes) generada por cada fuente de luz; alternativamente, el controlador 105 puede estar configurado para emitir una o más señales de control para controlar colectivamente un grupo de dos o más fuentes de luz de manera idéntica. Algunos ejemplos de señales de control que pueden generarse por el controlador para controlar las fuentes de luz incluyen, pero no se limitan a, señales moduladas por impulsos, señales moduladas por ancho de impulso (PWM), señales moduladas por amplitud de impulso (PAM), señales moduladas por código de impulso (PCM), señales de control analógicas (por ejemplo, señales de control de corriente, señales de control de tensión), combinaciones y/o modulaciones de las señales anteriores, u otras señales de control. En algunas versiones, particularmente en relación con fuentes basadas en LED, una o más técnicas de modulación proporcionan un control variable usando un nivel de corriente fijo aplicado a uno o más LED, de modo que se mitigan las posibles variaciones indeseables o impredecibles en la emisión del LED que pueden surgir si se emplea una corriente de accionamiento de LED variable. En otras versiones, el controlador 105 puede controlar otro conjunto de circuitos dedicado (no mostrado en la figura 4) que a su vez controla las fuentes de luz de modo que se varían sus intensidades respectivas.

En general, la intensidad (potencia emitida radiante) de radiación generada por la una o más fuentes de luz es proporcional a la potencia promedio suministrada a la(s) fuente(s) de luz a lo largo de un periodo de tiempo dado. Por consiguiente, una técnica para variar la intensidad de radiación generada por la una o más fuentes de luz implica modular la potencia suministrada a (es decir, la potencia de funcionamiento de) la(s) fuente(s) de luz. Para algunos tipos de fuentes de luz, incluyendo fuentes basadas en LED, esto puede lograrse eficazmente usando una técnica de modulación de ancho de impulsos (PWM).

En una implementación a modo de ejemplo de una técnica de control de PWM, para cada canal de una unidad de iluminación se aplica periódicamente una tensión predeterminada fija V_{fuente} a través de una fuente de luz dada que constituye el canal. La aplicación de la tensión V_{fuente} puede lograrse mediante uno o más conmutadores, no mostrados en la figura 4, controlados por el controlador 105. Mientras se aplica la tensión V_{fuente} a través de la fuente

de luz, se deja que fluya una corriente fija predeterminada I_{fuente} (por ejemplo, determinada mediante un regulador de corriente, tampoco mostrado en la figura 4) a través de la fuente de luz. De nuevo, se recuerda que una fuente de luz basada en LED puede incluir uno o más LED, de modo que la tensión V_{fuente} puede aplicarse a un grupo de LED que constituyen la fuente, y la corriente I_{fuente} puede extraerse por el grupo de LED. La tensión fija V_{fuente} a través de la fuente de luz cuando se energiza, y la corriente regulada I_{fuente} extraída por la fuente de luz cuando se energiza, determinan la cantidad de potencia de funcionamiento instantánea P_{fuente} de la fuente de luz ($P_{fuente} = V_{fuente} \cdot I_{fuente}$). Tal como se mencionó anteriormente, para fuentes de luz basadas en LED, usar una corriente regulada mitiga las posibles variaciones indeseables o impredecibles en la emisión del LED que pueden surgir si se emplea una corriente de accionamiento de LED variable.

Según la técnica de PWM, aplicando periódicamente la tensión V_{fuente} a la fuente de luz y variando el tiempo durante el cual se aplica la tensión durante un ciclo de encendido-apagado dado, puede modularse la potencia promedio suministrada a la fuente de luz a lo largo del tiempo (la potencia de funcionamiento promedio). En particular, el controlador 105 puede estar configurado para aplicar la tensión V_{fuente} a una fuente de luz dada de una manera pulsada (por ejemplo, emitiendo una señal de control que hace funcionar uno o más conmutadores para aplicar la tensión a la fuente de luz), preferiblemente a una frecuencia que es superior a la que puede detectarse por el ojo humano (por ejemplo, superior a aproximadamente 100 Hz). De esta manera, un observador de la luz generada por la fuente de luz no percibe los ciclos de encendido-apagado diferenciados (comúnmente denominados “efecto de parpadeo”), sino que en lugar de eso la función de integración del ojo percibe una generación de luz esencialmente continua. Ajustando el ancho de impulso (es decir tiempo encendido, o “ciclo de trabajo”) de ciclos de encendido-apagado de la señal de control, el controlador varía la cantidad de tiempo promedio durante el cual se energiza la fuente de luz en cualquier periodo de tiempo dado, y por tanto varía la potencia de funcionamiento promedio de la fuente de luz. De esta manera, puede variarse a su vez el brillo percibido de la luz generada a partir de cada canal.

Tal como se comenta con más detalle a continuación, el controlador 105 puede estar configurado para controlar cada canal de fuente de luz diferente de una unidad de iluminación de múltiples canales a una potencia de funcionamiento promedio predeterminada para proporcionar una potencia emitida radiante correspondiente para la luz generada por cada canal. Alternativamente, el controlador 105 puede recibir instrucciones (por ejemplo, “órdenes de iluminación”) de una variedad de orígenes, tales como una interfaz 118 de usuario, una fuente 124 de señales o uno o más puertos 120 de comunicación, que especifican potencias de funcionamiento recomendadas para uno o más canales y, por tanto, potencias emitidas radiantes correspondientes para la luz generada por los canales respectivos. Variando las potencias de funcionamiento recomendadas para uno o más canales (por ejemplo, según diferentes instrucciones u órdenes de iluminación), pueden generarse por la unidad de iluminación diferentes colores y niveles de brillo de luz percibidos.

En una realización de la unidad 100 de iluminación, tal como se mencionó anteriormente, una o más de las fuentes 104A, 104B, 104C y 104D de luz mostradas en la figura 4 pueden incluir un grupo de múltiples LED u otros tipos de fuentes de luz (por ejemplo, diversas conexiones en paralelo y/o en serie de LED o de otros tipos de fuentes de luz) que se controlan en conjunto por el controlador 105. Adicionalmente, debe apreciarse que una o más de las fuentes de luz pueden incluir uno o más LED que están adaptados para generar radiación que tiene cualquiera de una variedad de espectros (es decir, longitudes de onda o bandas de longitud de onda), incluyendo, pero sin limitarse a, diversos colores visibles (incluyendo luz esencialmente blanca), diversas temperaturas de color de luz blanca, ultravioleta o infrarroja. Pueden emplearse LED que tienen una variedad de anchos de banda de espectro (por ejemplo, banda estrecha, banda más amplia) en diversas implementaciones de la unidad 100 de iluminación.

La unidad 100 de iluminación puede construirse y disponerse para producir un amplio intervalo de radiación de color variable. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la unidad 100 de iluminación puede disponerse particularmente de tal manera que luz con intensidad variable controlable (es decir, potencia radiante variable) generada por dos o más de las fuentes de luz se combina para producir una luz de color mixto (incluyendo luz esencialmente blanca que tiene una variedad de temperaturas de color). En particular, el color (o temperatura de color) de la luz de color mixto puede variarse variando una o más de las intensidades respectivas (potencia radiante emitida) de las fuentes de luz, por ejemplo, en respuesta a una o más señales de control emitidas por el controlador 105. Además, el controlador 105 puede estar particularmente configurado para proporcionar señales de control a una o más de las fuentes de luz de modo que se genera una variedad de efectos de iluminación de múltiples colores (o múltiples temperaturas de color) estáticos o que varían en el tiempo (dinámicos). Para ello, en diversas realizaciones de la invención, el controlador incluye un procesador 102 (por ejemplo, un microprocesador) programado para proporcionar tales señales de control a una o más de las fuentes de luz. El procesador 102 puede programarse para proporcionar tales señales de control de manera autónoma, en respuesta a órdenes de iluminación, o en respuesta a diversas entradas de usuario o de señal.

Por tanto, la unidad 100 de iluminación puede incluir una amplia variedad de colores de LED en diversas combinaciones, incluyendo dos o más de LED rojos, verdes y azules para producir una mezcla de colores, así como uno o más de otros LED para crear colores y temperaturas de color variables de luz blanca. Por ejemplo, pueden mezclarse rojo, verde y azul con ámbar, blanco, UV, naranja, IR u otros colores de LED. Adicionalmente, pueden emplearse múltiples LED blancos que tienen diferentes temperaturas de color (por ejemplo, uno o más primeros LED blancos que generan un primer espectro correspondiente a una primera temperatura de color, y uno o más

segundos LED blancos que generan un segundo espectro correspondiente a una segunda temperatura de color diferente de la primera temperatura de color), en una unidad de iluminación de todos LED blancos o en combinación con otros colores de LED. Tales combinaciones de LED de diferentes colores y/o LED blancos de diferentes temperaturas de color en la unidad 100 de iluminación puede facilitar la reproducción precisa de una gran cantidad de espectros deseables de condiciones de iluminación, ejemplos de las cuales incluyen, pero no se limitan a, una variedad de equivalentes a luz diurna externa a diferentes horas del día, diversas condiciones de iluminación de interior, condiciones de iluminación para simular un fondo de múltiples colores complejo y similares. Otras condiciones de iluminación deseables pueden crearse eliminando partes particulares del espectro que pueden absorberse, atenuarse o reflejarse específicamente en ciertos entornos. Por ejemplo, el agua tiende a absorber y atenuar la mayor parte de los colores de la luz distintos de azul y de verde, de modo que las aplicaciones debajo del agua pueden beneficiarse de condiciones de iluminación que se ajustan para enfatizar o atenuar algunos elementos espectrales con respecto a otros.

Tal como también se muestra en la figura 4, la unidad 100 de iluminación puede incluir una memoria 114 para almacenar diversos elementos de información. Por ejemplo, la memoria 114 puede emplearse para almacenar una o más órdenes de iluminación o programas para la ejecución por el procesador 102 (por ejemplo, para generar una o más señales de control para las fuentes de luz), así como diversos tipos de datos útiles para generar una radiación de color variable (por ejemplo, información de calibración, comentada adicionalmente a continuación). La memoria 114 también puede almacenar uno o más identificadores particulares (por ejemplo, un número de serie, una dirección, etc.) que pueden usarse o bien localmente o bien con un nivel de sistema para identificar a la unidad 100 de iluminación. Tales identificadores pueden estar preprogramados por un fabricante, por ejemplo, y pueden ser o bien alterables o bien no alterables con posterioridad (por ejemplo, mediante algún tipo de interfaz de usuario ubicada en la unidad de iluminación, mediante uno o más datos o señales de control recibidos por la unidad de iluminación, etc.). Alternativamente, tales identificadores pueden determinarse en el momento de uso inicial de la unidad de iluminación en el campo, y de nuevo pueden ser alterables o no alterables con posterioridad.

Haciendo todavía referencia a la figura 4, la unidad 100 de iluminación también puede incluir una o más interfaces 118 de usuario para facilitar cualquiera de varias funciones o configuraciones seleccionables por el usuario (por ejemplo, controlar de manera general la emisión de luz de la unidad 100 de iluminación, cambiar y/o seleccionar diversos efectos de iluminación preprogramados para generarlos por la unidad de iluminación, cambiar y/o seleccionar diversos parámetros de efectos de iluminación seleccionados, configurar identificadores particulares tales como direcciones o números de serie para la unidad de iluminación, etc.). La comunicación entre la interfaz 118 de usuario y la unidad de iluminación puede lograrse mediante transmisión por hilo o cable, o inalámbrica.

En una implementación, el controlador 105 de la unidad de iluminación monitoriza la interfaz 118 de usuario y controla una o más de las fuentes 104A, 104B, 104C y 104D de luz basándose al menos en parte en un accionamiento por parte del usuario de la interfaz. Por ejemplo, el controlador 105 puede estar configurado para responder al accionamiento de la interfaz de usuario originando una o más señales de control para controlar una o más de las fuentes de luz. Alternativamente, el procesador 102 puede estar configurado para responder seleccionando una o más señales de control preprogramadas almacenadas en memoria, modificando señales de control generadas ejecutando un programa de iluminación, seleccionando y ejecutando un nuevo programa de iluminación a partir de la memoria, o afectando de otro modo a la radiación generada por una o más de las fuentes de luz.

En una implementación particular, la interfaz 118 de usuario constituye uno o más conmutadores (por ejemplo, un conmutador de pared convencional) que interrumpen la potencia al controlador 105. En una versión de esta implementación, el controlador 105 está configurado para monitorizar la potencia según se controla por la interfaz de usuario, y a su vez controlar una o más de las fuentes de luz basándose al menos en parte en la duración de una interrupción de potencia provocada por el accionamiento de la interfaz de usuario. Tal como se comentó anteriormente, el controlador puede estar particularmente configurado para responder a una duración predeterminada de una interrupción de potencia, por ejemplo, seleccionando una o más señales de control preprogramadas almacenadas en memoria, modificando señales de control generadas ejecutando un programa de iluminación, seleccionando y ejecutando un nuevo programa de iluminación a partir de la memoria, o afectando de otro modo a la radiación generada por una o más de las fuentes de luz.

Haciendo todavía referencia a la figura 4, la unidad 100 de iluminación puede estar configurada para recibir una o más señales 122 a partir de una o más de otras fuentes 124 de señales. El controlador 105 de la unidad de iluminación puede usar la(s) señal(es) 122, o bien sola(s) o bien en combinación con otras señales de control (por ejemplo, señales generadas ejecutando un programa de iluminación, una o más emisiones de una interfaz de usuario, etc.), de modo que se controlan una o más de las fuentes 104A, 104B, 104C y 104D de luz de una manera similar a la comentada anteriormente en relación con la interfaz de usuario.

Los ejemplos de la(s) señal(es) 122 que puede(n) recibirse y procesarse por el controlador 105 incluyen, pero no se limitan a, una o más señales de audio, señales de video, señales de potencia, diversos tipos de señales de datos, señales que representan información obtenida de una red (por ejemplo, Internet), señales que representan una o más condiciones detectables/detectadas, señales de unidades de iluminación, señales que consisten en luz

modulada, etc. En diversas implementaciones, la(s) fuente(s) 124 de señales puede(n) estar ubicada(s) a distancia de la unidad 100 de iluminación, o incluidas como componente de la unidad de iluminación. Una señal de una unidad 100 de iluminación puede enviarse sobre una red a otra unidad 100 de iluminación.

5 Algunos ejemplos de una fuente 124 de señales que puede emplearse en, o usarse en relación con, la unidad 100 de iluminación de la figura 4 incluyen cualquiera de una variedad de sensores o transductores para generar una o más señales 122 en respuesta a algún estímulo. Los ejemplos de tales sensores incluyen, pero no se limitan a, diversos tipos de sensores de condiciones del entorno, tales como sensores de detección térmica (por ejemplo, temperatura, infrarrojos), sensores de humedad, sensores de movimiento, fotosensores/sensores de luz (por ejemplo, fotodiodos, sensores que son sensibles a uno o más espectros particulares de radiación electromagnética tales como espectrorradiómetros o espectrofotómetros, etc.), diversos tipos de cámaras, sensores de sonido o vibración u otros transductores de presión/fuerza (por ejemplo, micrófonos, dispositivos piezoeléctricos) y similares.

15 Los ejemplos adicionales de una fuente 124 de señales incluyen diversos dispositivos de medición/detección que monitorizan señales o características eléctricas (por ejemplo, tensión, corriente, potencia, resistencia, capacitancia, inductancia, etc.) o características químicas/biológicas (por ejemplo, acidez, la presencia de uno o más agentes químicos o biológicos particulares, bacterias, etc.) y proporcionan una o más señales 122 basándose en valores medidos de las señales o características. Aún otros ejemplos de una fuente 124 de señales incluyen diversos tipos de escáneres, sistemas de reconocimiento de imágenes, sistemas de reconocimiento de voz u otros sonidos, sistemas de robótica e inteligencia artificial, y similares. Una fuente 124 de señales también puede ser una unidad 20 100 de iluminación, otro controlador o procesador, o uno cualquiera de muchos dispositivos de generación de señales disponibles, tales como reproductores de medios, reproductores de MP3, ordenadores, reproductores de DVD, reproductores de CD, fuentes de señales de televisión, fuentes de señales de cámaras, micrófonos, altavoces, teléfonos, teléfonos móviles, dispositivos de mensajería instantánea, dispositivos de SMS, dispositivos inalámbricos, dispositivos de agenda electrónica, y muchos otros.

Además, la unidad 100 de iluminación mostrada en la figura 4 también puede incluir una o más prestaciones o elementos 130 ópticos para procesar ópticamente la radiación generada por las fuentes 104A, 104B, 104C y 104D de luz. Por ejemplo, uno o más elementos ópticos pueden estar configurados de modo que se cambian una o ambas de una distribución espacial y una dirección de propagación de la radiación generada. En particular, uno o más elementos ópticos pueden estar configurados para cambiar un ángulo de difusión de la radiación generada. Uno o más elementos 130 ópticos pueden estar particularmente configurados para cambiar de manera variable una o ambas de una distribución espacial y una dirección de propagación de la radiación generada (por ejemplo, en respuesta a algún estímulo eléctrico y/o mecánico). Ejemplos de elementos ópticos que pueden incluirse en la 35 unidad 100 de iluminación incluyen, pero no se limitan a, materiales reflectantes, materiales refractarios, materiales translúcidos, filtros, lentes, espejos y fibras ópticas. El elemento 130 óptico también puede incluir un material fosforescente, material luminiscente u otro material que puede responder a, o interactuar con, la radiación generada.

40 Tal como también se muestra en la figura 4, la unidad 100 de iluminación puede incluir uno o más puertos 120 de comunicación para facilitar el acoplamiento de la unidad 100 de iluminación a cualquiera de una variedad de otros dispositivos, incluyendo una o más de otras unidades de iluminación. Por ejemplo, uno o más puertos 120 de comunicación pueden facilitar el acoplamiento de múltiples unidades de iluminación entre sí como un sistema de iluminación conectado en red, en el que al menos algunas o la totalidad de las unidades de iluminación son 45 direccionables (por ejemplo, tienen identificadores o direcciones particulares) y/o responden a datos particulares transportados a través de la red. Uno o más puertos 120 de comunicación también pueden estar adaptados para recibir y/o transmitir datos mediante transmisión por hilos o inalámbrica. La información recibida a través del puerto de comunicación puede estar relacionada al menos en parte con información de dirección para usarse posteriormente por la unidad de iluminación, y la unidad de iluminación puede estar adaptada para recibir y después almacenar la información de dirección en la memoria 114 (por ejemplo, la unidad de iluminación puede estar adaptada para usar la dirección almacenada como su dirección para su uso cuando recibe datos posteriores mediante uno o más puertos de comunicación).

55 En particular, en un entorno de sistema de iluminación conectado en red, tal como se comenta con más detalle adicionalmente a continuación (por ejemplo, en relación con la figura 5), a medida que se comunican datos a través de la red, el controlador 105 de cada unidad de iluminación acoplada a la red puede estar configurado para responder a datos particulares (por ejemplo, órdenes de control de iluminación) que se refieren al mismo (por ejemplo, en algunos casos, según viene indicado por los identificadores respectivos de las unidades de iluminación conectadas en red). Una vez que un controlador dado identifica datos particulares previstos para el mismo, puede leer los datos y, por ejemplo, cambiar las condiciones de iluminación producidas por sus fuentes de luz según los 60 datos recibidos (por ejemplo, generando señales de control apropiadas para las fuentes de luz). La memoria 114 de cada unidad de iluminación acoplada a la red puede cargarse, por ejemplo, con una tabla de señales de control de iluminación que corresponden a datos que recibe el procesador 102 del controlador. En estas implementaciones, una vez que el procesador 102 recibe datos de la red, entonces consulta la tabla para seleccionar las señales de control que corresponden a los datos recibidos, y controla las fuentes de luz de la unidad de iluminación en consecuencia (por ejemplo, usando una cualquiera de una variedad de técnicas de control de señales analógicas o 65

digitales, incluyendo diversas técnicas de modulación de impulsos comentadas anteriormente).

El procesador 102 de una unidad de iluminación dada, tanto si está acoplado a la red como si no, puede estar configurado para interpretar las instrucciones/los datos de iluminación que se reciben en un protocolo de DMX (tal como se comenta, por ejemplo, en las patentes estadounidenses 6.016.038 y 6.211.626), que es un protocolo de órdenes de iluminación empleado convencionalmente en la industria de la iluminación para algunas aplicaciones de iluminación programables. En el protocolo de DMX, se transmiten instrucciones de iluminación a una unidad de iluminación como datos de control que están formateados en paquetes que incluyen 512 bytes de datos, en los que cada byte de datos está constituido por 8 bits que representan un valor digital de entre cero y 255. Estos 512 bytes de datos van precedidos por un byte de "código de inicio". Un "paquete" entero que incluye 513 bytes (código de inicio más datos) se transmite en serie a 250 kbit/s según las prácticas de cableado y niveles de tensión RS-485, en las que el inicio de un paquete viene indicado por una interrupción de al menos 88 microsegundos.

En el protocolo de DMX, cada byte de datos de los 512 bytes en un paquete dado está previsto como una orden de iluminación para un "canal" particular de una unidad de iluminación de múltiples canales, en el que un valor digital de cero indica ninguna potencia emitida radiante para un canal dado de la unidad de iluminación (es decir, canal apagado) y un valor digital de 255 indica potencia emitida radiante completa (el 100% de la potencia disponible) para el canal dado de la unidad de iluminación (es decir, canal completamente encendido). Por ejemplo, en un aspecto, considerando por el momento una unidad de iluminación de tres canales basada en LED rojo, verde y azul (es decir, una unidad de iluminación "R-G-B"), una orden de iluminación en el protocolo de DMX puede especificar cada una de una orden de canal rojo, una orden de canal verde y una orden de canal azul como datos de ocho bits (es decir, un byte de datos) que representan un valor de desde 0 hasta 255. El valor máximo de 255 para uno cualquiera de los canales de color indica al procesador 102 que controle la(s) fuente(s) de luz correspondiente(s) para funcionar a la máxima potencia disponible (es decir, el 100%) para el canal, generando así la máxima potencia radiante disponible para ese color (una estructura de órdenes de este tipo para una unidad de iluminación R-G-B se denomina comúnmente control de color de 24 bits). Por tanto, una orden del formato [R, G, B] = [255, 255, 255] hará que la unidad de iluminación genere una potencia radiante máxima para cada una de la luz roja, verde y azul (creando así luz blanca).

