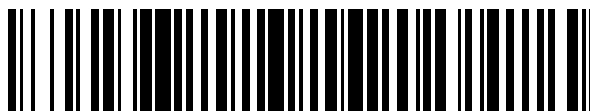


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 490 142**

51 Int. Cl.:

G09G 3/20 (2006.01)

G09G 5/02 (2006.01)

G09G 3/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2008** **E 08782632 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014** **EP 2181443**

54 Título: **Método de computación de corrientes de control para una pluralidad de LED en un píxel de un letrero para alcanzar un color deseado con una intensidad luminosa deseada**

30 Prioridad:

08.08.2007 US 836125

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

03.09.2014

73 Titular/es:

**LANDMARK SCREENS, LLC (100.0%)
1068 E. MEADOWS CIRCLE
PALO ALTO, CA 94303-4230, US**

72 Inventor/es:

SCHEIBE, PAUL O.

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 490 142 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de computación de corrientes de control para una pluralidad de LED en un píxel de un letrero para alcanzar un color deseado con una intensidad luminosa deseada

5

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a letreros basados en diodos emisores de luz (LED). En particular, la presente invención se refiere al incremento de la funcionalidad y la fiabilidad de dichos letreros basados en LED.

2. Análisis del estado de la técnica relacionado

15 Los diodos emisores de luz (LED) producen la mayor parte de las imágenes activas que se muestran en las estructuras modernas de publicidad. En un letrero típico se utiliza un gran número de LED (por ejemplo, de cientos de miles a millones de LED) para producir una imagen multicolor. Por consiguiente, la fiabilidad de los píxeles formados a partir de grupos de LED y de sus componentes electrónicos asociados constituye un factor importante en su diseño. En consecuencia, resulta muy importante la capacidad de detectar y solucionar los fallos de LED para
20 reducir al mínimo los periodos de inactividad.

En un letrero típico, los LED están configurados en pequeños grupos, y cada grupo proporciona un elemento de imagen (píxel, acrónimo en inglés de *picture element*) en la imagen visualizada. Cada píxel es capaz de mostrar un amplio abanico ("la gama", en inglés *gamut*) de colores. Normalmente, cada píxel¹ se compone de tres tipos de LED. Cada "tipo" de LED puede consistir en un solo LED o en una cadena de LED conectados en serie, los cuales proporcionan un color específico de luz ("color primario"). LED populares suministran luces rojas, verdes y azules. Cada píxel puede producir una luz de una amplia variedad de colores e intensidades mediante el control apropiado de la intensidad de luz emitida desde cada tipo de LED. La corriente eléctrica que fluye a través del LED controla la intensidad de luz emitida desde cada tipo de LED. Asimismo, el sistema psicovisual humano es insensible a los cambios de intensidad de luz que se producen con una rapidez superior a aproximadamente 100 Hz. Por estas razones, el controlador típico de un LED o de una cadena de LED conectados en serie se compone de una fuente de corriente modulada por impulsos que produce dos estados: un estado sin corriente y otro estado con una corriente de un valor de referencia. Se elige la velocidad de modulación de tal manera que la forma de onda no posea esencialmente ninguna energía presente inferior a aproximadamente 100 Hz. Se puede seleccionar un ciclo de trabajo para que el valor medio de la forma de onda de corriente con el paso del tiempo proporcione la intensidad de luz requerida de los LED. El ciclo de trabajo deseado se almacena en un contador preconfigurado por circuitos digitales para que corresponda a la intensidad relativa deseada de un tipo particular de LED (por ejemplo, que emite el color rojo) dentro de un píxel. El valor de referencia I_{ref} de la corriente es tal que proporciona el brillo deseado para la visualización de la imagen completa, la cual se compone de muchos píxeles.

40 Para facilitar la construcción, instalación y mantenimiento, un letrero típico organiza sus píxeles en grupos, y cada grupo está alojado en una estructura o módulo común. Un grupo normalmente se compone de cientos a miles de píxeles. A veces, cada grupo se subdivide adicionalmente en muchas partes, y cada una de ellas consiste en unos pocos o unas decenas de píxeles. Sin embargo, puesto que cada color en cada píxel debe ser controlado independientemente con respecto a los otros, una gran cantidad de datos debe fluir a cada grupo de píxeles cada vez que se realiza un cambio en la imagen mostrada en la estructura de publicidad. Para mostrar imágenes en movimiento en este tipo de estructura se requerirá la capacidad de controlar una velocidad enorme de flujo de datos. Los letreros contemporáneos utilizan un gran número de cables paralelos para transferir los datos y cables adicionales para las funciones de control y seguimiento. Por consiguiente, se requiere un gran número de conectores para la interconexión de los componentes. El coste y la fiabilidad de estos conectores, así como los costes de fabricación y de mantenimiento, ponen de relieve que son deseables métodos alternativos para llevar a cabo las interconexiones.

Debido a que estos letreros constituyen grandes estructuras al aire libre, sus caras expuestas se ensucian y deben ser limpiadas para preservar la calidad y la apariencia de las imágenes mostradas. Además, especialmente por lo que respecta a las estructuras expuestas a una luz solar intensa, las caras también pueden verse expuestas a cargas térmicas significativas. Por lo tanto, la limpieza de las caras y el control del entorno térmico pueden prolongar la vida y reducir los costes de reparación y mantenimiento.

60 El conjunto completo de colores que un dispositivo de visualización emisor de luz es capaz de mostrar se denomina

¹ En la presente descripción, un píxel puede incluir uno o varios LED proporcionados dentro de un área del letrero para que parezcan a un observador distante un punto iluminado en el dispositivo de visualización. Los LED que forman el píxel pueden ser direccionados y programados como una sola unidad o como unidades individuales independientes.

su gama de colores, la cual es una función de todos los colores primarios que los elementos emisores de luz pueden producir. Normalmente, un conjunto de LED puede proporcionar una gama que produce imágenes que exceden la capacidad de la gama del sistema de visualización que genera o procesa las imágenes. Como resultado, es posible que no se utilice al máximo la gama disponible en un letrero. Las imágenes mostradas, por consiguiente, pueden no llamar tanto la atención o no tener tanto impacto estético como si se utilizara la gama de forma más eficaz.

Asimismo, en los seres humanos la percepción de colores cambia en función de las condiciones de iluminación ambiental. Un color percibido en un fondo brillante parece diferente cuando cambia el brillo de fondo, por lo que puede resultar difícil leer algunos letreros o una imagen puede parecer del color equivocado o de un color poco natural en determinadas condiciones de iluminación. Por consiguiente, se desea un método que consiga compensar el cambio de color percibido a causa de la luz ambiental.

En WO02/099557 se divulga un método para convertir los datos de imágenes de color en una señal que represente datos de píxeles de imágenes en color en una amplia gama, incluidos los datos correspondientes a al menos algunos datos de píxeles fuera de rango.

En la patente estadounidense US 2004/0113875 se divulga un dispositivo de visualización OLED (diodo orgánico emisor de luz) a color con una eficacia de potencia mejorada que utiliza al menos un OLED adicional para emitir un color dentro de la gama.

En la patente estadounidense US 6.819.458 se divulga el juicio de si el color de una fuente se encuentra dentro o fuera de la gama al calcular la distancia de la gama entre un color central y una intersección de un límite de gama.

Resumen

De conformidad con la presente invención, se proporciona un método, de acuerdo con la reivindicación 1, para computar las corrientes de control para una pluralidad de LED en un píxel de un letrero con el fin de alcanzar un color deseado con una intensidad luminosa deseada.

De conformidad con una realización de la presente invención, este método puede aplicarse específicamente a un letrero con píxeles integrados por cuatro (4) o más colores primarios. Este método selecciona una serie de colores dentro de una gama de colores, y para cada color seleccionado, el método computa corrientes de control para los LED de cada color básico, de tal forma que la intensidad luminosa resultante del color seleccionado sea la máxima. Utilizando las corrientes de control computadas, a continuación el método ajusta las corrientes de control para alcanzar la intensidad luminosa deseada en el color deseado. Se pueden computar las corrientes de control, por ejemplo, utilizando una técnica de maximización restringida, como por ejemplo la programación lineal, y se computan las corrientes de control para cada color seleccionado, siempre bajo la restricción de que ninguna de las corrientes de control sea negativa y de que cada una cuenta con un valor predeterminado. En una realización, se expresa el color seleccionado en las unidades de un espacio de color lineal.

La presente invención se comprenderá mejor tras la consideración de la descripción detallada que se muestra a continuación, junto con los dibujos que la acompañan.

Breve descripción de los dibujos

En la Figura 1 se muestra el área (100) definida por el límite de la gama de colores del sistema psicovisual humano, y una gama de colores hipotética e ilustrativa (120) que representa una gama de colores que puede ser construida a partir de cinco (5) tipos de LED, de conformidad con una realización de la presente invención.

En las Figuras 2-6 se muestran las gamas de colores resultantes (121-125) cuando sufren fallos los LED azules, los LED azul-verdes, los LED verdes, los LED ámbar y los LED rojos, respectivamente.

La Figura 7 es un diagrama de bloques en el que se muestra un píxel ilustrativo (700), de conformidad con una realización de la presente invención.

En la Figura 8 se ilustra un método de detección que resulta apropiado para su implementación en el detector de fallos (703).

En la Figura 9 se muestra una interconexión ilustrativa que utiliza un enrutador o conmutador (901) para agrupar un conjunto de conmutadores (902-l a 902-m), cada uno de los cuales se conecta a un conjunto de módulos (903-1 a 903-n) que contiene grupos de píxeles múltiples, de conformidad con una realización de la presente invención.

En la Figura 10 se muestra una implementación de un módulo, de conformidad con la presente invención.

En la Figura 11 se muestra una caja (1100) para un módulo con capacidad de flujo de fluido, de conformidad con una realización de la presente invención.

La Figura 12 es un diagrama de cromaticidad CIE que muestra las líneas de matiz constante percibido dentro del área (100), el cual representa sustancialmente todos los colores percibidos por los seres humanos.

5 En la Figura 13 se muestran flechas pequeñas que representan la dirección de crominancia en aumento, donde la longitud de cada flecha indica la “distancia” a lo largo de una línea de matiz constante requerida para la producción de una unidad de cambio en crominancia.

10 En la Figura 14 se muestra un mapa de dicha función que reduce el valor de α en la vecindad de colores generalmente asociados con los colores de caras.

En la Figura 15 se muestra un circuito integrado (1500) que incluye varias fuentes de corriente, conectado a un número de cadenas de LED.

