

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 909**

51 Int. Cl.:

**H05B 33/08**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2013 E 13198172 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.12.2015 EP 2750476**

54 Título: **Circuito excitador de fuentes de luz y luz de vehículo provista de dicho circuito excitador de fuentes de luz**

30 Prioridad:

**27.12.2012 IT PD20120410**

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

**09.03.2016**

73 Titular/es:

**AUTOMOTIVE LIGHTING ITALIA S.P.A. A SOCIO UNICO (100.0%)**

**Via Cavallo, 18**

**10078 Venaria Reale, (TO), IT**

72 Inventor/es:

**ENGLARO, ANDREA;**

**MARCHESIN, STEFANO y**

**IELLINA, MATTEO**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 562 909 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Circuito excitador de fuentes de luz y luz de vehículo provista de dicho circuito excitador de fuentes de luz

5 La invención se refiere a un circuito excitador de fuentes de luz, particularmente del tipo LED, y a una luz trasera o delantera del vehículo, provista de tal circuito excitador de fuentes de luz para hacer que una o más luces del vehículo se enciendan, como una luz de frenado, una luz de estacionamiento frontal o trasera, una luz de señal de giro trasera o frontal, una luz de marcha atrás, una luz antiniebla trasera, una luz lateral de aparcamiento trasera o frontal, una luz de cruce corta, una luz de cruce larga, una luz de día de funcionamiento (DRL), una luz antiniebla, 10 una luz de curvas, y similares.

En una solicitud de patente anterior por el mismo solicitante, en la actualidad todavía secreta, se propuso un circuito excitador de fuentes de luz, que comprende una pluralidad de fuentes de luz, particularmente del tipo LED, estructurada con el fin de emitir luz cuando se somete a un voltaje de suministro de potencia, en el que el circuito 15 excitador de las fuentes de luz incluye medios para el posicionamiento de las fuentes de luz configurados para posicionar la pluralidad de fuentes de luz en al menos unas disposiciones primera y segunda de matriz de n columnas x m filas, tras la variación del voltaje de suministro de potencia .

La pluralidad de fuentes de luz del circuito excitador es además capaz de absorber una corriente eléctrica global definida por un valor de corriente eléctrica constante  $I_n$  para cada una de dichas disposiciones primera y segunda de 20 matriz de las fuentes de luz, multiplicado por un número de m columnas de la disposición de matriz de las fuentes de luz.

El número de columnas  $m_1$  de la matriz de la primera disposición de matriz de las fuentes de luz es mayor que el número de columnas  $m_2$  de la matriz de la segunda disposición de matriz de las fuentes de luz. En consecuencia, el número de fuentes de luz de cada columna de la primera disposición de matriz de las fuentes de luz es menor que la 25 de cada columna de la segunda disposición de matriz de las fuentes de luz.

Esto significa que la primera disposición de matriz de las fuentes de luz requiere un voltaje de suministro de potencia menor que la de la segunda disposición de matriz de las fuentes de luz para encender la pluralidad de fuentes de luz. En consecuencia, la pluralidad de fuentes de luz dispuesta de acuerdo con la primera disposición de matriz puede emitir luz a un voltaje de suministro de potencia más baja que la segunda disposición de matriz de fuentes de luz, sin encontrar un parpadeo de la luz en sí, en detrimento, sin embargo, de un mayor consumo de potencia eléctrica que la segunda disposición de matriz de las fuentes de luz. De hecho, el consumo de potencia eléctrica de 30 las fuentes de luz dispuestas en una matriz depende del número de columnas m de la matriz de LED.

En concreto, el consumo de potencia eléctrica está dado por la fórmula:

$$P(V) = m \times I_n \times V$$

40 en la que:

P(V) es la potencia eléctrica absorbida por la pluralidad de fuentes de luz,

45 m es el número de columnas,

$I_n$  es la corriente eléctrica constante, y

50 V es el voltaje de suministro de potencia variable.

Por la razón anterior, la transición entre las disposiciones primera y segunda de matriz de las fuentes de luz, a saber, la transición de la disposición de matriz de las fuentes de luz con más columnas entre las dos, a la de con menos columnas entre las dos, debe ocurrir en un valor de voltaje de suministro de potencia lo más pequeño posible.

55 Con referencia a la figura 1, a modo de ejemplo, consideremos la potencia eléctrica P(V) disipada por las fuentes de luz dispuestas con una primera disposición de matriz de dos filas y seis columnas y una segunda disposición de matriz de tres filas y cuatro columnas. Una polilínea se obtiene representando la potencia eléctrica P(V), dada por un primer segmento de pendiente  $6I_n$ , un paso en descenso vertical, en el voltaje de suministro de potencia en el que el circuito excitador de las fuentes cambia de la primera disposición de las fuentes de luz a la segunda, y un segundo 60 segmento de pendiente  $4I_n$ .

Sin embargo, el circuito excitador de fuentes de luz antes mencionado, al que se hará referencia en la continuación de la descripción con la expresión "matriz dinámica", tiene algunos inconvenientes.

65 De hecho, el número de fuentes de luz debe ser divisible por el número de filas, o columnas, de las disposiciones primera y segunda de matriz de las fuentes de luz, respectivamente.

5 Por ejemplo, dieciocho fuentes de luz pueden estar dispuestos en una primera disposición de matriz de fuentes de luz de seis filas por tres columnas, y en una segunda disposición de matriz de fuentes de luz de tres filas por seis columnas, puesto que la luz de dieciocho fuentes son divisibles por el número de filas, o columnas, tanto de la primera disposición de matriz de las fuentes de luz como de la segunda. Sin embargo, las dieciocho fuentes de luz no pueden ser dispuestas en una disposición de matriz de fuentes de luz que tienen, por ejemplo, cinco filas, puesto que las dieciocho fuentes de luz no son divisibles por el número de filas en la disposición de matriz de las fuentes de luz.

10 Un inconveniente adicional de la matriz dinámica se encuentra cuando se deben infra-alimentar una o más fuentes de luz en la matriz, para emitir una luz más débil en comparación con las fuentes de luz restantes en la matriz. Esta necesidad puede ocurrir, por ejemplo, en el campo de las luces del automóvil, donde una superficie de iluminación de la luz del vehículo puede incluir un área de iluminación con baja intensidad de luz y un área de iluminación con alta intensidad de luz para los requisitos fotométricos. Uno podría pensar en la conexión de las resistencias eléctricas para las fuentes de luz que afectan al área de iluminación con baja intensidad de luz, por lo que este tipo de fuentes de luz absorben menos corriente eléctrica que las otras fuentes de luz que afectan al área de iluminación con alta intensidad de luz, por ejemplo, en la primera disposición de matriz de las fuentes de luz. Sin embargo, las resistencias eléctricas pueden estar conectadas de manera diferente a las fuentes de luz, cuando el circuito excitador de las fuentes de luz ha cambiado a la segunda disposición de matriz de las fuentes de luz, por lo tanto no garantizando el efecto deseado más.

15 Sin embargo, otro inconveniente deriva del hecho de que el instante en el que se produce la transición de la primera disposición de las fuentes de luz a la segunda, a saber, la transición de la disposición de matriz de las fuentes de luz con más columnas a la de con menos columnas, se produce a un voltaje de suministro de potencia determinado en la fase de diseño. Tal voltaje de suministro de potencia se sobreestima en la fase de diseño con el fin de garantizar el encendido de los LED en detrimento, sin embargo, de un consumo de potencia eléctrica. El documento WO 2012/156878 divulga un dispositivo de generación de luz provisto de al menos tres circuitos LED y una matriz de conmutador controlable que comprende una pluralidad de conmutadores. Dicha matriz de conmutador está configurada para funcionar en al menos tres modos de conmutación diferentes dependiendo del voltaje de funcionamiento determinado. Para proporcionar un funcionamiento eficiente del dispositivo, en un primer modo de conmutación, dichas unidades LED están conectadas en paralelo entre sí, en un segundo modo de conmutación, al menos dos de dichas unidades LED están conectadas en serie y en un tercer modo de conmutación, dichas unidades LED están conectadas en serie entre sí.

20 La tarea de la invención es superar los inconvenientes anteriormente con referencia a la matriz dinámica.

25 Dentro del contexto anterior, el objeto principal de la invención es variar la topología de la disposición de las fuentes de luz, en particular los LED, con el fin de minimizar la potencia absorbida por el circuito excitador de las fuentes de luz para excitar las fuentes de luz tras la variación del voltaje de suministro de potencia de las fuentes de luz, sin las limitaciones de la disposición de las fuentes de luz. En particular, la disposición de las fuentes de luz puede incluir ramas de fuentes de luz.

30 Un objeto adicional de la invención es variar la topología de la disposición de las fuentes de luz, con el fin de minimizar la potencia absorbida por el circuito excitador de las fuentes de luz para excitar las fuentes de luz tras la variación del voltaje de suministro de potencia de las fuentes de luz, cuando las fuentes de luz afectan a un área de iluminación con baja intensidad de luz y un área e iluminación con alta intensidad de luz.

35 En el caso específico de las fuentes de luz de tipo LED, un objeto adicional de la invención es cambiar automáticamente desde una primera disposición de los LED a una segunda, que tiene un menor número de columnas, o ramas, que la primera disposición de los LED. En otras palabras, no es necesario identificar en la fase de diseño un valor de voltaje de suministro de potencia de los LED, en el que el circuito excitador de los LED cambia de la primera disposición de los LED a la segunda.

40 Con el fin de conseguir estos objetos, el circuito excitador de fuentes de luz de la invención comprende una pluralidad de fuentes de luz, particularmente del tipo LED, divididas en un primer y al menos un segundo grupo de fuentes de luz, cada uno conectado a una terminal de suministro de potencia común, un primer y al menos un segundo circuito de regulación, cada uno adecuado para la regulación de la corriente absorbida por un respectivo grupo de fuentes de luz, al menos un circuito de actuación conectado operativamente a un respectivo segundo circuito de regulación, y medios de circuito de conexión en serie, adecuados para conectar en serie al menos un primer y un segundo grupo de fuentes de luz, cuando el voltaje aguas abajo del primer grupo de fuentes de luz es mayor o igual que el voltaje aguas arriba del segundo grupo de fuentes de luz.

45 En un primer estado del circuito excitador de fuentes de luz, el voltaje aguas abajo del primer grupo de fuentes de luz que con referencia a tierra es menor que el voltaje aguas arriba del segundo grupo de fuentes de luz que con referencia a tierra, y los grupos primero y segundo de fuentes de luz se excitan de forma independiente. Más precisamente, el primer circuito de regulación excita el primer grupo de fuentes de luz, mientras que el circuito de

actuación del circuito de regulación inhibe el funcionamiento del segundo circuito de regulación y excita el segundo grupo de fuentes de luz, en base a una magnitud de referencia eléctrica del segundo circuito de regulación.

5 En un segundo estado del circuito excitador de fuentes de luz, el voltaje aguas abajo del primer grupo de fuentes de luz que con referencia a tierra es mayor o igual que el voltaje aguas arriba del segundo grupo de fuentes de luz que con referencia a tierra, y los grupos primero y segundo de fuentes de luz son excitados juntos, después de haber sido conectados en serie entre sí. Más precisamente, el primer circuito de regulación y el circuito de actuación del circuito de regulación son inhibidos, mientras que el segundo circuito de regulación excita los grupos primero y segundo de fuentes de luz.

