

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 457 444**

51 Int. Cl.:

**H05B 33/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2009 E 09750798 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2014 EP 2294898**

54 Título: **Controlador para controlar un conjunto de LED, una aplicación de iluminación y un procedimiento para controlar un conjunto de LED**

30 Prioridad:

**20.05.2008 US 54661 P**

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

**25.04.2014**

73 Titular/es:

**ELDOLAB HOLDING B.V. (100.0%)  
Luchthavenweg 18a  
5657EB Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**WELTEN, PETRUS JOHANNES MARIA**

74 Agente/Representante:

**MANRESA VAL, Manuel**

**ES 2 457 444 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

Controlador para controlar un conjunto de LED, una aplicación de iluminación y un procedimiento para controlar un conjunto de LED.

5 La presente invención se refiere a un controlador destinado a controlar un conjunto de LED, una aplicación de iluminación y un procedimiento para controlar un conjunto de LED.

10 En la actualidad, en las aplicaciones de iluminación arquitectónica y de entretenimiento se utiliza cada vez más la iluminación de estado sólido basada en diodos electroluminiscentes (LED). Los LED o unidades LED presentan diversas ventajas con respecto a la iluminación incandescente, tales como una potencia superior en relación con la eficiencia de conversión de la luz, y un control más rápido y más preciso de la intensidad y el color de iluminación. Para alcanzar dicho control preciso de la intensidad y el color desde una emisión luminosa muy tenue hasta una muy brillante es necesario disponer de un control preciso de la corriente directa que circula a través de los LED.

15 Para proporcionar dicha corriente directa a través del / de los LED, se puede utilizar un convertidor (o un regulador tal como un regulador lineal). Constituyen unos ejemplos de este tipo de convertidores los convertidores *Buck*, *Boost* o *Buck-Boost*. Se hace asimismo referencia a dichos convertidores como fuentes de corriente en modo de conmutación. Dichas fuentes de corriente permiten suministrar una corriente sustancialmente constante a la unidad LED. Cuando dicha unidad de LED comprende unos LED de colores distintos, el color resultante proporcionado por la unidad de LED se puede modificar cambiando la intensidad de los distintos LED de la unidad. Esto se realiza, en general, cambiando los ciclos de utilización de los distintos LED. Se puede hacer funcionar los LED en un ciclo de utilización inferior al 100% proporcionando selectivamente (con el tiempo) una corriente a los LED, es decir, proporcionando a los LED impulsos de corriente en lugar de una corriente continua. Seleccionando apropiadamente el ciclo de utilización se puede proporcionar el color y la intensidad requeridos. Para proporcionar una alta resolución con respecto a la intensidad o el color de la fuente luminosa, se requiere un control preciso de los impulsos de corriente para permitir un control de la mezcla de color o blanco de la iluminación LED de alta resolución.

30 En la práctica, una fuente de corriente no proporcionará instantáneamente una corriente apropiada, sino que puede necesitar algún tiempo para alcanzar el valor prefijado de la corriente, en particular en el caso de las fuentes de corriente en modo de conmutación. Así pues, cuando se controla una unidad de LED para que funcione en un ciclo de utilización determinado, para generar una intensidad y/o color requeridos, el color o la intensidad que se obtiene realmente pueden ser distintos de los valores requeridos ya que la corriente real o el perfil de corriente a través de los LED no se corresponde con los valores requeridos o esperados. Este efecto se puede producir cuando se activa una corriente a través del LED así como cuando se apaga la corriente. En la práctica, activar o apagar la corriente a través de un LED se puede realizar abriendo o cerrando una conexión de baja impedancia en paralelo al LED, redirigiendo de este modo la corriente tanto a través del LED como a través de la conexión de baja impedancia. La abertura o el cierre de la conexión se pueden realizar, por ejemplo, utilizando un FET o un MOSFET. Se puede observar, además, que una falta de coincidencia entre una característica requerida y una característica real puede deberse asimismo al deterioro o a influencias térmicas.

45 Debido a la falta de coincidencia entre la característica requerida y la real, se reduce el contraste que se puede obtener con respecto a, por ejemplo, el color o la intensidad. Ello se puede entender del siguiente modo: en la práctica, el contraste con respecto a por ejemplo, la intensidad de un LED se puede representar mediante la intensidad mínima que se puede proporcionar. Debido al comportamiento transitorio del convertidor que alimenta el LED o, por ejemplo, a tolerancias de fabricación que afectan a las características del LED, se pueden observar grandes variaciones entre los distintos LED de la misma gama de productos. Por lo tanto, para garantizar que todos los LED de la misma gama de productos funcionan del mismo modo, puede ser necesario ajustar la intensidad mínima a un nivel comparativamente elevado a fin de asegurar sustancialmente el mismo comportamiento de los distintos LED. Así pues, las tolerancias y el comportamiento transitorio pueden afectar el contraste disponible para la gama de productos.

55 Además, en el caso de las fuentes de corriente en modo de conmutación, la frecuencia de control interno en modo de conmutación es, en general, independiente del momento de conexión o desconexión del impulso. Ello significa que en el caso de impulsos cortos, inferiores a aproximadamente 5 veces la duración del ciclo de conmutación, el impulso de corriente puede presentar un inicio incierto que provoque grandes diferencias en la salida de corriente real.

60 Se puede reconocer que se puede alcanzar el control preciso de la corriente en el estado actual de la técnica utilizando componentes especiales con una deriva térmica baja y alta precisión, aliviando o mitigando de este modo algunos de los efectos mencionados. Dicho método es sin embargo bastante costoso y, por lo tanto, no se prefiere. El documento US n. 2008/0048587 A1 da a conocer un procedimiento para controlar una fuente luminosa eléctrica modulada por la anchura del impulso.

En vista de los inconvenientes mencionados anteriormente, constituye un objetivo de la presente invención proporcionar un modo mejorado de funcionamiento de un conjunto de LED y proporcionar un controlador para un conjunto de LED que, por lo menos parcialmente, supere uno o más de los inconvenientes mencionados.

- 5 Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un controlador destinado a controlar un conjunto de LED, disponiéndose el controlador para
- recibir una señal de entrada que representa una característica necesaria del conjunto de LED,
  - convertir la señal de entrada en una señal de control para el conjunto de LED,
  - 10 - aplicar una corrección a la señal de control para obtener una señal de control corregida, basándose la corrección en una característica transitoria predeterminada del conjunto de LED,
  - enviar la señal de control corregida.

15 Mediante el control de un conjunto de LED utilizando un controlador según la presente invención, se puede obtener una mejor correspondencia entre la característica requerida y la característica real del conjunto de LED, debido a la corrección aplicada a la señal de control. La corrección aplicada se basa en una característica transitoria predeterminada del conjunto de LED. Como ejemplo de dicha característica transitoria del conjunto de LED, se puede mencionar una corriente transitoria. En general, un conjunto de LED controlado por el controlador según la presente invención comprende un LED o una unidad de LED que comprende uno o más LED y un convertidor

20 destinado a alimentar el LED o la unidad de LED. Así pues, una característica del conjunto de LED puede comprender tanto una característica del LED o unidad de LED (por ejemplo, una intensidad o un color) como una característica del convertidor (tal como una corriente o perfil o impulso de corriente). La corrección aplicada a la señal de control para obtener la señal de control corregida se puede obtener, por ejemplo, a partir de las mediciones de corriente o tensión realizadas en el conjunto. Al proporcionar la señal de control corregida en lugar de la señal de

25 control, se obtiene un control mejorado del conjunto de LED ya que se alcanza una mejor correspondencia entre las características requeridas y la característica real del conjunto. Por lo tanto, cuando se puede establecer un mejor control con respecto al rendimiento real del conjunto de LED, se puede obtener un contraste mejorado (es decir, una luminosidad mínima inferior). Un mejor control del impulso de corriente permite fijar el impulso mínimo disponible a un valor inferior. De este modo se puede alcanzar un comportamiento sustancialmente similar de distintos LED de la misma gama de productos, incluso con la luminosidad mínima. Como resultado de ello, se mejora el contraste que se puede obtener para la gama de productos.

- 35 Según un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un procedimiento para controlar un conjunto de LED, comprendiendo el procedimiento las etapas de
- recibir una señal de entrada que representa una característica necesaria del conjunto de LED,
  - convertir la señal de entrada en una señal de control para el conjunto de LED,
  - aplicar una corrección a la señal de control para obtener una señal de control corregida, basándose la corrección en una característica transitoria predeterminada del conjunto de LED,
  - 40 - enviar la señal de control corregida.