15 En la Figura 16 se ilustra el uso de controladores redundantes paralelos de LED, con una de las fuentes de corriente paralela activa en un momento determinado, con el fin de evitar interrupciones de servicio.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

20 De conformidad con una realización de la presente invención, se pueden evitar fallos en un LED o el cableado de un píxel. Cuando se detecta y localiza un fallo en un LED o en el cableado, se pueden alterar dinámicamente las intensidades de los otros LED en un píxel, de tal manera que el píxel pueda seguir funcionando gracias a otros LED funcionales en el píxel, a pesar de dicho fallo y hasta que se lleve a cabo una reparación. En virtud de esta configuración, el píxel puede funcionar con una diferencia mínima o no apreciable con respecto al valor triestímulo (original) de entrada para el píxel. En esta realización, cada píxel puede tener tres o más tipos diferentes de LED, y cada LED suministra luz que contribuye a proporcionar el color especificado por el valor triestímulo (original) de entrada para las coordenadas del píxel (x_i , y_i). (La presente descripción detallada sigue la convención de colores de coordenadas de G. Wyszecki y W. Stiles en *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae* (“La ciencia del color: conceptos y métodos, datos cuantitativos y fórmulas”), 2ª Edición, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York (1982). Véanse las páginas 130-248, y en particular las páginas 137-142, para un análisis del sistema colorimétrico CIE).

35 En la Figura 1 se muestra el área (100) definida por el límite de la gama de colores del sistema psicovisual humano (también conocido como el “diagrama de cromaticidad CIE”), y la gama de colores hipotética e ilustrativa (120) que representa una gama de colores que se puede construir a partir de cinco (5) tipos de LED, de conformidad con la presente invención. En el límite de la gama de colores (100), la curva ovalada se denomina el “locus espectral” y la línea recta que conecta los extremos del locus espectral es la “línea púrpura”. Cada uno de los puntos en el locus espectral se corresponde con el color de una luz monocromática (es decir, de una sola longitud de onda), con el azul en la parte inferior izquierda, los verdes cerca del pico, el amarillo y después el naranja en el lado superior con curva descendente y finalmente rojo en el extremo derecho. Los puntos de la línea púrpura se corresponden con una mezcla aditiva de luz azul monocroma y luz roja monocroma. Casi el 100% de todos los colores percibidos por el sistema psicovisual humano están representados por puntos en la superficie cerrada delimitada por el locus espectral y la línea púrpura.

45 Como se muestra en la Figura 1, la gama de colores (120) abarca todos los colores que se pueden crear utilizando LED con colores en las coordenadas 101 (“LED azul-verdes”), 102 (“LED verdes”), 103 (“LED ámbar”), 104 (“LED rojos”) y 105 (“LED azules”). Todos los colores representados por el interior y el límite del pentágono están disponibles para su visualización. En las Figuras 2-6 se muestran las gamas de colores resultantes (121-125) cuando falla precisamente uno de los 5 tipos de LED. Es decir, en las Figuras 2-6 se muestran las gamas de colores resultantes (121-125) cuando los LED azules, los LED azul-verdes, los LED verdes, los LED ámbar y los LED rojos fallan, respectivamente.

55 De conformidad con una realización de la presente invención, un píxel puede estar provisto de un sensor asociado con cada tipo de LED (es decir, un LED único o una cadena conectada en serie de LED de ese tipo) en un píxel, de tal manera que un detector de fallos pueda indicar un fallo en un tipo de LED en el píxel (por ejemplo, la detección de un cortocircuito o un circuito abierto en el LED o en la cadena de LED). Cuando un tipo de LED sufre un fallo en un píxel con N tipos de LED, los N-1 tipos de LED permanecen funcionales, de tal modo que la gama de colores resultante disponible para dicho píxel tiene la menor de 2 o N-2 dimensiones. Cuando N = 3, la gama es simplemente unidimensional (a lo largo de la línea que une las coordenadas de color de los tipos restantes de LED). Si el color de píxel deseado (x_d , y_d) no se encuentra dentro de una distancia con una diferencia apenas perceptible desde la línea que une las coordenadas de color de los dos colores restantes, no es posible evitar el fallo. Cuando N > 3, la gama puede ser bidimensional. Si el color de píxel deseado (x_d , y_d) se encuentra dentro de la envoltura convexa formada mediante la conexión de las coordenadas de color de los N-2 LED restantes, entonces se puede evitar el fallo mediante la aplicación de controladores apropiados a los tipos restantes de LED con el fin de crear el color de píxel deseado (x_d , y_d), siempre que el brillo requerido se encuentre dentro de la capacidad de dichos LED restantes. Se pueden utilizar las técnicas convencionales de álgebra lineal para encontrar el conjunto de luminancias

de los LED funcionales restantes que producirá la luminancia y el color de píxel deseados. Más adelante se describirá en detalle un método para calcular un controlador de LED para un color de píxel deseado utilizando un enfoque de maximización restringida.

La Figura 7 es un diagrama de bloques que muestra el píxel ilustrativo (700), de conformidad con una realización de la presente invención. Como se muestra en la Figura 7, el píxel (700) incluye un módulo de control (701) que recibe señales de control (721) que especifican las coordenadas de color del color deseado. El módulo de control (701) también recibe las señales de detección de fallos (724) del detector de fallos (703). Cuando todos los tipos de LED se encuentran operativos, las señales de control (721) son mapeadas a las señales de corriente N (722) que controlan los N tipos de LED de los LED (702). Si las señales de detección de fallos (724) indican que se han detectado fallos en uno o varios de los tipos de LED, las señales de control (721) son mapeadas a las señales apropiadas de corriente (722) que controlan los tipos de LED restantes. La corriente de cada tipo de LED es detectada y se proporcionan señales (723) que representan los estados de los tipos de LED al detector de fallos (703). En un sistema de control jerárquico, el detector (703) puede proporcionar la información detectada de estado y de fallos de los tipos de LED, a lo largo de la jerarquía de control, a un elemento de control (por ejemplo, una CPU) en un nivel de control superior. Se pueden calcular las corrientes de control apropiadas para los LED restantes en este elemento de control de nivel superior, las cuales pueden ser proporcionadas al módulo de control (701) para evitar las condiciones de fallo.

Cabe destacar que la gama de colores quedará severamente restringida si se produce un fallo en los LED azules o los LED rojos. Por consiguiente, en una realización de la presente invención se proporcionan cadenas redundantes de LED rojos y azules para minimizar el riesgo de un fallo de píxel causado por un fallo de una única cadena de LED.

De conformidad con una realización de la presente invención, una gama de las imágenes de origen es mapeada a la capacidad del sistema utilizando LED que poseen gamas más amplias. Un ejemplo de dicho sistema incluye los dispositivos de visualización que utilizan más de tres colores primarios. Como se ha explicado anteriormente, cada una de las intensidades de luz emitidas desde diferentes tipos de LED es controlada por la media a corto plazo de la corriente eléctrica que pasa a través de los LED. Mediante el ajuste de la corriente media que pasa a través de cada tipo de LED en un píxel, se hace posible el ajuste preciso en toda la gama de colores y brillo. Usando esta técnica, se puede mostrar una imagen producida por un aparato con una gama de colores reducida en un dispositivo visualizador de imágenes que posee una gama mayor. Se puede llevar a cabo esta expansión de gama utilizando software, hardware personalizado o una combinación de hardware y software. Cuando se tiene en cuenta el sistema psicovisual humano en el procedimiento de expansión de la gama, es posible lograr resultados impresionantes (por ejemplo, una imagen con una riqueza de color excepcional). No obstante, en el estado anterior de la técnica solo se puede mostrar una imagen con los colores de la gama reducida de colores.

A la hora de mapear los colores entre las gamas de color, se debe tener en cuenta el sistema psicovisual, ya que el ser humano es especialmente intolerante de la representación errónea de ciertos grupos de colores (por ejemplo, los colores de la piel y los colores de logotipos que se utilizan en la publicidad). Por lo tanto, una expansión de la gama en la vecindad de estos colores requiere una atención especial. La presente invención proporciona esa atención especial, así como una atención a la continuidad y el control de gradiente en el mapeo entre gamas de color. Una expansión de la gama cambia el color y, posiblemente, la luminancia, de la mayoría de los píxeles de la imagen que se va a mostrar de tal manera que aumenta la calidad de percepción de la imagen. Los cambios son preferentemente fluidos (por ejemplo, en el espacio triestímulo CIE) y preferentemente deberían conservar el matiz de los píxeles. De acuerdo con una realización, un parámetro α controla la "cantidad" de expansión de la gama. La expansión de la gama puede ser representada por la función $f(t, \alpha)$, la cual mapea un vector triestímulo de entrada t a otro valor triestímulo (el vector triestímulo de salida), donde α es un escalar que controla la cantidad de cambio (por ejemplo, donde se desea que los vectores triestímulo de entrada y salida sean iguales, $\alpha = 0$).

Cuando se expande una gama, es deseable mantener el mismo matiz ("color general"), pero aumentar la cromaticidad ("saturación"). Por ejemplo, mediante este procedimiento un color "decolorado" se mapeará a un color más "puro". Además, la cromaticidad se puede cambiar en una cantidad que depende de α y, posiblemente, el valor triestímulo del píxel en cuestión. La dependencia de valor triestímulo protege (es decir, permite solo pequeños cambios) determinados matices, como por ejemplo los colores de la piel humana o de la cara. Un método de conformidad con la presente invención utiliza un mapa que proporciona una dirección y magnitud para un cambio de unidad en cromaticidad para cualquier valor triestímulo factible. A continuación se puede calcular el cambio total en cualquier cromaticidad mediante la integración en el mapa (es decir, la integración de la magnitud a lo largo de la dirección dada), empezando en el valor triestímulo de entrada (es decir, el original) para el píxel, hasta que se alcanza la cantidad deseada de expansión de gama para ese píxel. Se pueden desarrollar métodos en virtud de cualquiera de los modelos conocidos que relacionan los colores percibidos con la colorimetría estándar.

La Figura 12 es un diagrama de cromaticidad CIE que muestra las líneas de matiz constante percibido dentro del área (100), el cual representa sustancialmente todos los colores percibidos por los seres humanos, como ya se ha descrito anteriormente. La coordenada de color (0,310, 0,316) es un ejemplo de un "punto blanco" correspondiente al blanco (específicamente, el iluminante C de CIE). A medida que las líneas de matiz constante irradian hacia fuera

desde el blanco cerca del centro del diagrama de cromaticidad, la cromaticidad se incrementa hasta que las líneas de matiz constante terminan en el locus espectral (indicando luz monocromática) o en la línea púrpura, que conecta el azul y el rojo.