Por tanto, un enlace de comunicación dado que emplea el protocolo de DMX puede soportar convencionalmente hasta 512 canales de unidad de iluminación diferentes. Una unidad de iluminación dada diseñada para recibir comunicaciones formateadas en el protocolo de DMX está generalmente configurada para responder sólo a uno o más bytes de datos particulares de los 512 bytes en el paquete correspondiente al número de canales de la unidad de iluminación (por ejemplo, en el ejemplo de una unidad de iluminación de tres canales, se usan tres bytes por la unidad de iluminación), e ignorar los otros bytes, basándose en una posición particular del/de los byte(s) de datos deseado(s) en la secuencia global de los 512 bytes de datos en el paquete. Para ello, pueden equiparse unidades de iluminación basadas en DMX con un mecanismo de selección de dirección que puede configurarse manualmente por un usuario/instalador para determinar la posición particular del/de los byte(s) de datos al/a los que responde la unidad de iluminación en un paquete de DMX dado.

Sin embargo, debe apreciarse que las unidades de iluminación adecuadas para los fines de la presente divulgación no se limitan a un formato de órdenes de DMX, ya que las unidades de iluminación pueden estar configuradas para responder a otros tipos de protocolos de comunicación/formatos de órdenes de iluminación de modo que se controlan sus fuentes de luz respectivas. En general, el procesador 102 puede estar configurado para responder a órdenes de iluminación en una variedad de formatos que expresan potencias de funcionamiento recomendadas para cada canal diferente de una unidad de iluminación de múltiples canales según alguna escala que representa de ninguna a una potencia de funcionamiento disponible máxima para cada canal.

Por ejemplo, en otros ejemplos, el procesador 102 de una unidad de iluminación dada está configurado para interpretar instrucciones/datos de iluminación que se reciben en un protocolo de Ethernet convencional (o protocolo similar basado en conceptos de Ethernet). Ethernet es una tecnología de conexión en red informática bien conocida empleada con frecuencia para redes de área local (LAN) que define requisitos de conexión por hilos y señalización para dispositivos interconectados que forman la red, así como formatos de marco y protocolos para datos transmitidos por la red. Los dispositivos acoplados a la red tienen direcciones únicas respectivas, y los datos para uno o más dispositivos direccionables en la red se organizan como paquetes. Cada paquete de Ethernet incluye una "cabecera" que especifica una dirección de destino (a la que se dirige el paquete) y una dirección de fuente (de la que procede el paquete), seguida por una "carga útil" que incluye varios bytes de datos (por ejemplo, en protocolo de marco de Ethernet tipo II, la carga útil puede ser de desde 46 bytes de datos hasta 1500 bytes de datos). Un paquete termina con un código de corrección de errores o "suma de comprobación". Como con el protocolo de DMX comentado anteriormente, la carga útil de paquetes de Ethernet sucesivos destinada a una unidad de iluminación dada configurada para recibir comunicaciones en un protocolo de Ethernet puede incluir información que representa potencias radiantes recomendadas respectivas para diferentes espectros de luz disponibles (por ejemplo, diferentes canales de color) que pueden generarse por la unidad de iluminación.

En aún otro ejemplo, el procesador 102 de una unidad de iluminación dada puede estar configurado para interpretar instrucciones/datos de iluminación que se reciben en un protocolo de comunicación basado en serie tal como se

describe, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 6.777.891. En particular, según un ejemplo basado en un protocolo de comunicación basado en serie, múltiples unidades 100 de iluminación están acopladas entre sí mediante sus puertos 120 de comunicación para formar una conexión en serie de unidades de iluminación (por ejemplo, una topología de anillos o cadena tipo margarita), en la que cada unidad de iluminación tiene un puerto de comunicación de entrada y puerto de comunicación de salida. Las instrucciones/los datos de iluminación transmitidos a las unidades de iluminación se disponen secuencialmente basándose en una posición relativa en la conexión en serie de cada unidad de iluminación. Debe apreciarse que aunque se comenta particularmente una red de iluminación basada en una interconexión en serie de unidades de iluminación en relación con una realización que emplea un protocolo de comunicación basado en serie, la divulgación no se limita con respecto a esto, ya que otros ejemplos de topologías de red de iluminación contemplados por la presente divulgación se comentan adicionalmente a continuación en relación con la figura 5.

En algunas implementaciones a modo de ejemplo del ejemplo que emplea un protocolo de comunicación basado en serie, a medida que el procesador 102 de cada unidad de iluminación en la conexión en serie recibe datos, “retira” o extrae una o más porciones iniciales de la secuencia de datos prevista para él y transmite el resto de la secuencia de datos a la siguiente unidad de iluminación en la conexión en serie. Por ejemplo, considerando de nuevo una interconexión en serie de múltiples unidades de iluminación de tres canales (por ejemplo, “R-G-B”), se extraen tres valores de múltiples bits (un valor de múltiples bits por canal) por cada unidad de iluminación de tres canales de la secuencia de datos recibida. Cada unidad de iluminación en la conexión en serie repite a su vez este procedimiento, concretamente, retirada o extracción de una o más porciones iniciales (valores de múltiples bits) de una secuencia de datos recibida y transmisión del resto de la secuencia. La porción inicial de una secuencia de datos retirada a su vez por cada unidad de iluminación puede incluir potencias radiantes recomendadas respectivas para diferentes espectros de luz disponibles (por ejemplo, canales de colores diferentes) que pueden generarse por la unidad de iluminación. Tal como se comentó anteriormente en relación con el protocolo de DMX, en diversas implementaciones cada valor de múltiples bits por canal puede ser un valor de 8 bits, u otro número de bits (por ejemplo, 12, 16, 24, etc.) por canal, dependiendo en parte de una resolución de control deseada para cada canal.

En aún otra implementación a modo de ejemplo de un protocolo de comunicación basado en serie, en vez de retirar una porción inicial de una secuencia de datos recibida, se asocia un indicador con cada porción de una secuencia de datos que representa datos para múltiples canales de una unidad de iluminación dada, y se transmite completamente una secuencia de datos completa para múltiples unidades de iluminación desde una unidad de iluminación hasta otra unidad de iluminación en la conexión en serie. A medida que una unidad de iluminación en la conexión en serie recibe la secuencia de datos, busca la primera porción de la secuencia de datos en la que el indicador indica que una porción dada (que representa uno o más canales) aún no se ha leído por ninguna unidad de iluminación. Tras hallar una porción de este tipo, la unidad de iluminación lee y procesa la porción para proporcionar una emisión de luz correspondiente, y fija el indicador correspondiente para indicar que se ha leído la porción. De nuevo, se transmite completamente la secuencia de datos completa desde la unidad de iluminación hasta otra unidad de iluminación, en la que el estado de los indicadores indica la siguiente porción de la secuencia de datos disponible para leerse y procesarse.

En un ejemplo particular referente a un protocolo de comunicación basado en serie, el controlador 105 unidad de iluminación dada configurado para un protocolo de comunicación basado en serie puede implementarse como un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) diseñado para procesar específicamente un flujo recibido de instrucciones/datos de iluminación según el procedimiento de “retirada/extracción de datos” o el procedimiento de “modificación del indicador” comentados anteriormente. Más específicamente, en un ejemplo de múltiples unidades de iluminación acopladas entre sí en una interconexión en serie para formar una red, cada unidad de iluminación incluye un controlador 105 implementado por ASIC que tiene la funcionalidad del procesador 102, la memoria 114 y el/los puerto(s) 120 de comunicación mostrados en la figura 4 (evidentemente en algunas implementaciones no se necesita incluir la interfaz 118 de usuario y la fuente 124 de señales opcionales). Una implementación de este tipo se comenta en detalle en la patente estadounidense n.º 6.777.891.

La unidad 100 de iluminación de la figura 4 puede incluir y/o estar acoplada a una o más fuentes 108 de potencia. Los ejemplos de fuente(s) 108 de potencia incluyen, pero no se limitan a, fuentes de potencia de CA, fuentes de potencia de CC, baterías, fuentes de potencia solares, fuentes de potencia mecánicas o termoeléctricas y similares. Adicionalmente, la(s) fuente(s) 108 de potencia puede(n) incluir o estar asociada(s) con uno o más dispositivos de conversión de potencia o conjunto de circuitos de conversión de potencia (por ejemplo, en algunos casos dentro de la unidad 100 de iluminación) para convertir la potencia recibida por una fuente de potencia externa en una forma adecuada para el funcionamiento de los diversos componentes de circuito internos y fuentes de luz de la unidad 100 de iluminación.

El controlador 105 de la unidad 100 de iluminación puede estar configurado para aceptar una tensión de línea de CA convencional de la fuente 108 de potencia y proporcionar una potencia de funcionamiento de CC apropiada para las fuentes de luz y otro conjunto de circuitos de la unidad de iluminación basándose en conceptos relacionados con la conversión CC-CC, o conceptos de suministro de potencia de “conmutación”, tal como se comenta en la patente estadounidense n.º 7.233.115 y solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente con n.º de serie 11/429.715. En algunas versiones de estas implementaciones, el controlador 105 puede incluir un conjunto de

circuitos no sólo para aceptar una tensión de línea de CA convencional sino para garantizar que se extrae potencia de la tensión de línea con un factor de potencia significativamente alto.

5 Aunque no se muestra explícitamente en la figura 4, la unidad 100 de iluminación puede implementarse en una cualquiera de varias configuraciones estructurales diferentes. Los ejemplos de tales configuraciones incluyen, pero no se limitan a, una configuración esencialmente lineal o curvilínea, una configuración circular, una configuración ovalada, una configuración rectangular, combinaciones de lo anterior, varias otras configuraciones con formas geométricas, varias configuraciones bi o tridimensionales, y similares.

10 Una unidad de iluminación dada también puede tener una cualquiera de una variedad de disposiciones de montaje para la(s) fuente(s) de luz, disposiciones de carcasa/alojamiento y formas para encerrar parcial o completamente las fuentes de luz, y/o configuraciones de conexión eléctrica o mecánica. En particular, en algunas implementaciones, una unidad de iluminación puede estar configurada como sustitución o “retroadaptación” para acoplarse eléctrica o mecánicamente en una disposición de elemento de iluminación o casquillo convencional (por ejemplo, un casquillo
15 de rosca tipo Edison, una disposición de elemento de fijación halógeno, una disposición de elemento de fijación fluorescente, etc.).

Adicionalmente, uno o más elementos ópticos tal como se comentó anteriormente pueden estar parcial o completamente integrados con una disposición de carcasa/alojamiento para la unidad de iluminación. Además, los
20 diversos componentes de la unidad de iluminación comentados anteriormente (por ejemplo, procesador, memoria, potencia, interfaz de usuario, etc.), así como otros componentes que pueden estar asociados con la unidad de iluminación en diferentes implementaciones (por ejemplo, sensores/transductores, otros componentes para facilitar la comunicación hacia y desde la unidad, etc.) pueden empaquetarse de una variedad de maneras; por ejemplo, cualquier subconjunto o la totalidad de los diversos componentes de la unidad de iluminación, así como otros
25 componentes que pueden estar asociados con la unidad de iluminación, pueden empaquetarse juntos. Subconjuntos empaquetados de componentes pueden acoplarse entre sí eléctrica y/o mecánicamente de una variedad de maneras.

30 La figura 5 ilustra un ejemplo de un sistema de iluminación conectado en red, en el que varias unidades 100 de iluminación, similares a las comentadas anteriormente en relación con la figura 4, están acopladas entre sí para formar el sistema de iluminación conectado en red. Sin embargo, debe apreciarse que la configuración y disposición particular de unidades de iluminación mostrada en la figura 5 es sólo con fines de ilustración, y que la presente invención no se limita a la topología de sistema particular mostrada en la figura 5.

35 Adicionalmente, aunque no se muestra explícitamente en la figura 5, debe apreciarse que el sistema 200 de iluminación conectado en red puede estar configurado de manera flexible para incluir una o más interfaces de usuario, así como una o más fuentes de señales tales como sensores/transductores. Por ejemplo, una o más interfaces de usuario y/o una o más fuentes de señales tales como sensores/transductores (tal como se comentó anteriormente en relación con la figura 4) pueden estar asociados con una cualquiera o más de las unidades de
40 iluminación del sistema 200 de iluminación conectado en red. Alternativamente (o además de lo anterior), una o más interfaces de usuario y/o una o más fuentes de señales pueden implementarse como componentes “independientes” en el sistema 200 de iluminación conectado en red. Ya sean componentes independientes o particularmente asociados con una o más unidades 100 de iluminación, estos dispositivos pueden “compartirse” por las unidades de iluminación del sistema de iluminación conectado en red. Dicho de otro modo, una o más interfaces de usuario y/o
45 una o más fuentes de señales tales como sensores/transductores pueden constituir “recursos compartidos” en el sistema de iluminación conectado en red que pueden usarse en relación con el control de una cualquiera o más de las unidades de iluminación del sistema.

Haciendo referencia a la figura 5, el sistema 200 de iluminación incluye uno o más controladores 208A, 208B, 208C
50 y 208D de unidades de iluminación (a continuación en el presente documento “LUC”), en el que cada LUC es responsable de comunicarse con y controlar de manera general una o más unidades 100 de iluminación acopladas al mismo. Aunque la figura 5 ilustra dos unidades 100 de iluminación acopladas al LUC 208A y una unidad 100 de iluminación acoplada a cada LUC 208B, 208C y 208D, debe apreciarse que la invención no está limitada con respecto a esto, ya que pueden acoplarse números diferentes de unidades 100 de iluminación a un LUC dado en
55 una variedad de configuraciones diferentes (conexiones en serie, conexiones en paralelo, combinaciones de conexiones en serie y en paralelo, etc.) usando una variedad de protocolos y medios de comunicación diferentes.

En el sistema de la figura 5, cada LUC puede acoplarse a su vez a un controlador 202 central que está configurado para comunicarse con uno o más LUC. Aunque la figura 5 muestra cuatro LUC acoplados al controlador 202 central mediante una conexión 204 genérica (que puede incluir cualquier número de una variedad de dispositivos de acoplamiento, conmutación y/o conexión en red convencionales), debe apreciarse que pueden acoplarse números diferentes de LUC al controlador 202 central. Adicionalmente, los LUC y el controlador central pueden acoplarse entre sí en una variedad de configuraciones usando una variedad de protocolos y medios de comunicación diferentes para formar el sistema 200 de iluminación conectado en red. Además, debe apreciarse que la
60 interconexión de LUC y el controlador central, y la interconexión de unidades de iluminación con LUC respectivos, puede lograrse de diferentes maneras (por ejemplo, usando diferentes configuraciones, protocolos y medios de
65

comunicación).

Por ejemplo, el controlador 202 central mostrado en la figura 5 puede estar configurado para implementar comunicaciones basadas en Ethernet con los LUC, y a su vez los LUC pueden estar configurados para implementar una de comunicaciones de protocolo basado en Ethernet, basado en DMX o basado en serie con las unidades 100 de iluminación (tal como se comentó anteriormente, en la patente estadounidense n.º 6.777.891 se comentan en detalle protocolos basados en serie a modo de ejemplo adecuados para diversas implementaciones de red). En particular, cada LUC puede estar configurado como controlador basado en Ethernet direccionable y por consiguiente puede ser identificable para el controlador 202 central mediante una dirección única particular (o un grupo único de direcciones y/u otros identificadores) usando un protocolo basado en Ethernet. De esta manera, el controlador 202 central puede estar configurado para soportar comunicaciones de Ethernet a través de la red de LUC acoplados, y cada LUC puede responder a esas comunicaciones previstas para él. A su vez, cada LUC puede comunicar información de control de iluminación a una o más unidades de iluminación acopladas al mismo, por ejemplo, mediante un protocolo basado en Ethernet, DMX o en serie, en respuesta a las comunicaciones de Ethernet con el controlador 202 central (en el que las unidades de iluminación están configuradas apropiadamente para interpretar la información recibida del LUC en los protocolos basados en Ethernet, DMX o en serie).

Los LUC 208A, 208B y 208C mostrados en la figura 5 pueden estar configurados para ser “inteligentes” en cuanto a que el controlador 202 central puede estar configurado para comunicar órdenes de nivel superior a los LUC que necesitan interpretarse por los LUC antes de poder transmitir información de control de iluminación a las unidades 100 de iluminación. Por ejemplo, un operario del sistema de iluminación puede querer generar un efecto de cambio de color que varía los colores de una unidad de iluminación a otra unidad de iluminación de tal manera que se genera el aspecto de un arcoíris de colores que se propaga (“sucesión de arcoíris”), dada una colocación particular de las unidades de iluminación unas con respecto a otras. En este ejemplo, el operario puede proporcionar una simple instrucción al controlador 202 central de obtener esto, y a su vez el controlador central puede comunicar a uno o más LUC, usando un protocolo basado en Ethernet, una orden de alto nivel para generar una “sucesión de arcoíris”. La orden puede contener información de sincronismo, intensidad, tono, saturación u otra información relevante, por ejemplo. Cuando un LUC dado recibe una orden de este tipo, entonces puede interpretar la orden y comunicar órdenes adicionales a una o más unidades de iluminación usando uno cualquiera de una variedad de protocolos (por ejemplo, basados en Ethernet, DMX, en serie), en respuesta a lo cual las fuentes respectivas de las unidades de iluminación se controlan mediante cualquiera de una variedad de técnicas de señalización (por ejemplo, PWM).

Además, uno o más LUC de una red de iluminación pueden acoplarse a una conexión en serie de múltiples unidades 100 de iluminación (por ejemplo, véase el LUC 208A de la figura 5, que está acoplado a dos unidades 100 de iluminación conectadas en serie). En un ejemplo, cada LUC acoplado de esta manera está configurado para comunicarse con las múltiples unidades de iluminación usando un protocolo de comunicación basado en serie, ejemplos de los cuales se comentaron anteriormente. Más específicamente, en una implementación a modo de ejemplo, un LUC dado puede estar configurado para comunicarse con un controlador 202 central, y/o uno o más de otros LUC, usando un protocolo basado en Ethernet, y a su vez comunicarse con las múltiples unidades de iluminación usando un protocolo de comunicación basado en serie. De esta manera, puede considerarse un LUC en un sentido como un convertidor de protocolo que recibe instrucciones o datos de iluminación en el protocolo basado en Ethernet, y pasa las instrucciones a múltiples unidades de iluminación conectadas en serie usando el protocolo basado en serie. Evidentemente, en otras implementaciones de la red que implican unidades de iluminación basadas en DMX dispuestas en una variedad de topologías posibles, debe apreciarse que un LUC dado podrá considerarse de manera similar como un convertidor de protocolo que recibe instrucciones o datos de iluminación en el protocolo de Ethernet, y pasa las instrucciones formateadas en un protocolo de DMX.

Debe apreciarse de nuevo que el ejemplo anterior de uso de múltiples implementaciones de comunicación diferentes (por ejemplo, Ethernet/DMX) en un sistema de iluminación es sólo con fines de ilustración, y que la invención no se limita a este ejemplo particular.

A partir de lo anterior, puede apreciarse que una o más unidades de iluminación tal como se comentó anteriormente pueden generar luz de color variable altamente controlable a lo largo de una amplia gama de colores, así como luz blanca de temperatura de color variable a lo largo de una amplia gama de temperaturas de color.

Una característica corriente-tensión (I-V) asociada con la unidad 100 de iluminación a modo de ejemplo comentada anteriormente en relación con las figuras 4 y 5 puede alterarse para parecerse a una carga resistiva, y así facilitar particularmente una conexión en serie de tales unidades de iluminación para extraer potencia de una fuente de potencia. Tal como se comentó anteriormente, en la figura 3 se ilustra una característica corriente-tensión típica para la unidad 100 de iluminación, en la que puede observarse que a cualquier tensión de funcionamiento dada, son posibles múltiples corrientes (es decir, la característica corriente-tensión es variable). La característica corriente-tensión notablemente variable ilustrada en la figura 3, así como la característica I-V no lineal mostrada en la figura 2 para un LED convencional, generalmente no conducen a una interconexión de potencia en serie de tales cargas, ya que la compartición de tensión entre cargas con tales características I-V no lineales es impredecible.

Por tanto, de acuerdo con los métodos y aparatos de la invención según algunas realizaciones comentadas adicionalmente a continuación, pueden alterarse características corriente-tensión de cargas de una manera predeterminada de modo que se facilita un comportamiento predecible y/o deseable de las cargas cuando se conectan en disposiciones en serie, en paralelo, o en serie-en paralelo para extraer potencia de funcionamiento de una fuente de potencia. Por ejemplo, las características corriente-tensión alteradas pueden hacer que una carga con una característica I-V variable o no lineal le parezca un elemento sustancialmente lineal o resistivo (por ejemplo, se comporta de manera similar a un resistor), al menos a lo largo de algún intervalo de funcionamiento, a una fuente de potencia de la que la carga extrae potencia. En algunas realizaciones de la invención dadas a conocer en el presente documento, cargas no lineales tales como fuentes de luz basadas en LED (por ejemplo, LED 104) o cargas variables tales como unidades de iluminación basadas en LED (por ejemplo, la unidad 100 de iluminación) se modifican para funcionar como elementos sustancialmente lineales o resistivos, al menos a lo largo de algún intervalo de funcionamiento, cuando extraen potencia de una fuente de potencia.