10 Otras características y ventajas del circuito excitador de acuerdo con la presente invención aparecerán más claramente a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas de la misma, hecha con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

15 - la figura 1 es un gráfico de la potencia eléctrica absorbida por el objeto de circuito excitador de matriz dinámico de una solicitud de patente por el mismo solicitante, en la actualidad todavía secreta;

20 - la figura 2 es un diagrama de circuito de un primer módulo del circuito de iluminación de acuerdo con la invención, que comprende un grupo de fuentes de luz y un circuito de regulación;

- la figura 3 es un diagrama de circuito del circuito excitador de acuerdo con la invención, que comprende dos grupos de fuentes de luz;

25 - la figura 4 es un gráfico que muestra el patrón del voltaje aguas abajo del primer grupo de fuentes de luz y el voltaje aguas arriba del segundo grupo de fuentes de luz del circuito excitador de la figura 3, en la variación del voltaje de suministro de potencia;

30 - la figura 5 es un gráfico que muestra el patrón de la corriente absorbida por el primer grupo de fuentes de luz, la corriente circulando en los medios de conexión en serie de circuito y la corriente de colector-emisor del transistor excitador, como una función del voltaje de suministro, durante el paso de la configuración de excitación en paralelo a la configuración de excitación en serie;

35 - la figura 6 es un gráfico que muestra el patrón de una corriente del circuito de actuación, como una función del voltaje de suministro de potencia;

- la figura 7 es un gráfico que muestra el patrón de la corriente total absorbida por cuatro grupos de fuentes de luz cuando dichos grupos están conectados progresivamente en serie uno con el otro, como una función del voltaje de suministro de potencia;

40 - la figura 8 es un gráfico que muestra el patrón de la potencia eléctrica absorbida por el circuito excitador durante la variación de la disposición de los grupos de fuentes de luz, tras la variación del voltaje de suministro de potencia;

45 - las figuras 9 y 10 son gráficos que muestran el patrón de la corriente absorbida por los transistores excitadores del circuito de regulación de grupos de fuentes de luz conectados en serie progresivamente, y de la potencia eléctrica absorbida por dichos transistores, respectivamente;

- la figura 11 es un diagrama de circuito de un circuito excitador de acuerdo con la invención, en una variante de realización;

50 - la figura 12 es un gráfico que muestra el patrón de la potencia eléctrica absorbida por el circuito en la figura 11 como una función del voltaje de suministro de potencia;

- la figura 13 es un diagrama de circuito de un segundo módulo de un circuito excitador de acuerdo con la invención en una variante de realización adicional que contempla el uso de un circuito de diagnóstico;

55 - la figura 14 muestra esquemáticamente cómo el circuito en la figura 13 gestiona una situación de fallo de un grupo de fuentes de luz en la configuración de excitación en paralelo;

60 - la figura 15 muestra una situación de fallo de un grupo de fuentes de luz en la configuración de excitación en serie; y

- la figura 16 muestra un ejemplo de un vehículo que incorpora el circuito excitador de acuerdo con la invención.

65 En la siguiente descripción, el término "conectado" se refiere tanto a una conexión eléctrica directa entre dos circuitos o elementos de circuito como a una conexión indirecta a través de uno o más elementos intermedios activos o pasivos. El término "circuito" puede denotar o bien un solo componente o una pluralidad de componentes,

activos y/o pasivos, conectados entre sí para obtener una función predefinida. También, donde se pueden usar un transistor de unión bipolar (BJT) o un transistor de efecto de campo (FET), el significado de los términos "base", "colector", "emisor" incluye los términos "puerta", "fuga" y "fuente", y viceversa. Si no se indica lo contrario, por último, los transistores NPN se pueden usar en lugar de transistores PNP, y viceversa.

5 El circuito excitador de fuentes de luz de acuerdo con la invención comprende una pluralidad de fuentes de luz, en particular los LED 10, a la que se hará referencia en la siguiente descripción, sin pérdida de generalidad, y circuitos de regulación teniendo cada uno una referencia de una magnitud eléctrica, por ejemplo una corriente eléctrica IREF.

10 La pluralidad de LED se divide en grupos, por ejemplo un primer grupo 1 y un segundo grupo 2. Tales grupos de LED incluyen, respectivamente, uno o más LED 10 conectados entre sí, por ejemplo, como una matriz (matriz de n filas por m columnas, en particular, 1 fila por m columnas), o como una rama (matriz de n filas por 1 columna). En aras de la simplicidad, la siguiente descripción se referirá a unos grupos primero y segundo de LED, que incluyen, respectivamente, dos LED conectados en serie entre sí.

15 El circuito excitador de la invención se divide en módulos 100, 200, 300, ..., por ejemplo un primer módulo 100 y un segundo módulo 200 conectados entre sí por medios D de conexión en serie.

20 El primer módulo 100 comprende un primer circuito 120 de regulación y un primer grupo 1 de LED; el segundo módulo 200 comprende un segundo circuito 220 de regulación, un circuito 230 de actuación del circuito de regulación y un segundo grupo 2 de LED. Cualquier módulo adicional 300, 400, ..., es igual al segundo módulo 200.

25 La figura 2 muestra el primer módulo 100, en el que el primer circuito 120 de regulación sirve para excitar el primer grupo de LED 10. El primer circuito 120 de regulación incluye una resistencia R1 de detección, adecuado para detectar la corriente I1 que circula por la rama de LED, un espejo de corriente que incluye los transistores T1 y T2 y una resistencia R2, un generador de una magnitud eléctrica de referencia, por ejemplo, una corriente IREF y un transistor excitador T3 para excitar el primer grupo 1 de LED.

30 La resistencia R1 de detección está conectada por ejemplo, entre un terminal de suministro de potencia VDD y el grupo primero 1 de LED 10; y el transistor excitador T3 tiene el colector conectado al grupo de LED y el emisor conectado a tierra.

35 El primer transistor T1 del espejo de corriente tiene el emisor conectado, a través de la resistencia R2 de emisor, a un nodo A entre el terminal de suministro de potencia VDD y la resistencia R1 de detección.

40 El segundo transistor T2 del espejo de corriente tiene el emisor conectado a un nodo C entre la resistencia R1 de detección y el primer grupo 1 de LED. El colector del segundo transistor T2 está conectado a la base del transistor excitador T3. Las bases de los dos transistores T1 y T2 del espejo de corriente están conectadas entre sí y al colector del primer transistor T1. El generador de la corriente de referencia IREF está conectado a dicho colector.

45 Los transistores T1, T2 de espejo de corriente funcionan en una zona lineal. El transistor excitador T3 también funciona en una zona lineal, excepto en una fase inicial, en la que dicho transistor T3 funciona en la zona de saturación, con el fin de permitir un encendido en el primer grupo de LED en un voltaje de suministro de potencia dado por la suma de los voltajes de unión de los LED del primer grupo dispuestos en serie más cualquier otra caída de voltaje presente en la rama del primero grupo de LED.

50 Más en detalle, el primer transistor T1 del espejo de corriente está polarizado en la zona lineal y por lo tanto, su voltaje colector-emisor Vce1 es al menos igual a su voltaje de base-emisor Vbe1. En consecuencia, la corriente de base Ib1 de dicho primer transistor T1 es insignificante con respecto a su corriente de emisor Ie1; por lo tanto, la corriente de emisor Ie1 del primer transistor T1 es igual a la corriente de colector Ic1 de dicho transistor T1. Por otra parte, el colector de corriente Ic1 del transistor T1 es igual a la corriente IREF impuesta por el generador de corriente. En consecuencia, la corriente de emisor Ie1 del primer transistor T1 es igual a la corriente IREF impuesta por el generador de corriente.

55 Para el segundo principio de Kirchhoff aplicado a la malla ABC en la figura 2, tenemos que:

$$V_{ab} = R_2 * I_{REF} + V_{be1}$$

60  $V_{ab} = R_1 * I_1 + V_{be2}$ , en la que I1 es la corriente que circula en la resistencia R1 de detección y Vbe2 es el voltaje de base-emisor del segundo transistor T2 del espejo de corriente.

65 Por otro lado, el voltaje de base-emisor Vbe1 del primer transistor T1 y el voltaje de base-emisor Vbe2 del segundo transistor T2 son iguales, es decir,  $V_{be1} = V_{be2}$ . Esto se deduce del hecho de que el colector de corriente Ic1 del primer transistor T1 y el colector de corriente Ic2 del segundo transistor T2 son comparables, debido a la construcción del espejo de corriente que incluye los transistores T1 y T2, la resistencia R2 de emisor y el generador de corriente IREF, y por el hecho de que los transistores T1 y T2 están integrados en el mismo paquete, y por lo

tanto tienen las mismas características eléctricas.

En consecuencia, al equiparar las dos expresiones de  $V_{ab}$ , se obtiene la expresión de la corriente  $I_1$ , que es como sigue:  $I_1 = (R_2 / R_1) * I_{REF}$ .

La expresión de corriente  $I_1$  dada anteriormente también proporciona la corriente absorbida por el grupo de LED  $I_{LED}$ , o  $I_{LED} = (R_2 / R_1) * I_{REF}$ . De hecho, la corriente  $I_2$  es insignificante en comparación con la corriente  $I_1$ , puesto que la rama del segundo transistor  $T_2$  tiene una resistividad mucho mayor que la de la rama del primer grupo de LED.

En cuanto a la retroalimentación realizada por el primer circuito 120 de regulación, consideremos primero el caso en el que la corriente absorbida por el primer grupo de LED tiende a aumentar. Tal situación se produce, por ejemplo, durante el encendido del circuito excitador de los LED, en el que la rama de los LED está conectada a una resistencia  $R_1$  de detección muy baja y el transistor excitador  $T_3$ , que se encuentra en la zona de saturación. En consecuencia, la corriente  $I_1$  absorbida por los LED ( $I_2$  es insignificante) tiende a aumentar exponencialmente. Si la corriente  $I_1$  absorbida por los LED aumenta, la caída de voltaje  $V_{ac}$  en los terminales de de la resistencia  $R_1$  de detección aumenta.

Por consiguiente, resulta que:

$$V_{ab} = V_{ac} + V_{be2}$$

Puesto que el voltaje  $V_{ab}$  es fijo, porque es independiente del voltaje de suministro de potencia, siendo impuesto por el generador de corriente  $I_{REF}$ , y  $V_{ac}$  aumenta, se deduce que el voltaje de base-emisor  $V_{be2}$  del segundo transistor  $T_2$  disminuye. En consecuencia, el hecho de que el voltaje de base-emisor  $V_{be2}$  del segundo transistor  $T_2$  disminuya requiere que la corriente  $I_2$  disminuya, porque el transistor  $T_2$  tiende a apagarse. Si la corriente  $I_2$  se reduce, se deduce que el transistor excitador  $T_3$  tiende a apagarse y, a continuación, a disminuir la corriente  $I_1$ .

Del mismo modo, si la corriente  $I_1$  disminuye, se deduce que  $V_{ac}$  se reduce. En consecuencia, el voltaje de base-emisor  $V_{be2}$  del segundo transistor  $T_2$  incrementa, y esto implica que  $I_2$  aumenta. Por lo tanto, el transistor excitador  $T_3$  cambia en más de que en la actualidad está disminuyendo su resistividad y, por lo tanto, aumenta  $I_1$ .

