

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 395**

51 Int. Cl.:

**H05B 33/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.04.2014 PCT/IB2014/060969**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2014 WO14181210**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2014 E 14726202 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2995173**

54 Título: **Método y aparato para la detección digital del ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase**

30 Prioridad:

**08.05.2013 US 201361820964 P**

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

**03.12.2018**

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)  
High Tech Campus 48  
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**BEN SHAFFER, MAXIMILLAN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 692 395 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

Método y aparato para la detección digital del ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase

5 Campo técnico

La presente invención está dirigida generalmente a atenuadores para unidades de iluminación. Más particularmente, diversos métodos y aparatos inventivos divulgados aquí se refieren a la detección digital del ángulo de corte de fase de una salida de señal de atenuación de corte de fase desde un atenuador de corte de fase analógico.

10

Antecedentes

Las tecnologías de iluminación digital, es decir la iluminación basada en fuentes de luz semiconductoras, tales como los diodos emisores de luz (LED), ofrecen una alternativa viable a las lámparas fluorescentes, HID, e incandescentes tradicionales. Las ventajas y beneficios funcionales de los LED incluyen conversión de alta energía y eficiencia óptica, durabilidad, costes operativos más bajos, y muchos otros. Los recientes avances en tecnología LED han proporcionado fuentes de iluminación de espectro completo eficiente y robusto que permiten una variedad de efectos de iluminación en muchas aplicaciones. Algunos de los accesorios que incorporan estas fuentes presentan un módulo de iluminación, que incluye uno o más LED capaces de producir diferentes colores, por ejemplo rojo, verde, y azul, así como un procesador para controlar independientemente la salida de los LED con el fin de generar una variedad de colores y efectos de iluminación de cambio de color, por ejemplo, como es discutido en detalle en las Patentes de los Estados Unidos Nos. 6,016,038 y 6,211,626

15

Con frecuencia es deseable proporcionar la capacidad para atenuar controlablemente una unidad de iluminación que comprende una o más fuentes de luz LED por medio de un atenuador analógico convencional que es empleado para una fuente de luz incandescente. Por ejemplo, a menudo es deseable continuar empleando un atenuador que ya está instalado en una ubicación para controlar una o más unidades de iluminación que comprenden una o más fuentes de luz incandescente, cuando estas unidades de iluminación son reemplazadas por unidades de iluminación que comprenden fuentes de luz LED, por ejemplo como es discutido en detalle en la Patente de los Estados Unidos No. 7,038,399.

20

Típicamente, un atenuador analógico para fuentes de luz incandescente pasa un voltaje de AC rectificado a la unidad de iluminación. Un atenuador analógico común para fuentes de luz incandescente es un atenuador de corte de fase, a veces también referido como un regulador de tiristor ya que típicamente emplea un tiristor tal como un rectificador controlado por silicio (SCR) o TRIAC. Un atenuador de corte de fase rectifica un voltaje de línea de AC y corta el voltaje de AC rectificado en algún ángulo de corte de fase (entre 0 y 180 grados), que representa la cantidad que la salida de luz de la unidad de iluminación debe ser atenuada, y proporciona el corte de voltaje de AC a la unidad de iluminación como una señal de atenuación de corte de fase analógica. Puesto que diferentes países usan diferentes voltajes de línea de AC (típicamente entre 90 VAC y 300 VAC) y frecuencias (típicamente 50Hz o 60Hz), las propiedades de la señal de atenuación de corte de fase variarán dramáticamente dependiendo de la ubicación del sistema de iluminación. Cuando un atenuador de corte de fase está conectado a una unidad de iluminación que tiene una o más fuentes de luz incandescente, entrega potencia a la unidad de iluminación que es proporcional al área bajo la señal de atenuación de corte de fase. Menos área significa menos potencia y menos potencia significa iluminación más baja.

25

30

Sin embargo, es muy difícil la interconexión de estos atenuadores de corte de fase analógicos a unidades de iluminación con fuentes de luz LED, y particularmente a unidades de iluminación controladas digitalmente con una o más fuentes de luz LED que deben interpretar digitalmente la señal de atenuación analógica de corte de fase y controlar manualmente la salida de luz por las fuentes de luz LED que operan de forma bastante diferente de las fuentes de luz incandescente. Por ejemplo, el nivel de salida de luz de una fuente de luz incandescente puede ser variada variando el voltaje aplicado a la fuente de luz incandescente, mientras que en contraste el nivel de salida de luz de las fuentes de luz LED responde al flujo de corriente a través de las fuentes de luz LED (que también típicamente operan a niveles de voltaje mucho más bajos que los voltajes típicamente aplicados a fuentes de luz incandescente). Las tecnologías de los atenuadores de corte de fase analógicos y las fuentes de luz LED no fueron diseñadas para ser compatibles, pero en la práctica a menudo son usadas juntas.

35

40

45

La figura 1 ilustra un ejemplo de una señal de atenuación de corte de fase analógica, en particular una señal 105 de atenuación de corte de fase inversa (también referida como una señal de atenuación de borde posterior), en donde el voltaje de línea de AC rectificado (valor de pico 109 = 120V) ha sido cortado en un ángulo de corte de fase 107 de 130 grados hasta el final de cada medio ciclo (es decir corte en el lado derecho de la forma de onda). Si la señal 105 de atenuación de corte de fase fuera aplicada a una fuente de luz incandescente, la salida de luz sería aproximadamente el 72% de su intensidad máxima. Aunque la figura 1 ilustra un ejemplo de forma de onda de una señal 105 de atenuación de corte de fase inversa, algunos atenuadores de corte de fase analógicos producen una señal de atenuación de corte de fase donde el voltaje de línea de AC ha sido cortado desde el lado izquierdo de la forma de onda (es decir, desde el comienzo cada medio ciclo hasta un ángulo de corte de fase particular), que es

50

55

60

65

llamado una señal de atenuación de corte de fase progresiva (también referida como una señal de atenuación de borde delantero). Por simplicidad y consistencia, las descripciones a seguir emplearán el ejemplo de atenuación de corte de fase inversa. Sin embargo, debe ser entendido que los principios involucrados también se aplican a la atenuación del corte de fase progresiva.

El ángulo 107 de atenuación de la señal 105 de atenuación de corte de fase está relacionado con el ancho de pulso de la forma de onda de AC de corte de fase (es decir, para una señal de atenuación de corte de fase inversa el ancho de la señal de atenuación de corte de fase entre el inicio de cada mitad de ciclo y el borde de corte de fase). Usando esta información, el ángulo 107 de corte de fase puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$(1) \text{ ángulo de corte de fase (grados)} = (\text{ancho de pulso de señal de atenuación} / \text{período de señal de atenuación}) * 180$$

Sin embargo en la práctica, los atenuadores de corte de fase analógicos a menudo no proporcionan una señal de atenuación de corte de fase muy "limpia" a una unidad de iluminación. La señal de atenuación de corte de fase puede estar distorsionada o ser llevado en una polarización de DC. Cada atenuador de corte de fase analógico genera una forma de onda ligeramente diferente, lo que hace difícil para un microcontrolador en una unidad de iluminación que comprende una o más fuentes de luz LED descifrar el ángulo de corte de fase de tal manera que una señal puede ser generada para atenuar la salida de luz de las fuentes de luz LED en la cantidad apropiada.

Debido a este problema, muchos controladores para unidades de iluminación que comprenden una o más fuentes de luz LED estiman el ángulo de corte de fase, pero no intentan medir el ángulo de corte de fase con precisión. Como resultado, las unidades de iluminación pueden actuar de manera diferente desde el atenuador de corte de fase al atenuador de corte de fase, lo que no es deseable. Por consiguiente, hay una necesidad en la técnica para un método y aparato para la detección más precisa del ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase.

#### Resumen

La presente divulgación es dirigida a métodos y a un aparato de la invención para detectar el ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase. Por ejemplo, son proporcionados métodos y dispositivos para detectar digitalmente el ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase de tal manera que pueda ser generada una señal para atenuar la salida de luz de las fuentes de luz LED en la cantidad apropiada.