- En una forma de realización preferida del procedimiento según la presente invención, la corrección de la señal de control se determina
- 45 - aplicando una señal al conjunto de LED correspondiente a una característica requerida del conjunto de LED,
  - determinando la característica real del conjunto de LED a partir de una respuesta a la señal,
  - determinando una diferencia entre la característica real y la característica requerida,
  - determinando a partir de la diferencia la corrección aplicable a la señal de control para compensar, por lo menos
  - 50 parcialmente, la diferencia.

Según el procedimiento preferido de la presente invención, el comportamiento del conjunto de LED como respuesta a una señal de control se caracteriza por la comparación entre la característica esperada (o requerida) del conjunto y la característica real producida. A partir de dicha comparación, se puede determinar una corrección que, cuando se aplica a la señal de control proporcionada por el controlador, tiene como resultado una mejor correspondencia entre

55 la característica requerida y la característica real. Tal como se mencionó anteriormente, la característica requerida del conjunto de LED puede hacer referencia a una característica de un LED o unidad de LED del conjunto o a una característica del convertidor o del regulador del conjunto. Para ilustrarlo, se proporciona el ejemplo siguiente.

Para obtener una intensidad requerida de un LED, una señal de control de un convertidor del conjunto de LED puede permitir que el convertidor suministre un impulso de corriente (con una amplitud y un ciclo de trabajo

60 específicos) al LED. En la práctica, la forma del impulso de corriente puede ser distinta de la forma esperada, lo que tiene como resultado una intensidad distinta de los LED (por ejemplo, debido al comportamiento transitorio del convertidor). De este modo, se puede observar la diferencia entre la intensidad real y la intensidad requerida tanto directamente a partir de la intensidad (por ejemplo, mediante una medición de la intensidad) como indirectamente a

65 partir de la forma de la corriente (por ejemplo, midiendo la forma real del impulso de corriente y comparándola con la forma del impulso de corriente esperada).

En ambos casos, se puede determinar una corrección a partir de la diferencia observada, siendo dicha corrección de tal modo que se reduce la diferencia entre la característica requerida y la característica real.

Puesto que en general, la falta de correspondencia entre, por ejemplo, una intensidad real y una intensidad requerida es tal que la intensidad real es inferior a la requerida, se puede hacer referencia asimismo a la falta de correspondencia como pérdidas del ciclo de utilización o pérdidas de desbloqueo.

Las formas de realización y las ventajas adicionales de la presente invención se describirán posteriormente y se ilustran mediante las figuras siguientes.

Breve descripción de los dibujos:

la figura 1a representa esquemáticamente un gráfico de la luminosidad con respecto al ciclo de utilización de un esquema de control PWM;

la figura 1b representa esquemáticamente un esquema de control PWM;

la figura 1c representa esquemáticamente un primer ejemplo de esquema de frecuencia variable;

la figura 1d representa esquemáticamente un segundo ejemplo de esquema de frecuencia variable;

la figura 1e representa esquemáticamente una fuente de corriente en modo de conmutación del estado actual de la técnica para accionar un LED o unidad de LED;

la figura 2 representa esquemáticamente un gráfico de un transitorio de tensión de salida de una fuente de corriente en modo de conmutación;

la figura 3 representa esquemáticamente un gráfico de la salida de corriente real en el tiempo que corresponde al transitorio de tensión de la figura 2;

la figura 4 representa esquemáticamente la diferencia entre la corriente real y la forma de la corriente de demanda;

la figura 5 representa esquemáticamente un impulso de corriente compensado alargando el impulso para compensar las pérdidas de desbloqueo determinadas;

la figura 6a representa esquemáticamente un modo de determinar las pérdidas del ciclo de utilización mediante mediciones de la corriente;

la figura 6b representa esquemáticamente una aproximación de primer orden de determinación de las pérdidas del ciclo de utilización mediante mediciones de la corriente;

la figura 7 representa esquemáticamente un circuito destinado a controlar la pendiente de un impulso de corriente tal como se puede aplicar en la presente invención.

La figura 8 representa esquemáticamente una aplicación de iluminación según la presente invención.

Descripción

En la actualidad, se utilizan cada vez más aplicaciones de iluminación de estado sólido basadas en diodos electroluminiscentes (LED). Los LED o unidades LED presentan diversas ventajas con respecto a la iluminación incandescente, tales como una potencia superior en relación con la eficiencia de conversión de la luz, un control más rápido y más preciso de la intensidad y el color de iluminación.

La salida, en lo que se refiere al color o la intensidad de dichos LED o unidades de LED se controla mediante el control de la corriente a través del (de los) LED.

El estado actual de la técnica utiliza normalmente la modulación por impulsos en duración (PWM), en la que, con una frecuencia fija, varía el ciclo de utilización de la corriente del LED. Debido a las pérdidas comentadas, la luminosidad resultante no será lineal con el valor prefijado del ciclo de utilización cuando se varía del 0% al 100%. Con ciclos de utilización inferiores, la curva de la luminosidad con respecto al valor prefijado del ciclo de utilización se elevará más lentamente que en los ciclos de utilización más elevados. Ello se debe al hecho de que la corriente no se elevará hasta su valor nominal  $I_{nom}$  debido a la corta duración del impulso de corriente requerido. Cuando la corriente puede alcanzar sus valores nominales  $I_{nom}$ , se alcanza la pendiente final en dicha curva y aumenta la luminosidad con dicha pendiente hasta que se alcanza un ciclo de utilización del 100%. Ello se ilustra en la figura 1 que representa esquemáticamente la luminosidad B en función del ciclo de utilización DC. La curva de puntos representa la relación requerida o esperada, la línea continua representa la relación real que se obtiene cuando la fuente de corriente no puede proporcionar instantáneamente un valor prefijado de corriente requerido.

Dada una determinada resolución utilizada para cambiar el valor prefijado del ciclo de utilización, se alcanza un cierto nivel de luminosidad mínima cuando el ciclo de utilización se aumenta a partir de 0 en 1 paso de resolución. Cuanto mayor sea la resolución, más se verá influida dicha luminosidad mínima por la no idealidad de las pendientes anterior y posterior de la corriente de un impulso de corriente y la distribución gaussiana habitual de la misma. Con unas resoluciones elevadas puede suceder incluso que algunos LED transmitan luz, mientras que otros no lo hagan tras un aumento del ciclo de utilización de cero en 1 paso de resolución. Se puede aceptar que se necesitan más pasos de resolución antes de que los LED se iluminen o, elegir una resolución menos elevada, obteniéndose un control más rudimentario de la luminosidad y del color.

En cualquier caso, el contraste resultante (el cociente entre una luminosidad del 100% y la luminosidad mínima) depende del LED y de las características del convertidor que determinan las pendientes de la corriente, o se puede alcanzar únicamente con distintos ajustes del ciclo de utilización del LED (o unidad de LED) + casos del convertidor o es inferior de lo que podría ser debido a la elección de una resolución inferior.

5 Dicho método conocido (modulación por impulsos en duración) puede, por lo tanto, limitar la resolución que se puede obtener en comparación con un control de la frecuencia no fijo, el método conocido puede presentar un comportamiento no lineal de la luminosidad con respecto al punto prefijado y puede dificultar la disposición de la unidad de control que controla el convertidor como circuito de base con un comportamiento independiente constante de las distintas topologías de LED utilizadas.

Suponiendo una modulación por impulsos en duración con un período  $T_p$  y un paso del ciclo de utilización  $t_{rlo}$  más pequeño posible, la resolución se limita a  $T_p/t_r$ .

15 La figura 1b ilustra esquemáticamente un gráfico de la corriente  $I$  con respecto al tiempo que muestra diversos períodos  $T_p$  e impulsos de corriente que presentan una longitud (en el tiempo) igual a  $t_r$ .

20 Cuando se aplica un control de la frecuencia no fijo (o variable), se puede aplicar un período superior, al que se hace referencia como  $T_{p'}$ , véase la figura 1c. De este modo, se obtiene un aumento de la resolución  $T_{p'}/t_r$ . El período  $T_{p'}$  se puede seleccionar asimismo para comprender una pluralidad de períodos  $T_p$  mientras se mantiene  $t_r$  como el paso del ciclo de utilización más pequeño posible con dicho período  $T_{p'}$ . Para cada período de  $T_p$ , se puede decidir aplicar un impulso  $t_r$  o no. De este modo, se puede obtener igualmente una mayor resolución. Ello se ilustra en la figura 1d en la que  $T_{p'}$  es igual a 3 veces  $T_p$  y dos impulsos  $t_r$  se aplican durante el período  $T_{p'}$ . En la práctica,  $T_{p'}$  se puede ampliar hasta el punto en que se vuelve perceptible a simple vista (ello ocurre aproximadamente en una frecuencia comprendida entre 100 y 250 Hz).