Una característica I-V sustancialmente lineal facilita una conexión de potencia en serie de cargas modificadas en las que la tensión en los bornes a través de cada carga modificada es relativamente más predecible; dicho de otro modo, la tensión en los bornes global de una fuente de potencia de la que la conexión en serie está extrayendo potencia se divide de manera más predecible entre las tensiones en los bornes individuales de las cargas respectivas (la tensión en los bornes global de la fuente de potencia puede compartirse esencialmente por igual entre las cargas modificadas). Una conexión en serie de cargas también puede permitir el uso de tensiones superiores para proporcionar potencia de funcionamiento a las cargas, y también puede permitir el funcionamiento de grupos de cargas sin requerir un transformador entre una fuente de potencia (por ejemplo, toma de pared o tensión de línea tal como 120 VCA o 240 VCA) y las cargas. En diversos ejemplos comentados adicionalmente a continuación, interconexiones en serie o en serie/en paralelo de múltiples cargas modificadas (por ejemplo, fuentes de luz basadas en LED o unidades de iluminación basadas en LED) configuradas según los conceptos dados a conocer en el presente documento pueden hacerse funcionar directamente a partir de una tensión de línea de CA o la red de suministro principal sin ninguna reducción u otra transformación de los niveles de tensión (es decir, sólo con un rectificador y condensador de filtro intermedios).

Tal como se comentó anteriormente en relación con la figura 5 (véanse las unidades 100 de iluminación acopladas al LUC 208A), una unidad de iluminación basada en LED puede estar configurada para recibir una fuente de potencia de funcionamiento (por ejemplo, una tensión de CC) en paralelo con otras unidades de iluminación, mientras que al mismo tiempo está configurada para recibir datos basándose en un protocolo e interconexión de datos en serie (tal como se describe, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 6.777.891). Según diversos conceptos comentados con más detalle a continuación, tales unidades de iluminación pueden modificarse de modo que también pueden interconectarse en serie para extraer potencia de funcionamiento. Sin embargo, debe apreciarse que en la siguiente discusión, los conceptos de la invención dados a conocer pueden aplicarse generalmente a otros tipos de unidades de iluminación (y otros tipos de cargas no relacionadas con iluminación) más allá de los ejemplos específicos de unidades de iluminación basadas en LED dadas a conocer anteriormente en el presente documento.

La figura 6 es un diagrama de bloques generalizado de un aparato 500 a modo de ejemplo para alterar una característica corriente-tensión de una carga 520. Haciendo referencia a la figura 6, el aparato 500 incluye la carga 520, que tiene una primera característica corriente-tensión basada en una corriente 536 de carga (denominada I_L en los dibujos) que se extrae cuando se aplica una tensión 534 de carga (denominada V_L en los dibujos) a través de la carga 520. En algunas versiones de esta realización, la primera característica corriente-tensión asociada con la carga 520 puede ser significativamente variable o no lineal (por ejemplo, tal como se comentó anteriormente en relación con las figuras 2 y 3). La carga 520 puede incluir o consistir esencialmente en una fuente de luz basada en LED (por ejemplo, uno o más LED 104) y/o una unidad de iluminación basada en LED (por ejemplo, la unidad 100 de iluminación mostrada en la figura 4).

El aparato 500 de la figura 6 también incluye un circuito 510 convertidor acoplado a la carga 520, para proporcionar la tensión de carga V_L . El circuito 510 convertidor (y por tanto el aparato 500) extrae una corriente 532 en los bornes (I_T) y tiene una tensión 530 en los bornes (V_T) cuando el aparato extrae potencia de una fuente de potencia (no mostrada en la figura 6). La corriente de carga I_L pasa de alguna manera a través del circuito 510 convertidor y, de esta manera, la carga 520 extrae potencia de la fuente de potencia mediante la tensión en los bornes V_T . Gracias al circuito 510 convertidor, el aparato 500 tiene una segunda característica corriente-tensión, basada en la corriente en los bornes I_T y la tensión en los bornes V_T , que es sustancialmente diferente de la primera característica corriente-tensión asociada con la carga 520. En muchas implementaciones, la tensión de carga V_L es generalmente inferior a la tensión en los bornes V_T . Además, la corriente en los bornes I_T puede ser independiente de la corriente de carga I_L o la tensión de carga V_L . Además, la segunda característica corriente-tensión asociada con el aparato 500 puede ser sustancialmente lineal a lo largo de al menos algún intervalo de funcionamiento alrededor de un punto de funcionamiento nominal (por ejemplo, algún intervalo de tensiones en los bornes V_T alrededor de una tensión en los bornes V_T nominal = V_{nom}).

La figura 7 es un diagrama de bloques generalizado que ilustra un sistema 1000 que incluye una pluralidad de aparatos conectados en serie para alterar una característica corriente-tensión de una carga similar al aparato 500

mostrado en la figura 6. Aunque se representa que el sistema de la figura 7 incluye tres aparatos 500A, 500B y 500C, debe apreciarse que el sistema no está limitado con respecto a esto, ya que pueden conectarse números diferentes de aparatos en serie para formar el sistema 1000. Como en la figura 6, en diversas implementaciones, las cargas respectivas de los aparatos 500A, 500B y 500C mostrados en la figura 7 son fuentes de luz basadas en LED o unidades de iluminación basadas en LED, tal como también se comenta a continuación en relación con las figuras 24, 25 y 26. Cada aparato 500A, 500B y 500C constituye un “nodo” del sistema 1000, y la pluralidad de nodos están acoplados en serie para extraer potencia de una fuente de potencia (no mostrada en la figura 6) que tiene una tensión en los bornes de fuente de potencia V_{PS} . Las tensiones en los bornes individuales asociadas con los nodos respectivos (o “tensiones de nodo”) se indican en la figura 7 como $V_{T,A}$, $V_{T,B}$ y $V_{T,C}$, que cuando se suman son iguales a la tensión en los bornes de la fuente de potencia V_{PS} . La conexión en serie transporta la corriente en los bornes I_T que fluye de manera similar a través de cada uno de los aparatos. En algunos ejemplos, el circuito convertidor de cada nodo está configurado de tal manera que las tensiones de nodo respectivas de la pluralidad de nodos de iluminación son sustancialmente similares o esencialmente idénticas a lo largo de al menos algún intervalo de funcionamiento cuando el sistema está acoplado a la tensión en los bornes de la fuente de potencia.

Haciendo todavía referencia a las figuras 6 y 7, se plantean tres condiciones para una conexión de potencia en serie del aparato o de los nodos; concretamente, (i) la corriente extraída por cada nodo debe ser independiente de la corriente, tensión o estado de funcionamiento de su carga; (ii) la corriente extraída por cada nodo debe ser al menos algo proporcional a la tensión de nodo por encima de alguna tensión de interés mínima (y a lo largo de algún intervalo de funcionamiento previsto); (iii) las características corriente-tensión de nodos respectivos deben ser sustancialmente similares o idénticas. Dicho de otro modo, la característica corriente-tensión de cada nodo o aparato 500 debe ser sustancialmente lineal de tal manera que el nodo/aparato parezca un elemento resistivo, y las características corriente-tensión de todos los nodos deben ser sustancialmente similares.

En vista de lo anterior, la figura 8 ilustra gráficos 310, 312 y 314 de características corriente-tensión a modo de ejemplo contemplados para el aparato 500 mostrado en las figuras 6 y 7. En los gráficos de la figura 8, se indica un punto 316 de funcionamiento nominal, alrededor del cual las características corriente-tensión parecen sustancialmente lineales (es decir, alrededor de alguna tensión en los bornes $V_T = V_{nom}$ para un aparato dado, el aparato parece ser esencialmente “resistivo”). Debe apreciarse que en algunas implementaciones, una característica corriente-tensión contemplada para el aparato 500 no necesita ser exactamente lineal, siempre que sea sustancialmente similar o idéntica para aparatos conectados en serie. Por ejemplo, aunque los gráficos 312 y 314 en la figura 8 muestran características I-V lineales alrededor del punto de funcionamiento nominal, el gráfico 310 muestra una característica I-V que tiene alguna ligera curvatura; sin embargo, para fines de la presente divulgación, el gráfico 310 representa una característica I-V sustancialmente lineal alrededor del punto 316 de funcionamiento nominal, siempre que una característica de este tipo se comparta de manera idéntica por múltiples aparatos conectados en serie para garantizar un comportamiento predecible (por ejemplo, compartición de tensión).

Con referencia a los gráficos mostrados en la figura 8, una “resistencia efectiva” de un aparato asociado con uno cualquiera de los gráficos se facilita mediante la inversa de una pendiente del gráfico a lo largo de un intervalo de tensiones alrededor de un punto de funcionamiento nominal $V_T = V_{nom}$ para el aparato. Debe apreciarse que la resistencia efectiva de un aparato puede ser diferente de una “resistencia aparente” R_{ap} del aparato en cualquier punto dado a lo largo del intervalo de tensiones, en el que la resistencia aparente viene dada por la razón de una tensión en los bornes V_T aplicada al elemento y un corriente en los bornes I_T correspondiente extraída por el elemento, es decir, $R_{ap} = V_T/I_T$. Según diversas implementaciones comentadas adicionalmente a continuación, un aparato 500 puede estar configurado para tener una resistencia efectiva R_{ef} en algún punto de funcionamiento nominal $V_T = V_{nom}$ (o a lo largo de algún intervalo de funcionamiento) de entre aproximadamente 0,1 (R_{ap}) y 10,0 (R_{ap}). En aún otras implementaciones, el aparato puede estar configurado para tener una resistencia efectiva en algún punto de funcionamiento nominal (o a lo largo de algún intervalo de funcionamiento) de entre aproximadamente R_{ap} y 4 (R_{ap}).

La figura 9 es un diagrama de circuito que muestra un ejemplo del circuito 510 convertidor del aparato 500 mostrado en la figura 6, según una realización de la presente invención. Haciendo referencia a la figura 9, el circuito 510 convertidor se implementa como una fuente de corriente variable, en la que el control de la corriente que fluye a través de la fuente de corriente se basa en una tensión de control que es proporcional a la tensión en los bornes V_T . Más específicamente, resistores R50 y R51 forman un divisor de tensión para proporcionar la tensión de control V_X basándose en la tensión en los bornes V_T . La tensión de control V_X se aplica a la entrada no inversora de amplificador U50 operacional, que reproduce la tensión de control V_X a través del resistor R53; por tanto, la corriente I_{CS} que fluye a través de la fuente de corriente viene dada por $V_X/R53$. También fluye una corriente I_{VD} a través del divisor de tensión formado por R50 y R51, y se añade a I_{CS} para llegar a la corriente en los bornes I_T transportada por el aparato 500.

La corriente I_{CS} se elige para ser superior a la corriente máxima $I_{L,MÁX}$ que puede extraerse por la carga 520. La trayectoria de corriente formada por el transistor Q50 y el resistor R52 proporciona el equilibrio de la corriente (I_B) que se añade a la corriente de carga I_L para llegar a la corriente I_{CS} . La tensión de carga V_L viene dada por la tensión en los bornes V_T menos la tensión de control V_X . Con variaciones en una tensión en los bornes V_T aplicada, la tensión de carga V_L también varía y por tanto varía la corriente de carga I_L , basándose en la característica corriente-

5 tensión de la carga. Adicionalmente, para cargas que tienen características I-V variables, la corriente de carga I_L puede variar a unas V_L y V_T dadas. A medida que varía la corriente de carga I_L , la corriente que fluye a través de Q50 y del resistor R52 también varía de tal manera que la corriente I_{CS} total que fluye a través de la fuente de corriente es proporcional a V_X (por medio de R53). De esta manera, la corriente en los bornes I_T transportada por el aparato sigue siendo proporcional a la tensión en los bornes V_T e independiente de la corriente de carga I_L (al menos a lo largo de algún intervalo de funcionamiento en el que el transistor Q50 está transportando corriente). En particular, con el transistor Q50 transportando, la corriente I_T puede venir dada por:

$$I_T = \frac{V_T}{R50 + R51} + \frac{V_X}{R53}$$

$$V_X = V_T \left(\frac{R51}{R50 + R51} \right) \quad (1)$$

$$I_T = V_T \left(\frac{1 + \frac{R51}{R53}}{R50 + R51} \right)$$

10 La figura 10 ilustra un gráfico 318 de una característica corriente-tensión para el aparato 500 mostrado en la figura 9. Tal como se muestra en la figura 10, por encima de alguna tensión umbral a la que el transistor Q50 comienza a transportar, el gráfico es sustancialmente lineal. Según la ec. (1) anterior, la porción lineal del gráfico tiene una intersección de cero en el eje vertical (es decir, $I_T = mV_T + b$, en la que $b = 0$) y de esta manera simula de manera
15 idéntica una carga resistiva que tiene una característica I-V que con interseca con el origen. La resistencia efectiva R_{ef} del aparato en esta región del gráfico es la inversa de la pendiente, dada por:

$$R_{ef} = \frac{1}{m} = \frac{R50 + R51}{1 + \frac{R51}{R53}} \quad (2)$$

20 El aparato ilustrado en la figura 9 puede estar configurado para funcionar basándose en una variedad de tensiones en los bornes V_T y tensiones de carga nominales V_L posibles. Debido a la intersección con el origen (o "intersección de cero") de la porción lineal extendida de la característica I-V mostrada en la figura 10, debe apreciarse que la resistencia efectiva del aparato y su resistencia aparente a lo largo de la porción lineal son idénticas (es decir, $R_{ef} = R_{ap}$).

25 De manera general, para implementaciones de diseño práctico, se elige una tensión en los bornes mínima superior a una tensión de carga mínima a la que la carga puede funcionar apropiadamente como punto de funcionamiento nominal para el aparato ($V_T = V_{nom} > V_{L,MIN}$). La resistencia aparente del aparato en este punto de funcionamiento nominal viene dictada entonces por una corriente en los bornes esperada máxima correspondiente a una corriente de carga máxima $I_{L,MÁX}$ que puede requerir la carga para un funcionamiento apropiado en el punto de funcionamiento nominal. Por tanto, en algunas implementaciones a modo de ejemplo, una directriz razonable para la resistencia aparente del aparato en el punto de funcionamiento nominal viene dada por la tensión de carga mínima dividida entre la corriente de carga máxima. En la realización de la figura 9, esto también proporciona a su vez una directriz para la resistencia efectiva R_{ef} , y por tanto la selección de valores de componente para los diversos elementos del
35 circuito.

Por ejemplo, en una implementación basada en el circuito de la figura 9, se toma que una tensión de carga mínima V_L es de aproximadamente 4,5 voltios, y se toma que una corriente de carga máxima I_L es de aproximadamente 45 miliamperios (si la carga es la unidad 100 de iluminación de la figura 4, la corriente de carga máxima vendrá dada por el gráfico 306₃ superior en la figura 3). Esto proporciona una directriz para una resistencia efectiva de aproximadamente 100 ohmios. Basándose en estos parámetros a modo de ejemplo, se elige una tensión en los bornes V_T nominal = $V_{nom} = 5$ voltios, y se fija una corriente I_{CS} que fluye a través de la fuente de corriente a aproximadamente 50 miliamperios, para garantizar que se proporciona adecuadamente corriente de carga máxima cuando se requiere. La corriente I_{CS} puede proporcionarse, por ejemplo, fijando la tensión de control V_X a 0,3 voltios, y seleccionando el resistor R53 para que sea de 6 ohmios. Basándose en la ec. (2) y una resistencia efectiva diana de aproximadamente 100 ohmios, esta tensión de control $V_X = 0,3$ voltios puede proporcionarse a su vez seleccionando R50 para que sea de 4700 ohmios y R51 para que sea de 300 ohmios. Con estos valores de resistencia, una corriente de aproximadamente 1 miliamperio fluye a través del divisor de tensión formado por R50 y R51, y se añade a la corriente $I_{CS} = 50$ miliamperios para llegar a una corriente en los bornes I_T de aproximadamente
40 51 miliamperios a una tensión en los bornes de 5 voltios, dando como resultado una resistencia aparente/efectiva en el punto de funcionamiento nominal de 98 ohmios (es decir, aproximadamente 100 ohmios) en la región lineal del

gráfico de característica I-V.

A partir de la figura 10, en la que se usan parámetros específicos para el ejemplo anterior con fines de ilustración, puede observarse que esta implementación particular del circuito de la figura 9 puede funcionar a lo largo de un intervalo de tensiones en los bornes de desde aproximadamente 2 voltios hasta aproximadamente 20 voltios mientras que se proporciona una característica corriente-tensión sustancialmente lineal (es decir, la característica I-V puede ser lineal a lo largo de un intervalo de tensión de 10:1), y más particularmente a lo largo de un intervalo de tensiones en los bornes de desde aproximadamente 4,5 voltios hasta 9 voltios. En algunas implementaciones, dependiendo de la elección del amplificador operacional, el circuito puede mostrar la resistencia efectiva mencionada a tensiones en los bornes en un intervalo de desde la tensión mínima necesaria para hacer funcionar el amplificador operacional hasta una tensión limitada por las capacidades de disipación de potencia y tensión de los otros dispositivos del circuito y la carga. Sin embargo, debe apreciarse que en algunas aplicaciones, el intervalo de tensiones en los bornes a lo largo del cual la característica I-V para el aparato 500 permanece sustancialmente lineal no necesita ser grande, ya que la tensión en los bornes real durante el funcionamiento en una implementación dada puede no variar de manera apreciable. En aún otras implementaciones, el aparato puede estar configurado (por ejemplo, seleccionarse valores de componente) de tal manera que la tensión en los bornes del aparato no es sustancialmente superior a la tensión de carga, de modo que se equilibra con eficacia la linealidad alcanzada por el aparato (es decir, se reduce la disipación de potencia en exceso por el circuito convertidor más allá de la propia carga).

En el circuito de la figura 9, el resistor R52 puede ser opcional y puede seleccionarse, si es necesario, para garantizar una tensión de colector-emisor apropiada para el transistor Q50; en el presente ejemplo, a una tensión de carga V_L de 4,5 voltios, el resistor R52 puede omitirse. Adicionalmente, debe apreciarse que aunque el transistor Q50 se muestra en la figura 9 como un BJT, el circuito de la figura 9 puede emplear alternativamente un FET para Q50 para facilitar una implementación de circuito integrado. Además, debe observarse que el circuito convertidor de la figura 9 no incluye ningún componente de almacenamiento de energía, facilitando adicionalmente una implementación de circuito integrado. En un implementación a modo de ejemplo basada en la figura 9, con referencia a la figura 4, la carga 520 puede comprender una unidad de iluminación basada en LED similar a la unidad 100 de iluminación mostrada en la figura 4, en la que la unidad de iluminación basada en LED comprende uno o más LED 104 y conjunto de circuitos de control para el/los LED (por ejemplo, el controlador 105). En algunas versiones de esta implementación, el circuito 510 convertidor y el conjunto de circuitos de control para el/los LED (por ejemplo, el controlador 105) pueden implementarse como un único circuito integrado al que está(n) acoplado(s) el/los LED.

La figura 11 es un diagrama de circuito que muestra un ejemplo del circuito 510 convertidor del aparato 500 mostrado en la figura 6, según otra realización de la presente invención. En la figura 11, el circuito 510 convertidor emplea un espejo de corriente, en el que la corriente que fluye a través del espejo de corriente se basa en la tensión en los bornes V_T . Más específicamente, en la figura 11, transistores Q1 y Q2, y resistor R1 “de programación”, forman parte de un espejo de corriente que esencialmente fuerza la característica corriente-tensión del aparato, basándose en la tensión en los bornes V_T y la corriente en los bornes I_T , a que imite sustancialmente la del resistor R1 de programación (es decir, a que sea sustancialmente lineal) a lo largo de algún intervalo de funcionamiento. Aunque el circuito de la figura 11 emplea transistores PNP en el espejo de corriente, debe apreciarse que en otras implementaciones pueden emplearse transistores NPN u otros dispositivos semiconductores en el espejo de corriente y el circuito dispuestos apropiadamente para proporcionar la misma funcionalidad que el circuito ilustrado en la figura 11. El circuito convertidor mostrado en la figura 11 también comprende un regulador de tensión tal como un diodo D1 Zener, en la “rama de carga” del espejo de corriente, para proporcionar la tensión de carga V_L . El aparato se comporta esencialmente como un elemento resistivo cuando la tensión en los bornes V_T supera la tensión de Zener (es decir, la tensión de carga V_L) más una tensión de desprendimiento del espejo de corriente.

Haciendo referencia a la figura 11, el espejo de corriente también puede incluir opcionalmente resistores R2 y R3. En algunas implementaciones del circuito mostrado en la figura 11, no se necesita que una corriente de programación I_P determinada principalmente por el resistor R1 de programación sea grande, y pueden emplearse resistores R2 y R3 opcionales para proporcionar un factor de multiplicación para la corriente disponible para la carga (y/o los tamaños de Q1 y Q2 pueden seleccionarse para proporcionar algún factor de multiplicación). Debido al transistor Q1 conectado a diodo, la corriente de programación I_P viene dada por $(V_T - 0,7) / (R1 + R2)$ (suponiendo una tensión base-emisor V_{BE} para un BJT de silicio típico de aproximadamente 0,7 voltios, y despreciando la corriente de base). Suponiendo transistores Q1 y Q2 que están apropiadamente dimensionados, la V_{BE} para los transistores es similar, y por tanto la tensión a través de los resistores R2 y R3 es similar. Por tanto, la corriente a través de la “rama de carga” del espejo de corriente (a la que está conectada la carga 520 a través del diodo D1 Zener) viene determinada por $I_P \cdot (R2/R3)$; por tanto, el factor de multiplicación proporcionado por los resistores R2 y R3. Se elige la corriente $I_P \cdot (R2/R3)$ para ser superior a la corriente máxima I_L que puede extraerse por la carga 520, y suficiente para mantener el diodo Zener transportando a la corriente de carga máxima. Cualquier corriente que no se requiere por la carga 520 en cualquier momento dado se deriva por el diodo D1 Zener, de tal manera que la corriente en los bornes I_T a través del aparato es independiente de la corriente de carga, y viene dada por $I_P[1 + (R2/R3)]$.