- 5 En la Figura 13 se muestran flechas pequeñas que representan la dirección del aumento de cromaticidad, en donde la longitud de cada flecha indica la “distancia” a lo largo de una línea de matiz constante que se requiere para producir una unidad de cambio en cromaticidad. Las Figuras 12 y 13 se obtienen usando el modelo Stiles del texto de Wyszecki y Stiles (mencionado anteriormente), analizado por ejemplo en las páginas 670-672² y basado en experimentos exhaustivos sobre umbrales de dos colores. Como se podrá observar en el análisis que se detalla más adelante, los métodos de la presente invención son independientes de la elección del modelo. Por consiguiente, se pueden utilizar otras opciones de modelos para obtener resultados similares. A medida que fisiólogos y otros profesionales proporcionen mejoras en estos modelos, los métodos de la presente invención podrán realizar un seguimiento y aprovechar estos nuevos modelos.
- 10
- 15 Como se puede observar en la Figura 12, por ejemplo, las líneas (u hojas, si existe dependencia de luminancia) de matiz constante son curvas en el espacio triestímulo, y las líneas (hojas) de cromaticidad constante, por consiguiente, no están espaciadas uniformemente. Cada elección de vector triestímulo de píxel de entrada $\mathbf{t}$ se encuentra en una línea de matiz constante. Para encontrar el valor triestímulo de salida $\mathbf{f}(\mathbf{t}, \alpha)$, se sigue la flecha en $\mathbf{t}$ en la Figura 13 hasta que se consigue la cantidad de cambio de cromaticidad requerida por el valor de α . La posición resultante corresponde al valor triestímulo de salida $\mathbf{f}(\mathbf{t}, \alpha)$. Cuando la luminancia se mantiene constante, un único parámetro (por ejemplo, el ángulo inicial de la línea que emana del punto común de grupo) puede especificar de forma única cada línea de matiz constante. Por consiguiente, se puede encontrar una línea de matiz constante que contiene un determinado vector triestímulo $\mathbf{t}$ en un mapa, como por ejemplo la Figura 12, mediante la búsqueda en las líneas del matiz constante que abarcan el espacio triestímulo y la selección de las dos líneas que rodean al punto $\mathbf{t}$. A continuación se puede utilizar la bisección o cualquier otro método adecuado para encontrar la línea específica que contiene $\mathbf{t}$. Alternativamente, si la luminancia cambia a lo largo de la línea en una hoja de matiz constante, entonces se necesitan dos parámetros para seleccionar una línea (en una hoja de matiz constante). En ese caso, la búsqueda se realiza sobre el conjunto de los dos parámetros y se pueden utilizar también técnicas estándar para llevarla a cabo.
- 20
- 25 En un ordenador digital, para realizar una buena aproximación a $\mathbf{f}(\mathbf{t}, \alpha)$, se busca una solución de compromiso entre la velocidad de ejecución y los requisitos de memoria. Por consiguiente, son posibles numerosas implementaciones. Muchas de las operaciones requeridas para expandir la gama son repetitivas e independientes de los datos en tiempo real. Estas operaciones deben llevarse a cabo una vez (“preprocesadas”), y los resultados se almacenan en una estructura de datos que proporciona acceso durante las operaciones en tiempo real. Este preprocesamiento permite la reducción significativa de la cantidad de operaciones necesarias en resultados en tiempo real, lo que reduce los costes y el tiempo de cálculo. En cada uno de estos métodos, la expansión de la gama se lleva a cabo píxel a píxel. La entrada al algoritmo de expansión es una representación triestímulo de la intensidad y el color originales. La salida del algoritmo de expansión es una representación triestímulo de la intensidad y el color expandidos.
- 30
- 35 De acuerdo con una realización, se puede construir una tabla de consulta para cada opción (de un conjunto de valores discretos) de α , indexada por el valor triestímulo de entrada. Cada entrada en la tabla de consulta está poblada por el valor triestímulo de salida o, más directamente, por la corriente requerida para controlar las cadenas de LED contenidas en el píxel y reproducir el color del valor triestímulo de salida. Por ejemplo, si la entrada es el valor CIE $L^*a^*b^*$ de un formato de imagen TIFF típico, se utilizan 24 bits para describir el valor triestímulo y, por lo tanto, la tabla de consulta tendría 2^{24} (es decir, 16.777.216) entradas. Si se utilizan cinco colores como colores primarios en un píxel, y cada color requiere 16 bits (es decir, dos bytes de 8-bits) para su descripción de luminancia, entonces se requieren $5 \times 2 \times 2^{24} = 167.772.160$ bytes de almacenamiento para cada opción de α . Por lo tanto, pueden ser necesarios varios gigabytes de almacenamiento para una tabla de búsqueda extensa que proporcione un mapeo directo desde un valor de píxel de entrada a un valor de control para cada uno de los colores primarios utilizados en un píxel. La utilización de tablas de consulta proporciona la forma más rápida de realizar el mapeo, ya que este planteamiento requiere solo unas pocas operaciones de búsqueda en memoria por píxel, haciendo posible la visualización en tiempo real de una imagen en movimiento.
- 40
- 45
- 50
- 55 Alternativamente, se puede utilizar una representación de “espacio de color uniforme” para los valores triestímulo de entrada y salida, de manera que se pueda llevar a cabo la integración para la expansión de la gama utilizando una transformación lineal. Entre los ejemplos de un espacio de color uniforme figuran las representaciones de CIE $L^*a^*b^*$ y CIE $L^*u^*v^*$. También existen otros espacios uniformes de color que pueden utilizarse. Según este método, una tabla

² Obsérvese que las definiciones de los símbolos de Christoffel indicadas en la página 671 son incorrectas. Las definiciones correctas son:

$$[12,1] = \frac{1}{2} \frac{\partial g_{11}}{\partial x^2} \quad y \quad [22,1] = \frac{\partial g_{21}}{\partial x^2} - \frac{1}{2} \frac{\partial g_{22}}{\partial x^1}$$

de consulta indexada por el vector triestímulo de entrada $\mathbf{t}$ proporciona un puntero a una estructura de datos. La estructura de datos contiene los componentes individuales de los dos vectores $\mathbf{t}$ y $\mathbf{v}$ expresados en el espacio de color uniforme. El vector $\mathbf{v}$ es un vector unitario que representa la dirección a lo largo de la línea u hoja de matiz constante. Cada uno de los vectores $\mathbf{t}$ y $\mathbf{v}$ puede tener dos o tres componentes, dependiendo de si la luminancia se mantiene constante durante la expansión de crominancia. Por lo tanto, cada elemento de la estructura de datos puede adoptar la forma (a, b, v_a, v_b) o (L, a, b, v_L, v_a, v_b) . Así, para una expansión de gama deseada de unidades de diferencia de color Δs en el espacio de color uniforme (es decir, $(\Delta s)^2 = (L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2$, para dos puntos de color 1 y 2). Una unidad de diferencia de color de uno (1) representa la diferencia de color mínima perceptible. Usando los valores de la estructura de datos, el valor triestímulo de salida es proporcionado por $\mathbf{t} + (\Delta s)\mathbf{v}$, que después se redondea y recorta si es necesario. Este tipo de tabla de consulta posee 2^{24} entradas. Por consiguiente, se necesitan aproximadamente 256 o 384 megabytes para mantener la tabla y las estructuras de datos, dependiendo de si la luminancia se mantiene constante en la expansión, y asumiendo que cada uno de los componentes se expresa como un valor de 8 bits. Se puede reducir a la mitad el requisito de almacenamiento si no se almacenan los valores de L , a y b , sino que se obtienen por otros medios (por ejemplo, mediante el cálculo de la transformación). Según este método, se requieren entre unas decenas y unos cientos de operaciones de máquina por píxel.

Una transformación conserva el matiz, mientras que a la vez cambia la saturación del color resultante. El mapeo viene determinado por:

$$\begin{aligned} a_2 &= (1 + \gamma)a_1 \\ b_2 &= (1 + \gamma)b_1 \\ L_2 &= f(L_1, \gamma) \end{aligned}$$

Esta transformación preserva el matiz cuando se cambia γ , y está relacionada con el parámetro de cambio α mencionado anteriormente, excepto en que γ es una cantidad en el espacio de color uniforme. Al seleccionar $f(L_1, 0) = L_1$, la transformación no proporciona ningún cambio cuando $\gamma = 0$. Generalmente, la función f permite la intensidad luminosa varía [sic] con γ . f es generalmente una función diferenciable en L y γ . Si f es constante para una γ determinada, con independencia de la luminancia L ,

$(\Delta s)^2 = (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2$, es decir, Δs depende solo de a_i y b_i .

En virtud de esta transformación,

$$(\Delta s)^2 = \left(\frac{f(L_1, \gamma) - L_1}{\gamma} \right)^2 + a_1^2 + b_1^2 \gamma^2$$

Aproximando el cociente por la derivada obtenida al dejar que γ se acerque a cero, entonces

$$\gamma = \frac{\Delta s}{\left[\left(\frac{\partial f(L_1, 0)}{\partial \gamma} \right)^2 + a_1^2 + b_1^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

donde la raíz cuadrada positiva ha sido elegida, de manera que γ se incrementa con Δs . Los valores v_a , v_b y v_L pueden ser dados por:

$$v_a = \frac{a_1}{\left[\left(\frac{\partial f(L_1, 0)}{\partial \gamma} \right)^2 + a_1^2 + b_1^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$v_b = \frac{b_1}{\left[\left(\frac{\partial f(L_1, 0)}{\partial \gamma} \right)^2 + a_1^2 + b_1^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

o

$$v_L = \frac{\frac{\partial f(L_1, 0)}{\partial \gamma}}{\left[\left(\frac{\partial f(L_1, 0)}{\partial \gamma} \right)^2 + a_1^2 + b_1^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

Por lo tanto,

$$a_2 = a_1 + (\Delta s)v_a$$

$$b_2 = b_1 + (\Delta s)v_b$$

$$L_2 = L_1 + (\Delta s)v_L$$

5 Obsérvese que se puede lograr la protección de ciertos colores, como se ha mencionado anteriormente, al multiplicar cada uno de los valores v_a , v_b y v_L por una constante inferior a uno. Si la luminancia no cambia con γ , $v_L = 0$ y $L_2 = L_1$. Entonces solo se necesitan dos componentes para cada término en la estructura de datos.

10 Por lo tanto, gracias al almacenamiento de los valores de v_a , v_b y v_L para cada posible elección del triplete (L_1, a_1, b_1) , se evitan los cálculos repetitivos y la evaluación de la salida requiere solo la consulta y unas pocas operaciones aritméticas.

15 Otra alternativa adicional, de conformidad con una realización de la presente invención, proporciona una fase de preprocesamiento que construye, a partir de una lista de valores de vector $\mathbf{t}$ a lo largo de cada uno de un conjunto de líneas de matiz constante: (i) una primera función de interpolación, determinada por $\mathbf{t} = f_1(\theta, s)$, donde θ es el ángulo inicial (o dos ángulos, si la luminancia cambia a lo largo de una línea de matiz constante) y s es la distancia a lo largo de la línea u hoja de matiz constante medida en unidades de crominancia constante; y (ii) una segunda función de interpolación, determinada por $(\theta, s) = f_2(\mathbf{t})$, siendo construida la segunda función de interpolación mediante el muestreo de $\mathbf{t}$ para producir una lista de θ y s como una función de los componentes del vector $\mathbf{t}$.

20 Con el fin de encontrar el valor triestímulo de salida $\mathbf{t}_{out}$ a partir del valor de entrada $\mathbf{t}_{in}$, se obtiene un par (θ, s) usando la segunda función de interpolación $f_2(\mathbf{t}_{in})$. A continuación se obtiene el valor triestímulo (expandido) de salida $\mathbf{t}_{out}$ utilizando la primera función de interpolación $\mathbf{t}_{out} = f_1(\theta, s + \Delta s)$, donde Δs corresponde al cambio deseado en crominancia y que está relacionada linealmente con el parámetro de cambio α descrito anteriormente. Este método requiere entre unas decenas y unos cientos de miles de operaciones de máquina por píxel, principalmente para evaluar las dos funciones de interpolación f_1 y f_2 .