Generalmente, en un aspecto, la invención se refiere a un método, que incluye: recibir una señal de atenuación de corte de fase producida a partir de un voltaje de línea de AC; comparar la señal de atenuación de corte de fase con un voltaje umbral y en respuesta a la misma producir una señal de atenuación de corte de fase digital; determinar un nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC; determinar un ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; empleando el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC para determinar un valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; determinar un ángulo de corte de fase de la señal de atenuación de corte de fase del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital y el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; y controlar una atenuación de una unidad de iluminación basada en LED en respuesta al ángulo de corte de fase de la señal de atenuación de corte de fase.

En algunas realizaciones, emplear el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC para determinar el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital comprende obtener el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital correspondiente a el nivel pico del voltaje de línea de AC desde una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de tabla, en donde cada entrada de tabla corresponde a un valor particular del nivel máximo del voltaje de línea de AC y almacena datos que identifican un valor máximo particular correspondiente del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase

En algunas realizaciones, determinar el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC comprende: determinar una derivada de la señal de atenuación de corte de fase; determinar si la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero; y cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza el cero, se encuentra el nivel de pico de voltaje del voltaje de línea de AC como un nivel de pico de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase.

En algunas versiones de estas realizaciones, cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase no cruza a cero, se recupera el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC de la memoria.

En algunas realizaciones, determinar un nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC comprende: determinar una derivada de la señal de atenuación de corte de fase; determinar si la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero; y cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero, se encuentra el nivel pico de voltaje del voltaje de línea de AC como un nivel de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase en un momento en que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero.

- 5 En algunas realizaciones, controlar la atenuación de la unidad de iluminación basada en LED en respuesta al ángulo de corte de fase comprende determinar una proporción de un área bajo una forma de onda de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase a un área bajo una forma de onda de voltaje del voltaje de línea de AC después de la rectificación, y atenuación de la unidad de iluminación basada en LED de acuerdo con la proporción.
- 10 En algunas realizaciones, controlar la atenuación de la unidad de iluminación basada en LED en respuesta al ángulo de corte de fase comprende buscar un porcentaje de atenuación para la unidad de iluminación basada en LED en una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de tabla cada una correspondiente a un valor diferente del ángulo de corte de fase y un valor diferente correspondiente para el porcentaje de atenuación.
- 15 En algunas realizaciones, el método además comprende: para cada uno de una pluralidad de valores para el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC, medir un valor máximo correspondiente del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; y almacenar cada uno de los valores máximos correspondientes del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital para cada uno de la pluralidad de valores para el nivel de voltaje pico en una entrada de tabla correspondiente de una tabla de consulta en un dispositivo de memoria.
- 20 En otro aspecto, la invención se refiere a un aparato que incluye: una entrada configurada para recibir una señal de atenuación de corte de fase producida a partir de un voltaje de línea de AC; un comparador configurado para comparar la señal de atenuación de corte de fase con un voltaje de umbral y en respuesta a la misma para generar una señal de atenuación de corte de fase digital; y un procesador. El procesador está configurado para: determinar un nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC; determinar un ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; emplear el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC para determinar un valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; determinar un ángulo de corte de fase de la señal de atenuación de corte de fase del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital y el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; y controlar una atenuación de una unidad de iluminación basada en LED en respuesta al ángulo de corte de fase.
- 25 En algunas realizaciones, un dispositivo de memoria que tiene almacenada allí dentro una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de tabla, en donde cada entrada de tabla corresponde a un valor particular del nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC y almacena datos que identifican un valor máximo particular correspondiente del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase.
- 30 En algunas realizaciones, el procesador está configurado para determinar el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC al: determinar una derivada de la señal de atenuación de corte de fase; determinar si la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero; y cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza el cero, encontrando el nivel de voltaje de pico del voltaje la línea de AC como un nivel de voltaje pico de la señal de atenuación de corte de fase.
- 35 En algunas versiones de estas realizaciones, el procesador está configurado además de modo que cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase no cruza a cero, el procesador recupera el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC de la memoria.
- 40 En algunas realizaciones, el procesador está configurado para determinar el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC al: determinar una derivada de la señal de atenuación de corte de fase; determinar si la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero; y cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero, encontrando el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC como un nivel de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase en un momento en que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero.
- 45 En algunas realizaciones, el procesador controla la atenuación de la unidad de iluminación basada en LED al determinar una proporción de un área bajo una forma de onda de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase a un área bajo una forma de onda de voltaje del voltaje de línea de AC después de la rectificación, y generando una señal de atenuación de LED para atenuar la unidad de iluminación basada en LED de acuerdo con la proporción.
- 50 En algunas realizaciones, el procesador controla la atenuación de la unidad de iluminación basada en LED buscando un porcentaje de atenuación para la unidad de iluminación basada en LED en una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de tabla cada una correspondiente a un valor diferente del ángulo de corte de fase y un valor correspondiente para el porcentaje de atenuación.
- 55 En algunas realizaciones, el aparato además comprende: comprende un dispositivo adicional de memoria que tiene almacenada en su interior una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de datos. El aparato está configurado, para cada uno de una pluralidad de valores particulares para el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC, para: medir un valor máximo correspondiente del ciclo de trabajo máximo de la señal de atenuación de corte de fase digital; y almacenar cada uno de los valores máximos correspondientes del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital en una de las entradas de la tabla para el valor particular del nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC.
- 60
- 65

Como es usado aquí para los propósitos de la presente divulgación, debe ser entendido que el término "LED" incluye cualquier diodo electroluminiscente u otro tipo de sistema basado en inyección/unión de portador que sea capaz de generar radiación en respuesta a una señal eléctrica. Por consiguiente, el término LED incluye, pero no se limita a, diversas estructuras basadas en semiconductores que emiten luz en respuesta a la corriente, polímeros emisores de luz, diodos orgánicos emisores de luz (OLEDs), tiras electroluminiscentes, y similares. En particular, el término LED se refiere a los diodos emisores de luz de todo tipo (incluidos semiconductores y diodos orgánicos emisores de luz) que pueden ser configurados para generar radiación en uno o más del espectro infrarrojo, espectro ultravioleta y diversas porciones de espectro visible (que incluye generalmente longitudes de onda de radiación de aproximadamente 400 nanómetros a aproximadamente 700 nanómetros).

Por ejemplo, una implementación de un LED configurado para generar luz esencialmente blanca (por ejemplo, un LED blanco) puede incluir un número de matrices que emiten respectivamente diferentes espectros de electroluminiscencia que, en combinación, se mezclan para formar esencialmente luz blanca. En otra implementación, un LED de luz blanca puede ser asociado 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, la electroluminiscencia que tiene una longitud de onda relativamente corta y un espectro de 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 ser entendido que el término LED no limita el tipo de paquete físico y/o eléctrico de un LED. Por ejemplo, como se discutió anteriormente, un LED puede referirse a un único dispositivo emisor de luz que tiene múltiples matrices que están configuradas para emitir respectivamente diferentes espectros de radiación (por ejemplo, que pueden o no pueden ser individualmente controlables). También, un LED puede estar asociado con un fósforo que es considerado como una parte integral del LED (por ejemplo, algunos tipos de LEDs blancos). En general, el término LED puede referirse a LEDs empaquetados, LEDs no empaquetados, LEDs de montajes superficial, LEDs de chip en placa, LEDs de montajes de paquete T, LEDs de paquetes radial, LEDs de paquetes de potencia, LEDs que incluyen algún tipo de funda y/o elemento óptico (por ejemplo, una lente difusora), etc.

El término "fuente de luz" debe ser entendido que se refiere a una cualquiera o más de una variedad de fuentes de radiación, que incluyen, pero no se limitan a, fuentes basadas en LED, que incluyen uno o más LEDs como se definió anteriormente. Una fuente de luz dada puede ser configurada para generar radiación electromagnética dentro del espectro visible, fuera del espectro visible, o una combinación de ambos. Por lo tanto, los términos "luz" y "radiación" son usados de manera intercambiable aquí. Adicionalmente, una fuente de luz puede incluir como componente integral uno o más filtros (por ejemplo, filtros de color), lentes u otros componentes ópticos. También, debe ser entendido que las fuentes de luz pueden ser configuradas para una variedad de aplicaciones, que incluyen, pero no se limitan a, indicación, visualización y/o iluminación. Una "fuente de iluminación" es una fuente de luz que está configurada particularmente para generar radiación que tiene una intensidad suficiente para iluminar eficazmente un espacio interior o exterior. En este contexto, "intensidad suficiente" se refiere a la potencia radiante suficiente en el espectro visible generado en el espacio o entorno (los "lúmenes" de la unidad a menudo son empleados para representar la salida de luz total de una fuente de luz en todas las direcciones, en términos de potencia radiante o "flujo luminoso") para proporcionar iluminación ambiental (es decir, luz que puede ser percibida indirectamente y que pueda ser, por ejemplo, reflejada por una o más de una variedad de superficies intermedias antes de ser percibida en su totalidad o en parte).