30 En la actualidad, se aplican distintos tipos de fuentes de corriente para dicho control de un LED o unidad de LED. La figura 1e representa esquemáticamente un ejemplo de dicha fuente de corriente del estado actual de la técnica CS para accionar los LED. El ejemplo que se muestra resulta conocido y se denomina regulador *buck*. Utilizando un regulador de este tipo, se puede establecer la atenuación del LED, por ejemplo, mediante la modulación basada en el ciclo de utilización (por ejemplo, PWM). Se reconoce, además, que otros tipos de fuentes de energía (conocidos asimismo como reguladores o convertidores), tales como *boost*, *buck-boost*, *CUCK*, *SEPIC* u otros, tanto sincrónicas como no sincrónicas, se pueden aplicar ventajosamente junto con la presente invención. En general, dicha fuente de corriente en modo de conmutación CS comprende una inductancia  $L$ , un elemento de unidireccional  $D$  tal como un diodo y un elemento de conmutación  $T$ , por ejemplo, un FET o un MOSFET. Se puede controlar la conmutación del elemento  $T$ , por ejemplo, mediante un controlador, basándose en una señal de entrada  $FB$  recibida por dicho controlador.

40 Las figuras 2 y 3 representan esquemáticamente una tensión de salida  $V_{out}$  transitoria (figura 2) y la corriente de salida  $I$  transitoria (figura 3) de un regulador (o convertidor) de este tipo que corresponde a un cambio requerido en la salida de la corriente  $I = 0$  a la corriente  $I = I_{nom}$ . El patrón en dientes de sierra que se puede observar en la característica transitoria de la tensión de la fuente de corriente (figura 2) se debe a la conmutación del elemento de conmutación del regulador.

45 Dicha conmutación se puede realizar, por ejemplo, a una frecuencia de 500 kHz. La corriente real  $I$  en función del tiempo  $t$  proporcionada por la fuente de corriente (por ejemplo, correspondiente a la corriente a través de la unidad de LED) se representa mediante la línea continua en la figura 3. La línea de puntos corresponde a la demanda de corriente real basándose en una señal de control que controla el regulador. Tal como se puede observar, tanto durante el aumento de  $I = 0$  a  $I = I_{nom}$  como durante la disminución de  $I = I_{nom}$  a  $I = 0$ , se puede observar la diferencia entre la corriente real y la corriente solicitada.

55 La figura 4 representa esquemáticamente la diferencia  $\Delta I$  entre la corriente solicitada (o requerida) y la corriente real en función del tiempo  $t$ . Tal como se puede observar, se produce una diferencia entre la corriente real y la corriente solicitada tanto en el inicio del impulso de corriente como al final. En general, la discrepancia al inicio del impulso será superior a la discrepancia al final del impulso.

A menudo, se puede ignorar la diferencia entre la corriente real y la requerida al final del impulso. En general, se puede observar que la corriente real proporcionada con respecto al tiempo es inferior la corriente requerida. Es decir, la integral con respecto al tiempo del impulso de corriente real es inferior a la integral con respecto al tiempo del impulso de corriente requerido. Puesto que ello producirá, en general, una intensidad reducida o una pérdida de intensidad del LED o de la unidad de LED, se hace referencia asimismo a este efecto como pérdidas de desbloqueo o del ciclo de utilización.

65 La presente invención proporciona diversos modos de prevenir que estas pérdidas de desbloqueo o del ciclo de utilización tengan un impacto en el ciclo de utilización general requerido. Un modo de realizarlo es medir el perfil de la corriente (desbloqueo) y compensarlo. Dicha compensación se puede realizar en la práctica ajustando la señal de

control que controla el convertidor del conjunto de LED: cuando se observan y se determinan las pérdidas de desbloqueo, se puede determinar una corrección que se puede aplicar a la señal de control. Cuando se aplica la corrección a la señal de control, obteniendo de este modo una señal de control corregida, dicha señal de control corregida se puede aplicar mediante un controlador según la presente invención destinado a controlar un conjunto de LED. Dicha señal de control corregida puede provocar, por ejemplo, un aumento del ciclo de utilización, por ejemplo, prolongando los impulsos de corriente o proporcionando impulsos adicionales.

La figura 5 representa esquemáticamente la aplicación de una señal de control corregida que corresponde a un impulso de corriente prolongado. Al aplicar un impulso de corriente prolongado (de  $t_0$  a  $t_2$ ), se pueden compensar, por lo menos parcialmente, las pérdidas de desbloqueo. Se puede seleccionar la extensión del impulso de corriente de tal modo que el área A2 es sustancialmente igual al área A1.

Para determinar las pérdidas de desbloqueo, se puede medir la corriente real suministrada al LED o unidad de LED.

Ello se puede realizar de diversos modos. Como un primer ejemplo, la determinación de las pérdidas del ciclo de utilización se puede hacer realizando una pluralidad de mediciones de corriente en el impulso de corriente a investigar. Ello se ilustra en la figura 6a. La figura 6a representa esquemáticamente la forma de la corriente real y un cierto número de mediciones de corriente (20) indicadas a lo largo de la forma de la corriente. Por interpolación se puede determinar la integral con respecto al tiempo de la corriente y compararse con la forma de la corriente requerida.

Para realizar las mediciones de corriente de la figura 6A puede ser necesaria una conversión relativamente rápida de A/D, preferentemente con un factor de aproximadamente 2 a 16 veces más rápido que la frecuencia de conmutación del convertidor (en el caso de una frecuencia de conmutación de 500 kHz, se prefiere un muestreo superior a 2 MHz a fin de prevenir los efectos de solapamiento).

Como primera aproximación para determinar las pérdidas de desbloqueo, se podrá apreciar que dichas pérdidas se pueden calcular a partir del tiempo de formación del impulso de corriente. Dicho tiempo de formación (es decir, el tiempo requerido para que la corriente aumente de  $I = 0$  hasta  $I = I_{nom}$ ) se puede determinar o aproximar cuando se conoce la pendiente del impulso de corriente. Ello se ilustra en la figura 6b. Cuando se conoce el punto de partida (en el tiempo)  $t_0$  del impulso de corriente, la pendiente de corriente se puede aproximar mediante una única medición de la corriente en un instante  $t_3$  ejemplo, como se ilustra. En el caso que se conozcan  $I_{nom}$ , la diferencia de tiempo ( $t_3 - t_0$ ), e  $I_1$ , la corriente medida en  $t_3$ , se puede determinar el área A3 a partir de la pendiente del impulso de corriente ( $I_1$  con respecto a ( $t_1 - t_0$ )). Se puede considerar compensar el área A3 como aproximación de primer orden para las pérdidas de desbloqueo.

Cabe indicar que se puede aplicar asimismo ventajosamente una determinación de la pendiente del impulso de corriente para otro propósito. Tal como se ilustra, por ejemplo, en la figura 7, un conjunto de LED puede comprender una pluralidad de unidades de LED, pudiendo presentar cada una de dichas unidades de LED una topología distinta (por ejemplo, una pluralidad de LED en paralelo o una pluralidad de LED en serie). Inicialmente, se puede desconocer la topología real de una unidad de LED que se puede alimentar mediante un convertidor. Este puede ser el caso en el que se sustituye una unidad de LED. En tal caso, cuando se proporciona una corriente a la unidad de LED, se puede utilizar la pendiente del impulso de corriente (que se puede medir, por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 6b) para determinar la topología de la unidad de LED. Se ha observado que cuando se conoce una pendiente de corriente  $\alpha$ , en el caso en que la unidad de LED comprenda un único LED, la pendiente de corriente observada cuando se conectan  $x$  LED en serie es sustancialmente igual a  $\alpha/x$ . Como consecuencia de ello, basándose la pendiente de corriente conocida  $\alpha$  para un único LED, se puede diagnosticar la topología de una unidad de LED y se pueden estimar las pérdidas de desbloqueo correspondientes de la unidad de LED. Resultará evidente para los expertos en la materia que las pérdidas de desbloqueo aproximadas utilizando el método ilustrado en la figura 6b son inversamente proporcionales a la pendiente de la corriente  $\alpha$  que se observa. Por lo tanto, cuando se conocen las pérdidas de desbloqueo para un único LED, se pueden determinar (o estimar) igualmente para dos o más LED. Se ha demostrado con experimentos que el procedimiento descrito proporciona buenos resultados, con por lo menos hasta 4 a 6 LED conectados en serie.