25 Como se ha explicado anteriormente, es deseable limitar la expansión de gama de determinadas gamas de colores, como por ejemplo los colores de piel. Un método proporciona una función que determina el valor de α , como una función del valor triestímulo de entrada, de tal manera que se proporcionan a los colores en o cerca de los colores protegidos un valor α menor. En la Figura 14 se muestra un mapa de este tipo de función que reduce el valor de α en la vecindad de colores generalmente asociados con los colores de caras. Dependiendo del detalle del mapa, el valor producido por el mapa en un píxel determinado se puede combinar de forma aditiva, multiplicativa o con alguna otra composición en la elección nominal de α utilizada para la expansión de la gama de la imagen.

30 Normalmente un sistema que posee una gama de colores más reducida que la disponible cuando se utilizan LED suministra las imágenes que se van a visualizar en un letrero con LED. La presente invención, gracias a cualquiera de los métodos de expansión de gama mencionados anteriormente, proporciona así una forma de utilizar más eficazmente la gama de colores disponibles en un dispositivo de visualización LED. De esta forma se consigue una mejora significativa en la calidad percibida de las imágenes diseñadas o procesadas en un sistema que solo es capaz de una gama de colores más reducida.

35 La presente invención proporciona un método para un dispositivo de visualización de imágenes que sirve para compensar la luz ambiental. En un letrero construido a base de LED de la presente invención se proporcionan sensores para medir la luz ambiental o la luz proporcionada por un píxel o un grupo de píxeles. Se proporcionan las mediciones de luz como entrada a las ecuaciones fotométricas que describen la intensidad deseada y el color de un píxel en las condiciones ambientales o de iluminación medidas. A continuación se resuelven las ecuaciones relativas a la intensidad luminosa requerida para cada tipo de LED en el píxel. Este cálculo se repite para cada píxel en el dispositivo de visualización.

40 Si suponemos que los estímulos deseados de colores primarios para un píxel determinado, tal y como se expresan en el sistema colorimétrico triestímulo, son (X_d, Y_d, Z_d) para un píxel determinado, y los estímulos primarios para la luz ambiental son (X_a, Y_a, Z_a) , las siguientes ecuaciones colorimétricas básicas se aplican a la mezcla aditiva de colores:

$$X_a + \sum_{p=1}^P b_p X_p = X_d$$

$$Y_a + \sum_{p=1}^P b_p Y_p = Y_d$$

$$Z_a + \sum_{p=1}^P b_p Z_p = Z_d$$

5 Donde el dispositivo de visualización incluye P tipos de LED diferentes, en los que el p^o tipo de LED proporciona luz con los estímulos primarios (X_p , Y_p , Z_p) a una luminancia máxima. La variable b_p ($0 \leq b_p \leq 1$) proporciona un control de la luminancia lineal para cada uno de los P tipos de LED. Se pueden reescribir las ecuaciones en notación vectorial matricial de la siguiente manera:

$$Ab + v_a = v_d,$$

10

$$\text{donde } A = \begin{bmatrix} X_1 & \dots & X_p & \dots & X_P \\ Y_1 & \dots & Y_p & \dots & Y_P \\ Z_1 & \dots & Z_p & \dots & Z_P \end{bmatrix}, \mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \dots \\ b_p \\ \dots \\ b_P \end{bmatrix}, \mathbf{v}_d = \begin{bmatrix} X_d \\ Y_d \\ Z_d \end{bmatrix} \text{ y } \mathbf{v}_a = \begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix}$$

15

Cuando se encuentra un conjunto de valores no negativos $b_1, b_2, \dots, b_P$; ($0 \leq b_p \leq 1$) para las anteriores ecuaciones, dadas A, $\mathbf{v}_a$ y $\mathbf{v}_d$, se encuentra un conjunto exacto y realizable de intensidades luminosas, de tal manera que se logra una compensación para la luz ambiental. Se requiere una solución aproximada cuando no se encuentra un conjunto de valores no negativos $\{b_1, b_2, \dots, b_P; 0 \leq b_p \leq 1\}$.

20

La presente invención proporciona un algoritmo para resolver las ecuaciones anteriores de forma precisa, cuando sea posible, y de lo contrario proporciona una solución aproximada que es la más cercana al color percibido de píxel deseado.

25

Es conveniente mapear el sistema CIE XYZ a un espacio de color aproximadamente uniforme, es decir, a un espacio en el que la diferencia de color perceptual es aproximadamente la misma para las mismas diferencias de posición en el espacio de color. Supongamos que el mapeo uno-a-uno desde el espacio CIE XYZ al espacio aproximadamente uniforme es la función U, donde el dominio y el rango consisten cada uno en vectores tridimensionales. Como se ha mencionado anteriormente, el espacio de color L^*a^*b es un ejemplo de un espacio de color uniforme. También se puede elegir otro espacio de color aproximadamente uniforme. Se definen las funciones f y g de la siguiente manera:

$$f = \begin{cases} u^{1/3} & \text{si } u > 0,008856 \\ 7,787u + (16/116) & \text{si no} \end{cases}$$

$$g = \begin{cases} 116v^{1/3} - 16 & \text{si } u > 0,008856 \\ 903,3v & \text{si no} \end{cases}$$

30

La representación en el espacio de color L^*a^*b para un valor determinado CIE XYZ (X, Y, Z) viene dada por:

$$U \left(\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} g(Y/Y_n) \\ 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \\ 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \end{bmatrix}$$

donde el blanco en una intensidad luminosa máxima viene determinado por el triple (X_n, Y_n, Z_n) en el espacio de color CIE XYZ y la norma apropiada $\|*\|$ es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los componentes de su

argumento. Por ejemplo, si el triple XYZ se cambia de t_1 a t_2 , entonces $||U(t_1) - U(t_2)||$ es la cantidad de cambio percibido en la luz.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se reduce al mínimo la diferencia percibida en la luz realmente disponible en un píxel y la luz que se desea. Supongamos que $\mathbf{P}$ es una proposición que afirma que un conjunto de valores, b_p , $0 \leq b_p \leq 1$, existe que satisface $\mathbf{A}\mathbf{b} + \mathbf{v}_a = \mathbf{v}_d$, y $\mathbf{S}$ es una condición determinada que se minimiza cuando $\mathbf{P}$ es verdadera. El siguiente algoritmo encuentra el mejor color de píxel:

Algoritmo A:

- 10 Si $\mathbf{P}$, entonces minimizar $\mathbf{S}$ restringida por $\mathbf{A}\mathbf{b} + \mathbf{v}_a = \mathbf{v}_d$, y $0 \leq b_j \leq 1$;
- Si no, encontrar $\text{argmin} (||U(\mathbf{v}_d) - U(\mathbf{A}\mathbf{b} + \mathbf{v}_a)||)$ sujeto a $0 \leq b_j \leq 1$.
- 15 En cualquier caso, el uso de los valores $0 \leq b_p \leq 1$ encontrados en el Algoritmo A proporciona las intensidades luminosas para el tipo de LED de cada píxel.

Dependiendo del diseño de los sensores, resulta útil poder llevar a cabo la compensación de luz ambiental en diversas circunstancias diferentes. En una realización, la luz ambiental de fondo puede medirse directamente (por ejemplo, medirse usando un espectrofotómetro o un colorímetro que proporciona directamente $\mathbf{v}_a$). Por ejemplo, puede medirse la luz ambiental ocasionalmente con el letrero desconectado brevemente (por ejemplo, durante menos de 30 milisegundos). Alternativamente, se puede proporcionar un reflector de referencia de fondo cerca o dentro del letrero para medir la luz ambiental reflejada desde el mismo. Se podrá utilizar a continuación el valor medido como entrada para que el algoritmo A calcule las intensidades luminosas requeridas de los LED y lleve a cabo una compensación del cambio de crominancia causado por la luz ambiental.

De conformidad con una realización de la presente invención, se consigue la medición indirecta de la luz de fondo midiendo el color de un píxel o de un grupo de píxeles, mientras que el letrero muestra objetos de color. El color medido se utiliza a continuación en conjunción con el color deseado conocido $\mathbf{v}_d$ en el área de medición de interés para calcular el fondo ambiental $\mathbf{v}_a$. Se utiliza entonces el valor de $\mathbf{v}_a$ como entrada para el Algoritmo A.

Las cromaticidades CIE xyz son valores relacionados con los valores triestímulos CIE XYZ por:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

35 a partir de los cuales se pueden derivar las siguientes relaciones:

$$X = x \frac{Y}{y}$$

$$Z = z \frac{Y}{y}$$

$$x + y + z = 1$$

Consideremos las mediciones realizadas en más de un píxel o grupo de píxeles; cada medición está representada por el vector

$$\mathbf{v}_m^k = \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix},$$

donde el índice k indica que la medición se realiza en el k^o píxel o grupo de píxeles. En consecuencia, el error de la medición viene dado por $\mathbf{v}_m^k - (\mathbf{v}_d^k + \mathbf{v}_a)$, o en la representación CIE xyz: $\mathbf{e}^k = \alpha_k \mathbf{c}^k - (\mathbf{v}_d^k + \mathbf{v}_a)$, donde

$$\mathbf{c}^k = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{bmatrix}$$

indica el color medido en el k^o píxel o grupo de píxeles, y

$$\alpha_k = \frac{Y_k}{y_k}$$

es el multiplicador escalar. Se asume que el valor triestímulo ambiental $\mathbf{v}_a$ es el mismo en todos los píxeles. Obsérvese que α_k es un valor inferido, ya que la luminancia Y_k no se mide en la medición del color. Puesto que $\mathbf{c}^k$ tiene tres componentes, por lo tanto hay $3K$ ecuaciones para mediciones distintas K y $K + 3$ incógnitas. Las incógnitas $K + 3$ son los tres componentes de $\mathbf{v}_a$ y los K α_k . Se puede utilizar un método de cuadrados mínimos ponderados para calcular las incógnitas $K + 3$ y sus covarianzas. Obsérvese que el error $\mathbf{e}^k$ no tiene en cuenta que los errores humanos de percepción no son uniformes en todos los valores de $\mathbf{e}^k$. El mapeo de los valores de $\mathbf{e}^k$ a un espacio de color uniforme (por ejemplo, CIE L*a*b) resuelve esta dificultad. Un error en el espacio de color uniforme que va a ser minimizado a lo largo de α_k , para $k = 1, \dots, K$ y los tres componentes de $\mathbf{v}_a$ puede ser, por ejemplo:

$$\varepsilon = \sum_{k=1}^K \left\| U(\alpha_k \mathbf{c}^k - \mathbf{v}_a) - U(\mathbf{v}_d^k) \right\|^2$$

Una expansión de serie Taylor de la función de transformación de U alrededor del punto $\mathbf{v}_d^k$ proporciona una aproximación $\tilde{\varepsilon}$ del error ε . Supongamos que la matriz J_k 3x3 representa la derivada de U con respecto a