El término "unidad de iluminación" es usado aquí para referirse a un aparato que incluye una o más fuentes de luz del mismo o diferente tipo. Una unidad de iluminación dada puede tener cualquiera de una variedad de disposiciones de montaje para las fuentes de luz, disposiciones y formas de recinto/carcasa, y/o configuraciones de conexión eléctrica y mecánica. Adicionalmente, una unidad de iluminación dada opcionalmente puede ser asociada con (por ejemplo, incluir, ser acoplada a y/o empaquetar junto con) otros diversos componentes (por ejemplo, circuitos de control) en relación con la operación de las fuentes 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 como se discutió anteriormente, solo o en combinación con otras fuentes de luz no basadas en LED.

El término "controlador" es usado aquí generalmente para describir diversos aparatos relacionados con la operación de una o más fuentes de luz. Un controlador puede ser implementado de numerosas maneras (por ejemplo, tal como con hardware dedicado) para realizar diversas funciones discutidas aquí. Un "procesador" es un ejemplo de un controlador que emplea uno o más microprocesadores que pueden ser programados usando un software (por ejemplo, un microcódigo) para realizar diversas funciones discutidas aquí. Un controlador puede ser implementado con o sin emplear un procesador, y también puede ser implementado como una combinación de hardware dedicado para realizar algunas funciones y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados y circuitos asociados) para realizar otras funciones. Los ejemplos de componentes controladores que pueden ser empleados en diversas realizaciones de la presente divulgación incluyen, pero no se limitan a, microprocesadores convencionales, circuitos integrados de aplicación específica (ASICs) y matrices de puertas programables de campo (FPGAs).

5 En diversas implementaciones, un procesador o controlador puede estar asociado con uno o más medios de almacenamiento (referidos genéricamente aquí como "memoria," por ejemplo, memoria del ordenador volátil y no volátil como memoria RAM, PROM, EPROM, EEPROM y FLASH, discos flexibles, discos compactos, discos ópticos, cinta magnética, etc.). En algunas implementaciones, los medios de almacenamiento pueden estar codificados con uno o más programas que, cuando son ejecutados en uno o más procesadores y/o controladores, realizan al menos algunas de las funciones discutidas aquí. Diversos medios de almacenamiento pueden ser fijados dentro de un procesador o controlador o pueden ser transportados, tal que uno o más programas almacenados en el mismo pueden ser cargados en un procesador o controlador para implementar diversos aspectos de la presente invención discutidos aquí. Los términos "programa" o "programa de ordenador" son usados aquí en un sentido genérico para referirse a cualquier tipo de código de ordenador (por ejemplo, software o microcódigo) que pueda ser empleado para programar uno o más procesadores o controladores.

Breve descripción de los dibujos

15 En los dibujos, los caracteres de referencia similares generalmente se refieren a las mismas partes a través de las diferentes vistas. También, los dibujos no son necesariamente a escala, en cambio generalmente se pone énfasis en la ilustración de los principios de la invención.

20 La figura 1 ilustra un ejemplo de una señal de atenuación de borde posterior analógica, o de corte de fase inversa.

La figura 2 es un diagrama de bloques funcional de una realización de ejemplo de un sistema de iluminación que incluye un aparato para detectar el ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase.

25 La figura 3 ilustra ejemplos de una señal de atenuación de borde posterior analógica, o de corte de fase inversa, y una señal de atenuación de corte de fase digital correspondiente que puede ser producida a partir de la misma.

La figura 4 ilustra otro ejemplo de una señal de atenuación de borde posterior analógica, o de corte de fase inversa.

30 La figura 5 ilustra las relaciones entre una señal de atenuación de borde posterior analógica, o de corte de fase inversa y una derivada correspondiente de la señal de atenuación de corte de fase inversa analógica.

La figura 6 ilustra un diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un método para detectar el ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase.

35 Descripción detallada

Debido a que los atenuadores de corte de fase analógicos a menudo no proporcionan una señal de atenuación de corte de fase muy "limpia" a la unidad de iluminación, cada atenuador de corte de fase analógico genera una forma de onda ligeramente diferente, lo que hace difícil que un controlador de una unidad de iluminación que comprende una o más fuentes de luz LED descifre el ángulo de corte de fase de tal manera que se pueda generar una señal para atenuar la salida de luz de las fuentes de luz LED en la cantidad apropiada. Debido a este problema, muchos controladores estiman el ángulo de corte de fase, pero no intentan determinar el ángulo de corte de fase con precisión, como un resultado de que la unidad de iluminación pueda actuar de manera diferente desde el atenuador de corte de fase al atenuador de corte de fase, lo que no es deseable. Más generalmente, los solicitantes reconocieron y apreciaron que sería beneficioso proporcionar un método y un aparato para una detección más precisa del ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase.

40 En vista de lo anterior, diversas realizaciones e implementaciones de la presente invención están dirigidas a métodos y aparatos de la invención para detectar el ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase. Por ejemplo, son proporcionados métodos y aparatos para detectar digitalmente el ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase de tal manera que pueda ser generada una señal para atenuar la salida de luz de las fuentes de luz LED en la cantidad apropiada.

55 La figura 2 es un diagrama de bloques funcional de una realización de ejemplo de un sistema 200 de iluminación. El sistema 200 de iluminación incluye un atenuador 210 de corte de fase analógico y una unidad 215 de iluminación basada en LED. La unidad 215 de iluminación basada en LED incluye un aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase y un dispositivo 230 de iluminación basado en LED.

60 El atenuador 210 de corte de fase analógico recibe un voltaje 15 de línea de AC, rectificado el voltaje 15 de línea de AC, y genera una señal 105 de atenuación de corte de fase analógica, que puede ser una señal de atenuación de corte de fase inversa (también referida como una señal de atenuación de borde posterior), o una señal de atenuación de corte de fase progresiva (también referida como una señal de atenuación de borde delantero) como es descrito anteriormente con respecto a la figura 1. Por simplicidad y consistencia de explicación, las operaciones y métodos de ejemplo descritos a continuación e ilustrados en los dibujos emplean una señal de atenuación de corte de fase inversa. Sin embargo, debe ser entendido que los principios implicados y los métodos descritos también pueden aplicarse a una señal de atenuación de corte de fase progresiva.

El aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase incluye un comparador 222 y un controlador 230. El controlador 230 incluye un procesador 224, un convertidor (ADC) 226 analógico a digital (A/D), y un dispositivo 228 de memoria. El controlador 230 puede incluir otros dispositivos, tales como circuitos lógicos digitales, memorias intermedias, controladores, dispositivos lógicos programables, etc. no mostrados específicamente en la figura 2. El procesador 224 puede ser configurado para ejecutar uno o más métodos, operaciones o algoritmos en respuesta al código de instrucción del procesador que puede ser almacenado, por ejemplo, en el dispositivo 228 de memoria, que incluye métodos descritos aquí, por ejemplo con respecto a la figura 6. El dispositivo 228 de memoria puede incluir memoria volátil (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio) y/o memoria no volátil, como memoria ROM, PROM, EEPROM, FLASH, etc. El dispositivo 228 de memoria puede almacenar allí dentro uno o más programas de ordenador para su ejecución por el procesador 224.

El dispositivo 230 de iluminación basado en LED incluye una o más fuentes de luz LED. En algunas realizaciones, el dispositivo 230 de iluminación basado en LED también puede incluir una circuitería de controlador para formatear y suministrar energía adecuadamente para accionar e iluminar las fuentes de LED, y/o circuitería para atenuar la salida de luz por tales fuentes de LED. Por ejemplo, es común accionar fuentes de LED a través de una fuente de corriente controlada, y el dispositivo 230 de iluminación basado en LED puede incluir una o más de tales fuentes de corriente controlada.