La figura 12 ilustra un gráfico 320 de una característica corriente-tensión para el aparato 500 mostrado en la figura 11. Tal como se muestra en la figura 12, por encima de alguna tensión umbral a la que el diodo D1 Zener y el espejo de corriente comienzan a transportar, el gráfico es sustancialmente lineal. En esta región, la relación entre I_T y V_T viene dada por:

5

$$I_T = I_P \left(1 + \frac{R2}{R3} \right)$$

$$I_P = \frac{V_T - 0,7}{R1 + R2} \quad (3)$$

$$I_T = V_T \left(\frac{1 + \frac{R2}{R3}}{R1 + R2} \right) - 0,7 \left(\frac{1 + \frac{R2}{R3}}{R1 + R2} \right)$$

A partir de lo anterior, según $I_T = mV_T + b$, puede apreciarse que la porción lineal extendida de la característica I-V tiene una intersección distinta de cero (negativa) en el eje vertical en el eje vertical (que corresponde a una intersección positiva en el eje horizontal, tal como puede observarse en la figura 12). La resistencia efectiva R_{ef} del aparato en esta región del gráfico viene dada por:

10

$$R_{ef} = \frac{1}{m} = \frac{R1 + R2}{1 + \frac{R2}{R3}} \quad (4)$$

También puede apreciarse que, debido a la intersección distinta de cero, la resistencia aparente en un punto de funcionamiento dado no es igual a la resistencia efectiva R_{ef} ; en vez de eso, la resistencia efectiva es generalmente inferior a la resistencia aparente debido a la intersección negativa.

15

Al igual que el aparato de la figura 9, el aparato ilustrado en la figura 11 puede estar configurado para funcionar basándose en una variedad de tensiones en los bornes V_T posibles. En una implementación a modo de ejemplo, se toma que una tensión de carga nominal V_L es de aproximadamente 20 voltios (se especifica que diodo D1 Zener regula a 20 voltios), y se toma que una corriente de carga máxima I_L es de aproximadamente 45 miliamperios. Esto proporciona una directriz para una resistencia aparente de aproximadamente 440 ohmios para el aparato en un punto de funcionamiento nominal. Basándose en estos parámetros a modo de ejemplo, se toma que la tensión en los bornes V_T de la fuente de potencia es de aproximadamente 24 voltios, y puede fijarse una corriente que fluye a través de la "rama de carga" del espejo de corriente (a la que está conectada la carga a través del diodo D1 Zener) a aproximadamente 55 miliamperios para garantizar que el diodo Zener permanece suficientemente polarizado a una corriente de carga completa. Puede seleccionarse una corriente de programación I_P de aproximadamente 1,1 miliamperios eligiendo $R1 = 21 \text{ k}\Omega$, $R2 = 1 \text{ k}\Omega$ y $R3 = 20 \Omega$ (para proporcionar un factor de multiplicación de aproximadamente 50). En una implementación a modo de ejemplo, el transistor Q1 conectado a diodo puede ser un 2N3906, y el transistor Q2, que gestiona la corriente superior en la "rama de carga", puede ser un FZT790.

20

25

30

Basándose en las fórmulas anteriores para la característica corriente-tensión y la resistencia efectiva del circuito en la figura 11, este aparato a modo de ejemplo tiene una resistencia efectiva R_{ef} de aproximadamente 430 Ω en la región lineal del gráfico de la característica I-V, que es de aproximadamente 0,98 (V_T/I_T) a una tensión en los bornes nominal de 24 voltios. A partir de la figura 12, en la que se usan parámetros específicos para el ejemplo anterior con fines de ilustración, puede observarse que esta implementación particular del circuito de la figura 11 puede funcionar a lo largo de un intervalo de tensiones en los bornes de desde aproximadamente 21 voltios hasta aproximadamente 30 voltios mientras se proporciona una característica corriente-tensión sustancialmente lineal.

35

40

Aunque el circuito de la figura 11 ilustra un espejo de corriente que emplea BJT para los transistores Q1 y Q2, debe apreciarse que según otras implementaciones que implican un espejo de corriente, pueden implementarse espejos de corriente usando FET, amplificadores operacionales, dispositivos de CASCODE u otros componentes para alcanzar una mayor precisión, requerir una corriente de programación inferior, alcanzar tensiones de desprendimiento inferiores y facilitar la implementación de circuito integrado. Las relaciones dadas en las ecs. (3) y (4) anteriores pueden generalizarse para representar una variedad de implementaciones de circuito convertidor basadas en espejos de corriente. Por ejemplo, indicando el factor de multiplicación de un espejo de corriente como g (por ejemplo, $g = R2/R3$ en las ecs. (3) y (4)), e indicando la suma de los valores de resistores en la "rama de programación" del espejo de corriente como p (por ejemplo, $p = (R1 + R2)$ en las ecs. (3) y (4)), la ec. (3) puede volver a escribirse como:

45

50

$$I_T = V_T \left(\frac{1+g}{P} \right) + b \quad (5)$$

donde el valor de b en la ec. (5) representa la intersección en el eje vertical y se refiere a una tensión a través del transistor conectado a diodo en la rama de programación del espejo de corriente (por ejemplo, Q1 en la figura 11). De manera similar, la ec. (4) puede volver a escribirse como:

$$R_{ef} = \frac{P}{1+g} \quad (6)$$

A partir de la ec. (5), puede observarse que para valores negativos de b , la resistencia efectiva es generalmente inferior a la resistencia aparente en un punto de funcionamiento nominal y para valores positivos de b , la resistencia efectiva es generalmente superior a la resistencia aparente en un punto de funcionamiento nominal. A continuación se comentan algunos ejemplos de implementaciones de espejo de corriente alternativas.

Las figuras 13 y 14 son diagramas de circuito que muestran otros ejemplos basados en FET del circuito 510 convertidor mostrado en la figura 6. En los ejemplos mostrados en las figuras 13 y 14, se emplean MOSFET de canal P, aunque debe apreciarse que pueden emplearse de manera similar MOSFET de canal N y reordenarse el circuito de manera apropiada. En la figura 13, se usan resistores R5 y R6 para proporcionar un factor de multiplicación entre la corriente de programación I_P y la corriente en la "rama de carga", de una manera similar a la comentada anteriormente en relación con la figura 11. Más específicamente, sustituyendo los parámetros en las ecs. (5) y (6) basándose en los componentes en la figura 13, $g = R5/R6$, $p = R4 + R5$, y b se refiere a una tensión drenaje-fuente a través del MOSFET Q5. De manera adicional o alternativa a emplear resistores R5 y R6 tal como se muestra en la figura 14, pueden elegirse razones de anchura con respecto a longitud (W/L) respectivas de los FET para implementar un factor de multiplicación g . En una implementación, esto puede lograrse en un diseño de circuito integrado agrupando en conjunto múltiples FET para uno cualquiera de los FET empleados en el espejo de corriente de modo que se obtiene un factor de multiplicación deseado.

Empleando MOSFET en el circuito 510 convertidor se facilita una implementación de circuito integrado del aparato 500. Además, tal como se indicó anteriormente en relación con la figura 9, los circuitos convertidores de las figuras 13 y 14 no incluyen ningún componente de almacenamiento de energía, facilitando adicionalmente una implementación de circuito integrado. Haciendo referencia a las figuras 13 y 14, en implementaciones a modo de ejemplo, la carga puede incluir o consistir esencialmente en una unidad de iluminación basada en LED similar a la unidad 100 de iluminación mostrada en la figura 4, en la que la unidad de iluminación basada en LED incluye uno o más LED 104 y conjunto de circuitos de control para el/los LED (por ejemplo, el controlador 105). En algunas versiones de estas implementaciones, pueden ejecutarse un circuito convertidor que emplea FET y el conjunto de circuitos de control para el/los LED (por ejemplo, el controlador 105) como un único circuito integrado al que está(n) acoplado(s) el/los LED.

Con referencia de nuevo a la figura 11, si la carga 520 tiene una característica corriente-tensión generalmente limitada por la tensión (por ejemplo, tal como se muestra en la figura 2 para un LED convencional), es posible además "integrar" la carga con el conjunto de circuitos de espejo de corriente de cualquiera de los circuitos convertidores mostrados en las figuras 11, 13 y 14 sustituyendo el diodo Zener por la propia carga. Una configuración a modo de ejemplo basada en la figura 11 se muestra en la figura 15, en la que el diodo Zener se sustituye por una carga de un único LED. El aparato 500 resultante tiene la característica I-V ilustrada en la figura 12, y pueden conectarse múltiples aparatos de este tipo (mediante los bornes cuadrados mostrados en la figura 15) en una variedad de disposiciones en serie, en paralelo o en serie-en paralelo. El aparato mostrado en la figura 15 basado en una carga que incluye un único LED puede ser ventajoso en aplicaciones en las que será conveniente tener nodos de LED sustituibles en un sistema de múltiples nodos de este tipo, en el que la tensión en los bornes y la corriente en los bornes de cada nodo son predecibles. Esto proporcionará la sustitución de un tipo de LED por otro, especialmente cuando las tensiones directas de LED pueden ser diferentes. Además, tal como se comentó anteriormente, y la implementación de FET facilitará una integración de circuito integrado, en la que un LED puede montarse en, o fabricarse sobre un único circuito integrado que incluye los componentes restantes del circuito convertidor.

El circuito ilustrado en la figura 15 puede modificarse adicionalmente para permitir que se varíen parámetros de funcionamiento (por ejemplo, estado encendido/apagado o brillo) de la carga 520 de LED. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 16, puede implementarse un aparato 500 de LED "intermitente" añadiendo un circuito 550 de funcionamiento configurado para desviar corriente alrededor de la carga de LED. El LED puede encenderse y apagarse mediante el circuito 550 de funcionamiento extrayendo corriente suficiente para reducir la tensión a través de la carga de LED ligeramente por debajo de la tensión directa del LED, o conmutando a una impedancia baja para desviar esencialmente la totalidad o una porción significativa de la corriente en la rama de carga del espejo de corriente alrededor de la carga de LED. Con referencia de nuevo a la figura 7, tal aparato 500 de LED intermitente

puede conectarse en serie (mediante los bornes cuadrados mostrados en la figura 16) para formar un sistema de iluminación que proporciona una hilera de LED intermitentes.

En la figura 17 se representa un circuito de funcionamiento a modo de ejemplo que puede emplearse en el dispositivo mostrado en la figura 16. En la figura 17, un microcontrolador U2 (por ejemplo, PIC12C509) está configurado para desviar la corriente alejándola del LED. El microcontrolador puede sustituirse por un temporizador de cualquier otra clase apropiada, incluyendo diversos circuitos analógicos o digitales. Los componentes D10 y C2 proporcionan potencia al microcontrolador, y el transistor Q14 junto con el diodo D9 Zener proporcionan la trayectoria de corriente alternativa. La tensión del diodo D9 Zener se elige de tal manera que su tensión, más la tensión de base-emisor de Q 14 (de aproximadamente 0,7 V), es inferior a la tensión directa de LED (es decir, la tensión de carga) en la figura 16. En una implementación, puede omitirse D9 si: 1) el espejo de corriente elegido para ejecutar este circuito de funcionamiento tiene capacidad de gestión de potencia suficiente; 2) la impedancia de salida del espejo es lo bastante grande como para impedir errores de espejo grandes; y 3) el condensador C2 está dimensionado lo bastante grande como para permitir el funcionamiento del microcontrolador durante el tiempo en el que el LED está apagado. El diodo D9 puede tener una tensión directa lo bastante grande, especialmente cuando la tensión a través del LED es grande, como para proporcionar potencia continua al circuito temporizador. Esto permite usar una capacitancia mínima para C2. En este caso puede ser posible sustituir D10 por un resistor si la tensión en los bornes del aparato no es grande en comparación con los requisitos de tensión del microcontrolador.

En otro ejemplo, el diodo D9 mostrado en la figura 17 puede sustituirse por un LED de tensión inferior, y por tanto puede crearse un parpadeo de dos colores. En la figura 18 se muestra un aparato de este tipo que incluye una carga limitada por tensión que emplea dos LED y un circuito de funcionamiento para controlarlos. En el circuito de la figura 18, uno de los dos LED D7 y D11 debe permanecer encendido. Obsérvese que la corriente de LED se fija externamente, y no se necesita ninguna fuente de corriente adicional; sin embargo, si la tensión en los bornes V_T del aparato varía, la corriente de LED también varía. En aún otro ejemplo mostrado en la figura 19, un circuito 510 convertidor similar al mostrado en la figura 11, que emplea un diodo D13 Zener, está acoplado a una carga 520 que incluye dos LED D14 y D15 y un conjunto de circuitos de funcionamiento similar al mostrado en las figuras 17 y 18, de modo que se encienden y se apagan múltiples LED de manera individual e independiente. Aunque en la figura 19 se muestran dos LED controlados independientemente, debe apreciarse que pueden controlarse diferentes números de LED (por ejemplo, tres o más), de diversos colores, mediante el microcontrolador U3. En aún otro ejemplo, basado en la figura 19, la carga 520 puede sustituirse por la unidad 100 de iluminación basada en LED comentada anteriormente en relación con las figuras 4 y 5, en la que la corriente a LED individuales (o grupos de LED que tienen un espectro igual o similar) puede controlarse respectivamente de manera independiente unos de otros y de manera independiente de la tensión en los bornes V_T del aparato.

Tal como se indicó anteriormente, la funcionalidad general de los circuitos comentados anteriormente en relación con las figuras 11-19 puede implementarse usando otras variantes de circuito sin desviarse del alcance y del espíritu de la invención. Tal como se ilustra en el presente documento, pueden emplearse BJT de PNP y NPN, así como PFET y NFET, en diversas configuraciones de espejo de corriente. También pueden implementarse espejos de corriente con amplificadores operacionales, dispositivos de CASCODE u otros componentes para alcanzar una mayor exactitud, requerir una corriente de programación inferior, reducir la tensión de desprendimiento o tener otras características deseables.

Tal como se indicó en relación con la figura 12, los circuitos comentados anteriormente que emplean un espejo de corriente generalmente no tienen características corriente-tensión que tienen una porción lineal que, cuando se extiende, interseca con el origen en la gráfica de I-V. En vez de eso, en el caso del circuito mostrado en la figura 11 que emplea BJT, la porción lineal extendida del gráfico de la característica I-V tiene una intersección negativa a lo largo del eje vertical, tal como se indica por la ec. (3). En particular, la intersección a lo largo del eje horizontal (tensión) es al menos una caída de tensión de transistor conectado a diodo superior a cero voltios (por ejemplo, de 0,7 voltios). En circuitos que emplean dispositivos de MOS en el espejo de corriente, la intersección en el eje de tensión puede ser del orden de dos o más voltios.

Para implementaciones en las que puede ser deseable que la característica corriente-tensión del aparato 500 tenga una intersección con el origen en la gráfica de I-V, puede emplearse una fuente de corriente basada en un amplificador operacional, tal como se comentó anteriormente en relación con las figuras 9 y 10. Alternativamente, según otras realizaciones de la invención que emplean espejos de corriente en el circuito 510 convertidor, puede emplearse una fuente de corriente de amplificador operacional similar a la mostrada en la figura 9 junto con un espejo de corriente. La figura 20 es un diagrama de circuito que muestra un ejemplo de este tipo del circuito 510 convertidor, en el que un espejo 562 de corriente de MOSFET está acoplado a un circuito 564 de programación que incluye el amplificador U4A operacional.

En el circuito de la figura 20, el resistor R27 sirve como resistor de programación para el espejo de corriente, y se fija una tensión de control V_x a través del resistor de programación para que sea una fracción de la tensión en los bornes V_T mediante el divisor de tensión formado por R28 y R29. Como resultado, la corriente de programación I_p no es una función de ninguna caída de tensión a través del MOSFET Q29 conectado a diodo, y el aparato resultante tiene un gráfico 322 de característica I-V con una porción lineal extendida que interseca cerca o en el origen de la

gráfica de I-V, tal como se muestra por ejemplo en la figura 21. En un aspecto, esto permitirá conectar un mayor número de aparatos en serie, ya que la mejor precisión da generalmente como resultado menos dispersión de tensiones en los bornes en una hilera conectada en serie de aparatos tal como se muestra en la figura 7.

5 Aunque la figura 20 proporciona otra implementación de un circuito convertidor para un aparato que tiene una característica I-V con una porción lineal extendida que tiene una intersección con el origen, debe apreciarse que esto no es en absoluto una característica necesaria para el funcionamiento del aparato en una variedad de aplicaciones. Más generalmente, un aparato según diversas realizaciones de la invención comentadas en el presente documento puede tener una característica corriente-tensión sustancialmente lineal o casi lineal a lo largo de algún intervalo de
10 tensiones en los bornes previstas durante el funcionamiento normal que puede extenderse o no para intersecar el origen de la gráfica de I-V. Además, el grado de linealidad requerida puede ser diferente para diferentes aplicaciones. En parte, esto puede determinarse analizando cualquier fuente de error significativa en el circuito convertidor (desajustes de componentes que dan como resultado cualquier desviación, ausencia de linealidad o diferencias de aparato a aparato) y determinando el desajuste de tensión en los bornes efectiva resultante entre dos
15 o más aparatos. Aunque estos errores pueden reducirse, cualquier reducción requerida de grado de error puede ser dependiente de la aplicación. Por ejemplo, si se dispone de suficiente tensión de fuente de potencia adicional para una aplicación dada, y es tolerable una disipación de potencia adicional en algún aparato, entonces pueden no ser necesarias medidas adicionales para garantizar características corriente-tensión más similares para conectar múltiples aparatos entre sí para extraer potencia de la fuente de potencia.

20 En aún otros ejemplos, circuitos convertidores para el aparato 500 mostrado en la figura 6 pueden estar configurados para imponer intencionadamente una intersección distinta de cero para una porción lineal extendida de una característica I-V, de modo que una resistencia efectiva del aparato puede ser significativamente diferente de la resistencia aparente en un punto de funcionamiento nominal. En particular, un circuito convertidor puede estar
25 configurado de tal manera que la resistencia efectiva de un aparato en un intervalo alrededor de un punto de funcionamiento nominal ($V_T = V_{nom}$) puede ser superior o inferior a la resistencia aparente $R_{ap} = V_T/I_T$ en el punto de funcionamiento nominal mediante la imposición de una intersección distinta de cero.

30 Por ejemplo, puede emplearse una resistencia efectiva $R_{ef} = R_{ap}$, en la que $n > 1$, para disminuir la dependencia de la tensión de la corriente en los bornes del aparato. En aplicaciones en las que pueden esperarse excursiones de tensión por encima de un punto de funcionamiento nominal, esta resistencia efectiva superior da como resultado menos disipación de potencia del dispositivo a lo largo de tales excursiones de tensión. Por ejemplo, duplicando simplemente la resistencia aparente, es decir, $R_{ef} = 2R_{ap}$, pueden alcanzarse ahorros de potencia del 50% a tensiones superiores al punto de funcionamiento nominal, y a $n = 4$, puede alcanzarse un ahorro de potencia del
35 75%. La compartición de tensión efectiva puede resultar más difícil de alcanzar en algunos casos para valores superiores de n , ya que pequeños errores de corriente parásita pueden provocar cambios proporcionalmente más grandes en las tensiones en los bornes respectivas de múltiples aparatos conectados en serie; sin embargo, este efecto puede ser insignificante en muchas aplicaciones. Alternativamente, puede emplearse una resistencia efectiva $R_{ef} = nR_{ap}$, en la que $n < 1$, para implementar una mejor compartición de tensión entre una hilera de aparatos
40 conectados en serie a tensiones de fuente de potencia superiores, o por diversos otros motivos de funcionamiento. Un motivo de este tipo referido a múltiples aparatos conectados en serie que tienen una o más fuentes de luz como cargas, y una fuente de potencia que comprende una batería, puede ser maximizar la emisión de luz a tensiones de batería superiores. Aunque teóricamente el multiplicador n puede tener cualquier valor, pueden configurarse circuitos convertidores de tal manera que el multiplicador n tenga valores al menos en un intervalo de desde $0,1 < n < 10$;
45 más particularmente, en algunas implementaciones a modo de ejemplo n puede tener valores en un intervalo de desde $1 < n < 4$.

50 Para variar el multiplicador n y por tanto la resistencia efectiva de un aparato dado basándose en el circuito convertidor de la figura 9, puede insertarse una tensión positiva o negativa en serie con el resistor R51 para proporcionar una desviación con respecto a la tensión de control V_x ; alternativamente, puede añadirse una corriente positiva o negativa a la entrada no inversora del amplificador U50 operacional para proporcionar una desviación con respecto a la tensión de control V_x . También pueden emplearse otros métodos de introducción de una desviación deliberada. De una manera similar, en circuitos convertidores que emplean un espejo de corriente, puede insertarse
55 una tensión positiva o negativa en serie con el resistor de programación o, alternativamente, puede añadirse una corriente fija positiva o negativa en paralelo con la corriente de programación I_P para alcanzar estas características. Debe apreciarse que lo anterior puede implementarse de una variedad de maneras diferentes, con una variedad de circuitos diferentes y que también pueden usarse otros métodos de variación de la resistencia efectiva.

60 Por ejemplo, las figuras 22 y 23 son diagramas de circuito que muestran otros ejemplos del circuito 510 convertidor del aparato mostrado en la figura 6, en los que se impone una intersección distinta de cero de una característica I-V de una manera predeterminada de modo que se proporciona una resistencia efectiva que es diferente de una resistencia aparente en un punto de funcionamiento nominal. En la figura 22, se emplea una configuración de espejo de corriente, en la que una corriente fija adicional I_2 fluye en paralelo a la corriente de programación I_P . Se emplea una configuración de fuente de corriente similar a la mostrada en la figura 20, que comprende resistores R40, R41,
65 diodo D42 Zener, transistor Q40 y amplificador U6 operacional, para generar la corriente I_2 . La ec. (5) puede alterarse para tener en cuenta la corriente fija I_2 , dando la relación de I-V para el circuito de la figura 22:

$$I_T = V_T \left(\frac{1+g}{p} \right) + b + I_2(1+g) \quad (7)$$

5 A partir de la ec. (7), puede observarse que puede elegirse la corriente fija para cancelar la intersección en el eje vertical b (es decir, el efecto del transistor conectado a diodo), o para proporcionar otros valores positivos o negativos netos para una intersección en el eje vertical. En un punto de funcionamiento nominal $V_T = V_{nom}$ dado y corriente I_T correspondiente, valores positivos superiores para I_2 (una intersección positiva neta) permiten resistencias efectivas superiores y, a la inversa, valores más negativos para I_2 (una intersección negativa neta) permiten resistencias efectivas inferiores. La figura 23 ilustra cómo puede moverse la intersección vertical de la porción lineal extendida de la característica I-V hacia abajo (es decir, hacia corrientes más negativas) mediante la adición de una tensión fija $V_{desviación}$ (por ejemplo, impuesta por un diodo D20 Zener o algún otro tipo de referencia de tensión) en serie con el resistor de programación. Con referencia a las ecs. (3) y (5), la tensión $V_{desviación}$ añadida a una tensión V_{tran} a través del transistor Q26 conectado a diodo que da como resultado un valor negativo aumentado para el parámetro b. Puede usarse esta misma técnica en relación con el resistor R32 de programación o el resistor R40 mostrado en la figura 22.