Una implementación alternativa y preferida para determinar la forma real del impulso de corriente comprende medir menos puntos (o incluso un único punto) por impulso de corriente y ejecutar un cierto número de impulsos de corriente con cada vez que el momento de la muestra se desplaza, por ejemplo, 0,5  $\mu$ s. Los momentos de muestreo se encuentran en el tiempo siempre que hace referencia (y se sincroniza) al inicio del impulso de corriente. En efecto, ello capta sustancialmente el mismo resultado que si se utiliza el muestreo de 2 MHz o superior. La ventaja es unos requisitos de software y de temporización de la conversión A/D menos estrictos. Por interpolación de la pluralidad de medidas de corriente se puede determinar la integral con respecto al tiempo del impulso de corriente real y compararse con la forma de la corriente requerida. A partir de dicha comparación, se puede determinar una corrección (por ejemplo, en forma de prolongación del impulso de corriente).

Con respecto a este último procedimiento, que también se conoce como submuestreo, debe tenerse en cuenta que se requiere un conocimiento preciso de la sincronización de los distintos impulsos utilizados para construir la forma

del impulso de corriente. Puesto que el submuestreo requiere realizar diversas mediciones de la corriente a intervalos predeterminados dentro de un impulso, es necesario conocer con precisión el inicio de los impulsos utilizados para el submuestreo. Se ha observado que, en el caso en que se utilice una fuente de corriente en modo de conmutación, el comportamiento transitorio, es decir, la forma real de un impulso de corriente puede depender de la temporización del impulso de corriente con respecto a la conmutación del convertidor. De este modo, para asegurar que la forma del impulso de corriente es constante durante el submuestreo, se debe garantizar que los distintos impulsos que se utilizan se producen en sustancialmente el mismo caso con respecto a la conmutación del convertidor. Ello se puede realizar en la práctica sincronizando la conmutación del convertidor mediante el controlador. En la figura 8, dicha sincronización se indica mediante una señal de sincronización (S) proporcionada por el controlador CU al convertidor (o regulador) 50. Cuando se proporciona una señal de sincronización al convertidor, se acciona el conmutador del convertidor. Posteriormente, se puede proporcionar una señal de control al convertidor para proporcionar el impulso de corriente. Por lo tanto, los impulsos de corriente se pueden sincronizar con la frecuencia de conmutación. De este modo, se puede garantizar que la forma del impulso de corriente continúe siendo sustancialmente la misma, obteniendo de este modo sustancialmente las mismas pérdidas del ciclo de utilización para cada impulso. Además, se puede garantizar que se conoce la posición de impulso de corriente en el tiempo con respecto a la señal de sincronización. De este modo, la compensación o la corrección de dichas pérdidas serán más constantes.

Ello se puede aplicar ventajosamente para evitar una pérdida en la resolución. Al bloquear la frecuencia del conmutador o elemento de conmutación T del convertidor de la señal de sincronización del controlador (o señal de sincronización), se puede generar una forma de impulso constante. Se ha observado que los impulsos cortos generados con frecuencias independientes del conmutador y los propios impulsos provocarían variaciones de la intensidad que se podrían percibir como oscilaciones luminosas. Cuando se bloquea la frecuencia de conmutación al inicio del impulso, la configuración de las ondas de encendido y apagado resultantes repite sustancialmente la misma pendiente y forma, lo que reduce las oscilaciones luminosas al garantizar unas pendientes idénticas de inicio del impulso de corriente. Tal como se ha mencionado anteriormente, se puede sincronizar una fuente de alimentación en modo de conmutación restableciendo su generador de frecuencia de conmutación, por lo tanto, sincronizando localmente la fase de los dos estados.

Para compensar las pérdidas del ciclo de servicio, las pérdidas de corriente medidas resultantes de encender la corriente, se puede prolongar el impulso de corriente de tal modo que se compensan las pérdidas de desbloqueo por el extremo posterior del impulso.

En lugar de corregir la señal de control de tal modo que el impulso de corriente se prolongue en el tiempo, se podrá apreciar que la corrección puede proporcionar asimismo la corrección de las pérdidas al aumentar la amplitud de la corriente hacia el LED o controlando la fuente de corriente de tal modo que se suministra un impulso de corriente adicional. Cabe indicar que las pérdidas de desbloqueo de dicho impulso de corriente adicional preferentemente se toman asimismo en consideración.

Con respecto al comportamiento característico transitorio del conjunto de LED, cabe señalar que se pueden observar las distintas características transitorias en un conjunto de LED. Suponiendo que el conjunto de LED comprende un convertidor (por ejemplo, un convertidor *buck*) para proporcionar corriente a una unidad de LED del conjunto de LED, la unidad de LED comprende una pluralidad de LED que se pueden proporcionar con corriente procedente del convertidor. Se supone, además, que cada uno de los LED de la unidad LED se puede cortocircuitar mediante un conmutador (por ejemplo, un MOSFET). Dicho conjunto de LED se describe más detalladamente en la figura 8.

En dicho conjunto, se puede proporcionar un impulso de corriente a los LED individuales de uno de los modos siguientes:

1. conmutando la fuente de corriente (es decir, el convertidor) durante un período predeterminado.
2. suponiendo que se proporciona corriente mediante la fuente de corriente a una conexión de baja impedancia en paralelo al LED (por ejemplo, un MOSFET en un estado de conducción), se puede proporcionar corriente al LED abriendo temporalmente, durante un período predeterminado, dicha conexión de baja impedancia.

El primer procedimiento para proporcionar una corriente de impulsos al LED o a los LED se aplica a menudo cuando los LED están destinados a funcionar en un ciclo de utilización bajo. En dicha situación, no resultaría económico proporcionar una corriente sustancialmente continua a la unidad de LED puesto que esta corriente se proporciona únicamente a los LED durante un pequeño porcentaje del tiempo (es decir, que funciona con un ciclo de utilización bajo). Los expertos en la materia podrán apreciar que las pérdidas de desbloqueo que se producen pueden ser distintas para ambas situaciones. En general, proporcionar un impulso de corriente conmutando la fuente de corriente provocará más pérdidas de desbloqueo en comparación con las pérdidas que se producen cuando la corriente simplemente se redirige. De este modo, en una forma de realización preferida de la presente invención, la corrección aplicada a la señal de control depende del modo en que la corriente se proporciona al LED o a los LED. Además, se ha observado que el comportamiento transitorio del conjunto de LED puede verse afectado por otros

parámetros, tales como por ejemplo, la temporización de un impulso de corriente con respecto a la conmutación (véase la figura 2) del regulador. De este modo, se pueden tener en cuenta asimismo en la corrección de la señal de control los aspectos de la temporización de un impulso de corriente con respecto a la conmutación del regulador. Los expertos en la materia podrán apreciar que estos diversos factores de dependencia se pueden determinar experimentalmente y que los resultados se pueden almacenar, por ejemplo, en una unidad de memoria del controlador.

En lugar de determinar la corrección de la señal de control a partir de la diferencia de corriente entre la corriente (impulso) requerida y la corriente (impulso) real, la diferencia en la característica requerida y la característica real se puede determinar de otro modo. En el caso en que la característica requerida sea una intensidad, se puede medir dicha característica y, basándose en las especificaciones del excitador de LED, se puede determinar una corrección a la señal de control. De este modo, se puede reducir la diferencia entre el comportamiento de los diferentes LED de la misma gama de productos y aumenta la resolución que se puede obtener.

En lugar de utilizar una medición de la corriente para determinar las pérdidas de desbloqueo (en general, una diferencia entre una característica requerida y una real del conjunto de LED), se pueden aplicar igualmente otras mediciones. A título de ejemplo, puede resultar ventajoso derivar las pérdidas de desbloqueo de una tensión medida (o perfil de tensión), por ejemplo, la tensión directa en el LED. Suponiendo que se requiera un impulso de corriente en forma de bloque, los expertos en la materia entenderán que la tensión directa en el LED debe ser asimismo en forma de bloque. De este modo, se puede utilizar la tensión real en el LED para derivar las pérdidas de desbloqueo y, por lo tanto, obtener una corrección a aplicar a la señal de control.