La figura 3 muestra el circuito excitador de LED de la invención, en el que el primer módulo 100 descrito anteriormente está conectado al segundo módulo 200. Más en detalle, el primer módulo 100 y segundo 200 están conectados en paralelo entre sí entre el voltaje de suministro de potencia VDD y tierra GND. Los módulos primero y segundo 100, 200 están conectados a través de medios D de circuito de conexión en serie, tal como, por ejemplo, un diodo Schottky, para permitir la conexión en serie de los grupos primero 1 y segundo 2 de LED.

Con referencia a la figura 3, el segundo grupo 2 de LED está conectado al segundo circuito 220 de regulación como se ha visto anteriormente; sin embargo, el segundo grupo 2 de LED también está conectado al circuito 230 de actuación del circuito 220 de regulación.

El segundo circuito 220 de regulación es similar al primer circuito 120 de regulación descrito anteriormente y por lo tanto comprende una resistencia  $R_1''$  de detección, para detectar la corriente que circula en la rama de LED, un espejo de corriente que incluye un primer transistor  $T_1''$ , un segundo transistor  $T_2''$  y una resistencia  $R_2''$  de emisor, un generador de corriente  $I_{REF}$  y un transistor excitador  $T_3''$ . El funcionamiento del segundo circuito 220 de regulación es similar al primer circuito 120 de regulación y no se describirá más.

El circuito 230 de actuación del circuito 120 de regulación comprende unos transistores primero y segundo  $T_4$  y  $T_5$ , y resistencias  $R_3$  y  $R_4$  de polarización. El primer transistor  $T_4$  tiene la respectiva base conectada al colector del segundo transistor  $T_2''$  del espejo de corriente y el respectivo emisor conectado a la base del transistor excitador  $T_3''$ . El segundo transistor  $T_5$  del circuito de actuación tiene la unión emisor-colector conectada entre el terminal de suministro de potencia VDD y la resistencia  $R_1''$  de detección y la base conectada, a través de una primera resistencia  $R_4$  de polarización, al colector del primer transistor  $T_4$  del circuito 230 de actuación. La segunda resistencia  $R_3$  de polarización está conectada entre el terminal de suministro de potencia VDD y la base del segundo transistor  $T_5$  del circuito 230 de actuación.

Las resistencias  $R_3$  y  $R_4$  de polarización del circuito de actuación del circuito de regulación están dimensionadas de modo que el transistor excitador  $T_3''$  se satura hasta el paso de la configuración de excitación en paralelo a la configuración de excitación en serie, como será evidente a partir de la siguiente descripción. Si el transistor excitador  $T_3''$  se satura, cuando el voltaje de suministro de potencia VDD aumenta, la corriente absorbida por el segundo grupo 2 de LED aumentaría de forma exponencial. En consecuencia, el segundo grupo 2 de LED debe ser regulado a través del circuito 230 de actuación del circuito 220 de regulación. El circuito 230 de actuación actúa a través del primer transistor  $T_4$ . Más en detalle, el circuito 230 de actuación proporciona la corriente necesaria para el primer transistor  $T_4$  con el fin de regular el segundo grupo 2 de LED a través del segundo transistor  $T_5$  del circuito 230 de actuación, ya que el transistor excitador  $T_3''$  se satura.

Por lo tanto, la tarea de amortiguación de la corriente absorbida por los LED se transfiere al segundo transistor T5 del circuito 230 de actuación, que funciona en una zona lineal. En consecuencia, la regulación del segundo grupo 2 de LED es del tipo denominado de "lado alto", en lugar de "lado bajo", como en el caso del primer módulo 100 descrito anteriormente, puesto que la corriente absorbida por el segundo grupo 2 de LED aguas arriba es amortiguado a través de transistor T5. Este se impone por el dimensionamiento de las resistencias R3 y R4 de polarización, porque, cuando el segundo transistor T5 del circuito de actuación se encuentra en la zona lineal, la corriente de base de dicho transistor T5,  $I_{b5}$ , es insignificante.

El transistor excitador T3" se alimenta a través de la corriente que circula por la resistencia R3 de polarización. Tal resistencia R3 tiene un voltaje fijado en sus terminales, que es el voltaje de base-emisor del segundo transistor T5,  $V_{be5}$ . Por lo tanto, la resistencia R3 de polarización debe ser dimensionada con el fin de garantizar que el transistor excitador T3" se satura. Esto se logra a través de la hoja de datos del transistor, que especifica cuál es la ganancia de corriente mínima del transistor, con el fin de obtener la saturación deseada del transistor.

Lo que se ha descrito hasta ahora se refiere al funcionamiento del circuito excitador de los LED de la invención en un primer estado del mismo, en el que los grupos primero y segundo 1, 2 de LED están dispuestos de acuerdo con una primera disposición de los LED, como se describe anteriormente, que se puede definir como la configuración de excitación en paralelo.

Consideremos ahora los puntos del circuito excitador de los LED de la invención indicados en la figura 3 con VR1 y VR2, en VR1 es el voltaje en el colector del transistor excitador T3 del primer grupo 1 de LED, que inicialmente funciona en la zona de saturación, y por lo tanto el voltaje aguas abajo de dicho primer grupo 1 de LED, mientras que VR2 es el voltaje en el colector del segundo transistor T5 del circuito 230 de actuación, y por lo tanto el voltaje aguas arriba del segundo grupo 2 de LED y consideremos el patrón de voltajes VR1 y VR2 como una función del voltaje de suministro de potencia VDD, que se muestra en la figura 4.

Puesto que el transistor excitador T3 está en saturación, el voltaje aguas abajo VR1 será inicialmente de cero voltios, entonces se elevará linealmente con el voltaje de suministro VDD. Por otro lado, el voltaje aguas arriba VR2 es la suma del voltaje en los terminales de la resistencia R1" de detección del segundo módulo 200, más el voltaje en los terminales del segundo grupo 2 de LED, porque el transistor excitador T3" del segundo módulo 200 se satura. Por lo tanto, puesto que dicho transistor T3" se satura, el voltaje en los terminales del segundo grupo 2 de LED aumenta y luego permanece constante.

En otras palabras, el voltaje aguas abajo VR1 es igual al voltaje de colector-emisor del transistor excitador T3,  $V_{ce3}$ , del primer grupo 1 de LED, mientras que el voltaje aguas arriba VR2 es igual a la diferencia de potencial en los terminales del número de LED en serie en el segundo grupo de LED más el voltaje de detección del espejo de corriente del circuito 220 de regulación del segundo módulo 200, es decir, el voltaje en los terminales de la resistencia R1" de detección, que es constante y está impuesto por el generador de corriente IREF, a través de la retroalimentación. Por lo tanto, el voltaje aguas arriba VR2 tiende a ser constante.

Por lo tanto, los voltajes aguas arriba y aguas abajo VR1 y VR2 asumen el patrón que se muestra en la figura 4.

Por lo tanto, es posible identificar un punto de intersección entre las dos curvas para dichos voltajes VR1 y VR2. En más detalle, cuando el voltaje aguas abajo VR1 aumenta, se cruza con el voltaje aguas arriba VR2, que permanece constante, en un punto donde el voltaje de colector del transistor excitador T3 del primer módulo 100 se eleva por encima del voltaje en serie que forma el segundo grupo 2 de LED. Cuando el voltaje de colector del transistor T3 sobrepasa el voltaje aguas arriba VR2, existe la posibilidad de poner los grupos primero y segundo de LED en serie entre sí porque el voltaje aguas abajo VR1 es capaz de alimentar el segundo grupo 2 de LED.

Mientras que en la matriz dinámica mencionada anteriormente, el paso de la primera configuración de excitación de los LED a la segunda se produjo estáticamente, es decir, cuando el voltaje de suministro de potencia VDD es igual a un voltaje fijo predefinido, en el circuito excitador de acuerdo con la invención el paso entre las dos disposiciones de los LED se produce cuando el voltaje aguas abajo VR1 es mayor que el voltaje aguas arriba VR2, por tanto, de acuerdo con el voltaje de unión de los LED.

Si hay varios grupos de LED, los módulos que siguen al primero toman todos la configuración del circuito descrito para el segundo módulo 200, en el que el grupo n-ésimo de los LED es excitado primero con un circuito de actuación del circuito de regulación. En cualquier caso, todos los módulos están conectados entre sí a través de respectivos medios D de conexión en serie.

Por lo tanto, si el voltaje aguas abajo (de un primer grupo de LED) se hace mayor que el voltaje aguas arriba VR1 (de un segundo grupo de LED) VR2, los medios D de conexión en serie se transmiten. Como resultado, la trayectoria de la corriente que atraviesa el primer grupo de LED y el segundo grupo de LED cambia cambiando de una primera configuración o disposición de los LED (configuración "en paralelo"), en la que VR1 es menor que VR2, a una segunda configuración o disposición de los LED (configuración "en serie"), en la que VR1 es mayor o igual que

VR2.

De hecho, en la primera disposición de los LED, la trayectoria de la corriente I1 en el primer grupo de LED y la trayectoria de la corriente I1'' en el segundo grupo de LED están separadas, yendo desde el terminal de suministro de potencia VDD a tierra, respectivamente. En otras palabras, la rama del primer grupo de LED y la rama del segundo grupo de LED son independientes, porque los medios D de circuito de conexión en serie evitan que una corriente vaya del primer módulo al segundo. Cuando el voltaje VR1 se hace mayor que el voltaje VR2, es decir, en la segunda disposición de los LED, la trayectoria de la corriente atraviesa los grupos primero y segundo de LED en serie desde el terminal de suministro de potencia VDD a tierra.

De acuerdo con un aspecto de la invención, sin embargo, en la transición entre la primera disposición de los LED y la segunda, hay una etapa intermedia, que es un punto estable del circuito excitador de LED, en el que los medios D de circuito de conexión en serie permiten un flujo de corriente eléctrica entre los transistores excitadores T3, T3'' de los módulos primero y segundo, como si estuvieran conectados en serie, pero al mismo tiempo, las fracciones de las corrientes excitadoras I1 y I1'' continúan fluyendo por separado en los grupos primero y segundo de LED, respectivamente, como si el primer grupo de LED y el segundo estuviesen conectados en paralelo. Por lo tanto, existe una superposición de estos dos efectos durante la etapa intermedia.

Por lo tanto, en el nodo aguas abajo VR1 del primer módulo, las corrientes excitadoras I1 serán la suma de una corriente "en serie" ID que circula por los medios D de circuito de conexión y una corriente "en paralelo" que circula en el transistor excitador T3 desde el primer módulo hacia tierra.

En otras palabras, la etapa intermedia es la etapa en la que los medios D de circuito de conexión en serie se polarizan de manera que permiten el flujo de una corriente ID en dichos medios D de circuito de conexión en serie y de una corriente I3 en el transistor excitador T3. Dicha corriente I3 en paralelo ya no coincide con la corriente excitadora I1 del primer grupo de LED, como en el caso de la configuración "en paralelo" del circuito excitador.

Trazando las corrientes en la etapa intermedia, se obtiene que la corriente excitadora I1 del primer grupo de LED es constante, porque el primer circuito de regulación está activo, mientras que la corriente colector-emisor I3 del transistor excitador T3 amortigua progresivamente, a favor de la corriente ID en serie, que tiene un patrón especular a I3. Por lo tanto, el transistor excitador T3 se apaga progresivamente hasta después de la etapa intermedia, una sola corriente excitadora cruzará el primer grupo de LED y el segundo grupo, en serie entre sí, con el transistor excitador T3 del primer grupo apagado y, por tanto, con la corriente de colector-emisor de dicho transistor igual a cero.