Más generalmente, puede mostrarse que pueden generarse diversas características mediante el uso de múltiples resistores y diodos de referencia flotantes para generar la tensión de control V_X , añadiendo opcionalmente amplificadores operacionales u otros circuitos con fines de precisión o conveniencia. Con frecuencia tales circuitos se denominan lineales por partes, porque tienen múltiples partes sustancialmente lineales en su función. La construcción de circuitos para generar una función de este tipo se entiende generalmente. La tensión de control V_X deseada se deriva de la tensión en los bornes V_T , y puede emplearse una configuración de circuito convertidor de tensión en corriente tal como las mostradas en las figuras 20 o 22 (o cualquier otro circuito adecuado) para generar una corriente en paralelo con la corriente de programación, que entonces puede usarse para crear una corriente más grande para la carga. Alternativamente, y tal como se muestra en una realización en la figura 9, el espejo de corriente puede evitarse en situaciones en las que la carga es adecuada, y el amplificador operacional puede emprender como tarea la función adicional de restar la corriente de carga que ya fluye en el control de una derivación ajustable.

30 Tal como se comentó anteriormente en relación con las figuras 4 y 5, una unidad 100 de iluminación basada en LED controlable puede recibir, procesar y transmitir datos de una manera en serie, en la que los datos procesados facilitan el control de diversos estados de luz (por ejemplo, color, brillo) generada por la unidad de iluminación. Las características corriente-tensión a modo de ejemplo para una unidad de iluminación de este tipo se comentaron anteriormente en relación con la figura 3. Una unidad de iluminación de este tipo puede servir como la carga 520 en el aparato 500 mostrado en la figura 6 y diversas realizaciones comentadas en el presente documento para proporcionar características corriente-tensión alteradas (por ejemplo, de tal manera que el aparato que incluye la unidad 100 de iluminación le parece un elemento lineal o resistivo a una fuente de potencia de la que extrae potencia). Tal como se comentó anteriormente en relación con la figura 7, tal aparato puede disponerse entonces en una variedad de combinaciones en serie o en serie/en paralelo para recibir potencia de la fuente de potencia.

40 Basándose en la conexión de potencia en serie del aparato mostrado en la figura 7, las figuras 24 y 25 ilustran algunos sistemas 2000 de iluminación a modo de ejemplo que comprenden una pluralidad de aparatos 500 que incluyen cada uno una unidad 100 de iluminación. De manera similar a la figura 7, cada aparato 500 mostrado en las figuras 24 y 25 (indicados mediante un cuadrado pequeño) constituye un "nodo de iluminación" de los sistemas 2000 de iluminación, y la pluralidad de nodos de iluminación están acoplados en serie (figura 24) o en serie-en paralelo (figura 25) para extraer potencia de una fuente de potencia que tiene una tensión en los bornes de fuente de potencia V_{PS} .

50 En las figuras 24 y 25, la pluralidad de nodos no sólo reciben potencia de una manera en serie sino que también están configurados para hacer que los nodos procesen datos de una manera en serie. En particular, los sistemas incluyen una línea 400 de datos que está acoplada a los puertos 120 de comunicación (véanse las figuras 4 y 5) de cada nodo de una manera en serie. En un ejemplo particular, los datos de cualquier nodo pueden conectarse al siguiente nodo mediante el uso de un acoplamiento capacitivo. Pueden crearse sistemas más grandes de múltiples unidades de iluminación acoplando entre sí de una manera en paralelo múltiples hileras de unidades de iluminación conectadas en serie, tal como se muestra en la figura 25. En tales disposiciones en serie-en paralelo, pueden usarse condensadores para el acoplamiento capacitivo de líneas de datos entre nodos a la misma tensión que la mostrada en C_x , o pueden omitirse tal como se muestra mediante la ausencia de C_y . En otro ejemplo, el apilamiento de nodos y redes de datos puede ser arbitrario; es decir, no hay ningún requisito de que los datos sigan de un nodo al siguiente en ningún patrón particular. El acoplamiento capacitivo mostrado puede permitir que se transfieran datos en un orden o secuencia arbitraria entre nodos. En una disposición de nodos bidimensional a modo de ejemplo (por ejemplo, basándose en una disposición de nodos en serie-en paralelo similar a la mostrada en la figura 25), los datos pueden fluir de una fila a otra fila o de una columna a otra columna, o prácticamente de cualquier otra manera.

La figura 26 ilustra que un sistema 2000 de iluminación similar a los mostrados en las figuras 24 y 25 puede comprender además un filtro, formado por un condensador 2020, y un puente 2040 rectificador, y por tanto hacerse funcionar directamente a partir de una fuente 2060 de potencia de C.A. (por ejemplo, que tiene una tensión de línea de $120 V_{RMS}$ o $240 V_{RMS}$) sin ningún conjunto de circuitos de reducción de tensión adicional (por ejemplo, un transformador). En un aspecto de este sistema, el número y las tensiones de nodo respectivas de nodos conectados en serie se seleccionan de tal manera que la tensión de línea de CA rectificada y filtrada (es decir, la tensión V_{PS}) es apropiada para proporcionar potencia a la pluralidad de nodos. En una implementación a modo de ejemplo comentada anteriormente en relación con las figuras 9, los nodos pueden tener tensiones en los bornes nominales del orden de 5 voltios y, por consiguiente, pueden conectarse hasta treinta nodos o más en serie entre la tensión V_{PS} basándose en una tensión de línea de $120 V_{RMS}$. En otra implementación a modo de ejemplo comentada anteriormente en relación con la figura 11, los nodos pueden tener tensiones en los bornes nominales del orden de 24 voltios y, por consiguiente, pueden conectarse hasta siete nodos en serie entre la tensión V_{PS} basándose en una tensión de línea de $120 V_{RMS}$.

La figura 27 ilustra un ejemplo de un aparato 500 que constituye los nodos mostrados en las figuras 24, 25 y 26, en el que un nodo comprende una unidad 100 de iluminación basada en LED de tres canales (por ejemplo, RGB) tal como se comentó anteriormente en relación con las figuras 4 y 5. Con fines de ilustración, la unidad 100 de iluminación se muestra ahora acoplada a un circuito 510 convertidor basado en la configuración de la figura 11, pero debe apreciarse que puede emplearse en el aparato cualquier circuito convertidor según los conceptos dados a conocer en el presente documento.

Tal como se comentó anteriormente en relación con la figura 4, los tres “canales” de la unidad 100 de iluminación se ilustran en la figura 27 por motivos de simplicidad mediante tres LED D23, D24 y D25. Sin embargo, debe apreciarse que estos LED representan las fuentes 104A, 104B y 104C de luz basadas en LED mostradas en la figura 4, en las que cada fuente de luz puede incluir uno o más LED configurados para generar radiación que tiene un espectro dado, y en las que múltiples LED de una fuente de luz dada pueden estar acoplados a su vez entre sí en disposiciones en serie, en paralelo o en serie-en paralelo (en una implementación a modo de ejemplo, un canal verde puede emplear 5 LED verdes conectados en serie, un canal azul puede emplear 5 LED azules conectados en serie y un canal rojo puede emplear 8 LED rojos conectados en serie). Tal como se comentó anteriormente en relación con las figuras 24, 25 y 26, el aparato 500 mostrado en la figura 27 puede estar configurado para la interconexión de datos en serie mediante las líneas 400 de datos y los puertos 120 de comunicación del controlador 105 de la unidad de iluminación.

Aunque todas las realizaciones de conversión resistiva presentadas en el presente documento han sido circuitos de tiempo continuo, debe entenderse que pueden usarse diversas formas de conversión de CC a CC (ejemplos de los cuales incluyen, pero no se limitan a, suministros de potencia en modo de conmutación y circuitos de bomba de carga) para permitir un mejor control de tensión de carga, eficacias superiores o por otros fines. Además, implementaciones integradas de los conceptos presentados en el presente documento pueden tener una estructura más compleja que incluye un número significativo de transistores para alcanzar una variedad de objetivos, tal como es generalmente el caso.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (500), que comprende: al menos una carga (520) que tiene una característica corriente-tensión variable o no lineal; y un circuito (510) convertidor acoplado a la al menos una carga (520);
 5 en el que, cuando el aparato (500) extrae potencia de una fuente de potencia, el aparato (500) tiene una tensión en los bornes (V_T) y transporta una corriente en los bornes (I_T) que es proporcional a la tensión en los bornes (V_T);
 10 en el que el circuito (510) convertidor comprende una fuente de corriente variable a través de la cual fluye una tercera corriente (I_{CS}), tercera corriente (I_{CS}) que es proporcional a la tensión en los bornes (V_T); y
 15 en el que la fuente de corriente variable comprende una trayectoria de corriente a través de la cual está conectada la carga (520), en el que la trayectoria de corriente transporta una corriente de equilibrio (I_B) que se añade a una segunda corriente (I_L) transportada por la carga (520) para llegar a la tercera corriente (I_{CS});
 20 mediante lo cual el aparato (500) le parece a la fuente de potencia que tiene una característica corriente-tensión sustancialmente lineal a lo largo de al menos algún intervalo de funcionamiento y la corriente en los bornes (I_T) transportada por el aparato (500) es independiente de la segunda corriente (I_L) transportada por la carga (520).
2. Aparato (500) según la reivindicación 1, en el que el circuito (510) convertidor está configurado de tal manera que el aparato (500) tiene una resistencia efectiva de entre aproximadamente $0,1(V_T/I_T)$ y $10,0(V_T/I_T)$ al menos en un punto de funcionamiento nominal $V_T = V_{nom}$ en el al menos algún intervalo de funcionamiento.
 25
3. Aparato (500) según la reivindicación 2, en el que el circuito (510) convertidor está configurado de tal manera que la resistencia efectiva es de entre aproximadamente $1,0(V_T/I_T)$ y $4,0(V_T/I_T)$ en el punto de funcionamiento nominal.
 30
4. Aparato (500) según la reivindicación 2, en el que el punto de funcionamiento nominal es de aproximadamente 5 voltios.
 35
5. Aparato (500) según la reivindicación 4, en el que el al menos algún intervalo de funcionamiento incluye tensiones en los bornes en un intervalo de desde aproximadamente 4,5 voltios hasta 9 voltios.
6. Aparato (500) según la reivindicación 2, en el que el punto de funcionamiento nominal es de aproximadamente 24 voltios.
 40
7. Aparato (500) según la reivindicación 6, en el que el al menos algún intervalo de funcionamiento incluye tensiones en los bornes en un intervalo de desde aproximadamente 21 voltios hasta 30 voltios.
8. Aparato (500) según la reivindicación 1, en el que la fuente de corriente variable incluye al menos un amplificador (U50) operacional.
 45
9. Aparato (500) según la reivindicación 1, en el que la fuente de corriente variable incluye al menos un espejo de corriente.
10. Aparato (500) según la reivindicación 1, en el que el circuito convertidor comprende además un regulador de tensión para proporcionar una tensión de funcionamiento para la al menos una carga (520).
 50
11. Aparato (500) según la reivindicación 10, en el que el regulador de tensión comprende un diodo (D1) Zener.
12. Aparato (500) según la reivindicación 1, en el que el circuito (510) convertidor comprende además al menos una de una fuente de corriente fija y una fuente de tensión fija acoplada a la fuente de corriente variable.
 55
13. Aparato (500) según la reivindicación 1, en el que la al menos una carga (520) comprende al menos una unidad de iluminación basada en LED, y en el que la al menos una unidad de iluminación basada en LED comprende: al menos un primer LED para generar primera radiación que tiene un primer espectro; y al menos un segundo LED para generar segunda radiación que tiene un segundo espectro diferente del primer espectro.
 60
14. Método, que comprende:
 65 hacer que un aparato (500) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 extraiga potencia de una fuente de potencia;

variar la segunda corriente (I_L) transportada por la carga (520) a una tensión en los bornes (V_T) dada del aparato (500); y

5 a medida que varía la segunda corriente (I_L), variar la corriente de equilibrio (I_B) transportada por la trayectoria de corriente, de tal manera que la tercera corriente (I_{CS}) que fluye a través de la fuente de corriente variable permanece proporcional a la tensión en los bornes (V_T);

10 mediante lo cual el aparato (500) le parece a la fuente de potencia que tiene una característica corriente-tensión sustancialmente lineal a lo largo de al menos algún intervalo de funcionamiento.