Como alternativa a la determinación de las pérdidas de desbloqueo que se producen debido a que el tiempo de aumento de la corriente no es infinitamente pequeño, puede resultar ventajoso controlar la pendiente de los impulsos de corriente garantizando que el aumento o la disminución de la corriente no son más rápidos que un valor predeterminado. Al controlar la pendiente del impulso de corriente, se puede obtener una mejor correspondencia entre la característica de salida real y la requerida. Al controlar la pendiente, se pueden evitar en gran medida las pérdidas de desbloqueo. Tal como se ilustra en las figuras 2 a 5, las pérdidas de desbloqueo se pueden considerar como un efecto transitorio o parásito debido a una respuesta inadecuada del conjunto de LED a la señal de control. Es decir, el conjunto de LED, por ejemplo el convertidor, no puede seguir la salida requerida, por ejemplo un impulso de corriente en forma de bloque. Cuando, sin embargo, se requiera una forma de impulso triangular o trapezoidal, el conjunto de LED puede proporcionar dicha forma de corriente con menos pérdidas de desbloqueo.

Para obtener un aumento y descenso controlados de la corriente a través del LED o de los LED, será evidente que ello se podría obtener proporcionando un control apropiado del convertidor que alimenta el LED o los LED, por ejemplo, proporcionando un valor prefijado de la corriente requerida (por ejemplo, un perfil predeterminado) para la corriente. Al proporcionar dicho valor prefijado de la corriente y permitir al convertidor seguir dicho punto prefijado puede, sin embargo, aumentar la complejidad del controlador y del convertidor. En una alternativa preferida, el conjunto de LED está construido de tal modo que el aumento o la disminución de la corriente están limitados por un circuito apropiado. Un ejemplo de dicho circuito se ilustra en la figura 7.

La figura 7 representa esquemáticamente un conmutador TL (por ejemplo, un MOSFET) en paralelo con un LED 30. Se puede proporcionar un impulso de corriente al LED 30 abriendo temporalmente la conexión en paralelo proporcionada por el MOSFET. Ello se puede establecer controlando la tensión  $V_c$ , por ejemplo, mediante una unidad de control CU, tal como se representa en la figura 8. El circuito de resistencia 40 junto con la denominada la capacidad de Miller 45 del MOSFET garantiza que la tensión  $V_c$  no se aplica instantáneamente a la puerta del MOSFET. Como resultado de ello, la conexión en paralelo formada por el MOSFET se abre y cierra gradualmente en lugar de sustancialmente instantáneamente. Seleccionando apropiadamente las resistencias 40, se puede obtener una pendiente de corriente controlada de los impulsos proporcionados al LED o los LED.

Los expertos en la materia podrán reconocer que la figura 7 proporciona únicamente un ejemplo de cómo se puede realizar dicha pendiente de corriente controlada.

Aunque la aplicación de una pendiente de corriente controlada puede proporcionar una mejora importante ante las pérdidas de desbloqueo, se podrá apreciar que se puede obtener una reducción adicional de las pérdidas de desbloqueo cuando se combina la aplicación de una pendiente de corriente controlada con la determinación y la aplicación de una corrección a la señal de control tal como se ilustra en las figuras 2 a 5. Asimismo en este caso, la corrección puede tomar la forma de prolongación del impulso de corriente o proporcionar un impulso adicional.

En lo que se refiere a la utilización de una pendiente de corriente controlada, es importante resaltar que ello no provoca una pérdida de la resolución de la característica requerida del conjunto de LED.

Se ha descubierto que la utilización de una pendiente de corriente controlada proporciona una ventaja adicional ya que puede provocar una reducción del ruido producido por el convertidor. Cuando se aplica una corriente a la inductancia L del convertidor (véase la figura 2), se ejercen fuerzas sobre los distintos bobinados de la inductancia. Dichas fuerzas pueden provocar desplazamientos de los distintos bobinados y dichos desplazamientos pueden

causar un ruido audible. Al limitar la variación de la corriente a través de la inductancia, es decir, limitar la pendiente de la corriente, se puede obtener una reducción del ruido. Los expertos en la materia podrán apreciar que, en lo que se refiere al ruido audible, la frecuencia de la fuente (es decir, el desplazamiento de los bobinados) es asimismo importante. Tal como se conoce generalmente, apenas se oyen las excitaciones que presentan una frecuencia superior a 20 kHz. Por lo tanto, puede resultar ventajoso garantizar que el contenido de frecuencia de la corriente a través de la inductancia comprenda, tan poco como sea posible, algún componente inferior a 20 kHz. Para realizarlo, se puede seleccionar una frecuencia de conmutación de la corriente suficientemente elevada. Por lo tanto, cuando se aplica una corrección a una señal de control a fin de reducir las pérdidas de desbloqueo, puede resultar ventajoso aplicar dicha corrección mediante un impulso adicional en lugar de prolongar el impulso de corriente. Los expertos en la materia podrán reconocer que con ello se puede aumentar la frecuencia del espectro de corriente.

Los aspectos descritos anteriormente de la presente invención se pueden aplicar ventajosamente en una aplicación de iluminación según la presente invención tal como se representa esquemáticamente en la figura 8. La aplicación de iluminación tal como se representa en la figura 8 comprende un convertidor 50, una unidad de LED que comprende una pluralidad de LED (la figura representa esquemáticamente tres grupos de LED 100, 200 y 300) y un controlador CU dispuesto para controlar el convertidor 50. La corriente a través de cada grupo de LED se controla mediante los conmutadores T1, T2 y T3 (por ejemplo, unos MOSFET) que pueden cortocircuitar la respuesta de los grupos de LED 100, 200 y 300, redirigiendo de este modo la corriente I proporcionada por el convertidor del grupo de LED al MOSFET.

El convertidor tal como se representa en la figura 8 es un denominado convertidor *Buck*. Aunque se pueden aplicar igualmente los convertidores *boost*, cabe mencionar que se pueden obtener algunas ventajas específicas cuando se utiliza un convertidor *buck*, es decir un convertidor reductor, en lugar de un convertidor elevador, tal como un convertidor *boost*. En general, el convertidor que se utiliza para alimentar una unidad de LED se conecta a una tensión rectificada procedente de la red de alimentación, por ejemplo, 230 V a 50 Hz.

La tensión rectificada se puede disminuir directamente mediante un convertidor *buck* de, por ejemplo, 48 V, mientras que la utilización de un convertidor *boost* requeriría que la tensión de entrada rectificada se redujese por debajo de la tensión de salida requerida para la unidad de LED. Al disponer de una tensión de entrada inferior, los requisitos de corriente de un convertidor *boost* son, por lo tanto, superiores que los de un convertidor *buck*, para una demanda de potencia determinada a la unidad de LED.

Suponiendo que los MOSFET de los grupos de LED estén abiertos, se puede determinar la corriente a través de los grupos de LED a partir de la tensión en la resistencia  $R_s$ , suministrándose dicha tensión al controlador CU. Al realizar el seguimiento de la tensión durante un impulso de corriente o utilizando un submuestreo de un cierto número de impulsos, se puede utilizar la tensión sobre la resistencia  $R_s$  para determinar las pérdidas del ciclo de utilización.

En vez de utilizar la corriente suministrada a los grupos de LED para determinar las pérdidas de desbloqueo, dichas pérdidas se pueden deducir a partir de la tensión directa en los LED  $V_f$  (véase la figura 8).