El segundo transistor T5 del circuito 230 de actuación se comporta de la misma manera que el transistor excitador T3, porque en la rama del segundo grupo 2 de LED, antes de VR1 = VR2, la corriente excitadora I1'' del segundo grupo de LED es igual a la corriente emisor-colector I5 que fluye a través del segundo transistor T5 del circuito 230 de actuación. Cuando el voltaje aguas abajo VR1 es aproximadamente igual al voltaje aguas arriba VR2 sucede que, aplicando la ley de Kirchhoff al nodo VR2, la corriente excitadora I1'' del segundo grupo de LED es dada por la suma de la corriente de emisor-colector I5 que pasa a través del transistor T5 con la corriente en serie ID que fluye a través de los medios D de circuito de conexión en serie.

Obsérvese que la corriente excitadora I1'' del segundo grupo de LED es constante porque el circuito 220 de regulación está activo, la corriente de emisor-colector I5 que pasa a través de transistor T5 disminuye progresivamente a cero, mientras que la corriente en serie ID aumenta de forma especular.

Por lo tanto, también el segundo transistor T5 del circuito de actuación tiende a apagarse en la etapa intermedia y, cuando VR1 se hace mayor que VR2, dicho transistor T5 se apaga, como el transistor excitador T3.

Al final de la etapa intermedia y, por tanto, cuando el circuito excitador ha cambiado a la segunda disposición de los LED (configuración "en serie"), es decir, cuando VR1 es mayor que VR2, el voltaje de colector-emisor del transistor T5, Vce5, para cada voltaje VR1 mayor que VR2, es igual al voltaje de detección del primer módulo, es decir, al voltaje en los terminales de la resistencia R1 de detección del primer módulo, más el voltaje de la unión Vf de cada LED por el número n de LED en serie en el primer grupo de LED, más la caída de voltaje Vy en los terminales de los medios D de circuito de conexión en serie, es decir:

$$Vce5 = Vsensing + n * Vf + Vy$$

Por lo tanto, el voltaje de colector-emisor del transistor T5 es constante, siendo todos los términos de la constante de adición. Por lo tanto, el transistor T5 del circuito de actuación ya no puede ser usado para la regulación, puesto que una rama de resistividad eléctrica inferior está conectada en paralelo entre el colector y el emisor de dicho transistor T5 que no es capaz de ser regulado a través de los medios descritos anteriormente. En otras palabras, el transistor T5 del circuito de actuación se anula por la rama de resistividad eléctrica inferior que consta de la resistencia R1 de detección del primer módulo, el primer grupo 1 de LED y los medios D de circuito de conexión en serie.



Como resultado, la corriente que atraviesa la resistencia R1'' de detección del segundo módulo 200 que tendería a aumentar, disminuyendo así la corriente I2'' que fluye entre el emisor y el colector del segundo transistor T2'' del espejo de corriente del segundo módulo 200. Por lo tanto, el primer transistor T4 del circuito de actuación funciona de manera que el transistor excitador T3'' del módulo segundo está obligado a funcionar en zona lineal, con el fin de permitir una regulación de corriente I1'' en el segundo grupo de LED, como se impone por el generador de corriente IREF del segundo circuito 220 de regulación.

También, como puede verse en la figura 6, la corriente I2'' de colector del segundo transistor T2'' del espejo de corriente del segundo módulo 200 habiendo disminuido, el primer transistor T4 del circuito de actuación funciona de manera que la corriente de base del segundo transistor T5 del circuito de actuación disminuye aún más, siempre y cuando dicho transistor T5 se apague.

En este punto, es importante señalar que la corriente excitadora I1 que circula en el primer grupo de LED y la corriente excitadora I1'' que circula en el segundo grupo de LED en la primera disposición de los LED, es decir, cuando  $VR1 < VR2$ , y la corriente que circula en los grupos primero y segundo de LED en serie entre sí en la segunda disposición de LED, es decir cuando  $VR1 > VR2$ , son las mismas. Esto está garantizado por los generadores de corriente IREF de los circuitos primero y segundo 120; 220 de regulación de los módulos primero y segundo, respectivamente.

Por lo tanto, para resumir lo dicho hasta ahora, si el voltaje aguas abajo VR1 es menor que el voltaje aguas arriba VR2, los transistores excitadores T3 del primer grupo de LED y el transistor T5 del circuito de actuación del segundo grupo de LED están en y regulan, respectivamente, los grupos primero y segundo de LED. Por otro lado, si  $VR1 > VR2$ , dichos transistores T3 y T5 están apagados mientras que el transistor excitador T3'' del segundo grupo de LED está en la zona lineal y es capaz de regular los grupos primero y segundo de LED dispuestos en serie.

Entre estas dos configuraciones de los LED, existe la etapa intermedia descrita anteriormente, en la que una condición intermedia se produce entre una disposición en paralelo y una disposición en serie de los grupos primero y segundo de LED, con todos los transistores T3, T3 y T5'' capaces de regular.

Además, como se ha dicho anteriormente, el circuito excitador de LED puede incluir otros módulos que comprenden cada uno un circuito de regulación, un circuito de actuación del circuito de regulación y un grupo de LED, dichos otros módulos estando conectados en paralelo a los módulos anteriores entre el terminal de suministro de potencia VDD y tierra, y en el que dichos medios D de circuito de conexión en serie conectan con cada uno de dichos módulos adicionales al menos en el módulo adyacente. En tales circunstancias, las mismas consideraciones vistas anteriormente se aplican y, por lo tanto, el circuito excitador de LED provisto de múltiples módulos no se describirá adicionalmente.

Con referencia ahora a la figura 7, en una realización del circuito excitador del LED proporcionada, por ejemplo, con cuatro módulos, la corriente IDD absorbida por los grupos primero, segundo, tercero, y cuarto de LED será reducida por tres veces yendo desde una configuración excitadora inicial, en la que todos los grupos de LED están conectados en paralelo, a una segunda configuración excitadora, en la que sólo los dos primeros grupos de LED están conectados en serie, a una tercera configuración excitadora, en la que los tres primeros grupos de LED están conectados en serie, y finalmente a una cuarta configuración excitadora de los LED, en la que los cuatro grupos de LED están conectados en serie. Las reducciones progresivas de la corriente ID global son en la misma medida puesto que la corriente que circula en cualquiera de las ramas de los LED es siempre la misma, mientras que las disposiciones de los LED varían.

Todavía con referencia a la figura 7, el patrón de la corriente absorbida por los LED durante una etapa intermedia entre una disposición de los LED la otra debe señalarse. Se ve que la potencia disminuye gradualmente hasta moverse a un valor constante típico de la siguiente disposición de los LED, puesto que una parte de la corriente se suministra en paralelo a los grupos de LED, y una parte adicional de la corriente se suministra en serie a los grupos de LED.

Ventajosamente, puesto que hay una fase intermedia estable, el circuito excitador de los LED cambia entre la primera disposición de los LED y la segunda de modo que la absorción de potencia eléctrica del circuito excitador varía gradualmente. En otras palabras, la absorción de potencia eléctrica del circuito excitador de los LED durante la transición de una disposición de LED a otra no cambia abruptamente con un patrón típico de paso. Dicha ventaja del circuito excitador de la invención puede ser particularmente apreciada, por ejemplo, cuando hay ruidos en la línea de suministro de potencia que afectan al patrón del voltaje de suministro de potencia de los LED.

Si el voltaje de suministro de potencia varía linealmente, es posible trazar el patrón de la potencia eléctrica absorbida por el circuito excitador de los LED durante el cambio de las disposiciones de los LED, como se muestra en la figura 8. Se deduce fácilmente que la disipación de potencia media se mantiene constante cuando el voltaje de suministro de potencia VDD varía, con el fin de optimizar el rendimiento dado por la potencia de salida dividida por la potencia disipada para la regulación.

En otras palabras, de manera ventajosa, la conmutación de un estado al siguiente en el suministro de los grupos de LED no está dada por el cambio de un conmutador y por lo tanto no es una transición brusca o gradual, que es una fuente de parpadeo. El circuito de acuerdo con la invención no requiere ninguna histéresis para evitar una conmutación continua entre las diferentes configuraciones.

5 En cambio, el circuito excitador de acuerdo con la invención permite pasar de una configuración a otra pasando a través de una fase intermedia estable que garantiza la ausencia de picos o parpadeos gracias a la regulación permanente (también en tal estado intermedio) de la corriente excitadora de los grupos de LED.

10 La figura 9 muestra el patrón de corriente en los transistores excitadores T3, T3'', T3''', ... en el respectivo primer circuito 120 de regulación del primer módulo 100, el segundo circuito 220 de regulación del segundo módulo 220, el tercer circuito 320 de regulación del tercer módulo 300, etc., de un circuito excitador de LED, como una función del voltaje de suministro VDD. La figura 10 muestra el patrón de la potencia eléctrica absorbida por tales transistores T3, T3'', T3'''.

15 Con referencia a tales figuras 9 y 10, el primer transistor excitador T3 comienza a regular linealmente primero entre los transistores T3, T3'', T3''', y se regula hasta que VR1 es igual a VR2. Posteriormente, el primer transistor T3 se apaga. A su vez, el segundo transistor T3'' permanece en saturación hasta que VR1 es igual a VR2, entonces comienza a regular linealmente hasta que V'R2 es igual a VR3, donde V'R2 es el voltaje aguas abajo del segundo grupo de LED y es VR3 el voltaje aguas arriba del tercer grupo de LED. Posteriormente, el segundo transistor T3'' se apaga. Un comportamiento similar se produce con el tercer transistor excitador T3'''.

20

En una variante de realización mostrada en la figura 11, el circuito excitador de LED está provisto de medios de conmutación de circuitos configurados para eludir las trayectorias de corriente que ya no se usan. En particular, puesto que la corriente de regulación a través del primer transistor excitador T3 ha sido sustituida por la corriente que atraviesa los medios D de circuito de conexión en serie relativos al cambiar de la configuración en paralelo a la configuración en serie, es posible reemplazar los otros transistores excitadores T3', T3''', ..., que son transistores de potencia, con un transistor de señal de consumo de potencia baja, y todavía para hacer que el primer transistor excitador T3 realice la regulación. Por supuesto, los transistores excitadores T3'', T3''', ..., adicionales no pueden ser eliminados puesto que se requiere un transistor en saturación que luego va en una zona lineal el tiempo suficiente para comenzar el encendido en el primer transistor excitador T3.

25

30

En el ejemplo de la figura 11, el circuito excitador está provisto de un transistor Ts de detección conectado al colector del segundo transistor excitador T3'' y configurado para detectar cuándo dicho transistor excitador T3'' irá en zona lineal. Cuando se produce esta condición, el primer transistor excitador T3 está apagado y luego la rama que lo incluye se puede apagar a través de un conmutador de Tsw, controlado por el transistor Ts de detección. Cuando se produce tal interrupción de la primera rama, la corriente puede hacerse fluir desde el segundo grupo de LED al transistor excitador T3 a través de una rama D' de circuito de retorno (por ejemplo, un diodo de Schottky), como se indica por la línea discontinua en la figura 11.