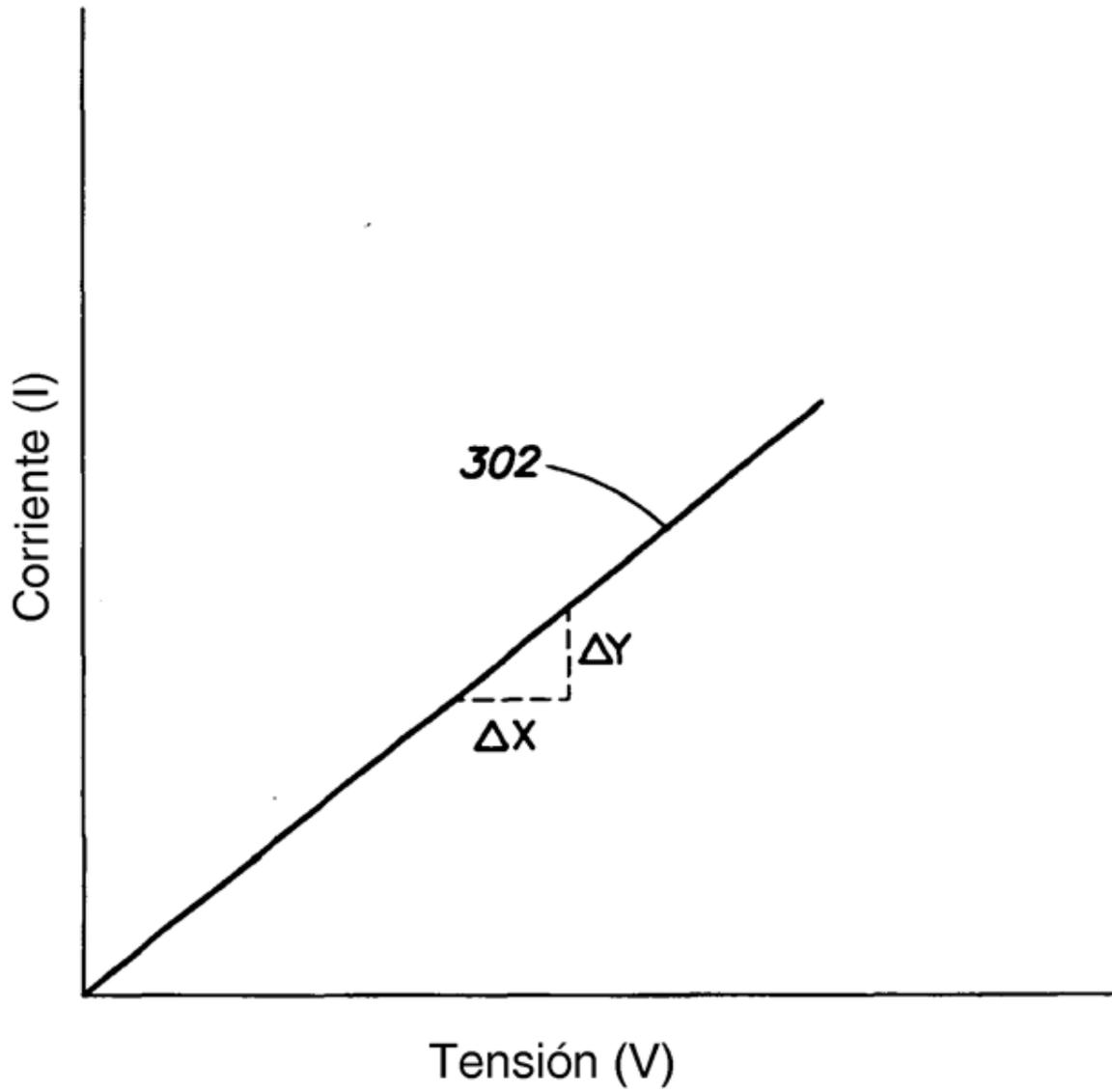


FIG. 1

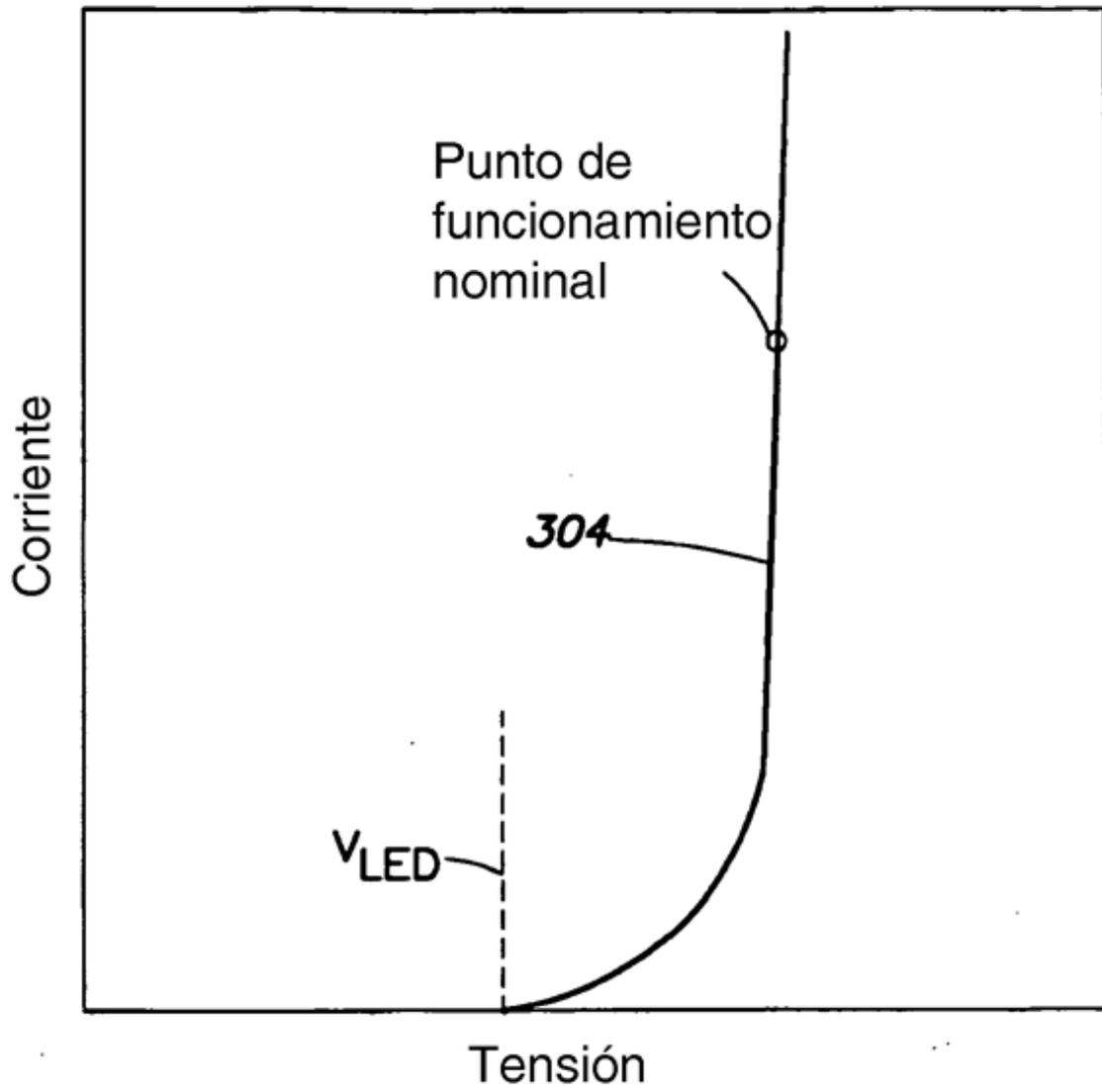


FIG. 2

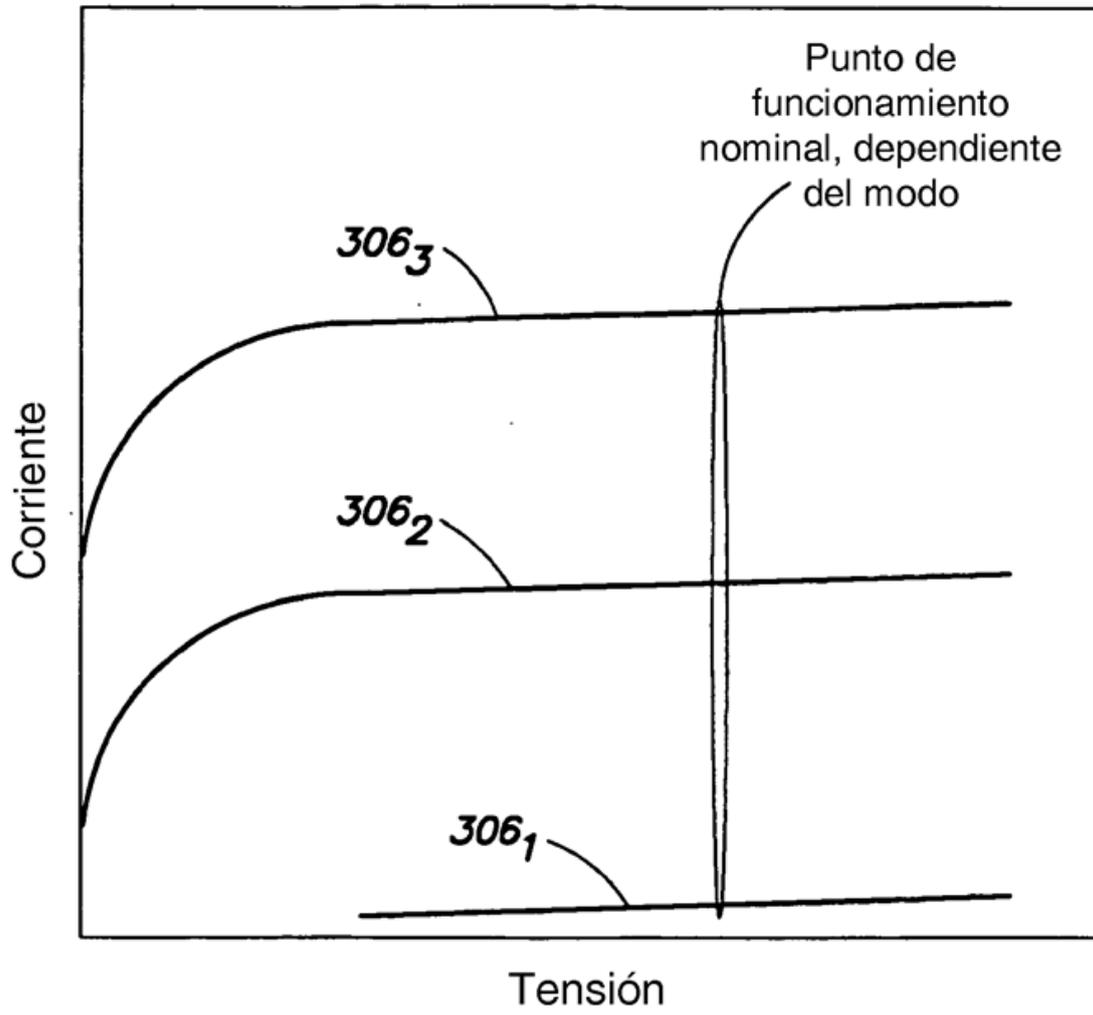


FIG. 3

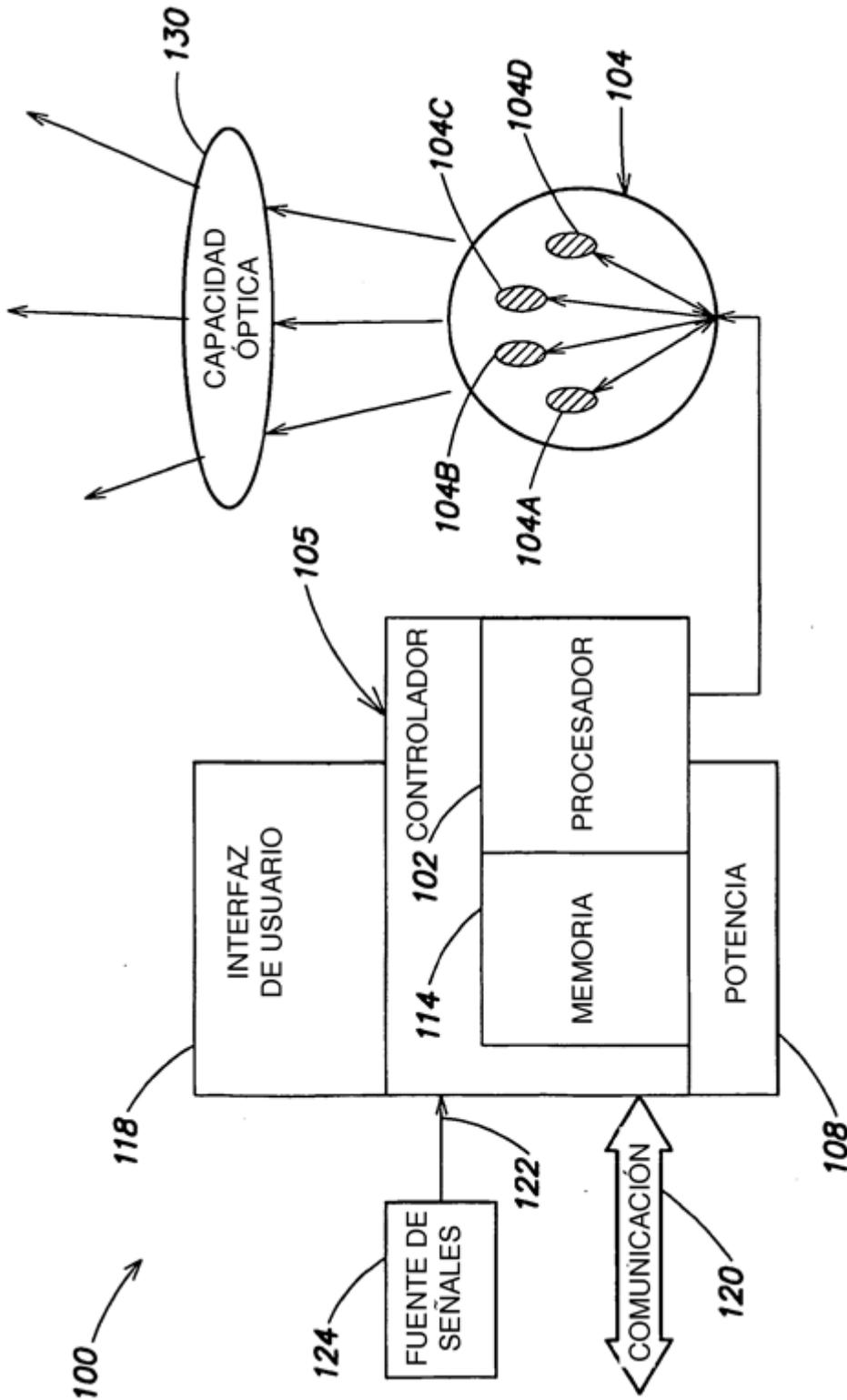


FIG. 4

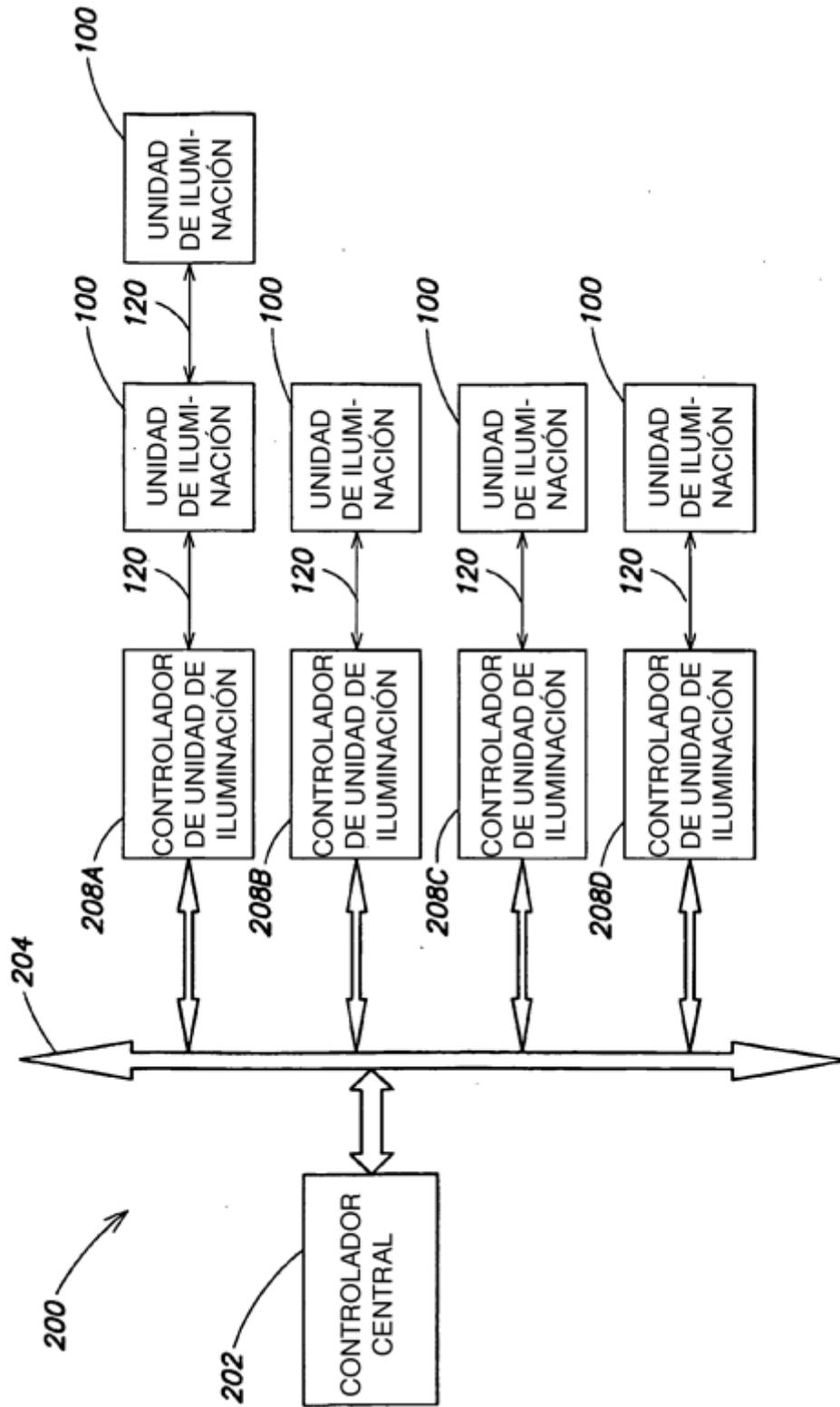


FIG. 5