Tal como se ha descrito anteriormente, la unidad de control CU se dispone para proporcionar una señal de sincronización al convertidor, bloqueando de este modo la frecuencia del conmutador o elemento de conmutación T. Como resultado de ello, se puede generar una forma de impulso constante. La unidad de control CU se equipa además para proporcionar una señal de encendido / apagado al convertidor 50 a fin de encender o apagar la fuente de corriente. Tal como se ha mencionado anteriormente, se aplica la tensión en la resistencia  $R_s$  como retroalimentación a la unidad de control CU y al convertidor (al puerto FB a través de la resistencia  $R_1$ ). Los expertos en la materia podrán reconocer que, para controlar el conmutador T del controlador, se debe proporcionar una tensión  $V_{R_s} (= I \cdot R_s)$  con una amplitud suficiente en la entrada FB. Cuando se proporciona una corriente I a las unidades de LED, dicha corriente provocará una disipación no pretendida en la resistencia  $R_s$ . Para mitigar las pérdidas, la aplicación de iluminación representada en la figura 8 se dispone para proporcionar una parte de la tensión a la entrada FB mediante una tensión de referencia  $V_{ref}$  (y la resistencia  $R_2$ ). De este modo, la caída de tensión en  $R_s$  se puede seleccionar más pequeña (para una corriente I determinada (nominal)), reduciendo de este modo la disipación que se produce en la resistencia  $R_s$ . La entrada FB, que se aplica como retroalimentación de la corriente I al convertidor, se puede aplicar asimismo del siguiente modo para controlar la corriente del convertidor: basándose en la tensión de entrada en FB, se controla la corriente de salida I; es decir, cuando la tensión de entrada en FB es demasiado baja, se aumentará la corriente, cuando la tensión de entrada es demasiado elevada, se reducirá la corriente. Tal como se puede observar en la figura 8, la unidad de control CU puede proporcionar, a través de la resistencia  $R_3$ , tensión a la entrada FB del convertidor. De este modo, el voltaje en la entrada FB del convertidor se puede elevar hasta un nivel tal que disminuirá la corriente proporcionada por el convertidor (independientemente del valor real de la corriente I). Por lo tanto, se puede aplicar el control de la tensión suministrada a través de la resistencia  $R_3$  a la entrada FB para controlar la corriente proporcionada por el convertidor. Se ha observado que este modo de controlar la corriente puede provocar un comportamiento transitorio mejorado en comparación con encender o apagar el convertidor o utilizando la señal de encendido / apagado.

Se puede observar, además, que la corrección que se puede aplicar a la señal de control para proporcionar una mayor correspondencia entre la característica requerida y la característica real se puede determinar en diversos momentos. A título de ejemplo, la corrección se puede determinar mediante la calibración en fábrica. De este modo, se puede determinar la corrección en diversas circunstancias y proporcionarla al controlador, por ejemplo, como tabla de búsqueda. Igualmente, se puede determinar la corrección cuando se pone en marcha o incluso por impulso. La compensación de las pérdidas de desbloqueo se puede utilizar para compensar asimismo ciertos efectos del deterioro del conjunto de LED. La determinación de las pérdidas de desbloqueo (y la corrección correspondiente) se puede realizar a ciertos intervalos de tiempo, por ejemplo, una vez al mes o cada vez que se utilice el conjunto de LED.

Una compensación más sofisticada de la pérdida de desbloqueo puede incorporar la función de transferencia de salida "corriente a luz" para compensar la diferencia en la salida de luz a valores de corriente inferiores con respecto a valores superiores de corriente, es decir, utilizando un modelo de esta función de transferencia. Dicho modelo se puede incorporar, por ejemplo, al controlador CU tal como se representa en la figura 8.

Los expertos en la materia podrán apreciar que la presente invención puede tener como resultado un aumento en el contraste en comparación con la técnica actual y puede tener como resultado la producción de menores variaciones entre los distintos LED o unidades de LED de la misma gama de productos, tal como se ha descrito anteriormente. Al examinar el comportamiento transitorio del conjunto de LED en lugar de eludirlo (por ejemplo, aplicando componentes especiales con una deriva térmica baja y una precisión elevada) se obtiene una solución más económica. Al utilizar la presente invención, se puede alcanzar una precisión de corriente del 1% sin utilizar componentes especiales costosos. Además, el controlador o procedimientos de control según la presente invención se pueden disponer para que tengan en cuenta una pluralidad de aspectos de las condiciones de funcionamiento del conjunto de LED, tales como la conmutación de los transitorios y las pérdidas correspondientes y los efectos del deterioro.

**REIVINDICACIONES**

1. Controlador (CU) destinado a controlar un conjunto de LED, disponiéndose el controlador para
  - 5           - recibir una señal de entrada que representa una característica necesaria del conjunto de LED,
  - convertir la señal de entrada en una señal de control para el conjunto de LED, **caracterizado porque** el controlador se dispone además para:
  - aplicar una corrección a la señal de control para obtener una señal de control corregida, basándose la corrección en una pendiente de corriente de una corriente transitoria predeterminada del conjunto de LED,
  - 10          - enviar la señal de control corregida.
  
2. Controlador según la reivindicación 1, en el que la señal de control comprende un punto de ajuste actual.
  
3. Controlador según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el transitorio de corriente se determina por submuestreo.
  
4. Controlador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la corrección incorpora además una función de transferencia de salida "corriente a luz".
  
- 20 5. Aplicación de iluminación que comprende
  - un conjunto de LED que comprende un convertidor (50) dispuesto para, en su utilización, proporcionar una corriente a una unidad de LED (100, 200, 300) y
  - un controlador (CU) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 destinado a controlar el conjunto de LED.
  - 25
  
6. Aplicación de iluminación según la reivindicación 5, que comprende además la unidad de LED (100, 200, 300), comprendiendo la unidad de LED uno o más LED, disponiéndose la unidad de LED para, en su utilización, recibir la corriente (I) proporcionada por el convertidor (50) del conjunto de LED.
  
- 30 7. Aplicación de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en la que el controlador se dispone además para recibir una tensión a través de una resistencia (Rs), recibiendo la resistencia (Rs), en su utilización, la corriente.
  
- 35 8. Aplicación de iluminación según la reivindicación 7, en la que la tensión en la resistencia (Rs) se aplica además como señal de realimentación al convertidor (50), para controlar la corriente (I) proporcionada por el convertidor (50).
  
- 40 9. Procedimiento para controlar un conjunto de LED, comprendiendo el procedimiento las etapas de
  - recibir una señal de entrada que representa una característica necesaria del conjunto de LED,
  - convertir la señal de entrada en una señal de control para el conjunto de LED,
  - aplicar una corrección a la señal de control para obtener una señal de control corregida, basándose la corrección en una pendiente de corriente de una corriente transitoria predeterminada del conjunto de LED,
  - 45          - enviar la señal de control corregida.
  
10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la corrección de la señal de control se determina
  - 50          - aplicando una señal al conjunto de LED correspondiente a una característica requerida del conjunto de LED,
  - determinando la característica real del conjunto de LED a partir de una respuesta a la señal,
  - determinando una diferencia entre la característica real y la característica requerida,
  - determinando a partir de la diferencia la corrección aplicable a la señal de control para compensar, por lo menos parcialmente, la diferencia.
  - 55
  
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, en el que la característica comprende un impulso de corriente.
  
- 60 12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la característica comprende una medición de la corriente.
  
13. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que el impulso de corriente real se determina a partir de una medición de la tensión.
  
- 65 14. Controlador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el controlador se dispone además para controlar el conjunto de LED según cualquiera de los procedimientos según las reivindicaciones 9 a 13.