35

40

Del mismo modo, también el segundo transistor T5 del circuito de actuación puede ser sustituido por un transistor de señal de baja potencia.

45 El diagrama de la potencia absorbida por este circuito excitador como una función del voltaje de suministro de VDD se muestra en la figura 12, donde la pendiente de la línea varía con cada variación de la disposición de LED, de acuerdo con la fórmula  $(k - n) \cdot I_n$ , con  $n = 1, 2, 3, \dots, k-1$ , porque el número de ramas se reduce.

Una forma de realización ventajosa del circuito excitador con un sistema de diagnóstico en caso de fallo de una fuente de luz se describirá ahora con referencia a las figuras 13, 14 y 15.

50

Como se muestra esquemáticamente en la figura 14, el circuito excitador incluye una pluralidad de módulos, por ejemplo unos módulos primero 100, segundo 200, tercero 300 y cuarto 400, comprendiendo cada uno un respectivo grupo de LED, y medios Djk de circuito de conexión en serie que conectan el grupo j-ésimo de LED con el grupo k-ésimo de LED.

55

Con referencia ahora a la figura 13, donde por simplicidad de la discusión sólo se muestra el segundo módulo 200 del circuito excitador, cada módulo del circuito excitador de LED incluye un circuito 50 de diagnóstico que incluye un transistor T6 de diagnóstico que tiene la unión colector-emisor conectada entre el terminal de potencia VDD y GND de tierra a través de una primera resistencia R6, y la base conectada al colector del segundo transistor T2'' del espejo de corriente, a través de una segunda resistencia R5.

60

Entre el colector del transistor T6 de diagnóstico y la primera resistencia eléctrica R6, el circuito de diagnóstico proporciona una señal de diagnóstico DIAG, por ejemplo un voltaje eléctrica, que tiene una condición de funcionamiento normal o fallo del circuito excitador de los LED. Tal señal de diagnóstico DIAG se puede transmitir, por ejemplo, a una unidad de control electrónico del vehículo.

65

Más específicamente, en caso de funcionamiento normal del circuito excitador de los LED, la rama de circuito que incluye los LED es atravesada por una corriente eléctrica. El segundo transistor T2" del espejo de corriente está por lo tanto polarizado en la zona lineal y su voltaje colector-emisor Vce2" es mayor que cero, sustancialmente en el orden de unos pocos voltios. En tal circunstancia, el transistor T6 de diagnóstico está encendido en la zona de saturación y, por lo tanto, la señal de diagnóstico DIAG toma un valor claramente alto para indicar el funcionamiento normal del circuito excitador.

En el caso de fallo de un LED, identificable con un circuito abierto, la rama de circuito que incluye el LED defectuoso no es atravesada por una corriente eléctrica. En consecuencia, el transistor T2" es polarizado en la zona de saturación, ya que la diferencia de potencial entre su base y su emisor es igual a la suma del voltaje en los terminales de la resistencia eléctrica R2" y del voltaje base-emisor Vbe1" del primer transistor T1" del espejo de corriente, donde los voltajes eléctricos últimos son impuestos por la corriente de referencia IREF. Por esta razón, el voltaje colector-emisor Vce2" del transistor T2" es sustancialmente igual a cero voltios. En tal circunstancia, el transistor T6 de diagnóstico se apaga y, por lo tanto, la señal de diagnóstico DIAG toma un valor claramente bajo para indicar la presencia de un fallo en la rama de circuito relativa.

En el caso de un fallo, el circuito excitador de la invención es capaz de manejar tanto una primera situación de fallo, en la que los grupos de fuentes de luz están conectados en paralelo, y una segunda situación de fallo, en la que al menos dos grupos de fuentes de luz están conectados en serie.

Con referencia a la figura 14, que muestra esquemáticamente la primera situación de fallo, el fallo se produce en un módulo del circuito excitador de los LED, por ejemplo, el segundo módulo, que está conectado en paralelo a uno o más módulos del circuito excitador de los LED. En el caso tomado como ejemplo, todos los módulos del circuito excitador de los LED están conectados en paralelo.

En este caso, el voltaje VR1 aguas abajo del primer grupo de LED del primer módulo nunca puede exceder el voltaje VR2 aguas arriba del segundo grupo de LED, en la variación del voltaje de suministro de potencia VDD.

Esto significa que la condición en la que los grupos primero y segundo de LED se pueden disponer en serie entre sí nunca puede ser verificada y, por lo tanto, el segundo módulo del circuito excitador, es decir, el módulo que incluye el LED defectuoso, debe excluirse en cualquier disposición de LED en la que grupos de LED, de entre el primero, el segundo, el tercero y el cuarto, están conectados en serie entre sí.

En el caso tomado como ejemplo, el circuito excitador de LED cambia de una disposición inicial de LED, en la que los módulos están conectados en paralelo, a una segunda disposición de LED, en la que los módulos primero y tercero están conectados en serie, mientras que el cuarto módulo está conectado en paralelo a los módulos primero y tercero en serie.

Por lo tanto, los medios Djk de circuito de conexión en serie mencionados anteriormente son excitados, por ejemplo por medio de un dispositivo de disyuntor de circuito que funciona en base a la señal de diagnóstico DIAG, para permitir que el circuito excitador de los LED cambie a su segunda configuración.

Más precisamente, los medios D13 de circuito de conexión en serie están polarizados directamente para conectar en serie la rama que incluye el primer grupo de LED 1 con la rama que incluye el tercer grupo de LED, mientras que los medios D12 de circuito de conexión en serie y los medios D23 de circuito de conexión en serie están polarizados a la inversa para excluir el segundo grupo de LED de la segunda disposición de los LED, y de otras disposiciones de los LED, por ejemplo una en la que los módulos primero, tercero y cuarto están dispuestos en serie entre sí.

En este punto, será evidente para un experto en la técnica implementar el circuito excitador de la invención incluyendo medios de disposición de circuito adecuados para conectar el primer grupo de LED con el grupo de LED entre el tercero y el cuarto, en el momento más adecuado. Por ejemplo, en el caso de fallo de un LED del segundo grupo de LED, el circuito excitador de los LED puede cambiar a una segunda disposición de los LED cuando el primer grupo de LED está conectado al cuarto grupo de LED, en lugar del tercer grupo de LED.

Por supuesto, tales medios de disposición de circuito del circuito excitador de la invención pueden seleccionarse para cambiar a la disposición LED cuando sea más adecuado, entre todos los provistos, incluso durante el funcionamiento normal del circuito excitador de los LED.

Con referencia ahora a la figura 15, que muestra la segunda situación de fallo (donde se han omitido algunas partes de los circuitos relacionados con los diversos módulos), el error se produce en un grupo de LED, por ejemplo, del segundo módulo 200 del circuito excitador, cuando este último está conectado en serie a al menos otro módulo del circuito excitador de los LED, por ejemplo para los módulos primero 100 y tercero 300.

Más específicamente, la resistencia R1 de detección del primer módulo, los LED del primer grupo de LED, la resistencia R1" de detección del segundo módulo, los LED del segundo grupo de LED, la resistencia R1'" de detección del tercer módulo, y los LED del tercer grupo de LED están conectados en serie entre sí, mientras que la

regulación de los LED perteneciente a los grupos primero, segundo y tercero se lleva a cabo por el primer circuito 120 de regulación del primer módulo que funciona por medio de los transistores T1, T2 de su espejo de corriente y del transistor excitador T3.

5 Desde un LED el segundo grupo es defectuoso, la corriente eléctrica que circula por la resistencia R1 de detección del primer circuito de regulación disminuye sustancialmente a cero amperios. Sin embargo, el voltaje en los terminales de la resistencia R2 de emisor del espejo de corriente se mantiene constante, porque se impone por el generador de corriente IREF del primer circuito de regulación y, por lo tanto, ya que la caída de voltaje en los terminales de dicha resistencia R2 es igual al flujo de corriente en la resistencia R1 de detección por el valor de  
10 resistencia R1 de detección, más la caída de voltaje de base-emisor  $V_{be2}$  del transistor T2, dicho voltaje  $V_{be2}$  de base-emisor de transistor T2 aumenta. Esto tiene el efecto de un aumento de la corriente  $I_{c2}$  de colector del transistor T2 hasta polarizar el transistor T3'' en la zona de saturación por medio del transistor T4''.

15 En este punto, el primer módulo se conecta entre el voltaje de suministro de potencia VDD y tierra, la segunda forma no se cierra a tierra a causa del fallo, la tercera rama se cierra a tierra a través del respectivo transistor excitador T'''. En otras palabras, todos los módulos funcionales están dispuestos en paralelo, mientras que se excluye el módulo defectuoso.

20 Con referencia a la figura 16, la presente invención también se refiere a un faro 500 de vehículo de motor que comprende un cuerpo de contenedor que define un compartimiento para alojar fuentes de luz LED 1, 2, ... excitado por el circuito excitador 100, 200, ... descrito anteriormente.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Circuito excitador de fuentes de luz del tipo LED, que comprende un primer (1) y al menos un segundo (2) grupo de fuentes de luz, cada uno conectado a un terminal de suministro de potencia común (V<sub>DD</sub>), un primer (120) y al menos un segundo (220) circuito de regulación, cada uno adaptado para regular la corriente absorbida por un respectivo grupo de fuentes de luz, en el que cada circuito de regulación comprende un transistor excitador (T3, T3'') conectado entre el respectivo grupo de fuentes de luz y tierra y adaptado para excitar una corriente de excitación proporcional a una magnitud eléctrica de referencia (IREF), caracterizado porque comprende además al menos un circuito (230) de actuación conectado operativamente a un respectivo segundo circuito (220) de regulación, y medios (D) de circuito de conexión en serie que tienen un primer terminal (VR1) conectado entre el primer grupo (1) de fuentes de luz y el respectivo transistor excitador (T3) y un segundo terminal (VR2) conectado entre el terminal de suministro de potencia (VDD) y el segundo grupo (2) de fuentes de luz, estando adaptados dichos medios de circuito de conexión en serie para conectar en serie al menos unos grupos primero y segundo de fuentes de luz, cuando el voltaje de dicho primer terminal es mayor o igual que el voltaje en dicho segundo terminal, en el que el circuito (230) de actuación comprende un segundo transistor (T5) de actuación conectado entre el terminal de suministro de potencia (VDD) y el segundo terminal (VR2) y las resistencias (R3, R4) de polarización conectadas de forma operativa al transistor (T3'') de excitación del segundo circuito de regulación, en el que el circuito (120) de regulación de un primer grupo (1) de fuentes de luz, el circuito (230) de actuación y el circuito (220) de regulación de un segundo grupo (2) de fuentes de luz están configurados de tal manera que:
- cuando el voltaje en el primer terminal (VR1) es menor que el voltaje en el segundo terminal (VR2), el primer grupo (1) de fuentes de luz es excitado por el respectivo circuito (120) de regulación, mientras que el transistor excitador (T3'') del segundo circuito (220) de regulación se satura por las resistencias (R3, R4) de polarización del circuito (230) de actuación y el transistor (T5) de actuación excita el segundo grupo (2) de fuentes de luz, en base a una magnitud eléctrica de referencia (IREF) de dicho segundo circuito de regulación, de tal manera que los grupos primero y segundo de fuentes de luz se excitan en paralelo;
  - cuando el voltaje en el primer terminal (VR1) es mayor que el voltaje en el segundo terminal (VR2), los grupos primero y segundo de fuentes de luz conectados en serie entre sí son excitados por el segundo circuito (220) de regulación, estando apagados el transistor excitador (T3) del primer circuito de regulación y el segundo transistor (T5) de actuación.
- 2.- Circuito excitador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, durante el paso entre la configuración de excitación en paralelo y la configuración de excitación en serie de dos grupos de fuentes de luz, una fracción del flujo de la corriente eléctrica absorbida por el primer grupo de fuentes de luz enciende el segundo grupo de fuentes de luz también, pasando a través de los medios de circuito de conexión en serie, y al mismo tiempo dichos grupos de fuentes de luz son alimentados independientemente por respectivas fracciones de la corriente de excitación.
- 3.- Circuito excitador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que cada circuito (120, 220) de regulación comprende una resistencia (R1, R1'') de detección adecuada para detectar la corriente que circula en un respectivo grupo de fuentes de luz, un espejo (T1, T2, T1'', T2'') de corriente conectado en paralelo a dicha resistencia de detección y a un respectivo transistor excitador (T3, T3''), y un generador de una magnitud eléctrica de referencia (IREF) conectado de forma operativa a dicho espejo de corriente.
- 4.- Circuito excitador de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el circuito (230) de actuación del segundo circuito (220) de regulación comprende un primer transistor (T4) de actuación que tiene la base conectada al espejo (T1'', T2'') de corriente, el emisor conectado a la base del transistor excitador (T3'') y el colector conectado a la base de un segundo transistor (T5) de actuador, teniendo dicho segundo transistor de actuación la unión emisor-colector conectada entre el terminal de suministro de potencia y la resistencia (R1'') de detección, comprendiendo el circuito de actuación, además, resistencias (R3, R4) de polarización adecuadas para polarizar el transistor excitador (T3'') en la zona de saturación y el segundo transistor excitador (T5) en la zona lineal durante la configuración en paralelo.
- 5.- Circuito excitador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, en el que el segundo terminal (VR2) de los medios de conexión en serie está conectado entre el segundo transistor (T5) de actuación y la resistencia (R1'') de detección del segundo circuito (220) de regulación.
- 6.- Circuito excitador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada circuito de regulación está configurado de manera que las corrientes de excitación que circulan en los grupos primero y segundo de fuentes de luz en la configuración en paralelo y las corrientes de excitación que circulan en los grupos primero y segundo de fuentes de luz en la configuración en serie son iguales entre sí.
- 7.- Circuito excitador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de conexión en serie comprenden un diodo (D), tal como un diodo Schottky.
- 8.- Circuito excitador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios (TSW) de circuito de conmutación adecuados para ser activados en el momento del paso de la configuración de excitación en