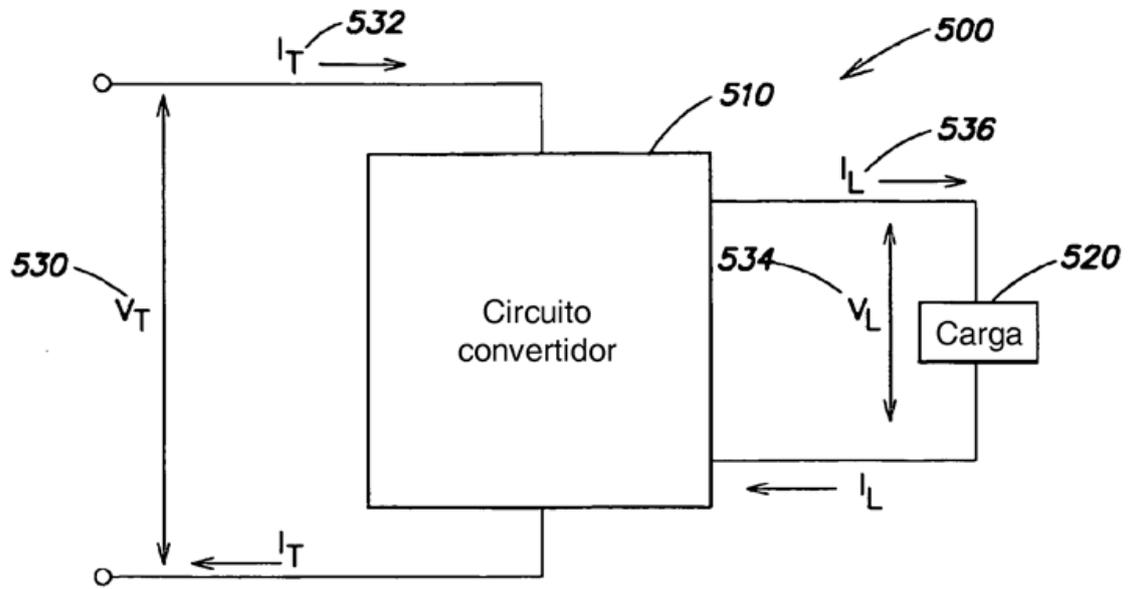


FIG. 6

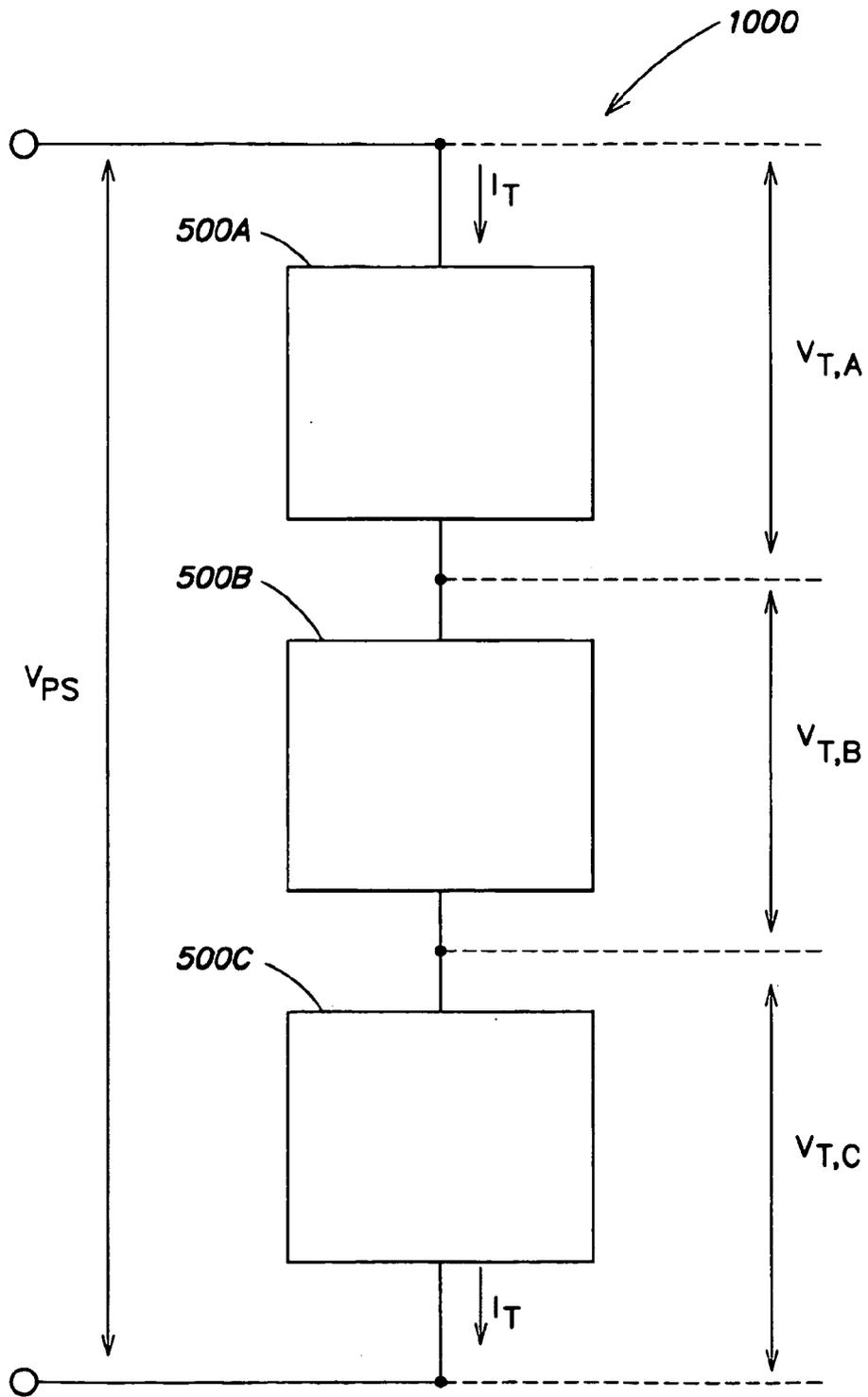


FIG. 7

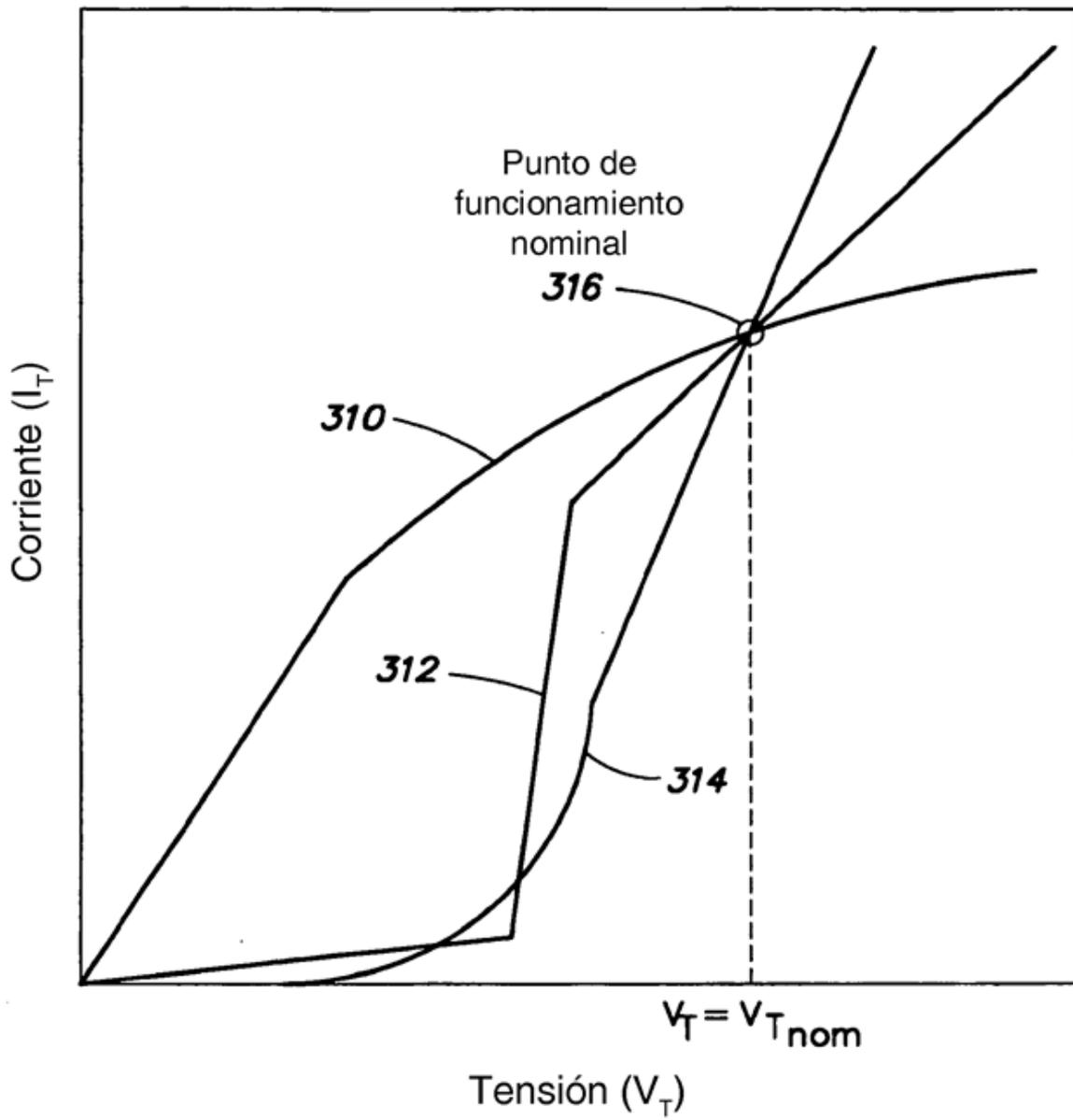


FIG. 8

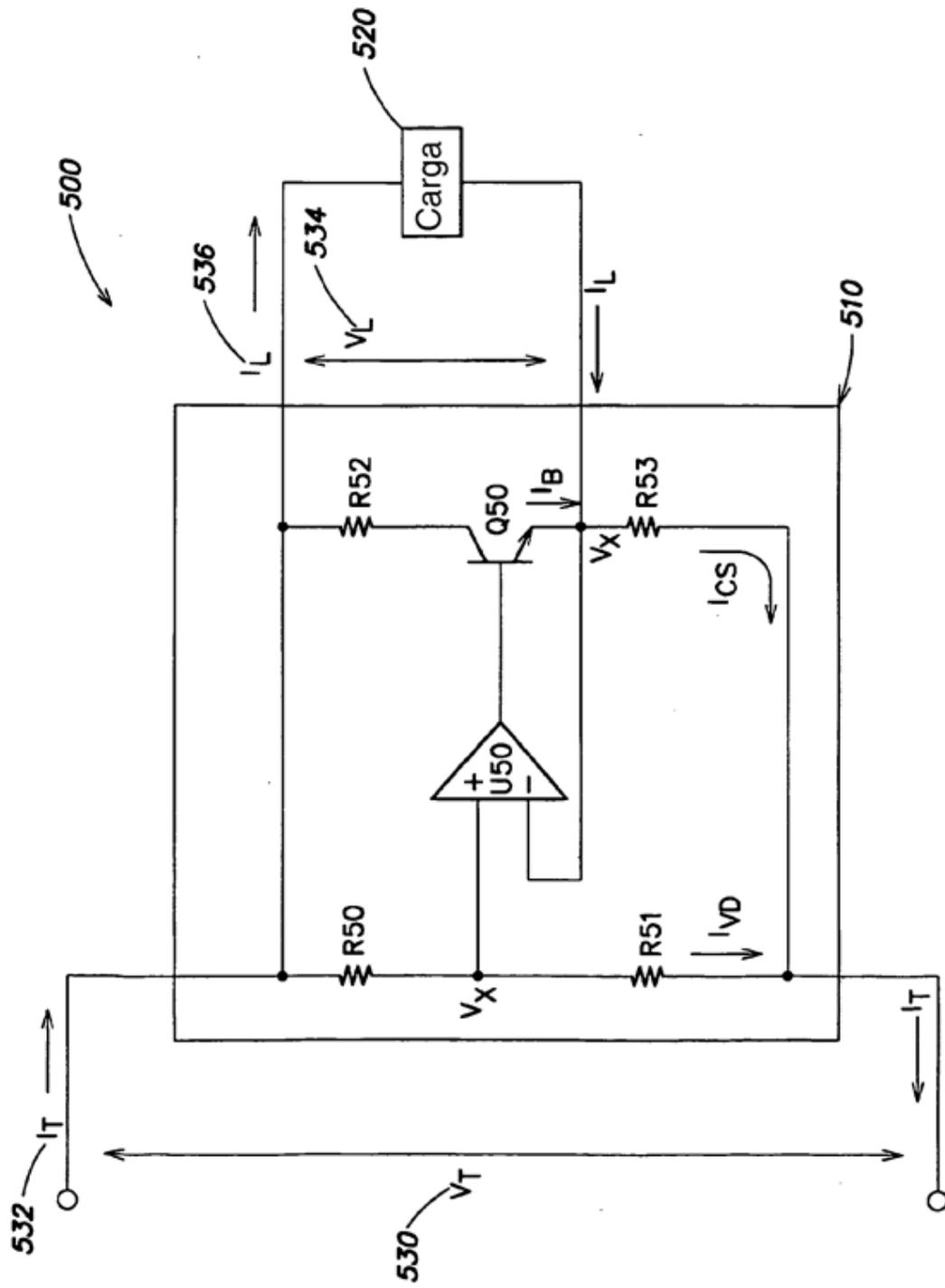


FIG. 9

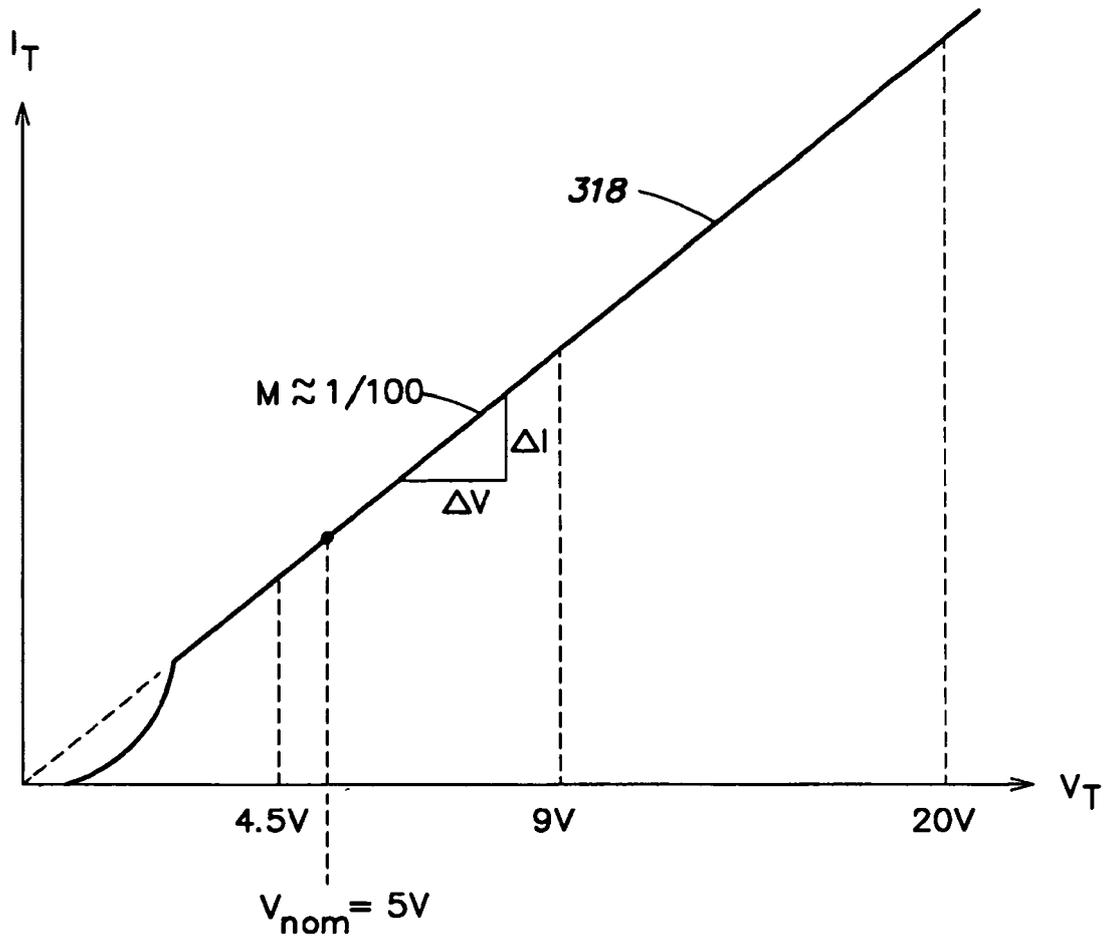
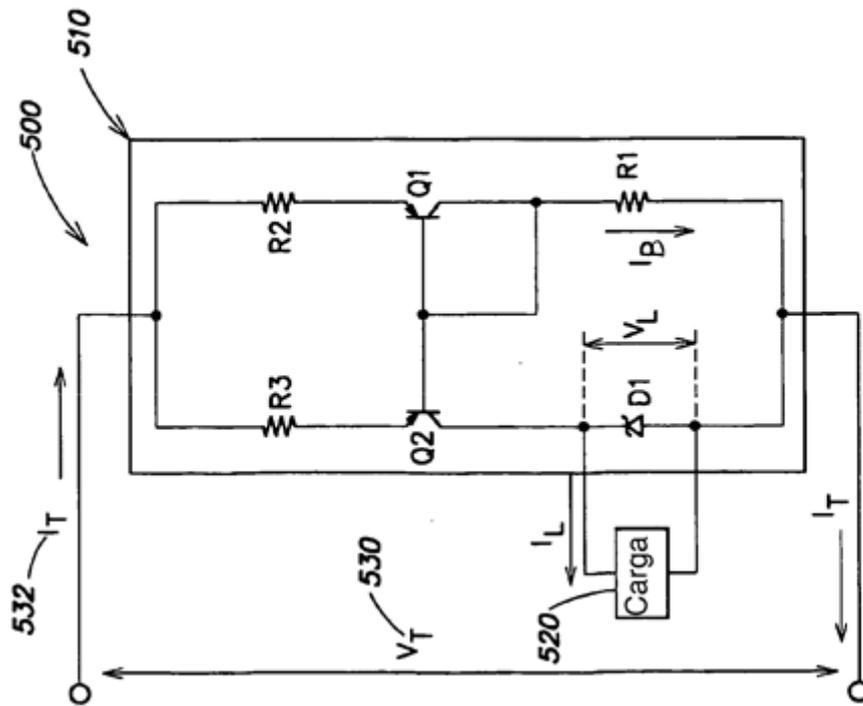