Debe ser entendido que la figura 2 ilustra las relaciones entre diversos componentes funcionales y debe ser interpretado como una ilustración de cualquier disposición física particular de componentes. En particular, en algunas realizaciones el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase puede ser distinguido y/o separado físicamente del resto de la unidad 215 de iluminación basada en LED. Además, en algunas realizaciones una o más funciones del aparato 220 de detección de ángulo de atenuación y una o más funciones del dispositivo 230 de iluminación basado en LED (por ejemplo, funciones de atenuación del controlador LED y/o LED) pueden ser realizados por uno o más componentes compartidos en la unidad 215 de iluminación basada en LED.

Las operaciones del sistema 200 de iluminación, y particularmente el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase, serán descritos ahora con respecto a las figuras 3-6.

En operación, el atenuador 210 de corte de fase analógico genera la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica (por ejemplo, una señal de atenuación de corte de fase inversa) a una entrada 102 de la unidad 215 de iluminación basada en LED. El aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase recibe la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica y en respuesta a ella está configurada para generar una o más señales 225 de control de atenuación para controlar un nivel de salida de luz de las fuentes de luz LED de la unidad 215 de iluminación basada en LED de acuerdo con la cantidad de atenuación indicada por el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica.

En particular, en respuesta a la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica, el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase produce una señal 305 de atenuación de corte de fase digital. Más específicamente, el comparador 222 recibe la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica, compara la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica a un umbral, (por ejemplo, 10 voltios) y en respuesta a la comparación genera la señal 305 de atenuación de corte de fase digital. La señal 305 de atenuación de corte de fase digital tiene un primer estado, voltaje, o valor lógico (por ejemplo, "1") cuando la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica es mayor que el umbral, y que tiene un segundo estado, voltaje o valor lógico (por ejemplo, "0") cuando la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica es menor que el umbral.

La figura 3 ilustra ejemplos de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica y una señal 305 de atenuación de corte de fase digital correspondiente que puede ser producida a partir de un aparato de detección de ángulo de corte de fase y, en particular por un aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase. La figura 3 ilustra tres casos diferentes para tres diferentes ángulos 107 de corte de fase.

En el extremo izquierdo se ilustra un caso en el que el ángulo 107 de corte de fase es de 180 grados, es decir, no hay atenuación. En ese caso, la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica es la misma que el voltaje 301 de línea de AC rectificado que en este ejemplo tiene un nivel 109 de voltaje pico de 120 voltios. En el medio es ilustrado un caso en el que el ángulo 107 de corte de fase es de 130 grados, y a la derecha es ilustrado un caso en el que el ángulo 107 de corte de fase es de 80 grados. En cada caso, el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase produce desde la señal 105 de atenuación de corte de fase una correspondiente señal 305 de atenuación de corte de fase digital que tiene solo dos valores: un primer valor (por ejemplo, "1") cuando la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica excede un umbral, y el segundo valor (por ejemplo, "0") cuando la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica no excede el umbral.

Como puede ser visto en la figura 3, la señal 305 de corte de fase digital es una señal pulsada que tiene un período que es igual a una onda media de voltaje 301 de línea de AC rectificado, y un ancho 307 de pulso que varía de acuerdo con el ángulo 107 de corte de fase, desde un valor mínimo de cero o cerca de cero cuando el ángulo 107 de corte de fase está cerca de cero grados (la salida de luz es apagada completamente) hasta un valor 309 máximo cuando el ángulo 107 de corte de fase es de 180 grados (la salida de luz es encendida completamente). En

consecuencia, la ecuación (1) anterior puede ser reescrita para calcular el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica por medio del ancho 307 de pulso de señal de corte de fase digital como:

5 (2) ángulo de corte de fase (grados) =

$$180 * \left( \frac{\text{ancho de pulso de señal de corte de fase digital}}{\text{ancho de pulso de señal de corte de fase digital de valor máximo}} \right)$$

De manera beneficiosa, el controlador 223, y específicamente el procesador 224, puede medir fácilmente el ancho 307 de pulso de señal de corte de fase digital de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital. Además, para un voltaje umbral dado, valor 309 máximo del ancho de pulso de la señal 305 de atenuación corte de fase digital (es decir, el ancho de pulso cuando el ángulo 107 de corte de fase es 180 grados) es una función del nivel 109 de voltaje pico ( $V_{AC}$ ) del voltaje 15 de línea de AC, y la frecuencia  $F_{AC}$  del voltaje 15 de línea de AC:

(3) ancho de pulso de señal de corte de fase digital de valor máximo =  $f(V_{ac}, F_{ac})$

15 El aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase (y específicamente el procesador 224) podría medir el valor 309 máximo del ancho de pulso de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital para diversas combinaciones de valores de  $V_{AC}$  y  $F_{AC}$  (por ejemplo, niveles de voltaje comunes tales como 110 V, 120 V, 220 V, 230 V, 50 Hz, 60 Hz, etc.) en un procedimiento de calibración, y almacenar los valores máximos en una tabla de consulta en la memoria (por ejemplo, dispositivo 228 de memoria). Entonces, en operación, el procesador 224 podría medir el  
20 ancho 307 de pulso de la señal de corte de fase digital (por ejemplo, usando un temporizador), determinar el nivel 109 de voltaje pico y la frecuencia operativa  $F_{AC}$  del voltaje 15 de línea de AC, usar el nivel 109 de voltaje pico y el frecuencia operativa  $F_{AC}$  del voltaje 15 de línea de AC para recuperar el valor 309 máximo del ancho de pulso de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital, y determinar el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación analógica de la ecuación (2).

25 El inventor ha notado además que la proporción del ancho 307 de pulso de señal de corte de fase digital al valor 309 máximo del ancho de pulso (es decir, el ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital) no cambia con, y no es una función de, la frecuencia de línea de AC  $F_{AC}$ . Es decir:

30 (4) ciclo de trabajo de señal de corte de fase digital de valor máximo =  $f(V_{ac})$

Por consiguiente, la tabla de consulta puede ser simplificada para eliminar  $F_{AC}$  trabajando con ciclos de trabajo en lugar de anchos de pulso absolutos. En ese caso, el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica puede ser calculado como:

35 (5) ángulo de corte de fase (grados) =

$$180 * \left( \frac{\text{ciclo de trabajo de señal de corte de fase digital}}{\text{ciclo de trabajo de señal de corte de fase digital de valor máximo}} \right)$$

40 El aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase (y específicamente el procesador 224) puede medir el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital para una pluralidad de niveles 109 de voltaje pico de voltaje 15 de línea de AC, por ejemplo incluyendo, niveles de voltaje comunes tales como 110 V, 120 V, 220 V, 230 V, etc.) en un procedimiento de calibración, y almacenar cada uno de los valores máximos en una entrada correspondiente en una tabla de consulta en la memoria (por ejemplo, dispositivo 228 de memoria), en  
45 donde cada entrada corresponde a uno de la pluralidad de niveles 109 de voltaje pico. En algunas realizaciones, la tabla de consulta puede ser indexada por los niveles 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC. Entonces, en operación, el procesador 224 podría determinar el ángulo de corte de fase del ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital (por ejemplo, usando un temporizador), recupere el valor máximo del ciclo de trabajo de una tabla de consulta, y usar el ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital y el  
50 valor máximo del ciclo de trabajo para determinar el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica empleando la ecuación (5).

Para recuperar el valor máximo del ciclo de trabajo de la tabla de consulta, el procesador 224 necesita conocer el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC.

55 Sin embargo el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase no recibe el voltaje 15 de línea de AC. Así que el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase debe determinar el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica.



Para determinar el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC a partir de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica, hay dos posibles casos, dependiendo del ángulo 107 de corte de fase en sí.