paralelo a la configuración de excitación en serie para excluir el transistor excitador (T3'') del segundo circuito de regulación y desviar el flujo de la corriente que atraviesa el segundo grupo de fuentes de luz en el transistor excitador del primer circuito (T3) de regulación.

5 9.- Circuito excitador de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende un transistor (TS) de detección adecuado para detectar cuándo el transistor del segundo circuito (T3'') de regulación está a punto de entrar en la zona lineal, un transistor (TSW) de conmutación colocado entre el primer grupo de fuentes de luz y el respectivo transistor excitador (T3) y controlado por dicho transistor de detección, y una rama (D') de circuito de retorno que conecta el segundo grupo de fuentes de luz al transistor excitador del primer circuito de regulación.

10 10.- Circuito excitador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de fuentes de luz y una pluralidad de medios (Djk) de conexión en serie adecuados para conectar el grupo j-ésimo de fuentes de luz al grupo k-ésimo de fuentes de luz, en el que dichos medios (Djk) de conexión en serie son adecuados para ser activados por un dispositivo de conmutador de circuito controlado por un circuito (50) de diagnóstico adecuado para detectar un fallo en el circuito excitador, de tal manera que, en el paso de la configuración de excitación en paralelo a la configuración de excitación en serie, los medios de conexión en serie conectados al grupo de fuentes de luz en el que se produjo el fallo se desactivan para excluir dicho grupo de fuentes de luz de la configuración excitadora en serie.

15 11.- Método excitador de fuentes de luz del tipo LED, en el que dichas fuentes de luz se dividen en un primer (1) y al menos un segundo (2) grupo de fuentes de luz, cada uno conectado a un terminal de suministro de potencia común, en el que cada grupo de fuentes de luz se regula por un respectivo circuito (120, 220) de regulación que comprende un transistor excitador (T3, T3'') conectado entre el respectivo grupo de fuentes de luz y tierra y adaptado para excitar una corriente de excitación proporcional a una magnitud eléctrica de referencia (IREF), caracterizado porque comprende los pasos de:

20 - conectar un primer terminal (VR1) entre el primer grupo de fuentes (1) de luz y el respectivo transistor excitador (T3) a un segundo terminal (VR2) entre el terminal de suministro de potencia (VDD) y el segundo grupo (2) de fuentes de luz, de manera que al menos unos grupos primero y segundo de fuentes de luz son alimentados por la misma corriente de excitación cuando el voltaje de dicho primer terminal es mayor o igual que el voltaje en dicho segundo terminal;

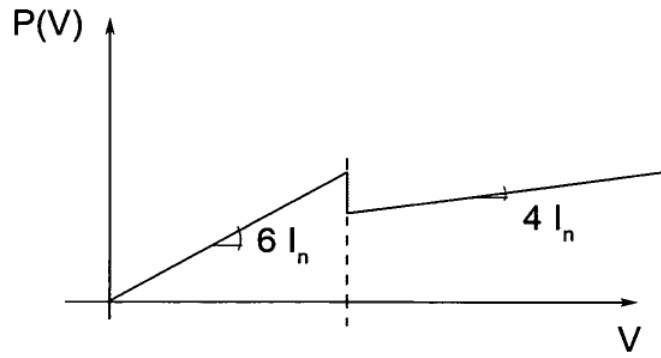
25 - cuando el voltaje en el primer terminal es menor que el voltaje en el segundo terminal, excitar el primer grupo (1) de fuentes de luz mediante el respectivo circuito (120) de regulación, saturando el transistor excitador (T3'') del segundo circuito de regulación, y excitar el segundo grupo (2) de fuentes de luz, de tal manera que los grupos primero y segundo de fuentes de luz son excitados en paralelo;

30 - cuando el voltaje en el primer terminal es mayor que el voltaje en el segundo terminal, excitar los grupos primero y segundo de fuentes de luz conectados en serie entre sí por el segundo circuito (220) de regulación, mientras se apaga el transistor excitador (T3) del primer circuito de regulación

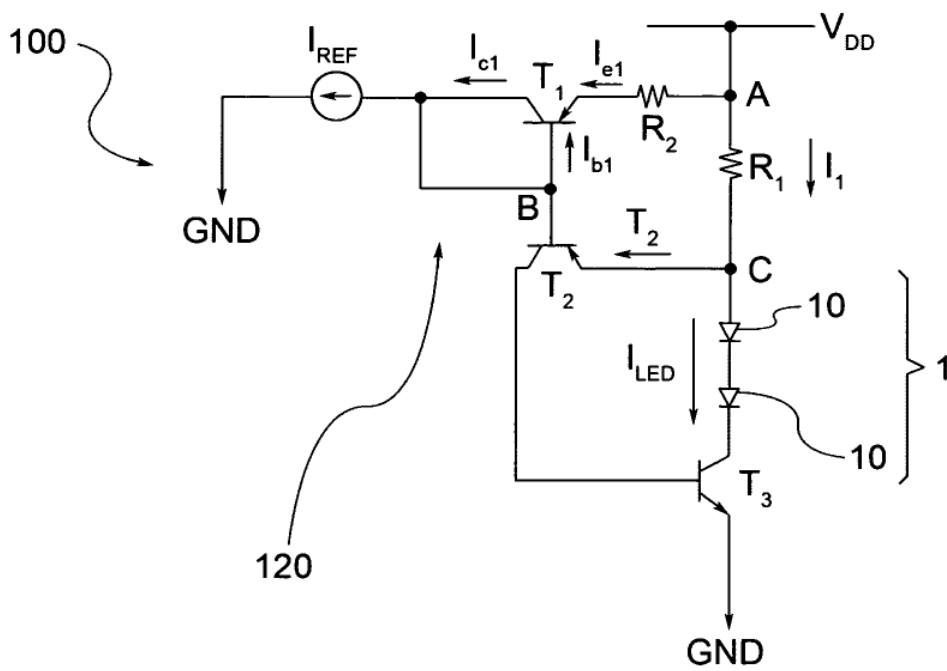
35 12.- Método excitador de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que, durante el paso entre la configuración de excitación en paralelo y la configuración de excitación en serie de dos grupos de fuentes de luz, una fracción del flujo de la corriente eléctrica absorbida por el primer grupo de fuentes de luz alimenta el segundo grupo de fuentes de luz también, pasando a través de los medios de circuito de conexión en serie y al mismo tiempo dichos grupos de fuentes de luz son alimentados independientemente por respectivas fracciones de la corriente de excitación.

40 13.- Método de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que, durante el paso entre la configuración de excitación en paralelo y la configuración de excitación en serie de dos grupos de fuentes de luz, la corriente absorbida por cada grupo de fuentes de luz es una corriente regulada en base a una magnitud eléctrica predefinida.

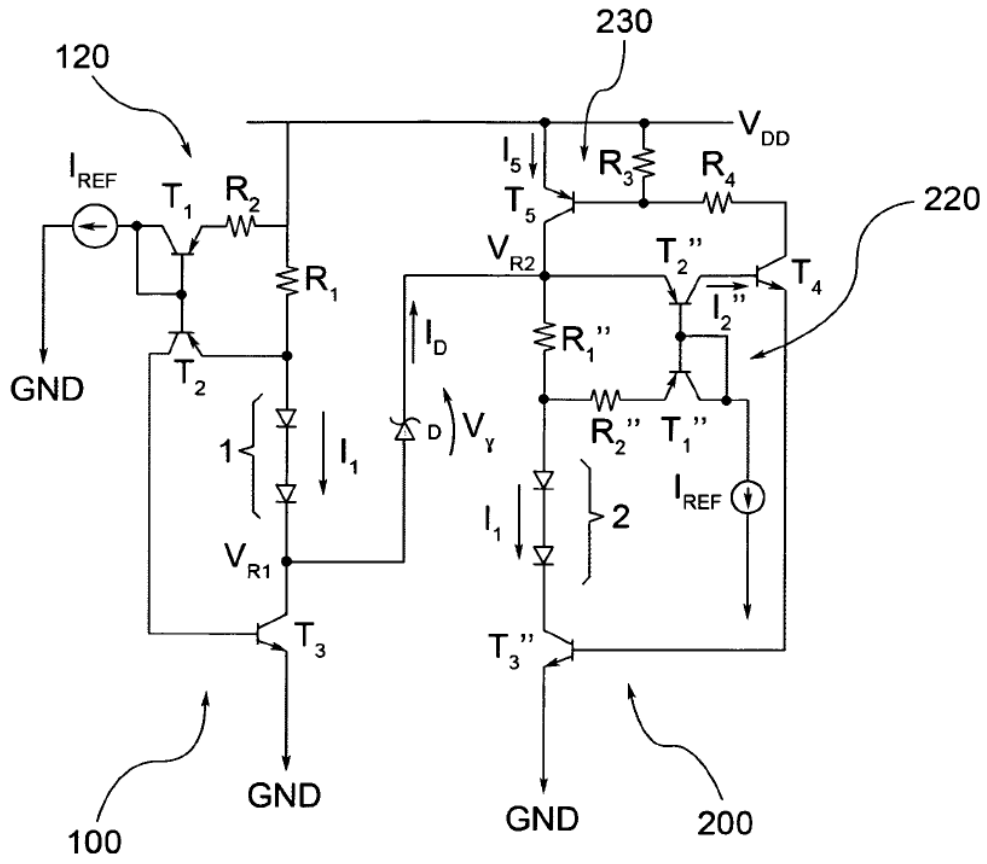
45 14.- Luz de vehículo, caracterizada porque comprende un circuito excitador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.