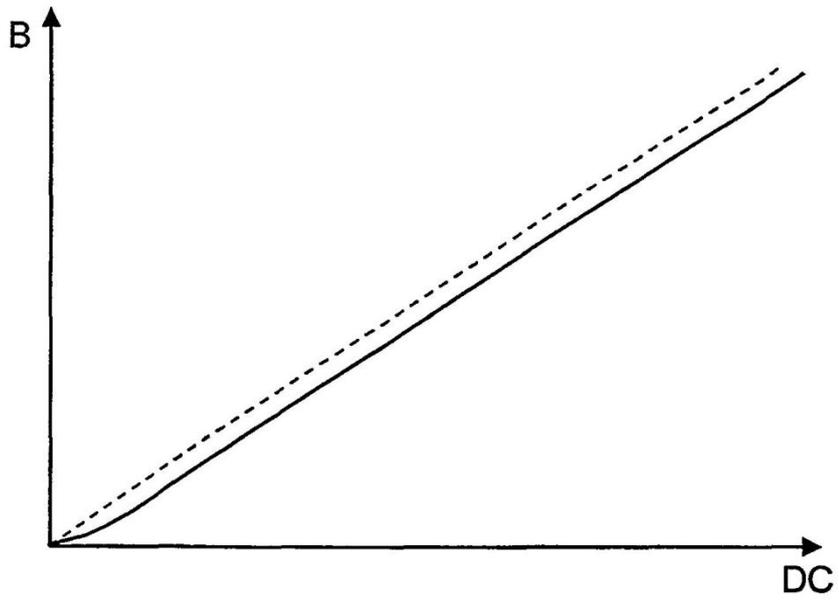


Figura 1a

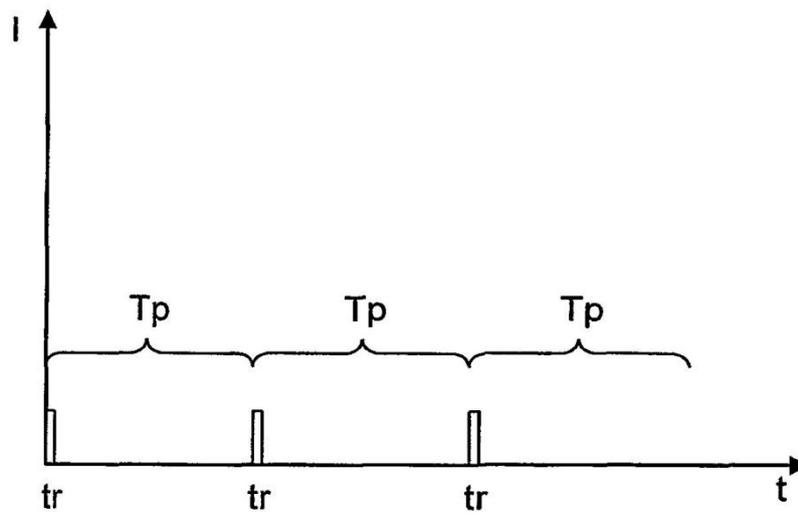


Figura 1b

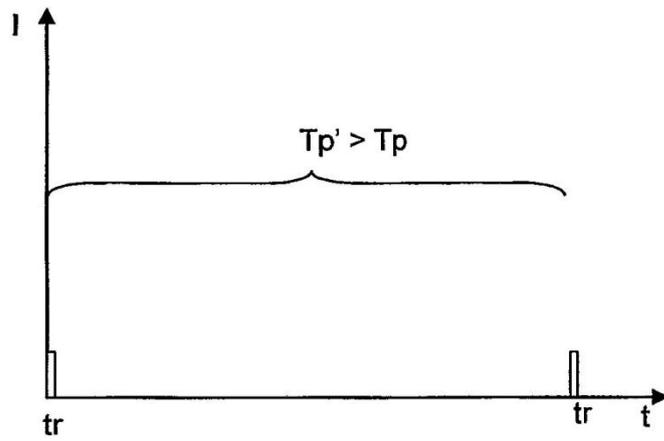


Figura 1c

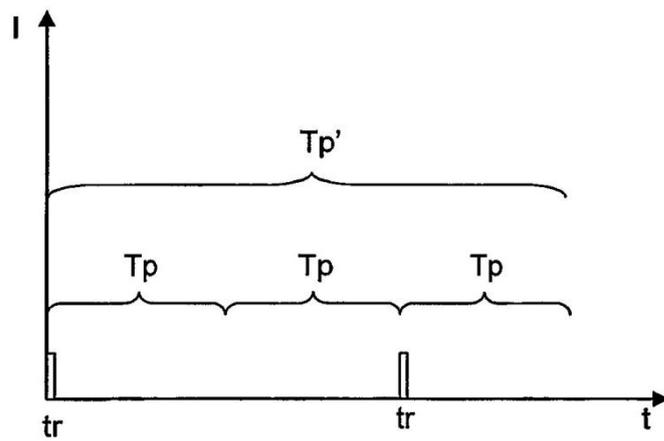


Figura 1d

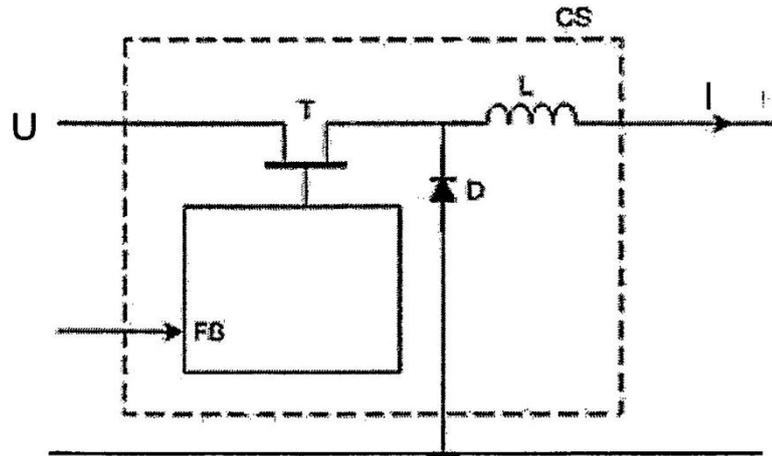


Figura 1e

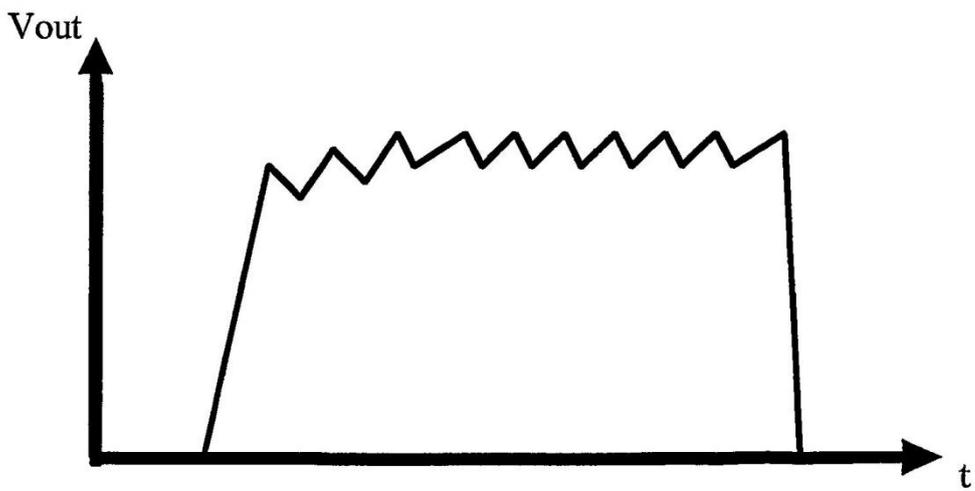


Figura 2

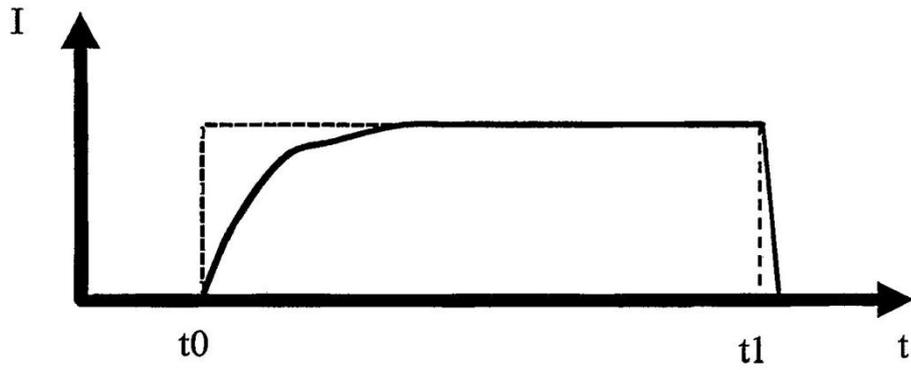