El primer caso es cuando el ángulo 107 de corte de fase es de 90 grados o mayor. En ese caso, entonces el nivel de voltaje pico de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica es el mismo que el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC. En ese caso, el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC puede ser determinado encontrando el pico o el valor máximo de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica. Hacia ese extremo, como se ilustra en la figura 2 la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica es proporcionada a la entrada de ADC 226 del controlador 223. El ADC 226 genera una palabra digital que depende del nivel de voltaje de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica de entrada, y el procesador 224 encuentra el pico o valor máximo de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica, y por lo tanto el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC, desde la salida de ADC.

El segundo caso es cuando el ángulo 107 de corte de fase es menor de 90 grados.

La figura 4 ilustra un ejemplo de una señal de atenuación de borde posterior analógica, o de corte de fase inversa, cuando el ángulo 107 de corte de fase es menor de 90 grados, y en particular es de 80 grados. Como es ilustrado en la figura 4, cuando el ángulo 107 de corte de fase es menor que 90 grados entonces el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC es cortado, y la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica nunca alcanza el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC. Por consiguiente, el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC no puede ser determinado a partir del ciclo de corriente de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica cuando el ángulo 107 de corte de fase en el ciclo de corriente de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica es menor de 90 grados. En ese caso, el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC puede ser en vez de esto determinado a partir de un ciclo previo de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica cuando el ángulo 107 de corte de fase era 90 grados o mayor (por ejemplo, a partir de un valor almacenado en el dispositivo 228 de memoria durante un ciclo anterior de señal 105 de atenuación de corte de fase analógica cuando el ángulo 107 de corte de fase era 90 grados o mayor).

Así, se observa que existe una cierta paradoja aparente en donde, para determinar el ángulo 107 de corte de fase, el procesador 224 necesita conocer el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC, pero con el fin de determinar correctamente el nivel de 109 voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC, el procesador 224 necesita saber que el ángulo 107 de corte de fase es de al menos 90 grados.

Aunque el procesador 224 puede desconocer el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC, es conocido que la forma de onda del voltaje 15 de línea de AC es una onda senoidal, y que la forma de onda de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica es una onda senoidal rectificadora cortada. Además, es conocido que el nivel pico de una onda sinusoidal ocurre en un punto donde la derivada de la onda senoidal es cero (un punto de cruce por cero).

La figura 5 ilustra las relaciones entre un borde posterior analógico, o una señal 105 de atenuación de corte de fase inversa y una derivada 505 correspondiente de la señal de atenuación de corte de fase inversa analógica. La parte superior de la figura 5 ilustra ejemplos de señal 105 de atenuación de corte de fase analógica para tres diferentes ángulos 107 de corte de fase. En el extremo izquierdo de la figura 5 es ilustrado un caso donde el ángulo 107 de corte de fase es de 180 grados, en el medio es ilustrado un caso del ángulo 107 de corte de fase es de 130 grados, y a la derecha es ilustrado un caso donde el ángulo 107 de corte de fase es de 80 grados. La parte inferior de la figura 5 ilustra la derivada 505 para cada uno de los ejemplos de señal 105 de atenuación de corte de fase analógica correspondiente a los tres diferentes ángulos 107 de corte de fase.

De la figura 5 puede ser visto que si la derivada 505 de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica se cruza con cero (es decir, tiene un punto 509 de cruce por cero), entonces la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica tiene un pico y por lo tanto el ángulo de corte de fase es 90 grados o mayor. En ese caso, como se indicó anteriormente, el nivel de voltaje pico de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica 105 es el mismo que el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC, y el procesador 224 puede determinar el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC desde el nivel de voltaje pico de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica como sea determinada a partir de la salida de ADC 226. Alternativamente, el procesador 224 puede determinar el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC desde la salida de ADC 226 en el momento de cruce 509 por cero en derivada 505.

Por otra parte, si la derivada 505 de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica no cruza por cero, entonces la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica no tiene un pico y por lo tanto el ángulo 107 de corte de fase es menor que 90 grados. En ese caso, como se indicó anteriormente, el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC no puede ser determinado a partir de un ciclo de corriente de señal 105 de atenuación de corte de fase analógica, y en su lugar debe ser determinado desde el nivel de voltaje pico de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica en un ciclo anterior cuando el ángulo 107 de corte de fase era de 90 grados o mayor (es decir, cuando el atenuador 210 de corte de fase analógico se estableció para proporcionar un nivel mayor de iluminación por el dispositivo 230 de iluminación basado en LED). En algunas realizaciones, el nivel 109 de voltaje

- 5 pico del voltaje 15 de línea de AC puede ser obtenido a partir de un valor almacenado en un dispositivo de memoria (por ejemplo, dispositivo 228 de memoria) cuyo valor fue obtenido durante dicho ciclo anterior de señal 105 de atenuación de corte de fase analógica. El voltaje 15 de línea de AC puede ser esperado para variar relativamente poco con el tiempo una vez que la unidad 215 de iluminación basada en LED es instalada en una instalación particular, por lo que usar un valor previamente obtenido todavía permitirá que el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase obtenga un buen valor para el ángulo 107 de corte de fase incluso cuando el ángulo 107 de corte de fase es menor que 90 grados. En algunas realizaciones, el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC puede ser almacenado en un dispositivo de memoria no volátil, tal como un dispositivo de memoria FLASH del aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase, que puede ser incluido en el dispositivo 228 de memoria.
- 10 En el caso de que el nivel 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC de un ciclo anterior de señal 105 de atenuación de corte de fase analógica cuando el ángulo 107 de corte de fase era 90 grados o mayor no esté disponible (por ejemplo, la primera vez que el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase está encendido), luego en algunas realizaciones el procesador 224 puede ser configurado para generar una o más señales de control de atenuación que apagan completamente las fuentes de luz LED de la unidad 215 de iluminación basada en LED. Esto a su vez puede causar que un usuario ajuste el atenuador 210 para aumentar el nivel de luz haciendo que el ángulo 107 de corte de fase sea mayor que 90 grados, en cuyo punto puede ser determinado el nivel de voltaje pico de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica como se explicó anteriormente y almacenarse en la memoria (por ejemplo, memoria 228).
- 15 Una vez que es conocido el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación corte de fase analógica, el controlador 223 puede usar esa información para producir una o más señales 225 de control de atenuación para controlar el nivel de salida de luz de las fuentes de luz LED de la unidad 215 de iluminación basada en LED de acuerdo con la cantidad de atenuación indicada por el ángulo 107 de corte de fase.
- 20 Por ejemplo, del conocimiento del ángulo 107 de corte de fase, el procesador 224 puede determinar la proporción del área bajo una forma de onda de voltaje de la señal 105 de atenuación de corte de fase a un área bajo la forma de onda de voltaje del voltaje 15 de línea de AC después de la rectificación, y atenuar las fuentes de luz LED de la unidad 215 de iluminación basada en LED de acuerdo con la proporción.
- 25 En algunas realizaciones, el controlador 223 puede controlar la atenuación de la unidad 215 de iluminación basada en LED accediendo a una tabla de consulta que tiene una pluralidad de entradas, cada entrada corresponde a un ángulo 107 de corte de fase particular diferente y tiene almacenados allí datos que indican un porcentaje de atenuación o cantidad de atenuación que será aplicado a las fuentes de luz LED de la unidad 215 de iluminación basada en LED.
- 30 La figura 6 ilustra un diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un método 600 de detección del ángulo de corte de fase de una señal de atenuación de corte de fase. El método 600 es dividido en tres operaciones 610, 630 y 650 principales. La operación 610 es una realización de ejemplo de una operación o procedimiento de calibración para el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase. La operación 630 es una realización de ejemplo de una operación o método para determinar el valor 109 pico del voltaje 15 de línea de AC. La operación 650 es una realización de ejemplo de una operación o método para determinar el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica.
- 35 En una etapa 612, el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase mide valores máximos del ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital para una pluralidad de niveles 109 de voltaje pico del voltaje 15 de línea de AC con ángulo 107 de atenuación de señal 105 de atenuación de corte de fase analógica a 180 grados (es decir, atenuación mínima o nula, iluminación completa).
- 40 En una etapa 614, el procesador 224 almacena los valores máximos del ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital en entradas correspondientes en una tabla de consulta en la memoria (por ejemplo, dispositivo 228 de memoria), donde cada entrada corresponde a un valor particular del nivel 109 de voltaje pico.
- 45 En una etapa 632, el aparato 220 de detección de ángulo de corte de fase muestrea la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica durante pulsos de señal 305 de atenuación de corte de fase digital (es decir, en momentos en que la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica es mayor que el voltaje umbral del comparador 222. La señal 105 de atenuación de corte de fase analógica puede ser muestreada por el ADC 226 del controlador 223.
- 50 En un paso 634, el procesador 224 calcula la derivada 505 de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica muestreada.
- 55 En una etapa 636, el controlador 223 filtra la derivada 505 de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica muestreada para reducir el ruido en la señal. En algunas realizaciones, es empleado un filtro de respuesta finita al impulso (FIR). En algunas realizaciones, la etapa 636 puede ser omitida.
- 60
- 65

## ES 2 692 395 T3

En una etapa 638, el procesador 224 busca un cruce 509 por cero en la derivada 505 filtrada de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica muestreada.