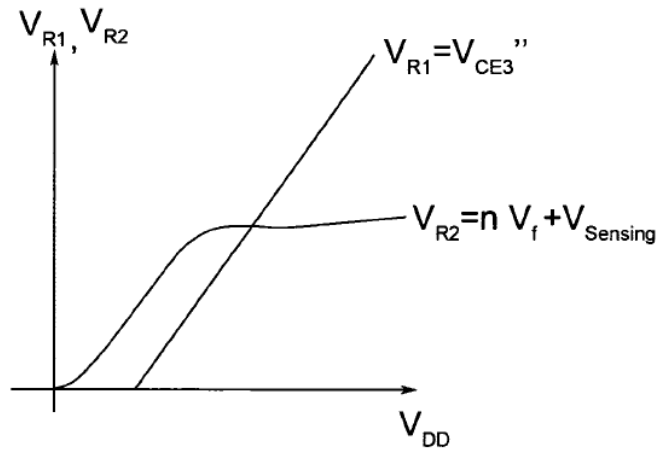
*Fig. 1*



*Fig. 2*

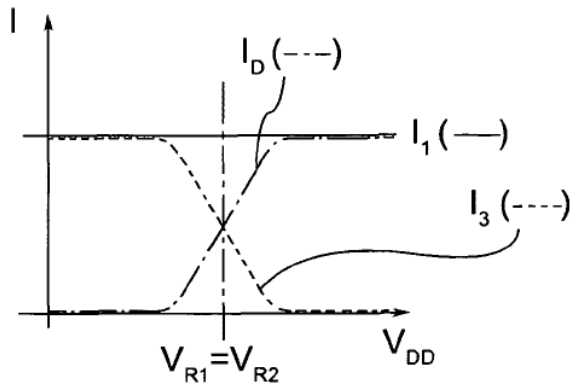


*Fig. 3*

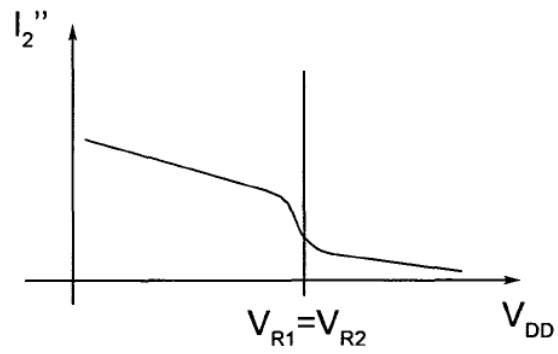


*Fig. 4*

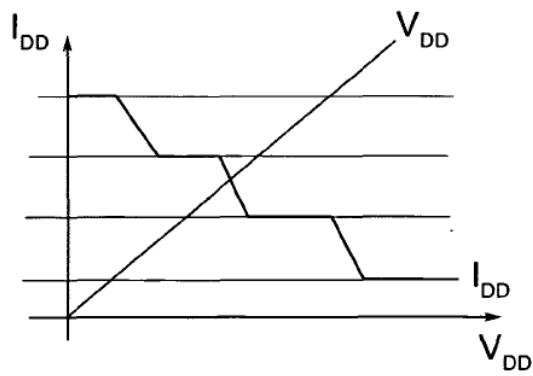




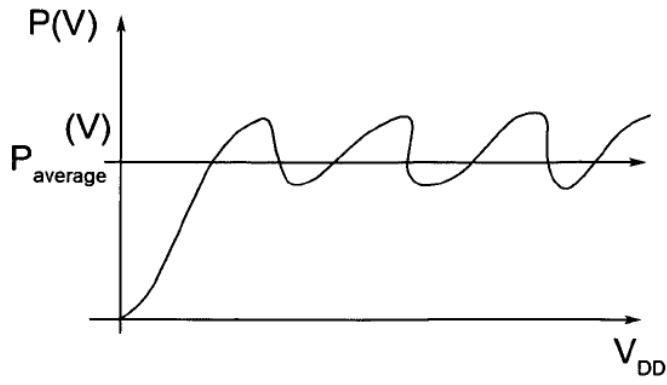
*Fig. 5*



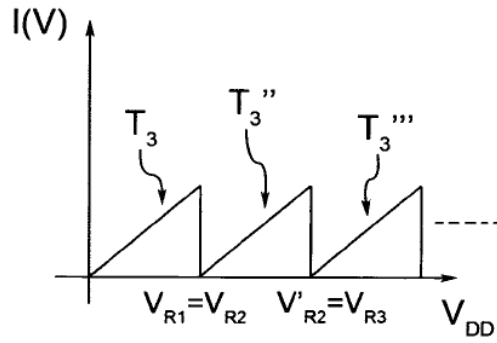
*Fig. 6*



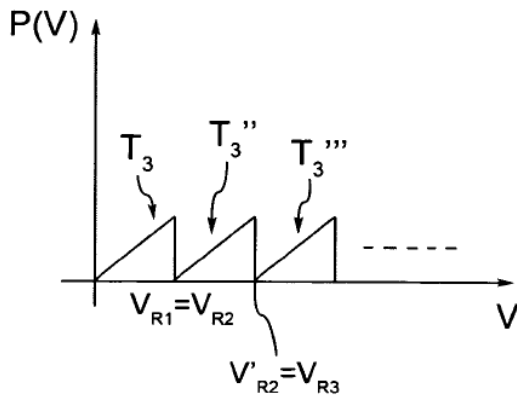