Figura 3

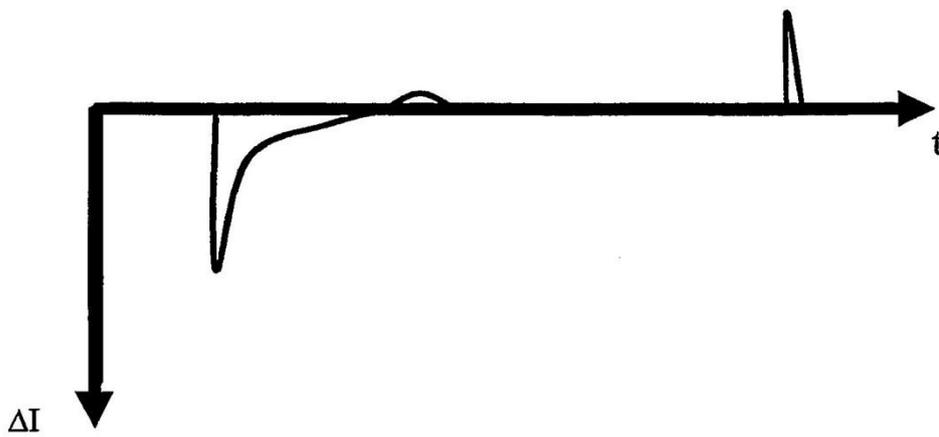


Figura 4

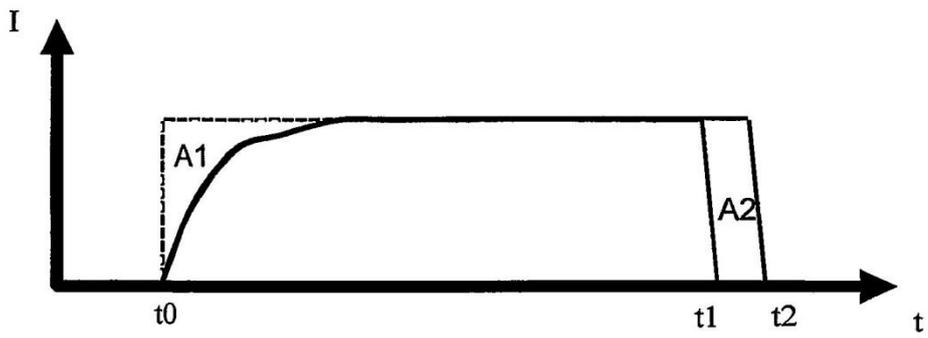


Figura 5

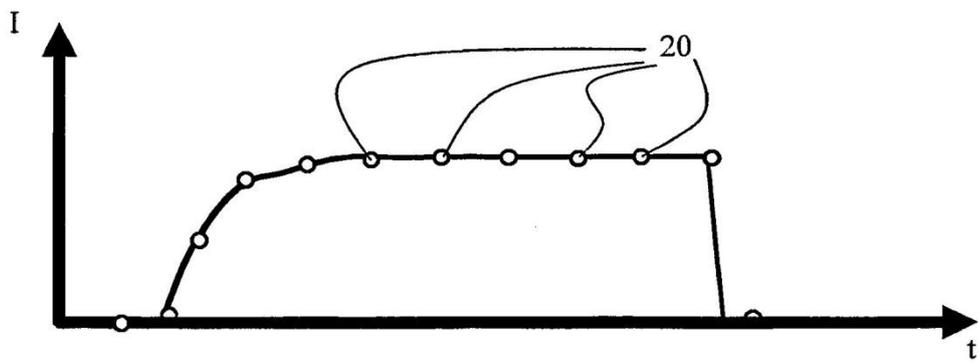


Figura 6a

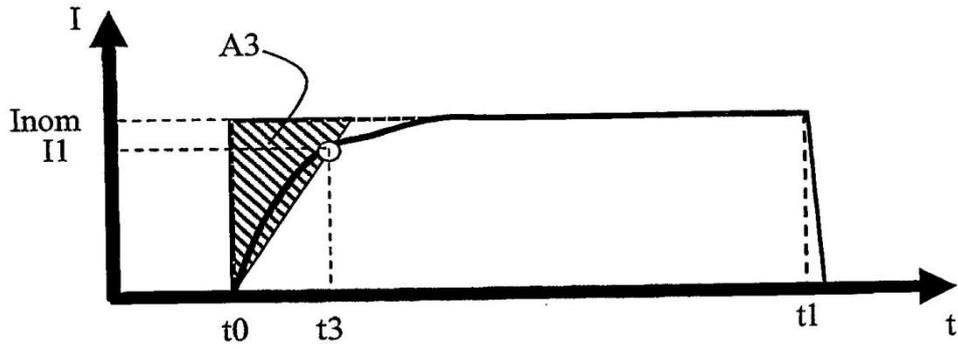


Figura 6b

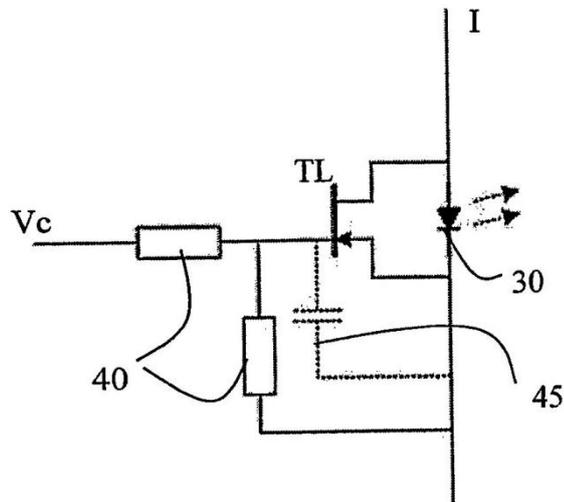


Figura 7

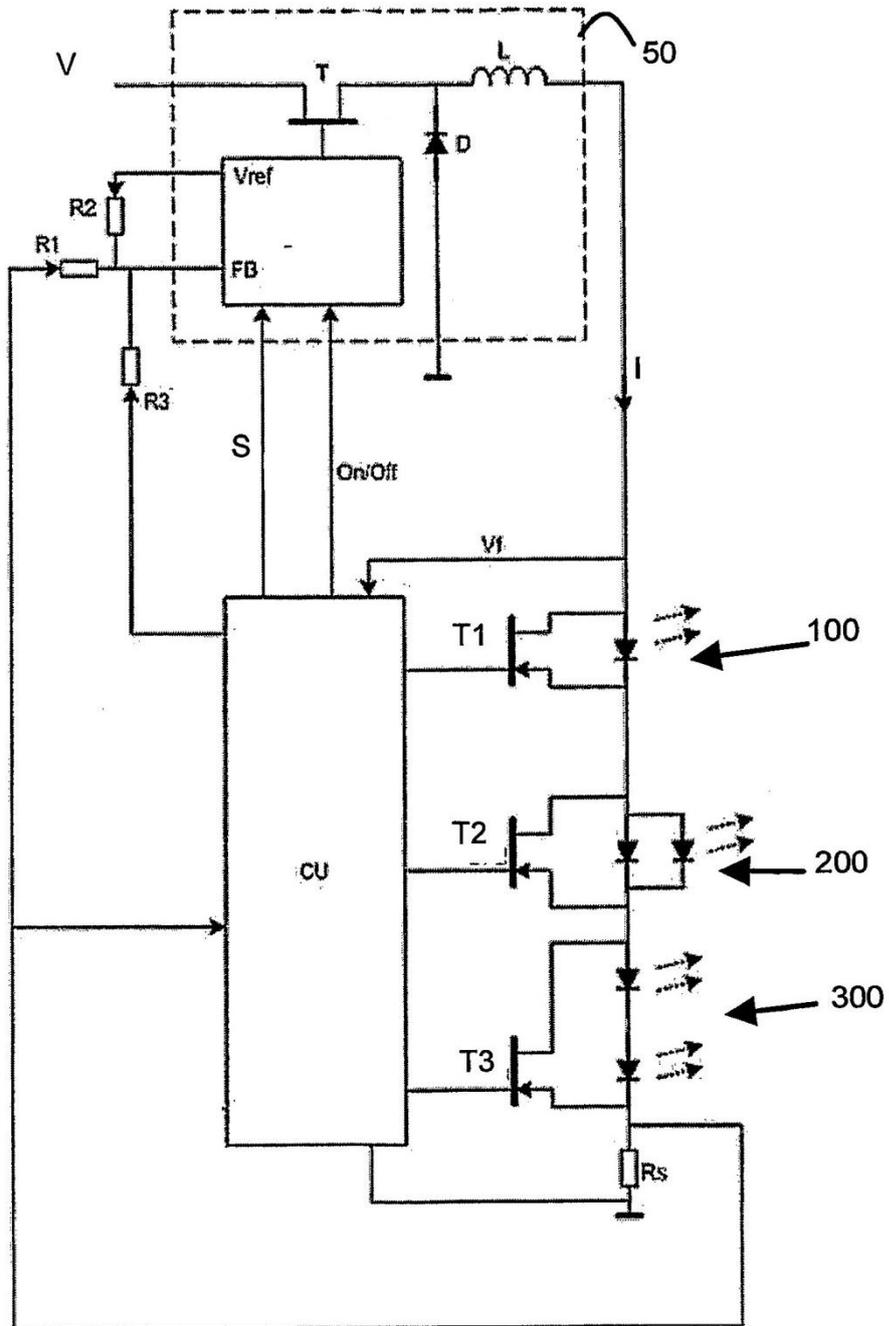


Figura 8