5 En una etapa 638, el procesador 224 busca un cruce 509 por cero en la derivada 505 filtrada de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica muestreada.

En una etapa 640, el procesador 224 determina si es encontrado un cruce 509 por cero.

10 Si es encontrado un cruce 509 por cero, entonces en una etapa 642 el procesador 224 determina que el valor 109 pico del voltaje 15 de línea de AC sea igual al valor máximo de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica muestreada.

15 Si no es encontrado un cruce 509 por cero, entonces en una etapa 644 el procesador 224 recupera el valor 109 pico del voltaje 15 de línea de AC de un ciclo anterior o la medición de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica - por ejemplo almacenada en memoria (por ejemplo, dispositivo 228 de memoria).

20 En una etapa 652, la unidad 215 de iluminación basada en LED recibe en su entrada 102 la señal 105 de atenuación de corte de fase producida a partir del voltaje 15 de línea de AC, compara la señal 105 de atenuación de corte de fase a un voltaje umbral, en respuesta a esto genera la señal 305 de atenuación de corte de fase digital, y el procesador 224 mide el período y el ancho de pulso de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital, por ejemplo con un temporizador.

25 En una etapa 654, el procesador 224 calcula el ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital usando el período y el ancho de pulso de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital.

En una etapa 656, el procesador 224 usa el valor 109 pico del voltaje 15 de línea de AC para obtener el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital, por ejemplo desde una tabla de consulta almacenada en la memoria (por ejemplo, dispositivo 228 de memoria).

30 En una etapa 658, el procesador 224 determina el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica del ciclo de trabajo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital y el valor máximo de la señal 305 de atenuación de corte de fase digital de ciclo de trabajo.

35 Una vez que el procesador 224 ha determinado el ángulo 107 de corte de fase de la señal 105 de atenuación de corte de fase analógica, puede usar esa información para producir una o más señales 225 de control de atenuación para controlar el nivel de salida de luz de las fuentes de luz LED de la unidad 215 de iluminación basada en LED de acuerdo con la cantidad de atenuación indicada por el ángulo 107 de corte de fase.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método, que comprende:

- 5 recibir una señal (105) de atenuación de corte de fase producida a partir de un voltaje (15) de línea de AC;  
comparar la señal de atenuación de corte de fase con un voltaje de umbral y en respuesta a la misma emitir una señal (305) de atenuación de corte de fase digital;
- 10 determinar (630) un nivel (109) de voltaje pico del voltaje de línea de AC; caracterizado por determinar (654) un ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital;  
emplear (656) el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC para determinar un valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital;
- 15 determinar (658) un ángulo (107) de corte de fase de la señal de atenuación de corte de fase del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital y el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; y
- 20 controlar una atenuación de una unidad (230) de iluminación basada en LED en respuesta al ángulo de corte de fase de la señal de atenuación de corte de fase.

2. El método de la reivindicación 1, en donde emplear el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC para determinar el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital comprende obtener (656) el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital correspondiente al nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC desde una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de tabla, en donde cada entrada de tabla corresponde a un valor particular del nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC y almacena datos que identifican un valor máximo particular correspondiente del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase.

3. El método de la reivindicación 1, en donde determinar el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC comprende:

- 35 determinar (634) una derivada (505) de la señal de atenuación de corte de fase;
- determinar (640) si la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero (505); y
- 40 cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero, encontrando (642) el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC como un nivel de voltaje pico de la señal de atenuación de corte de fase.

4. El método de la reivindicación 3, en donde cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase no cruza por cero, recuperar (644) el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC de la memoria (228).

5. El método de la reivindicación 1, en donde determinar un nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC comprende:

- 50 determinar (634) una derivada (505) de la señal de atenuación de corte de fase;
- determinar (640) si la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero (509); y
- 55 cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero, encontrando (642) el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC como un nivel de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase en un momento en que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero.

6. El método de la reivindicación 1, en donde controlar la atenuación de la unidad de iluminación basada en LED en respuesta al ángulo de corte de fase comprende determinar una proporción de un área bajo una forma de onda de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase a un área bajo una forma de onda de voltaje del voltaje de línea de AC después de la rectificación, y atenuar la unidad de iluminación basada en LED de acuerdo con la proporción.

7. El método de la reivindicación 1, en donde controlar la atenuación de la unidad de iluminación basada en LED en respuesta al ángulo de corte de fase comprende buscar un porcentaje de atenuación para la unidad de iluminación basada en LED en una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de tabla cada uno corresponde a un valor diferente del ángulo de corte de fase y un valor diferente correspondiente para el porcentaje de atenuación.

8. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

para cada uno de una pluralidad de valores para el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC, midiendo (612) un valor máximo correspondiente del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; y

5 almacenar (614) cada uno de los valores máximos correspondientes del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital para cada uno de la pluralidad de valores para el nivel de voltaje pico en una entrada de tabla correspondiente de una tabla de consulta en un dispositivo (228) de memoria.

10 9. Un aparato (200), que comprende:

una entrada (202) configurada para recibir una señal (305) de atenuación de corte de fase producida a partir de un voltaje (15) de línea de AC;

15 un comparador (222) configurado para comparar la señal de atenuación de corte de fase con un voltaje de umbral y en respuesta al mismo para generar una señal de atenuación de corte de fase digital; y

un procesador (224) configurado para determinar (630) un nivel (109) de voltaje pico del voltaje de línea de AC;

20 caracterizado porque el procesador está además configurado para:

determinar (654) un ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital;

25 emplear (656) el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC para determinar un valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; determinar (658) un ángulo (107) de corte de fase de la señal de atenuación de corte de fase del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital y el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital; y

30 controlar una atenuación de una unidad (230) de iluminación basada en LED en respuesta al ángulo de corte de fase.

10. El aparato (200) de la reivindicación 9, que comprende además un dispositivo (228) de memoria que tiene almacenada allí una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de tabla, en donde cada entrada de tabla corresponde a un valor particular del nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC y almacena datos que identifican un valor máximo particular correspondiente del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase.

11. El aparato (200) de la reivindicación 9, en donde el procesador está configurado para determinar el nivel de voltaje pico del voltaje de la línea de AC al:

40 determinar (634) una derivada (505) de la señal de atenuación de corte de fase;

determinar (640) si la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero (509); y

45 cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero, encontrando (642) el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC como un nivel de voltaje pico de la señal de atenuación de corte de fase.

12. El aparato (200) de la reivindicación 9, en donde el procesador está configurado para determinar el nivel de voltaje pico del voltaje de la línea de AC al:

50 determinar (634) una derivada (505) de la señal de atenuación de corte de fase;

55 determinar (640) si la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero (509); y

cuando se determina que la derivada de la señal de atenuación de corte de fase cruza por cero, encontrando (644) el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC como un nivel de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase en un momento en que la derivada de la fase la señal de atenuación de corte cruza por cero.

60 13. El aparato (200) de la reivindicación 9, en donde el procesador controla la atenuación de la unidad de iluminación basada en LED determinando una proporción de un área bajo una forma de onda de voltaje de la señal de atenuación de corte de fase a un área bajo una forma de onda de voltaje del voltaje de línea de AC después de la rectificación, y generar una señal (225) de atenuación LED para atenuar la unidad de iluminación basada en LED de acuerdo con la proporción.