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix},$$

evaluada en el punto $\mathbf{v}_d^k$. La aproximación

$$\tilde{\varepsilon} = \sum_{k=1}^K \left\| J_k \mathbf{e}^k \right\|^2$$

aproxima exactamente el error cuadrático en el espacio de color CIE L*a*b a medida que los errores se hacen pequeños. Se pueden obtener los mismos resultados para cualquier otro espacio de color uniforme que posee una derivada continua en el punto $\mathbf{v}_d^k$. La aproximación también se puede escribir de la siguiente forma:

$$\tilde{\varepsilon} = \sum_{k=1}^K \left\| J(B\mathbf{x} - \mathbf{u}) \right\|^2, \text{ donde } \mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_a \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_k \\ \dots \\ \alpha_K \end{bmatrix} \text{ es un vector dimensional de } (K+3), \mathbf{u} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_d^1 \\ \dots \\ \mathbf{v}_d^k \\ \dots \\ \mathbf{v}_d^K \end{bmatrix} \text{ es un } 3K\text{-}$$

vector dimensional de $3K$, y $J = \begin{bmatrix} J_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & J_k & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & J_K \end{bmatrix}$ es la matriz transformacional

diagonal por bloques de $3K \times 3K$ que lleva la totalidad del error triestímulo al espacio de color uniforme. Se define la matriz B $3K \times (K + 3)$ como

$$B = \begin{bmatrix} -I & c^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -I & 0 & c^2 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ -I & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -I & 0 & \dots & \dots & 0 & \dots & \dots & \dots \\ -I & 0 & \dots & 0 & c^k & 0 & \dots & 0 \\ -I & 0 & \dots & \dots & 0 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -I & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 \\ -I & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & c^{K-1} & \dots \\ -I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c^k \end{bmatrix}, \text{ donde } I \text{ es la matriz de identidad } 3 \times 3.$$

Se puede encontrar de diversas formas el valor x que minimiza la aproximación de error $\tilde{\epsilon}$. Un enfoque es resolver el conjunto de ecuaciones lineales $(B'J'JB)\hat{x} = (B'J'J)u$. Un enfoque más satisfactorio en general es el uso de una descomposición de valor singular, que proporciona $\hat{x} = (JB)^+ Ju$, donde $(\cdot)^+$ indica la inversa de Moore-Penrose³. Sin embargo, normalmente no se calcula explícitamente $(JB)^+$. En su lugar se utiliza una secuencia de transformaciones para calcular $\hat{x}$. Si v_a no es pequeño en comparación con v_d^k , entonces se minimiza el error ϵ utilizando un método de minimización directo que minimiza ϵ en v_a y α_k . En ese caso, la solución aproximada para $\tilde{\epsilon}$ puede servir como punto de partida para las iteraciones.

Independientemente de cómo se lleve a cabo la minimización, se puede obtener el error real ϵ mediante la sustitución de la x resultante en la ecuación para el error ϵ . La raíz cuadrada de ϵ es el error en el espacio de color uniforme seleccionado. Asimismo, los tres primeros elementos del vector x son los componentes del vector v_a , que pueden ser utilizados en el Algoritmo A para obtener el vector de control b_k y el vector triestímulo Ab asociado con los LED de píxeles individuales.

Por consiguiente, la compensación de luz ambiental permite el mantenimiento de una calidad uniforme de las imágenes observadas a medida que cambia la luz ambiental reflejada por los letreros, sobre todo durante el día bajo la luz solar directa. La descripción anterior es aplicable a los sistemas en los que están disponibles tres o más colores primarios en cada píxel. La gama de compensación aumenta con el número de colores primarios (preferentemente, cuatro o más colores primarios). Se necesitan unos recursos informáticos moderados para realizar un seguimiento de la luz solar cuando la latencia de imagen es de unos segundos. Las imágenes en movimiento pueden requerir recursos informáticos significativos para una compensación de alta calidad.

La presente invención también proporciona una detección y localización rápida de fallos de LED en el letrero, lo que mejora la fiabilidad general del letrero y reduce el tiempo y los costes de reparación. En la Figura 8 se muestra un método de detección apropiado para su implementación en el detector de fallos (703). Como se muestra en la Figura 8, el controlador de corriente (801) suministra una corriente en el terminal out_i para impulsar la i^{a} línea de salida suministrada a un LED o a una cadena de LED. I_{ret} es el terminal de retorno de corriente común. El terminal out_i se aproxima a un voltaje de limitación V_{lim} , cuando el terminal out_i termina en un circuito abierto o una resistencia muy alta. El voltaje V_{lim} se configura de tal forma que no fluye corriente a través del detector de diodo (803) cuando los LED en la cadena de LED están operando a la corriente máxima. El controlador de corriente (801) es controlado por una señal de modulación por amplitud de pulsos con una amplitud I_{ref} y un ciclo de trabajo especificado. Un módulo de control externo en un registro puede especificar los parámetros de control para la corriente.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona un detector de umbral de voltaje (por ejemplo, el detector de umbral de voltaje (802)) para cada una de las líneas out_i . Cuando el voltaje en el terminal out_i se encuentra por debajo del umbral de voltaje V_{thresh} , que se fija en un valor justo por encima de V_{lim} , el detector de umbral de voltaje (802) emite la señal D_i para indicar que se ha detectado un circuito abierto (o una alta resistencia). Por consiguiente, la señal emitida D_i indica la presencia de un fallo (por ejemplo, un circuito abierto) entre el punto de detección en el terminal out_i y el terminal de retorno I_{ret} . Se puede alimentar la señal D_i a un codificador de recepción de señales D_i de cada uno de los N tipos de LED en un píxel. El valor de la salida de codificador E_{out} indica qué cadenas de LED (o cables de conexión) en el píxel tienen un fallo, en caso de que haya alguna. Un circuito de lógica adicional puede organizar (por ejemplo, jerárquicamente) las salidas del codificador

³ Véase, por ejemplo, Adi Ben-Israel *et al.*, *Generalized Inverses – Theory and Applications*, Wiley International Series on Pure and Applied Mathematics, pág. 7.

para todos los píxeles con el fin de permitir la localización única de todos los fallos en los tipos de LED de todos los píxeles en el letrero.

En las aplicaciones que requieren un dispositivo de visualización fiable de alta calidad ininterrumpida, es deseable medir las características técnicas de la luz producida por píxeles individuales y grupos de píxeles sin interrumpir el contenido que se está visualizando (por ejemplo, el anuncio que se muestra en el letrero). Los métodos de la presente invención proporcionan los beneficios adicionales de una detección de la luz ambiental reflejada desde el dispositivo de visualización, así como la detección y localización de LED defectuosos, si estos se encuentran presentes. En la Figura 15 se muestra un circuito integrado (1500) que incluye varias fuentes de corriente, conectado a una serie de cadenas de LED. Se selecciona el voltaje V_{LED} de forma que sea lo suficientemente alto como para proporcionar una compensación de voltaje (*voltage offset*) para la operación de las fuentes de corriente moduladas por amplitud de pulsos con encendido-apagado. Como se ha mencionado anteriormente, se elige la velocidad de modulación de manera que la forma de onda no posea esencialmente ninguna energía presente por debajo de aproximadamente 100 Hz y se selecciona el ciclo de trabajo de tal manera que el valor medio de la forma de onda proporcione la intensidad de luz requerida de los LED.

De conformidad con una realización de la presente invención, se puede mostrar una imagen diferente a la percibida durante un periodo muy breve en el dispositivo de visualización LED sin que un observador se percate. Se puede utilizar esa imagen breve, por ejemplo, para fines de diagnóstico. Las imágenes que se pueden visualizar de esta manera incluyen una imagen de prueba para: (a) la calibración de color y luminancia; (b) la detección de la luz ambiental reflejada desde el dispositivo de visualización; o (c) la detección y determinación de las ubicaciones de los LED defectuosos. Aunque un circuito de control apropiado (por ejemplo, el circuito integrado de Texas Instrument TLC5911) normalmente posee un detector de circuito abierto (OCD, *open-circuit detector*) disponible para cada cadena de LED, el OCD no puede detectar cortocircuitos u otros fallos de un LED. Se prefiere la detección directa de la salida de luz, o su ausencia, para detectar estos fallos.

Para evitar que un observador la perciba, la duración de la salida de diagnóstico no sobrepasará aproximadamente los 10 milisegundos, y la imagen de diagnóstico deberá ser colocada de forma adyacente temporalmente a imágenes con una luminosidad similar. Si no existe una memoria intermedia o almacenamiento temporal (*buffer*) que no sea la memoria intermedia normal doble (es decir, mientras que la imagen en una memoria intermedia se está mostrando, otra imagen está siendo recibida en la segunda memoria intermedia), el dispositivo visualizador debe tener el ancho de banda necesario para recibir más de 100 imágenes (*frames*) diferentes completas por segundo. Sin utilizar una compresión con pérdida de datos (no deseable para dispositivos de visualización de alta calidad), el ancho de banda requerido representa una velocidad de datos de muchos gigabits por segundo para incluso un dispositivo de visualización de dimensiones modestas.

De conformidad con una realización de la presente invención, puede evitarse el requisito de una alta velocidad de comunicación de datos mediante el almacenamiento de la imagen o imágenes de prueba en el controlador del dispositivo de visualización o en los controladores de LED. Al mostrar una imagen de breve duración que activa selectivamente predeterminadas cadenas de LED, por ejemplo, se pueden probar las cadenas de LED activadas durante ese breve periodo de tiempo. Si se detecta un cortocircuito, utilizando el método descrito anteriormente con respecto a la Figura 8, por ejemplo, se detecta la existencia de una cadena de LED defectuosa sin interrumpir el programa de publicidad que se está mostrando. Además, se pueden colocar sensores de luz para detectar la luminancia de los LED activados selectivamente. También se pueden utilizar los sensores de luz para detectar la luz ambiental cuando la imagen de prueba desactiva todos los píxeles del letrero.

Asimismo, el método activa los controladores redundantes para evitar la interrupción de servicio cuando se detecta el fallo de un controlador local. Puesto que los controladores convencionales de LED se sirven de fuentes de corriente conmutadas, el método preferido consiste en proporcionar fuentes de corriente paralelas, con una de las fuentes de corriente paralelas activa en un momento dado, tal y como se muestra en la Figura 16. Cuando se encuentra un fallo en uno de los controladores de LED, se puede activar el controlador paralelo redundante. Además de la indicación de estado y de la detección de fallos, también se pueden utilizar los métodos divulgados para detectar la luz ambiental reflejada desde el dispositivo de visualización, así como detectar y determinar la ubicación exacta de los LED defectuosos.