FIG. 10



Sin fuente de corriente variable
Sin I_{cs} según se reivindica

FIG. 11

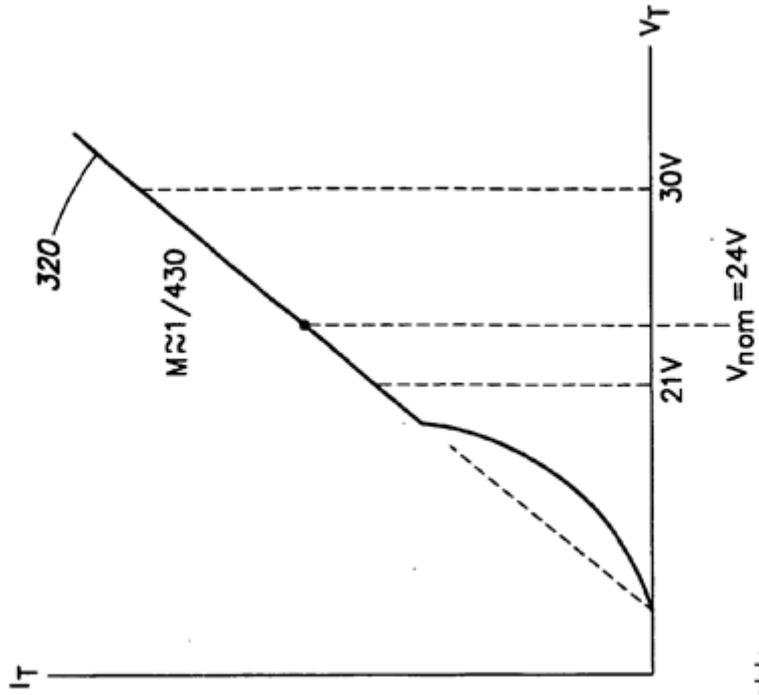


FIG. 12

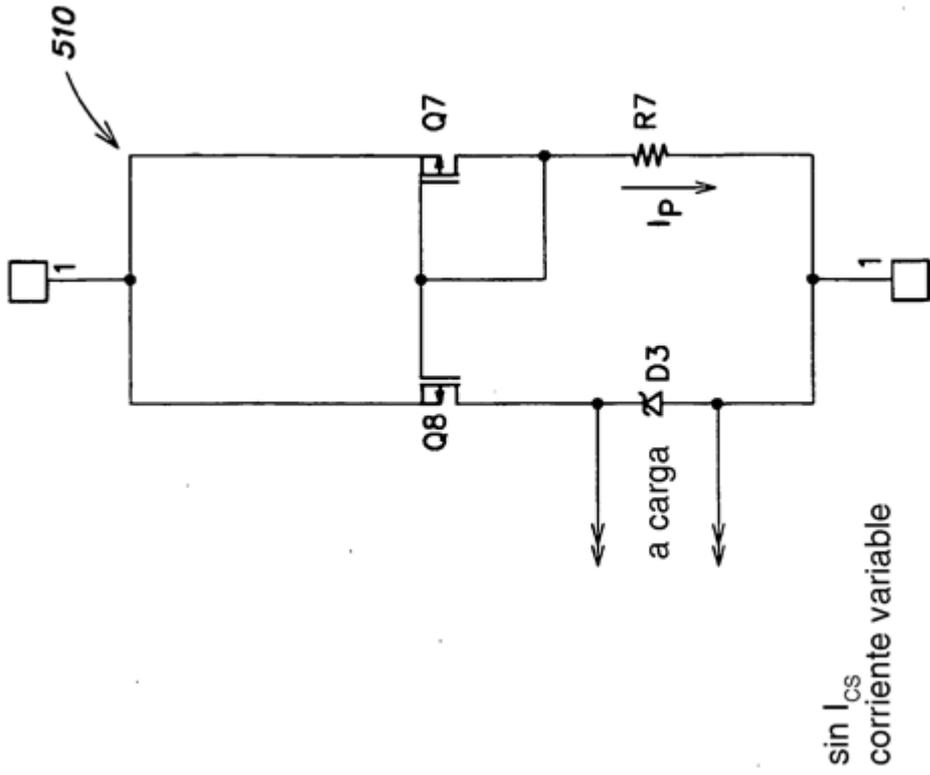


FIG. 13

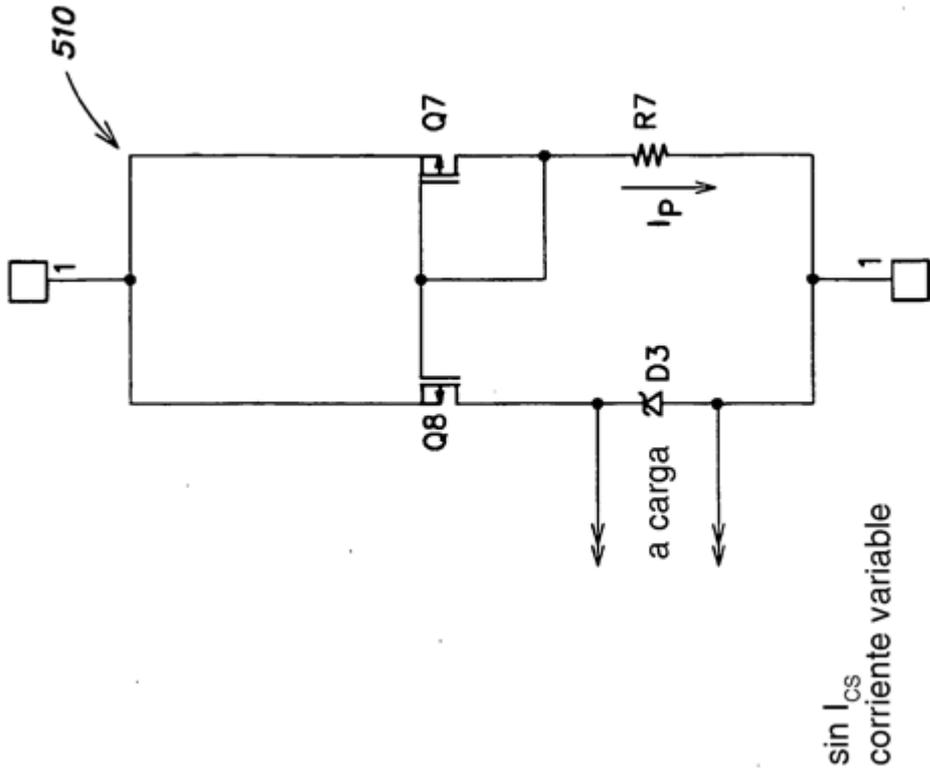


FIG. 14

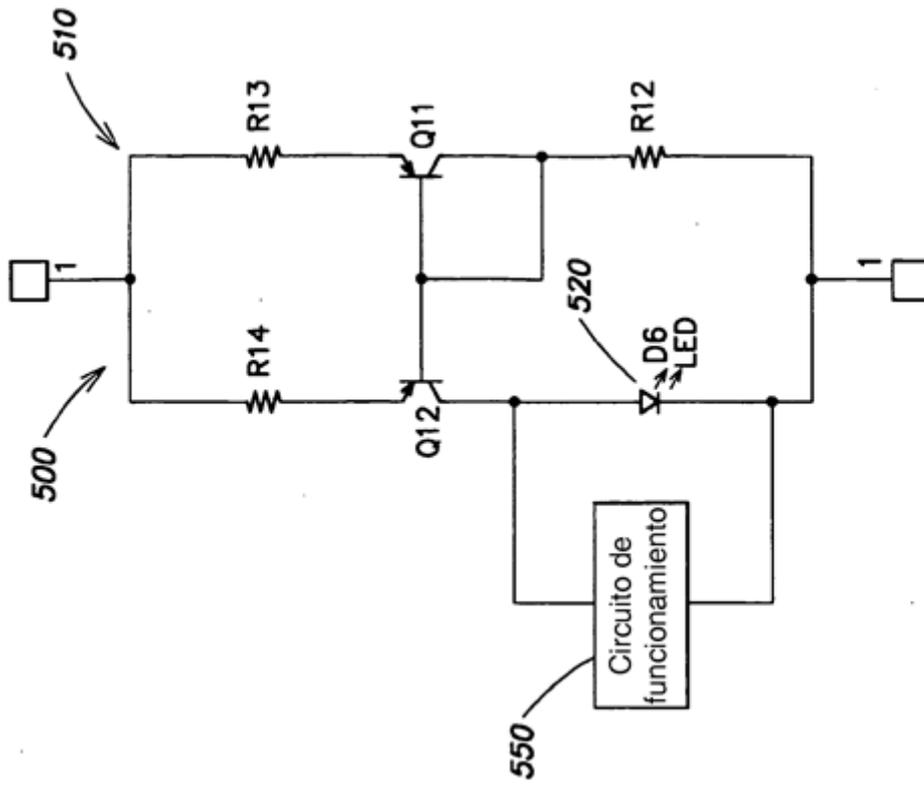


FIG. 16

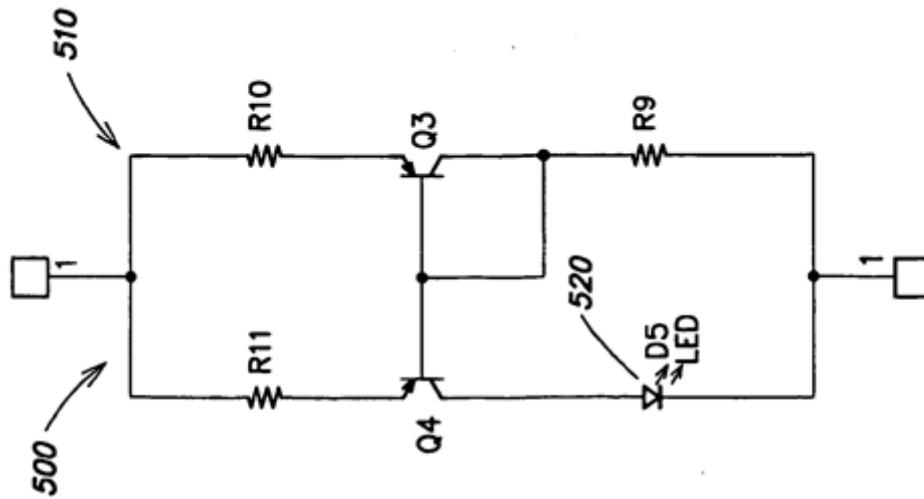


FIG. 15

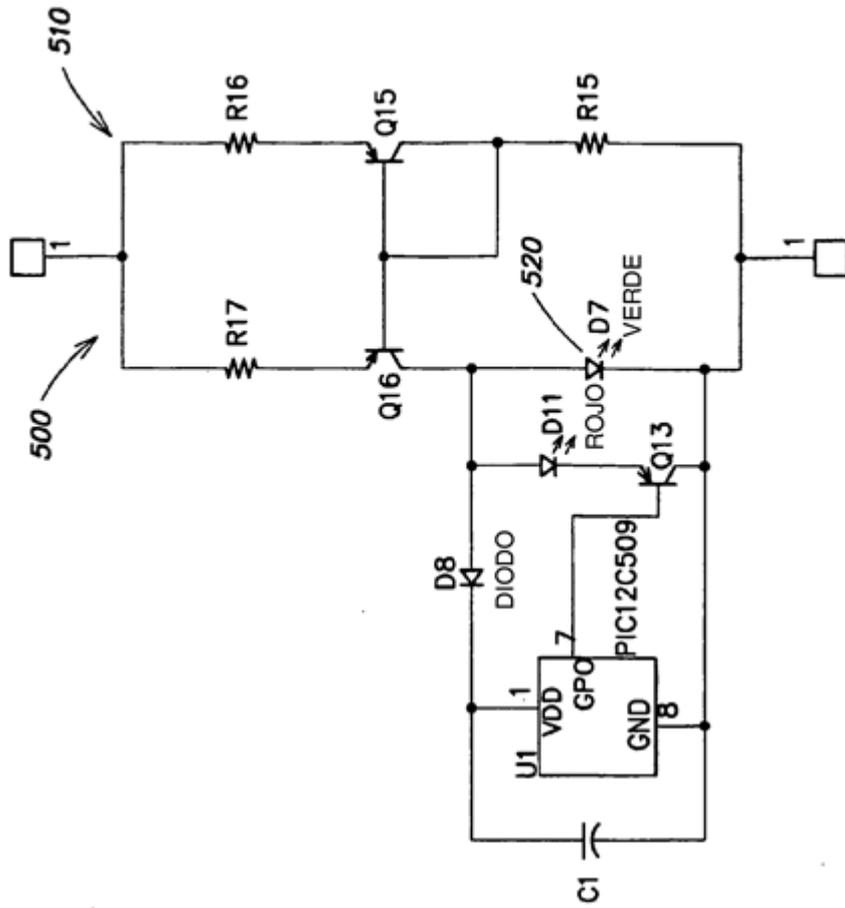


FIG. 18

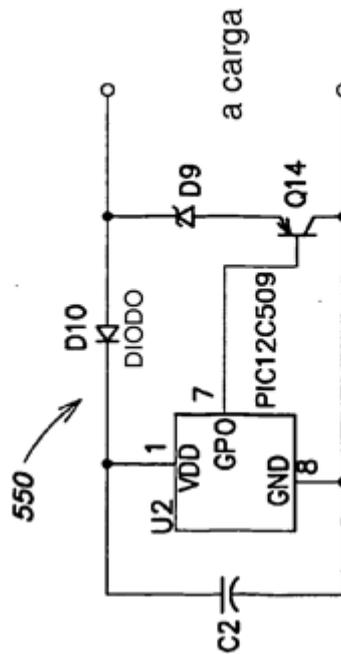


FIG. 17

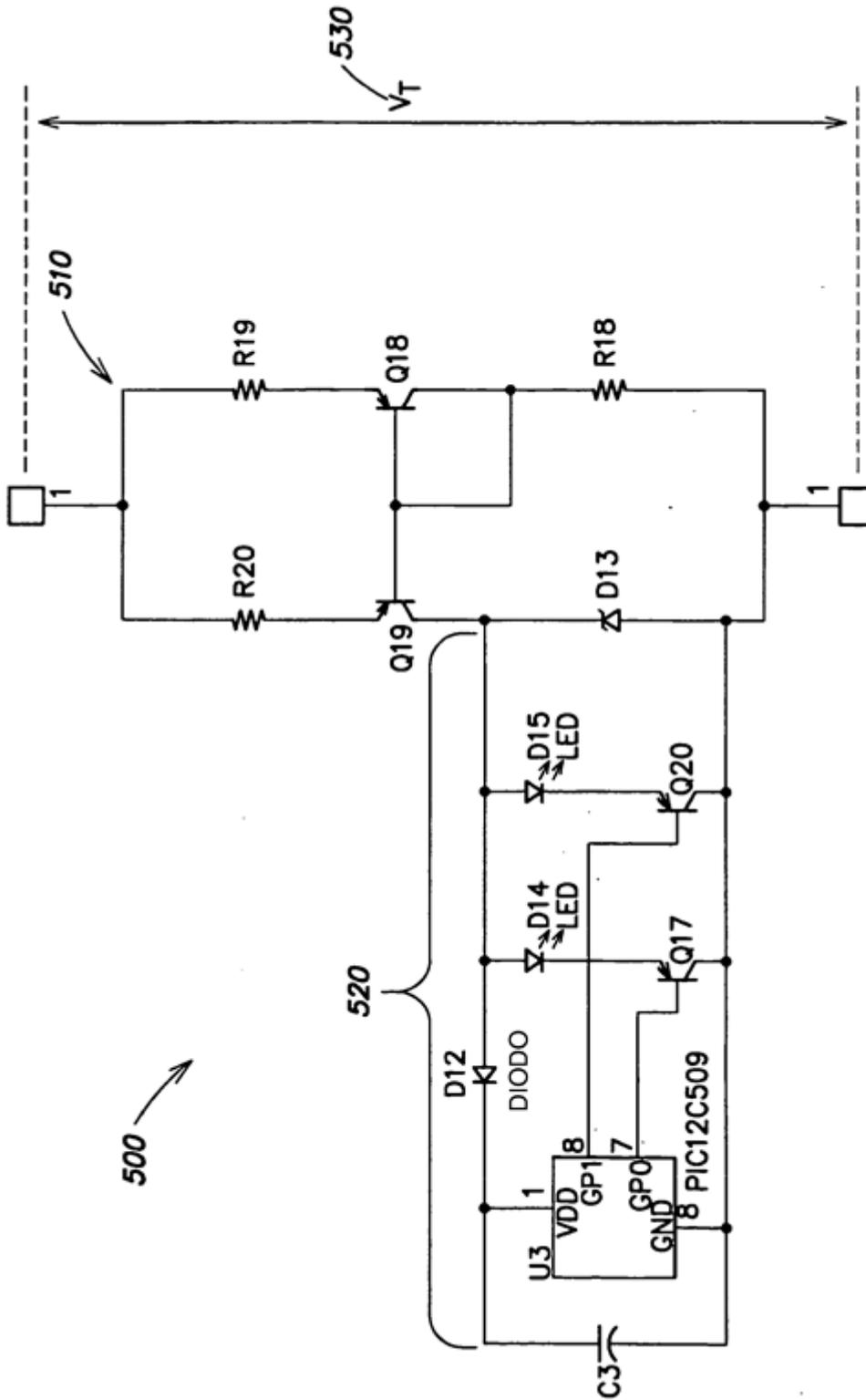


FIG. 19

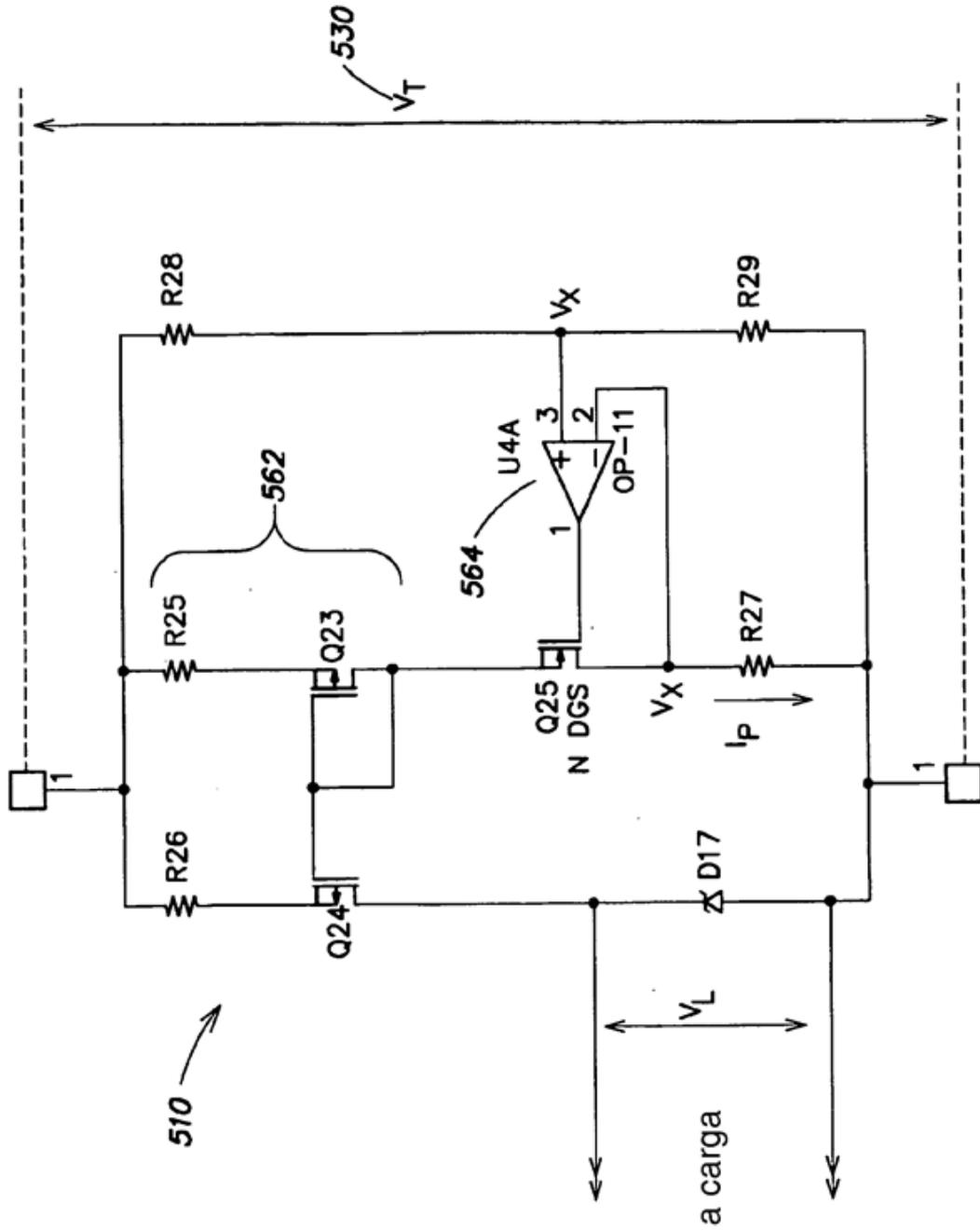


FIG. 20

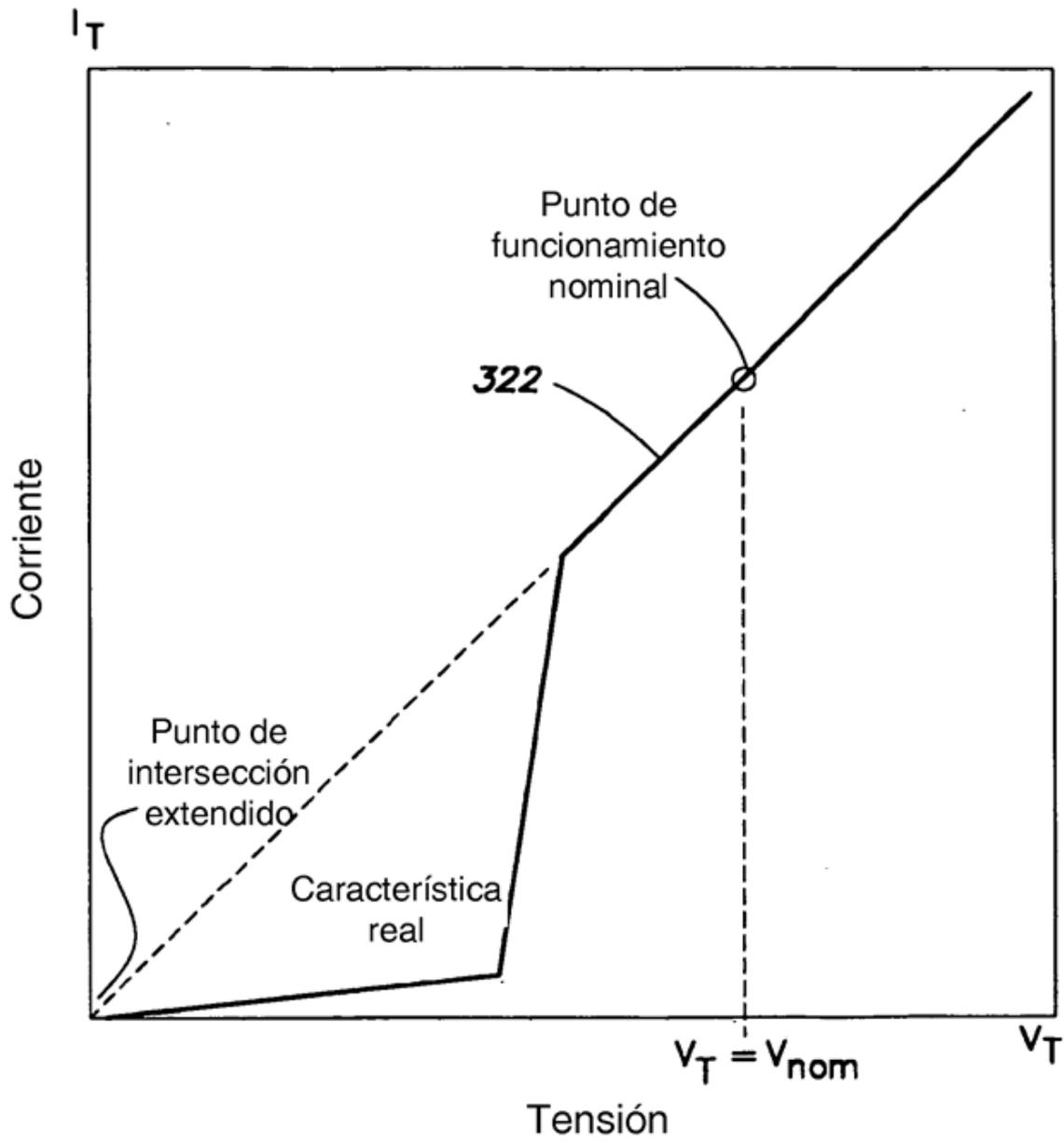


FIG. 21

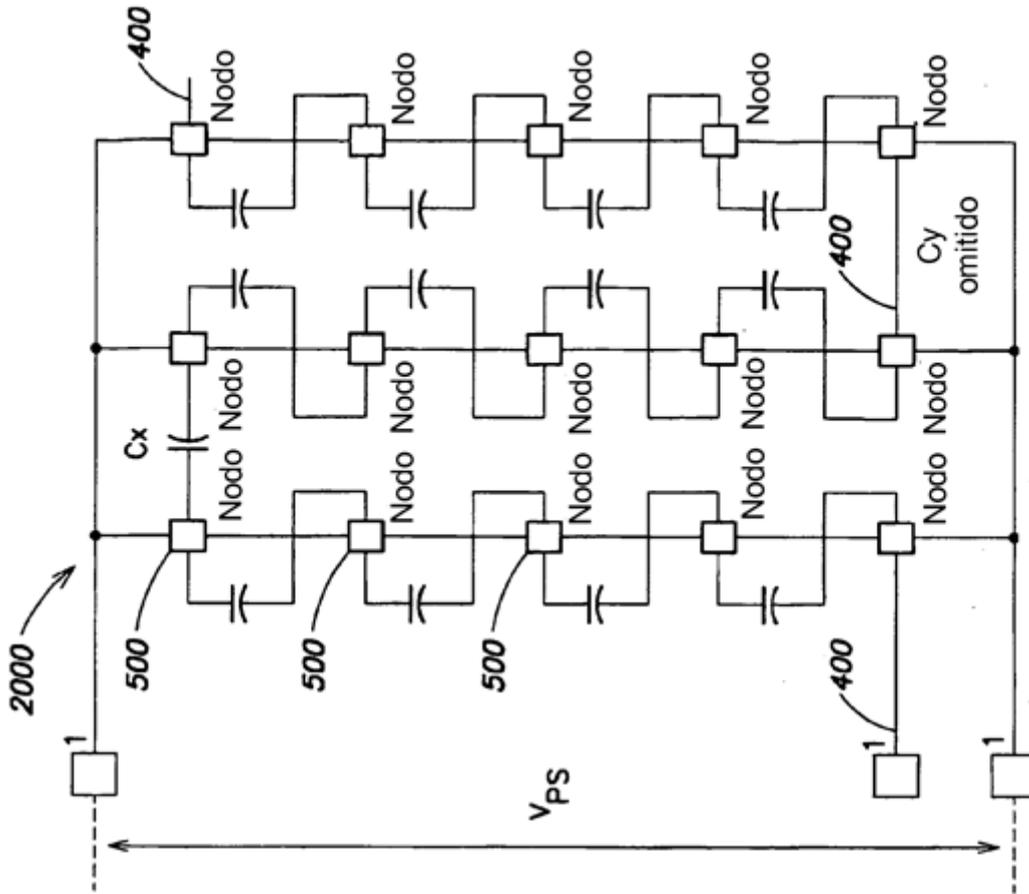


FIG. 25

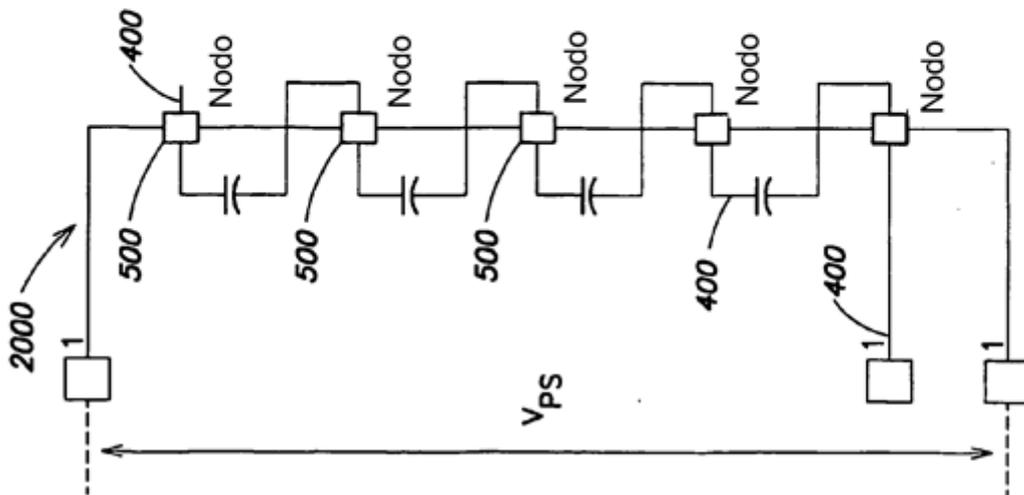


FIG. 24

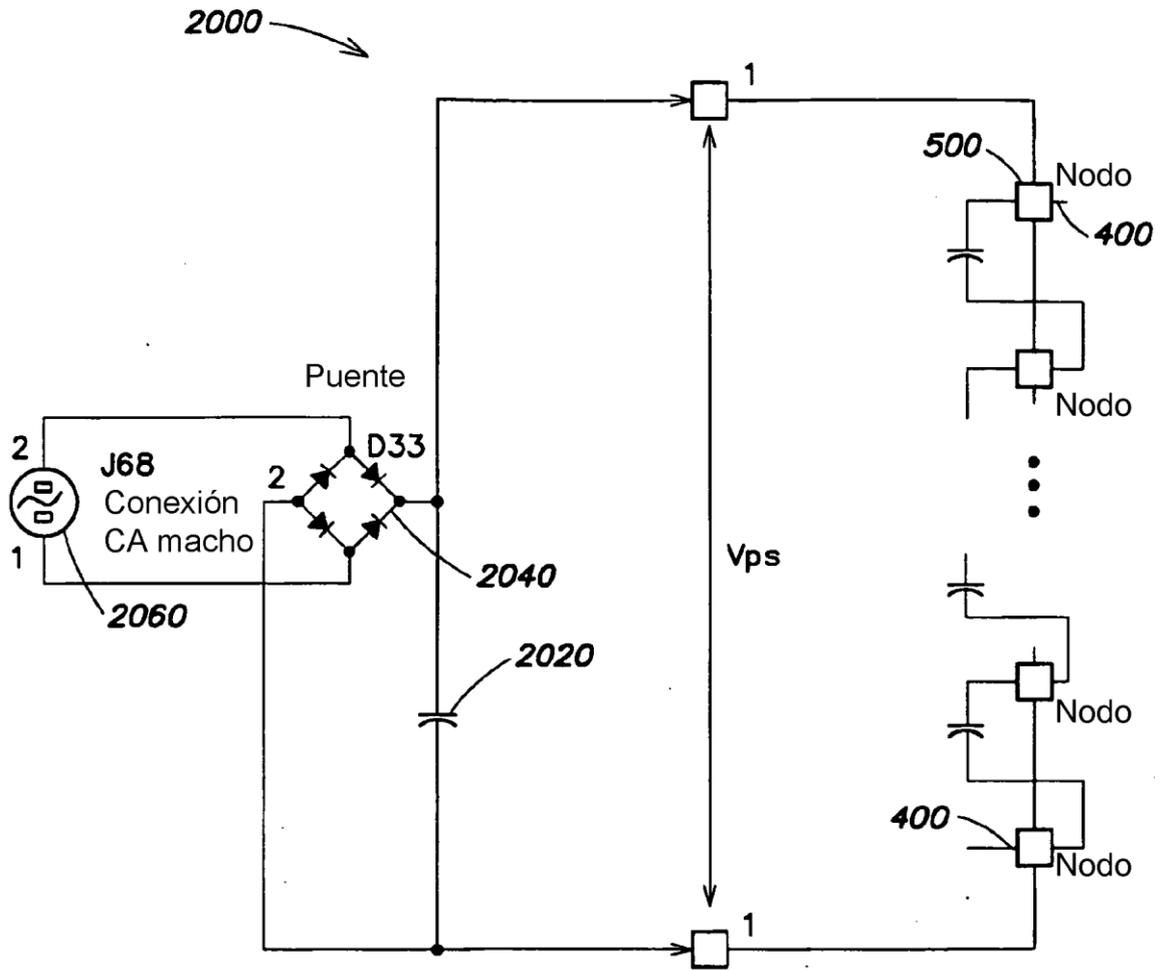


FIG. 26

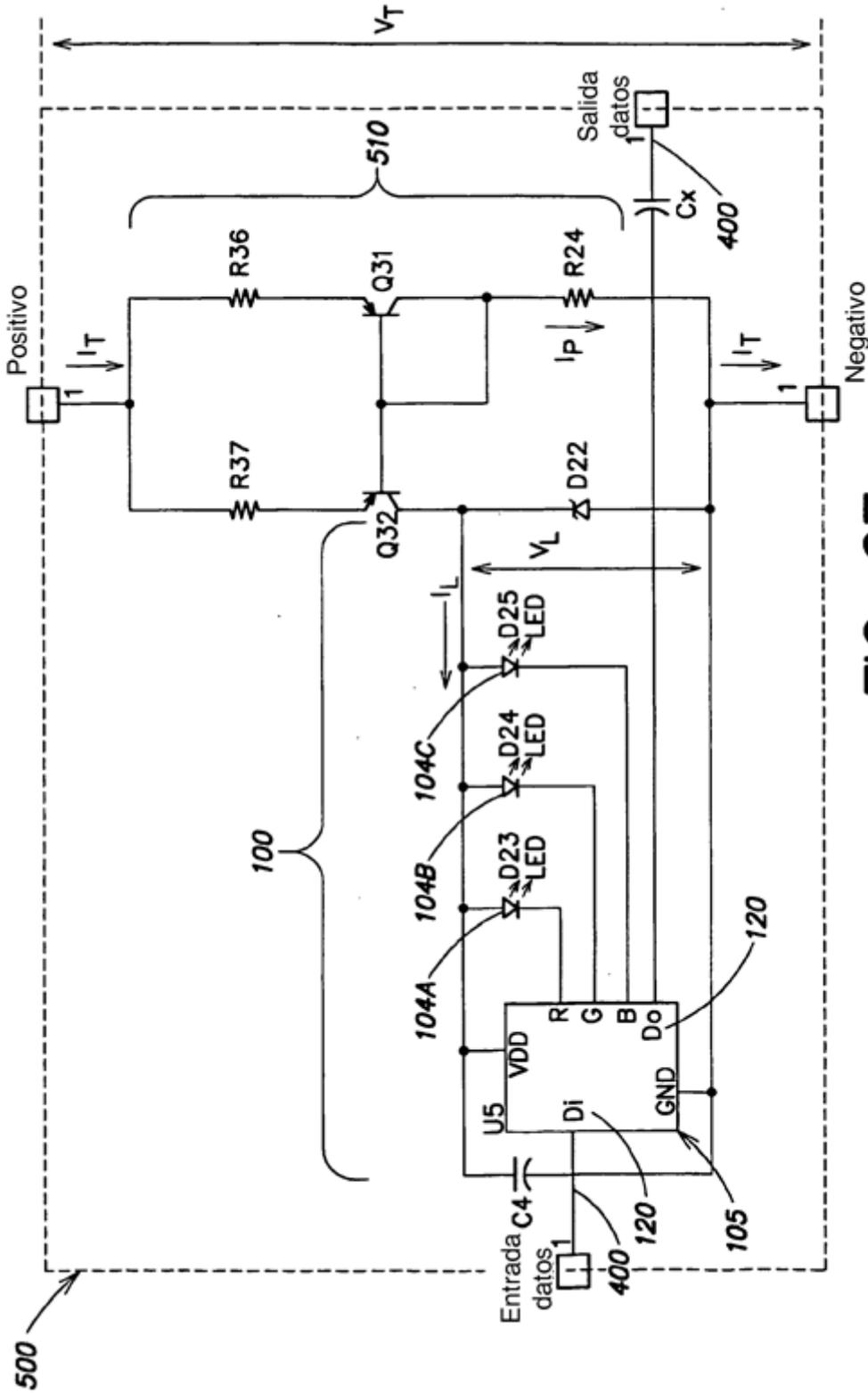


FIG. 27