65

14. El aparato (200) de la reivindicación 9, en donde el procesador controla la atenuación de la unidad de iluminación basada en LED buscando un porcentaje de atenuación para la unidad de iluminación basada en LED en una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de tabla cada una correspondiente a un valor diferente del ángulo de corte de fase y un valor correspondiente para el porcentaje de atenuación.

5 15. El aparato (200) de la reivindicación 9, que comprende además un dispositivo (228) de memoria que tiene almacenada allí una tabla de consulta que comprende una pluralidad de entradas de datos, y en donde el aparato está configurado, para cada uno de una pluralidad de valores particulares para el nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC, para:

10 medir un valor máximo correspondiente del ciclo de trabajo máximo de la señal de atenuación de corte de fase digital; y

15 almacenar cada uno de los valores máximos correspondientes del ciclo de trabajo de la señal de atenuación de corte de fase digital en una de las entradas de tabla para el valor particular del nivel de voltaje pico del voltaje de línea de AC.

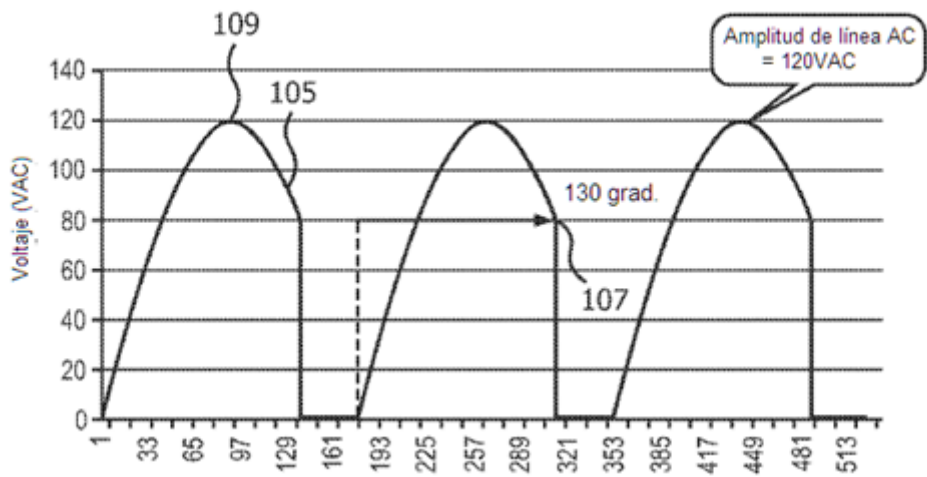


FIG. 1

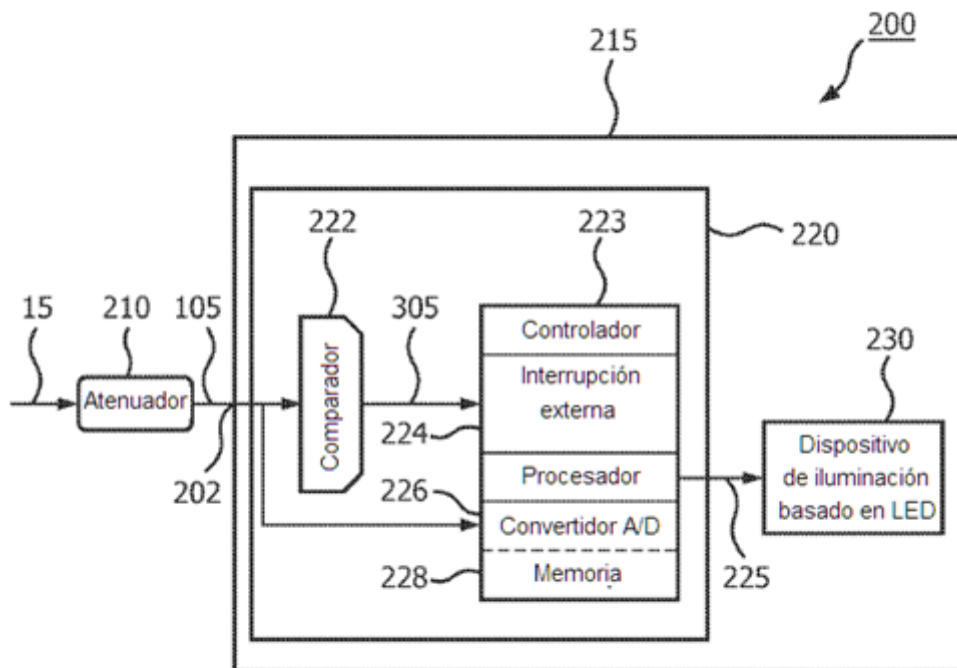


FIG. 2

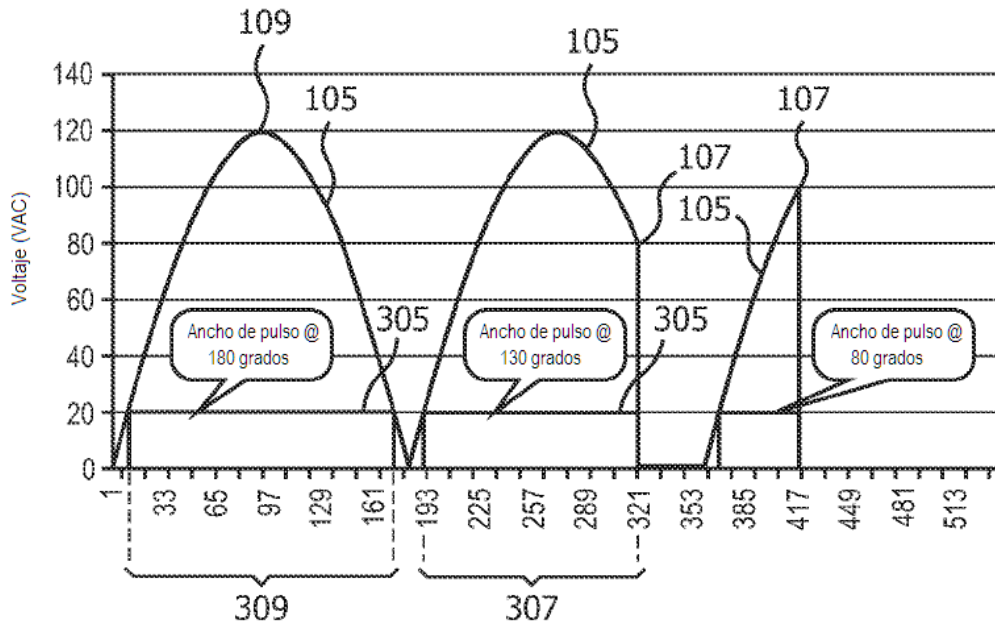


FIG. 3

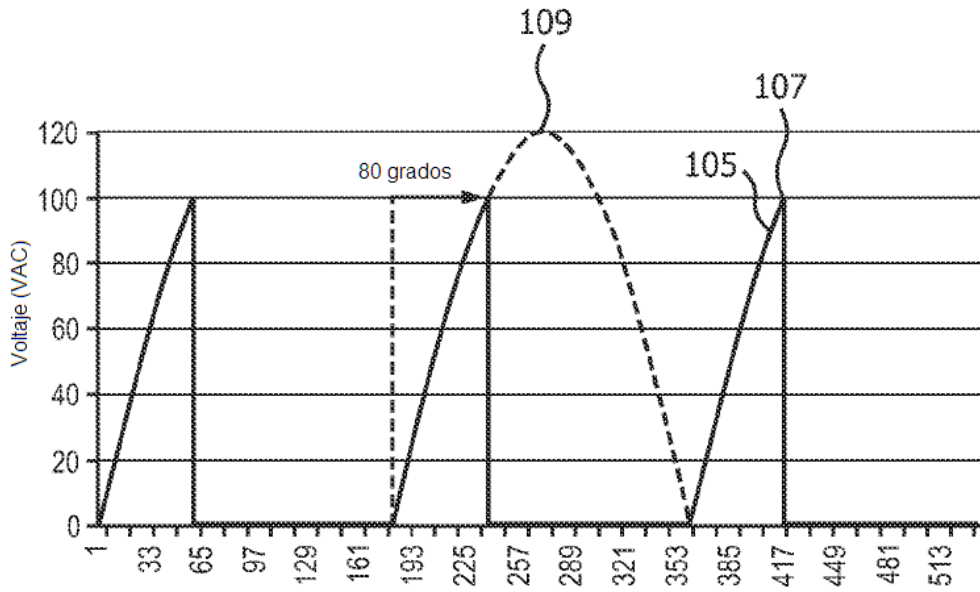


FIG. 4



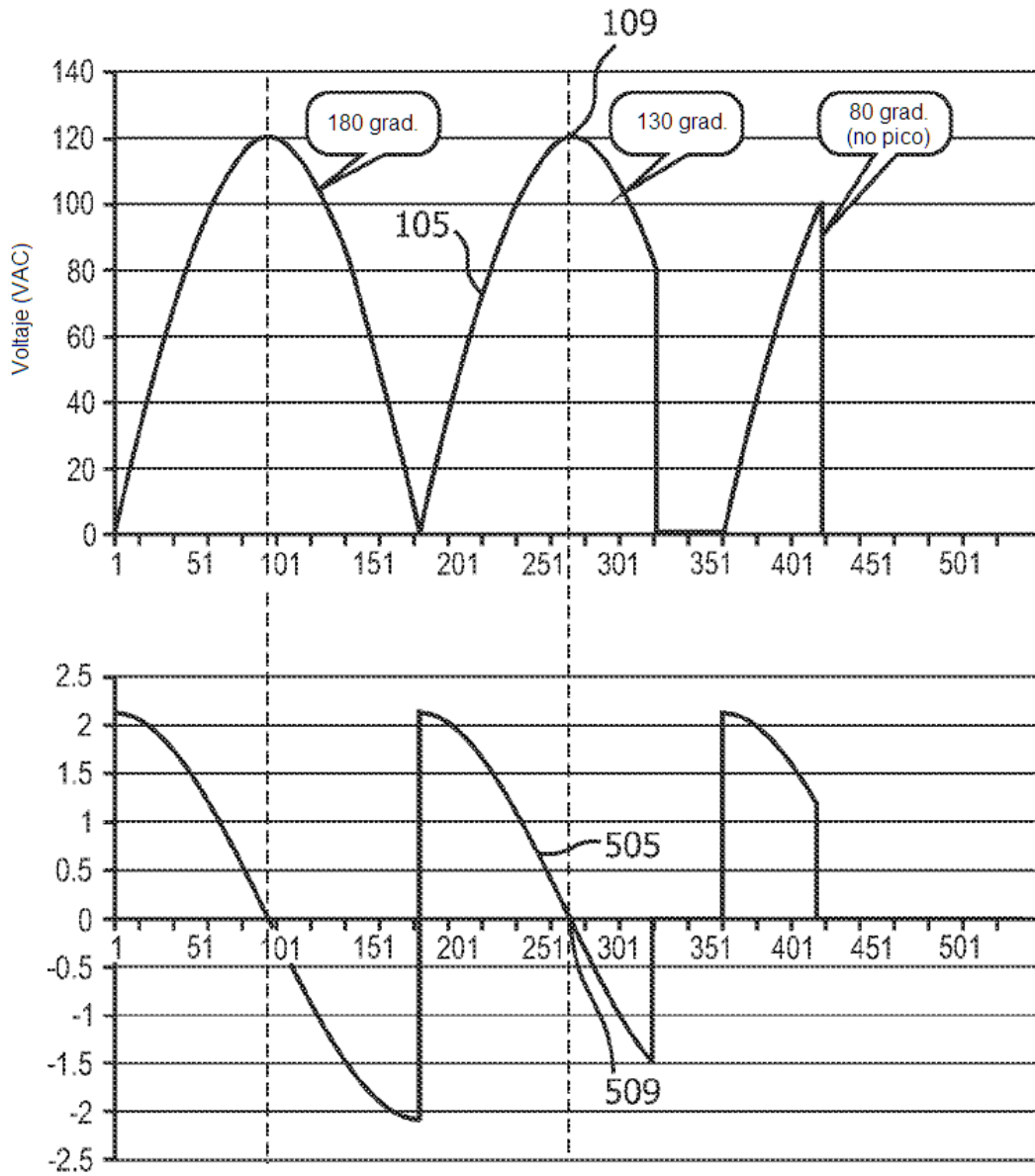


FIG. 5

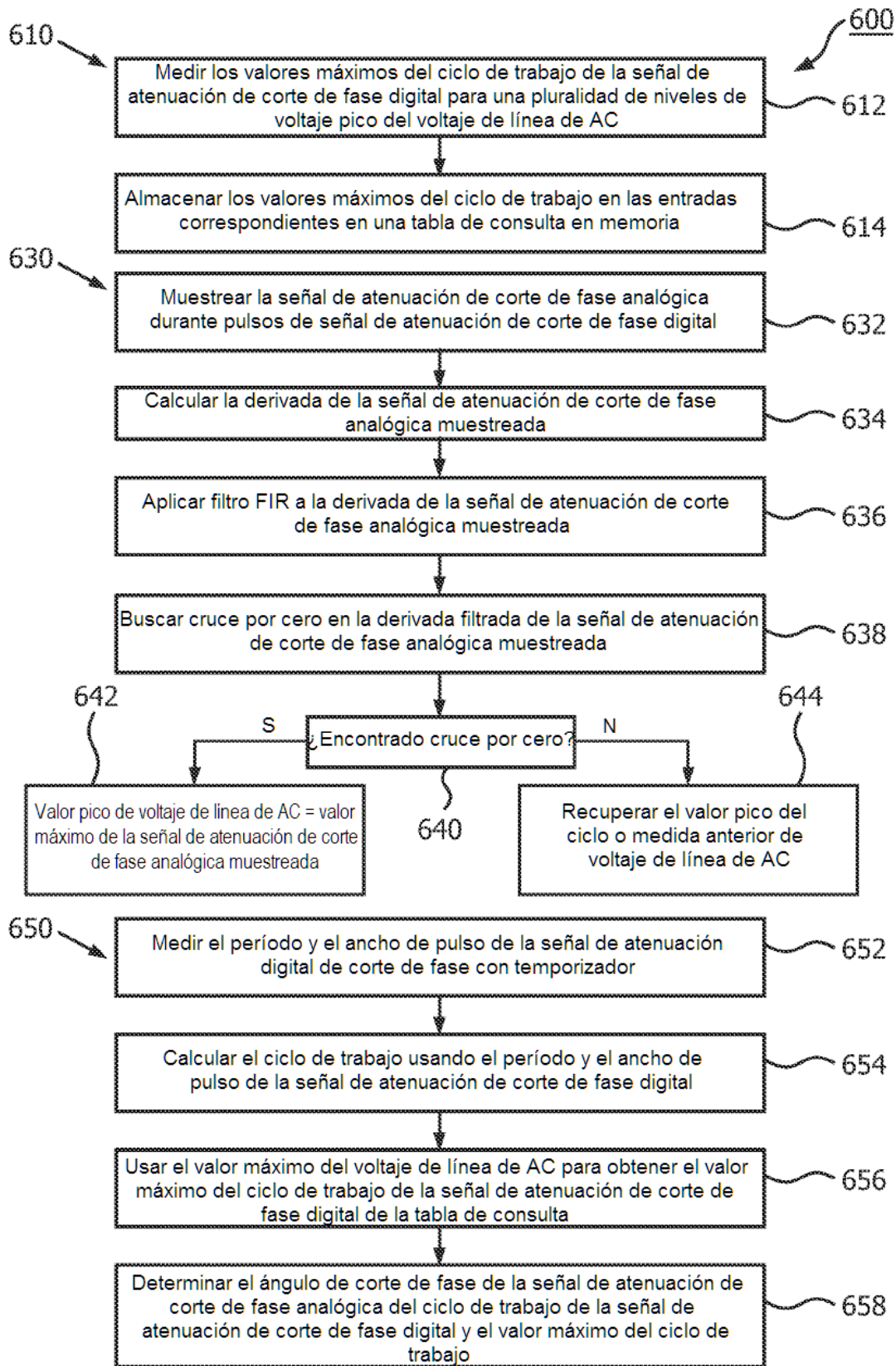


FIG. 6