Como se ha mencionado anteriormente, poseer más de tres colores (por ejemplo, cinco) de LED permite que cualquiera de varias combinaciones diferentes de luminosidad en los LED de un píxel obtengan el mismo color psicovisual y la misma intensidad luminosa. Un enfoque para el cálculo del controlador de LED requerido para alcanzar un determinado color e intensidad luminosa encuentra la intensidad luminosa máxima $\hat{Y}$ en cada color dentro de la gama. Para un uso en línea, se puede interpolar la intensidad luminosa máxima $\hat{Y}$ en cada color a partir de los puntos de muestreo seleccionados en la gama. Solo se requieren para este cálculo la cantidad y especificación de cada cadena de LED utilizada para producir un color de base. Se puede llevar a cabo el cálculo de la intensidad luminosa máxima $\hat{Y}$ en cada color fuera de línea y almacenarse remotamente. Durante el tiempo de ejecución, para mostrar un color deseado (por ejemplo, las coordenadas colorimétricas (x, y)), se introduce el color

deseado en la función de interpolación, que devuelve la intensidad luminosa máxima $\hat{Y}$ calculada previamente y el vector de control asociado de LED $\hat{\mathbf{b}}$. Se pueden escalar las intensidades luminosas requeridas para el color deseado y la intensidad luminosa (por ejemplo, linealmente) en el tiempo de ejecución. Un modelo para las ecuaciones colorimétricas puede ser:

5

$$\sum_{p=1}^P b_p X_p = X$$

$$\sum_{p=1}^P b_p Y_p = Y$$

$$\sum_{p=1}^P b_p Z_p = Z$$

donde (X, Y, Z) es el color deseado en la representación triestímulo CIE XYZ, y el p° de tipos P de LED especificados por (X_p, Y_p, Z_p) con máxima luminosidad. En una notación vectorial, se pueden escribir estas ecuaciones como $\mathbf{A}\mathbf{b} = \mathbf{v}$, donde A es la matriz de especificación de color de base

10

$$\begin{bmatrix} X_1 & \dots & X_p & \dots & X_P \\ Y_1 & \dots & Y_p & \dots & Y_P \\ Z_1 & \dots & Z_p & \dots & Z_P \end{bmatrix}, \mathbf{b} \text{ es el vector de control } \begin{bmatrix} b_1 \\ \dots \\ b_p \\ \dots \\ b_P \end{bmatrix}, \text{ y } \mathbf{v} \text{ es el vector de color } \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}.$$

Como se ha mencionado anteriormente, también se pueden representar estas ecuaciones en el sistema de coordenadas de cromaticidad CIE xyz como la restricción $C_1(Y)$:

$$\mathbf{A}\mathbf{b} = \frac{Y}{y} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1-x-y \end{bmatrix}$$

15

En una realización, A tiene el valor

$$\begin{bmatrix} 2,8971 & 0,3816 & 0,6580 & 0,9143 & 5,9733 \\ 1,56 & 2,2 & 2,92 & 2,56 & 2,56 \\ 17,8286 & 1,9082 & 0,5346 & 0,1829 & 0 \end{bmatrix}$$

(redondeado), para una gama de cinco colores de base.

20

Una segunda restricción consiste en que el vector de control incluye solo valores no negativos b_p , $0 \leq b_p \leq 1$. En otras palabras, $C_2: \mathbf{0} \leq \mathbf{b} \leq \mathbf{1}$. Se pueden obtener $\hat{Y}$ y $\hat{\mathbf{b}}$ mediante la resolución de ecuaciones de restricción: $\hat{Y}, \hat{\mathbf{b}} = \{Y \geq \hat{Y}, \mathbf{b} \mid C_1(Y), C_1(\hat{Y}), C_2\}$. Se pueden resolver estas ecuaciones utilizando programación lineal. Supongamos que A_i indica la fila i° de la matriz A. En primer lugar, se resuelve Y en una de las filas, por ejemplo, la segunda fila, y se sustituye Y en las otras filas:

25

$$A_2 \mathbf{b} = Y$$

$$\left(A_1 - \left(\frac{x}{y} \right) A_2 \right) \mathbf{b} = 0$$

$$\left(A_3 - \left(\frac{1-x-y}{y} \right) A_2 \right) \mathbf{b} = 0$$

A continuación se maximiza $A_2 \mathbf{b}$ (es decir, se encuentra que $A_2 \mathbf{b} = \hat{Y}$) sujeta a

$$\left(A_1 - \left(\frac{x}{y} \right) A_2 \right) \mathbf{b} = 0 \quad \left(A_3 - \left(\frac{1-x-y}{y} \right) A_2 \right) \mathbf{b} = 0; \quad 0 \leq \mathbf{b} \leq 1.$$

Se puede llevar a cabo la resolución del problema de programación lineal fuera de línea. Se pueden interpolar puntos dentro de la gama entre los puntos computados de esta manera. Si el color deseado (x, y) no es un punto dentro de la gama, su color puede ser proporcionado por el punto en la intersección de una línea de cromaticidad constante y el límite de la gama entre el punto acromático y (x, y).

La presente invención también proporciona un método para gestionar altas velocidades de datos, mientras que a la vez se minimiza la cantidad de cables necesarios y de cables de interconexión. Se organiza un letrero convencional o una estructura de publicidad utilizando una jerarquía de componentes eléctricos y electrónicos. Los controladores para las cadenas de LED generalmente se colocan en el nivel de subgrupos o grupos de píxeles ya que se puede proporcionar un número de controladores en un circuito integrado. Cada circuito integrado aloja unas pocas decenas de cadenas de LED. Estos sistemas convencionales de distribución de datos jerárquicos son costosos y poco fiables.

De conformidad con una realización de la presente invención, en vez de realizar una conexión directa entre una unidad de control central y los grupos de píxeles, se aplican técnicas de redes para transmitir datos de control y de píxeles a los grupos de píxeles. La agrupación de píxeles en el nivel de circuitos integrados constituye la oportunidad a más bajo nivel para el uso de redes, ya que las interfaces en ese nivel y en niveles superiores son en su mayoría digitales, excepto por lo que respecta a la distribución de energía. Se pueden aplicar técnicas de red en cualquiera de los niveles digitales. Un gran número de diferentes topologías de red son posibles para alcanzar los objetivos de escalabilidad, control distribuido y procesamiento de datos.

En la Figura 9 se muestra una interconexión ilustrativa que se sirve de un enrutador o conmutador (901) para agrupar un conjunto de conmutadores (902-1 a 902-m), cada uno de los cuales está conectado con un conjunto de módulos (903-1 a 903-n), y a su vez cada uno de los módulos contiene múltiples grupos de píxeles, de acuerdo con una realización de la presente invención. Cada módulo es direccionable individualmente mediante una dirección de red (por ejemplo, una dirección IP). El control, los datos, el estado y los fallos se comunican por la red utilizando protocolos de red convencionales (por ejemplo, protocolo IP). En una realización, un letrero se divide en 32 grupos de módulos, y cada grupo posee hasta 32 módulos, permitiendo direccionar $32 \times 32 = 1024$ módulos. En la Figura 10 se muestra la implementación (1000) de un módulo (por ejemplo, el módulo 903-1), de conformidad con la presente invención. Como se muestra en la Figura 10, la interfaz de red (1001) conecta la implementación del módulo (1000) a un conmutador de red (por ejemplo, cualquiera de los conmutadores de red 902-1 a 902-m), [y] el microprocesador o controlador (1002) controla los píxeles en el grupo del subgrupo de píxeles a través de la matriz de interconexión (1003). (Cada uno de estos píxeles puede ser implementado, por ejemplo, por el píxel (700) mostrado en la Figura 7). La matriz de interconexión (1003) también permite al microprocesador (1002) enviar a los píxeles y recibir desde los mismos señales exhaustivas de determinación de estado y de detección de fallos. El uso de ordenadores integrados, como por ejemplo el microprocesador (1002), también facilita en gran medida la indicación remota del estado y el diagnóstico de fallos. Alternativamente, también se pueden implementar las funciones de procesamiento de imágenes en el microprocesador (1002), permitiendo así la escalabilidad del letrero para manipular cantidades muy grandes de datos de vídeo e imagen (por ejemplo, imágenes en movimiento completo *surround* o envolventes y muchas otras visualizaciones de imágenes a gran escala).

Se puede implementar la red de la presente invención, incluidas cualesquiera estructuras de computación distribuida, mediante componentes estándar disponibles en el mercado. Se pueden utilizar protocolos estándar para la comunicación en la red, así como software y firmware estándares para proporcionar interfaces internas y externas a la red física, consiguiéndose de esta manera fiabilidad y la reducción de costes. Por ejemplo, la "pila" IP, que incluye TCP, RTP, UDP, NTP y otros protocolos asociados, proporciona una amplia funcionalidad para las comunicaciones necesarias en el letrero (por ejemplo, para el control de los LED), mientras que se pueden utilizar Ethernet o SONET/SDH para proporcionar un control a nivel de enlaces y la transferencia de datos. Para la conexión física, se pueden utilizar la fibra óptica, los cables de alambre o los sistemas inalámbricos.

Durante la fabricación y su funcionamiento, es necesario controlar las posiciones de los LED con una tolerancia pequeña para determinar la uniformidad de las imágenes resultantes en el dispositivo de visualización. La caja de cada módulo, por ejemplo, normalmente adopta la forma de una pieza moldeada de polímero con orificios para los LED. Este tipo de cajas experimenta grandes cargas caloríficas, ya que poseen una reflectividad baja y, especialmente en las estructuras al aire libre, pueden estar sometidas a la luz solar directa durante períodos de tiempo prolongados. El calor solar puede suponer una carga de hasta 1000 vatios por metro cuadrado en la cara de la estructura. Las piezas moldeadas de polímero se fabrican normalmente con polímeros que poseen una baja conductividad térmica y una baja capacidad térmica. Por consiguiente, la temperatura en una caja puede elevarse con bastante rapidez y puede fluctuar con los cambios en la carga calorífica. Las fluctuaciones de temperatura producen tensiones mecánicas de expansión y contracción en la caja, causando una desalineación y un movimiento relativo de los píxeles, lo que tiene como resultado una pérdida concomitante de uniformidad de la imagen. La

uniformidad y constancia de temperatura mejoran la exactitud y precisión de los colores mostrados. La fatiga mecánica causada por tensiones repetidas también puede producir la interrupción de conexiones y otros problemas de continuidad eléctrica, lo que reduce la fiabilidad y, potencialmente, la vida útil del sistema de visualización. Asimismo, la cara externa del letrero acumula suciedad y desechos que pueden reducir la salida de luz, incrementar la reflectividad, cambiar el equilibrio cromático y producir otros efectos nocivos.

Por consiguiente, el mantenimiento de un letrero requiere una limpieza y un enfriamiento eficaces del mismo. Estas funciones pueden realizarse de forma independiente entre sí. De conformidad con una realización de la presente invención, se puede limpiar la cara del letrero frecuentemente aplicando a la misma un flujo de líquido o un chorro de líquido. Normalmente, la cara del letrero no es una superficie plana sencilla. Existen (o es deseable que existan) lentes de LED, cubiertas de protección de LED, rejillas que proporcionan sombra a la cara del letrero y otras desviaciones de una superficie plana. Un flujo de líquido laminar que cubra toda la cara del letrero puede no ser posible o puede no resultar apropiado para garantizar una limpieza correcta. En su lugar, se pueden utilizar para la limpieza en muchas circunstancias chorros que consisten en uno o más líquidos de limpieza. Se pueden colocar estos chorros en un andamio con rieles que permiten que los chorros se deslicen en dirección horizontal o vertical, o en ambas direcciones. Estos chorros pueden ser generados de muchas maneras. Un método utiliza aire comprimido para proporcionar una fuerza motriz que impulsa al líquido a pasar a través de boquillas orientadas. Se puede recoger, filtrar y recircular el líquido para minimizar la pérdida del mismo.