*Fig. 7*



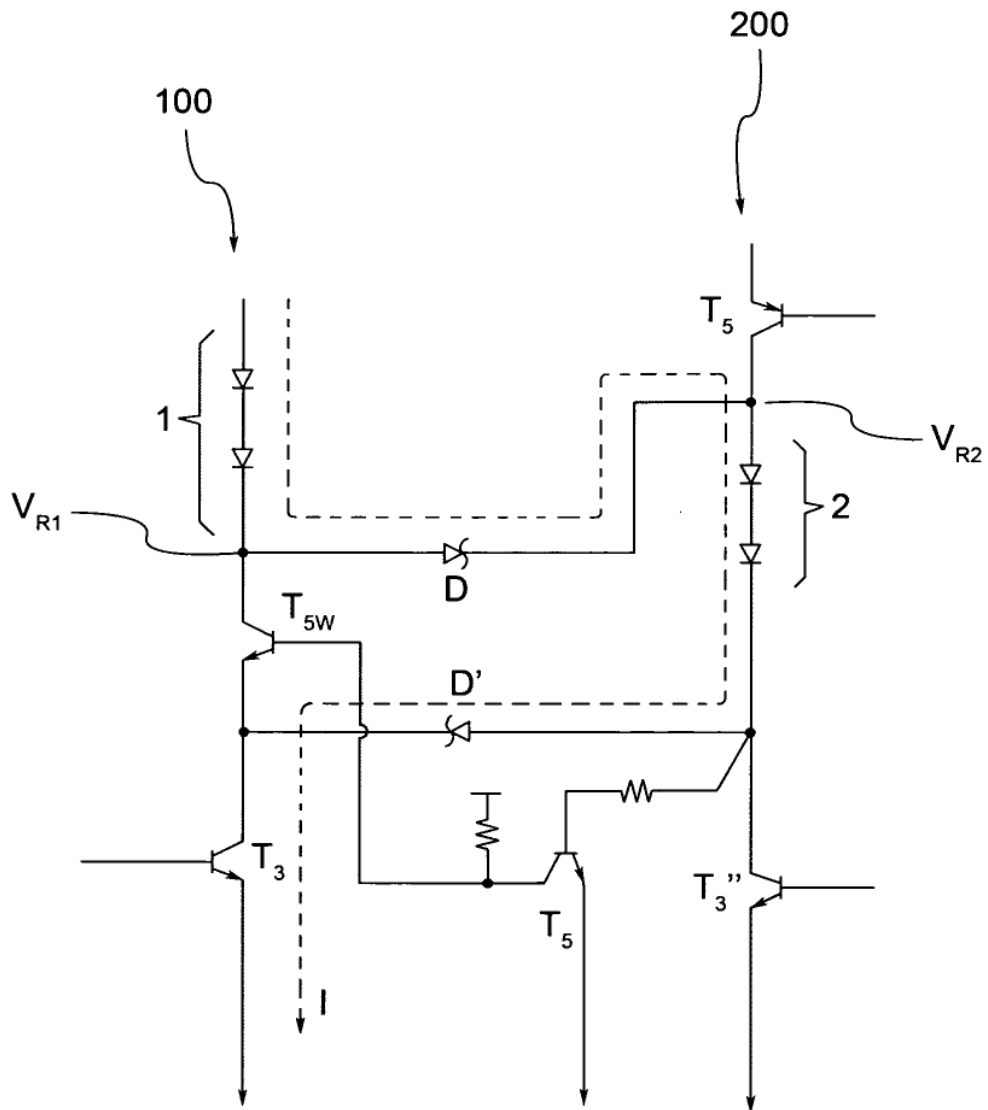
*Fig. 8*



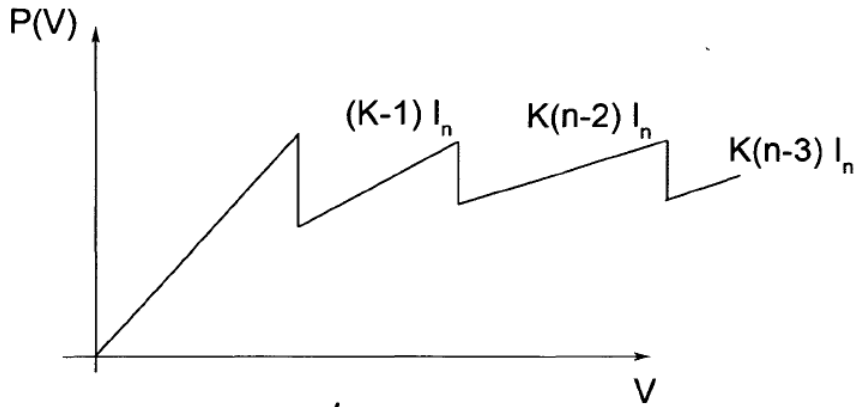
*Fig. 9*



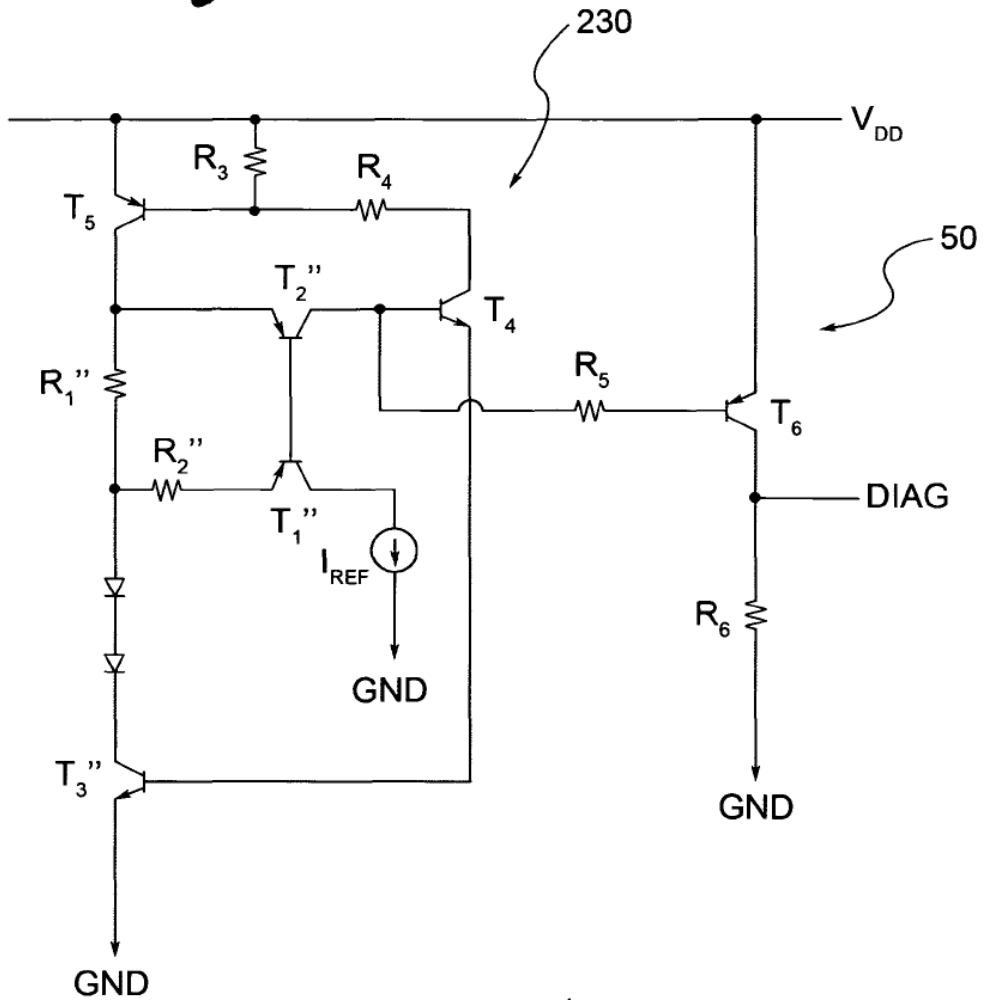
*Fig. 10*



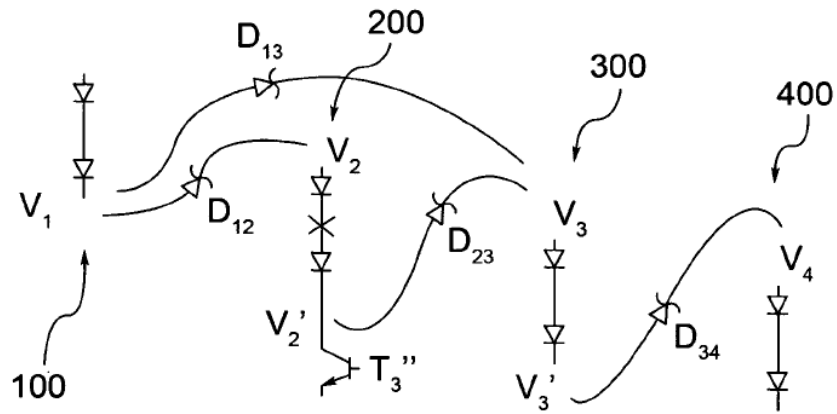
*Fig. 11*



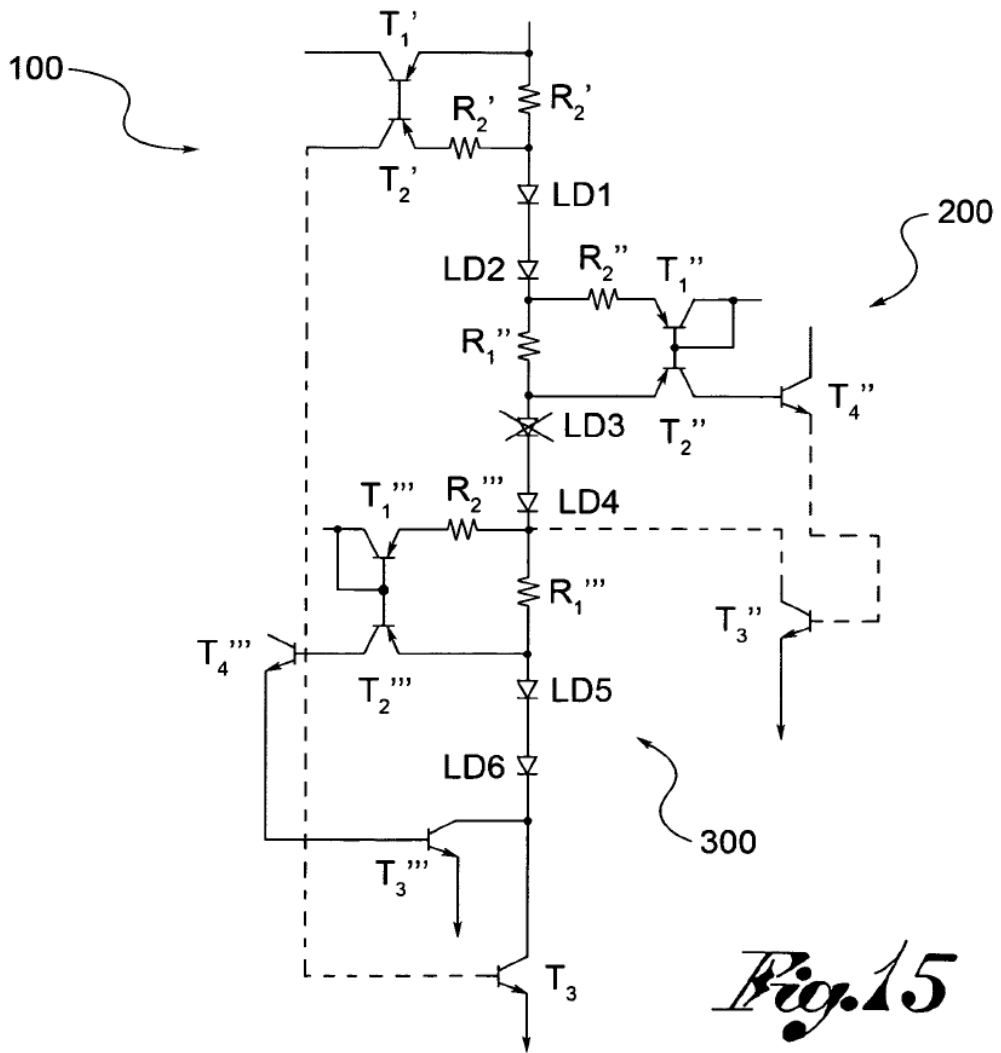
*Fig.12*



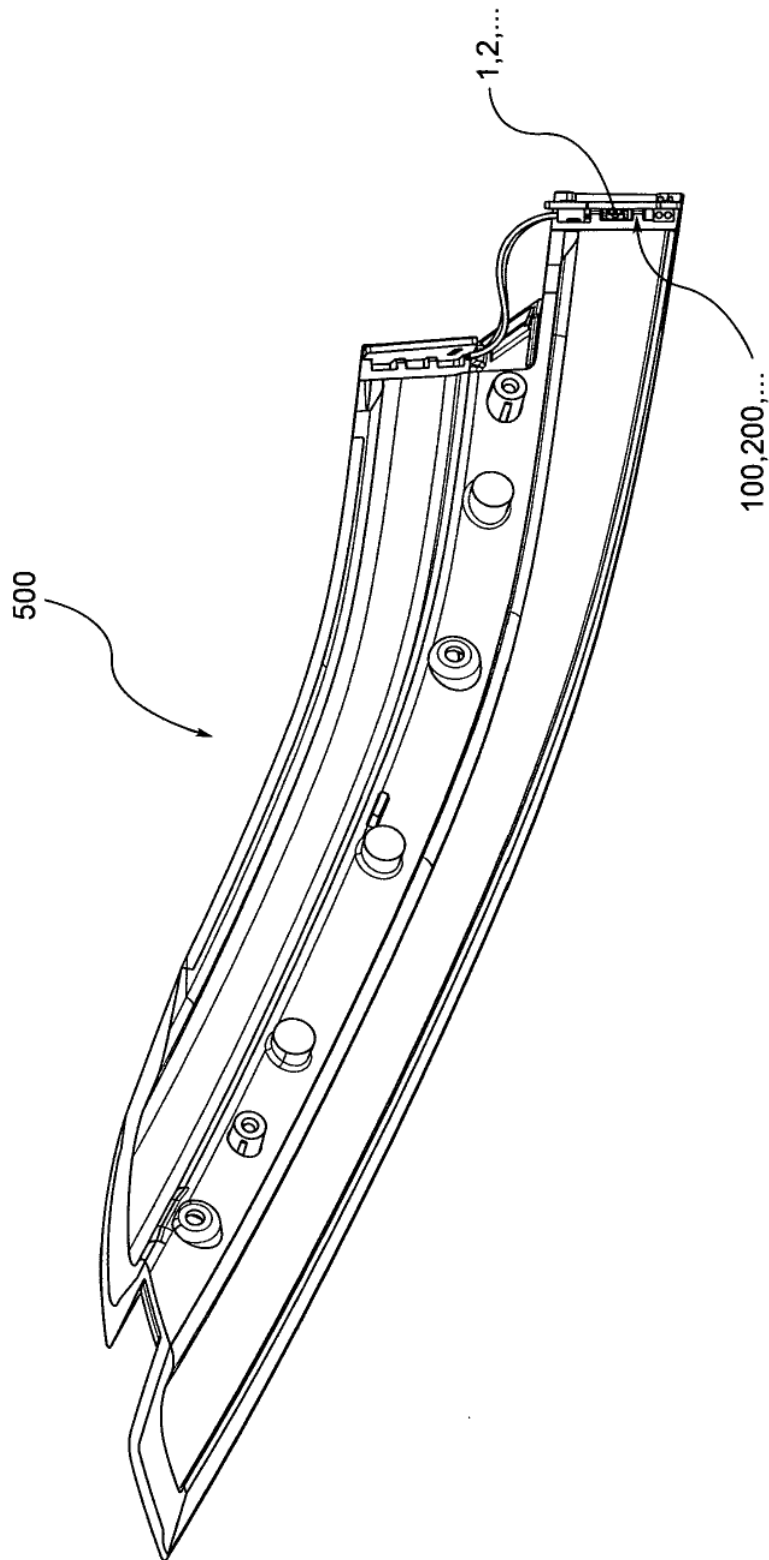
*Fig.13*



*Fig. 14*



*Fig. 15*



*Fig. 16*