Otro beneficio adicional de aplicar un flujo de líquido frecuentemente al letrero es la reducción significativa de la temperatura y de las fluctuaciones de temperatura. También se puede hacer circular el líquido en conductos instalados en el letrero para proporcionar una función puramente de refrigeración. Si no hay necesidad de realizar funciones de limpieza, se pueden cerrar los conductos de líquido (por ejemplo, en tuberías).

Aunque quizás no sea posible un flujo de líquido laminar que cubra toda la cara del letrero, el flujo de líquido a diferentes partes de la cara del letrero proporciona la moderación de las fluctuaciones de temperatura. Por ejemplo, el flujo de líquido sobre o a través de rejillas⁴ asociadas con cada fila, o cada pocas filas, de píxeles es suficiente si la conductancia térmica de las rejillas es lo suficientemente alta. El uso de mechas de calor, tubos de calor u hojas delgadas de material con una conductividad térmica elevada distribuye el calor a un área cercana a la superficie de la cara, donde el flujo de líquido puede eliminar el calor, moderando así las fluctuaciones de temperatura.

En la Figura 11 se muestra una caja (1100) para un módulo con capacidad de flujo de líquido, de conformidad con una realización de la presente invención. Como se muestra en la Figura 11, la caja (1100) incluye una primera cara (1106) en la que se colocan un grupo de LED detrás de las ventanas o lentes transparentes (1104). (La cara (1106) forma parte de la representación gráfica del letrero). La Figura 11 muestra una caja (1100) que incluye 4 píxeles, y cada píxel cuenta con 10 elementos. En una implementación, cada píxel incluye 5 LED rojos, 3 LED azules y 2 LED verdes. Cada caja está diseñada para que sea un bloque componente del letrero, y estos son capaces de ser apilados verticalmente y colocados de forma adyacente y horizontal con respecto a otros bloques. Los píxeles se sitúan en cada módulo en ubicaciones específicas de tal manera que, cuando las cajas se apilan verticalmente o se colocan en posición horizontal, todos los píxeles adyacentes están separados equidistantemente entre sí, con independencia de si los píxeles adyacentes se encuentran en la misma caja o en cajas diferentes. La cara (1106) puede formarse como una estructura laminar que consiste en una capa delgada (por ejemplo, de unos pocos milímetros) de polímero y una malla metálica delgada (1101). Se elige la capa de polímero para que proporcione una baja reflectividad en la banda visible (aproximadamente entre 380 y 720 nm de longitud de onda), una absorbancia baja de agua, resistencia a la intemperie y a la exposición ultravioleta y buenas propiedades mecánicas. Se proporciona una malla metálica delgada (1101) de alta conductividad térmica como una mecha de calor a una corta distancia detrás de la cara (1106) para que actúe como un colector de la carga térmica que incide en la primera cara (1106). Se selecciona la malla metálica (1101) para que tenga un coeficiente de temperatura diferencial coherente con el material polimérico de la cara (1106) y sea capaz de proporcionar una buena unión térmica a la misma. Se proporcionan una serie de mechas de calor o tubos de calor (por ejemplo, el tubo de calor (1105)) detrás de la malla metálica (1101) para alejar el calor de la hoja de metal (1101) hacia la parte posterior de la caja (1100). Normalmente se proporciona aire acondicionado en la parte posterior para el control de la humedad y temperatura. En esta realización, se proporcionan conductos de fluido en la pared superior (1102) y la pared inferior (1103) para la circulación de un líquido de limpieza. La pared superior (1102) puede proporcionar una rejilla que sobresale por encima de la cara (1106).

Se pueden proporcionar perforaciones de apertura para los conductos de líquido de la pared superior (1102) a lo largo de la rejilla, de tal manera que una corriente del líquido de limpieza pueda fluir sustancialmente en un flujo laminar sobre la cara (1106). De manera alternativa o adicional, se puede suministrar el líquido de limpieza por medio de, por ejemplo, boquillas colocadas a intervalos regulares, o que se desplazan en dirección vertical u horizontal a lo largo de conductos ubicados lo largo de las dimensiones del letrero, de tal forma que se pueden dirigir chorros de líquido de limpieza a la cara (1106) de cada caja en el letrero. Preferentemente, el líquido de limpieza es

⁴ En esta realización, se proporcionan rejillas para crear sombra para proteger contra la luz solar incidente y reducir la reflectividad del letrero. No se requiere que las rejillas lleven a cabo tareas de limpieza o enfriamiento del letrero.

- de un tipo que no deja tras de sí una película en la cara (1106). Se recoge la corriente de fluido de limpieza en un canalón en la pared inferior (1103), el cual desemboca en conductos de fluido que dirigen el líquido de limpieza a un depósito donde es filtrado y reciclado. El flujo de líquido también proporciona una moderación de la temperatura que reduce la tensión inducida térmicamente, promoviendo así una mayor vida útil de los LED y los componentes electrónicos asociados, lo que tiene como consecuencia unos costes reducidos de servicio y mantenimiento. Si la función de refrigeración no es necesaria para un letrero determinado (por ejemplo, debido a su ubicación), se pueden realizar las operaciones de limpieza con una frecuencia relativamente baja.
- Un gran número de los componentes mecánicos y de control y distribución de fluido necesarios para la limpieza coinciden con los necesarios para la moderación de temperatura. Por lo tanto, se consigue un ahorro importante de costes al integrar en el letrero el diseño y la implementación de los medios para proporcionar la limpieza y la moderación de temperatura.
- Si asumimos una carga calorífica solar de 1000 vatios por metro cuadrado, es posible calcular algunos gradientes y diferenciales de temperatura. Debido a que la conductividad térmica de la mayoría de los polímeros es de aproximadamente $0,3 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, existe aproximadamente un diferencial de temperatura de 3°C a través de cada milímetro de espesor del material laminar utilizado en la cara (1106). El uso de una mecha de calor que consiste en una pantalla de cobre de 60 US malla (60 alambres por pulgada) (0,250 mm) como hoja fina de metal (1101) proporciona un gradiente de temperatura de aproximadamente 3°C por centímetro de longitud lineal lateral desde la conexión del disipador de calor hasta la pantalla de cobre. En consecuencia, el uso de una mecha de calor delgada (por ejemplo, una pantalla de cobre) proporcionará una buena estabilidad de la temperatura si la distancia entre las conexiones del disipador de calor no sobrepasa aproximadamente los diez centímetros. Se puede incrementar el espacio entre las conexiones del disipador de calor o de frío a medida que se aumenta la conductancia térmica mediante el uso de, por ejemplo, múltiples capas de pantalla u hojas sólidas de material con una alta conductividad térmica. Alternativamente, el uso de tubos de calor activos o de alimentación por gravedad (por ejemplo, los tubos de calor (1105)) proporciona un mecanismo para transportar el calor a distancias mayores, aunque ello también conlleva un incremento de la complejidad.
- La incorporación de mechas de calor, tubos de calor o ambos componentes dentro de cajas para los LED en la estructura modular que normalmente contiene entre unos pocos y unos cientos de píxeles modera los cambios de temperatura que se derivan de la exposición a la luz solar directa o al frío extremo.
- Se ha proporcionado la descripción detallada anterior con el fin de ilustrar las realizaciones específicas de la presente invención y dicha descripción no pretende tener un efecto limitador. Dentro del ámbito de la presente invención serán posibles numerosas modificaciones y variaciones. Se expone la presente invención en las reivindicaciones que se muestran a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Un método de computación de corrientes de control para una pluralidad de LED (101, 102, 103, 104 y 105) en un
5 píxel (700) de un letrero con el fin de alcanzar un color deseado con una intensidad luminosa deseada, siendo la pluralidad de LED (101, 102, 103, 104 y 105) de más de tres colores básicos que definen una gama de colores (120), y que comprende:

la selección de diferentes combinaciones de LED;

10 para cada combinación de LED, la computación de las corrientes de control para los LED en la combinación requerida para proporcionar (a) el color deseado, cuando el color deseado se encuentre dentro de la gama de colores (120), o (b) un color sustituto, cuando el color deseado se encuentre fuera de la gama de colores, de tal forma que la intensidad luminosa resultante del color deseado o sustituto sea la máxima; el color sustituto es un
15 color a lo largo de una línea de matiz constante percibido en un límite de la gama (120) entre el color deseado y un punto acromático dentro de la gama; y

el uso de las corrientes de control computadas, escalando las corrientes de control para alcanzar la intensidad luminosa deseada en el color deseado, en el que las corrientes de control para cada color seleccionado se computan en un espacio de color uniforme.
20
2. Un método como el descrito en la reivindicación 1, en el que las corrientes de control para cada color seleccionado se computan utilizando una técnica de maximización restringida, en el que las corrientes de control para cada color seleccionado se computan con sujeción a la restricción de que ninguna de las corrientes de control sea negativa.
25
3. Un método como el descrito en la reivindicación 2, en el que la técnica de maximización restringida comprende la programación lineal.

Gama – Ningún fallo de LED

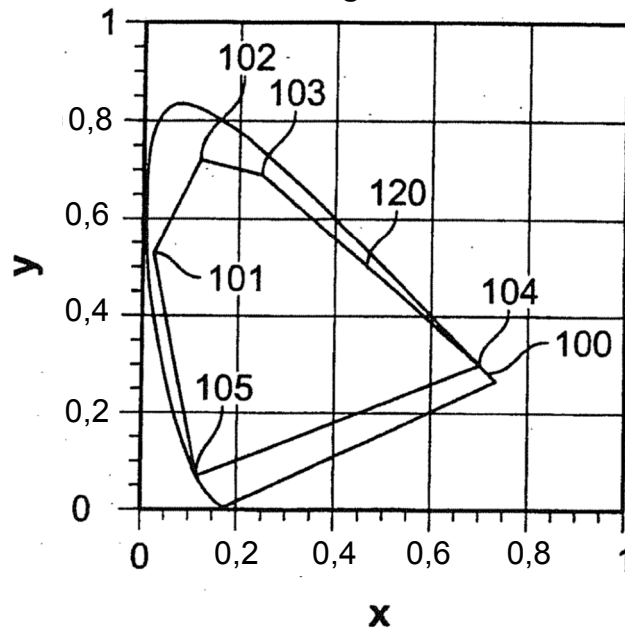


FIG. 1

Gama – Cadena de LED “azules” con fallos

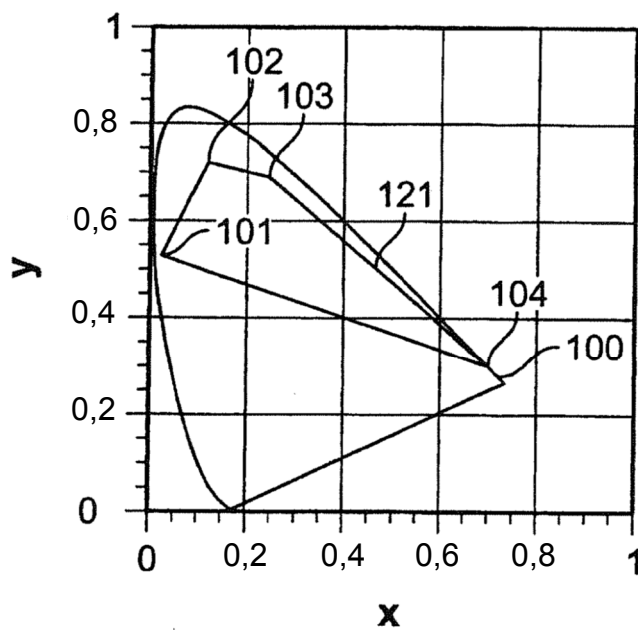


FIG. 2

Gama – Cadena de LED “azul-verdes” con fallos

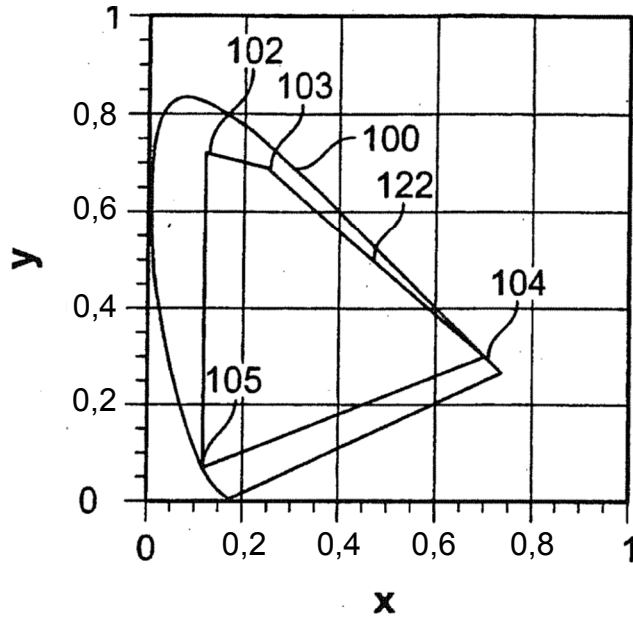


FIG. 3

Gama – Cadena de LED “verdes” con fallos

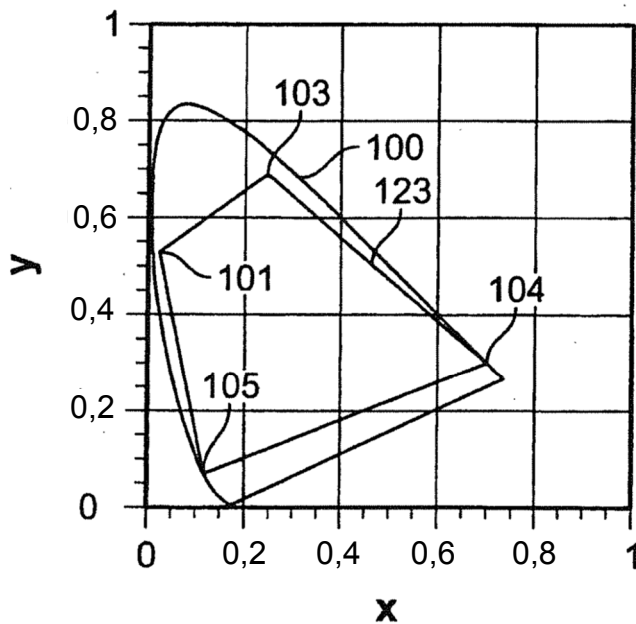


FIG. 4

Gama – Cadena de LED “ámbar” con fallos

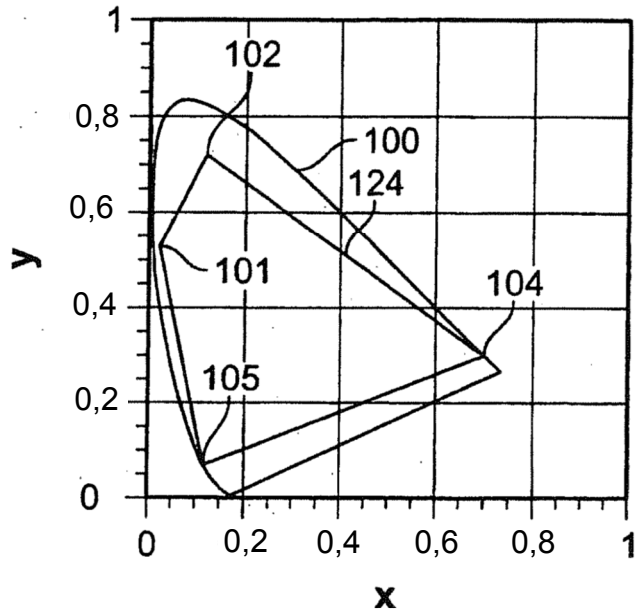


FIG. 5

Gama – Cadena de LED “rojos” con fallos

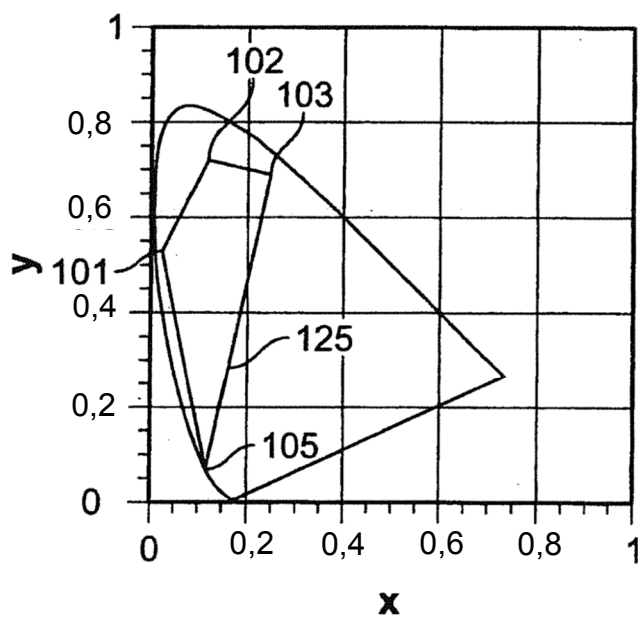


FIG. 6

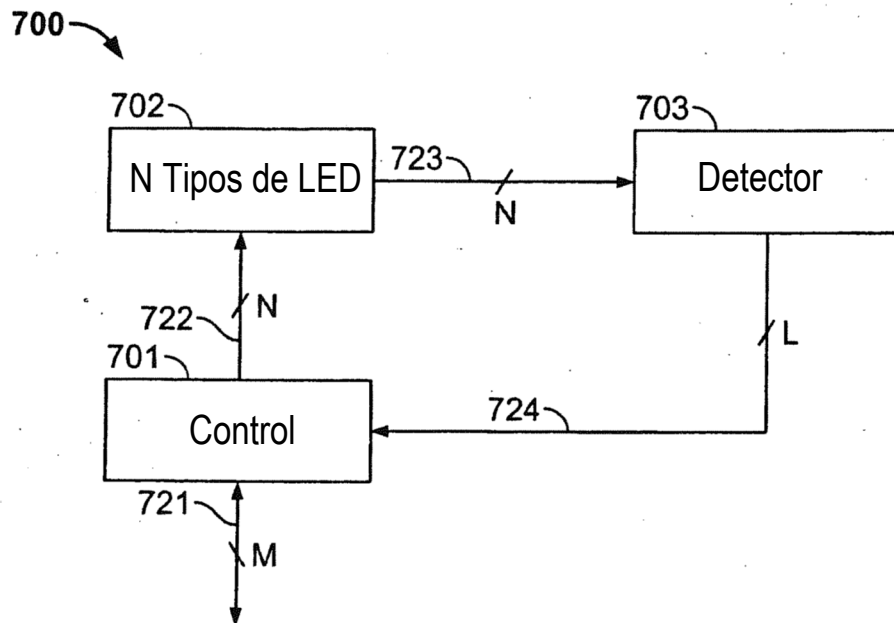


FIG. 7

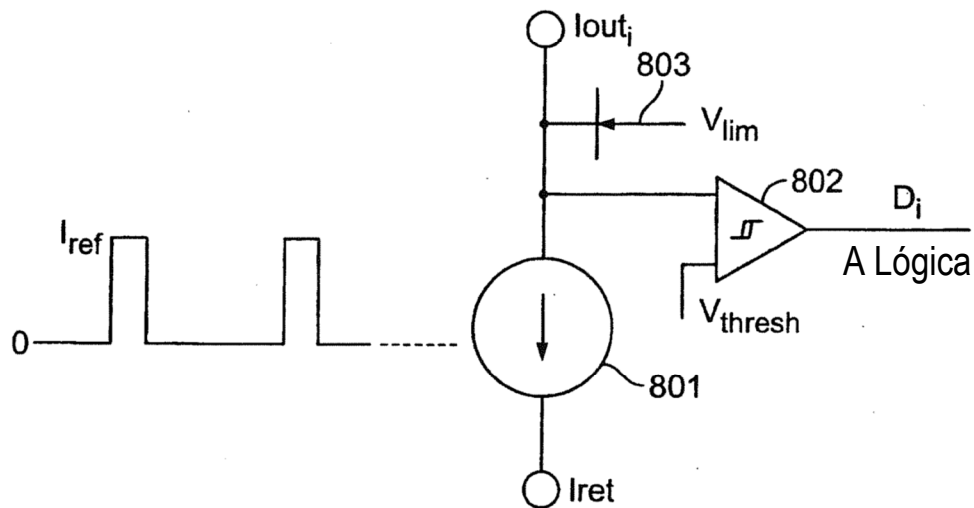


FIG. 8

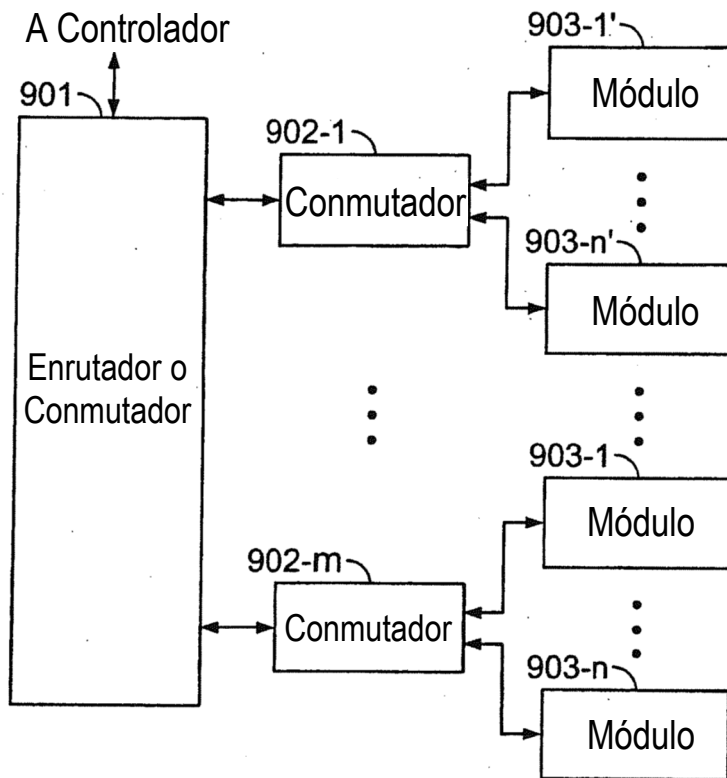


FIG. 9

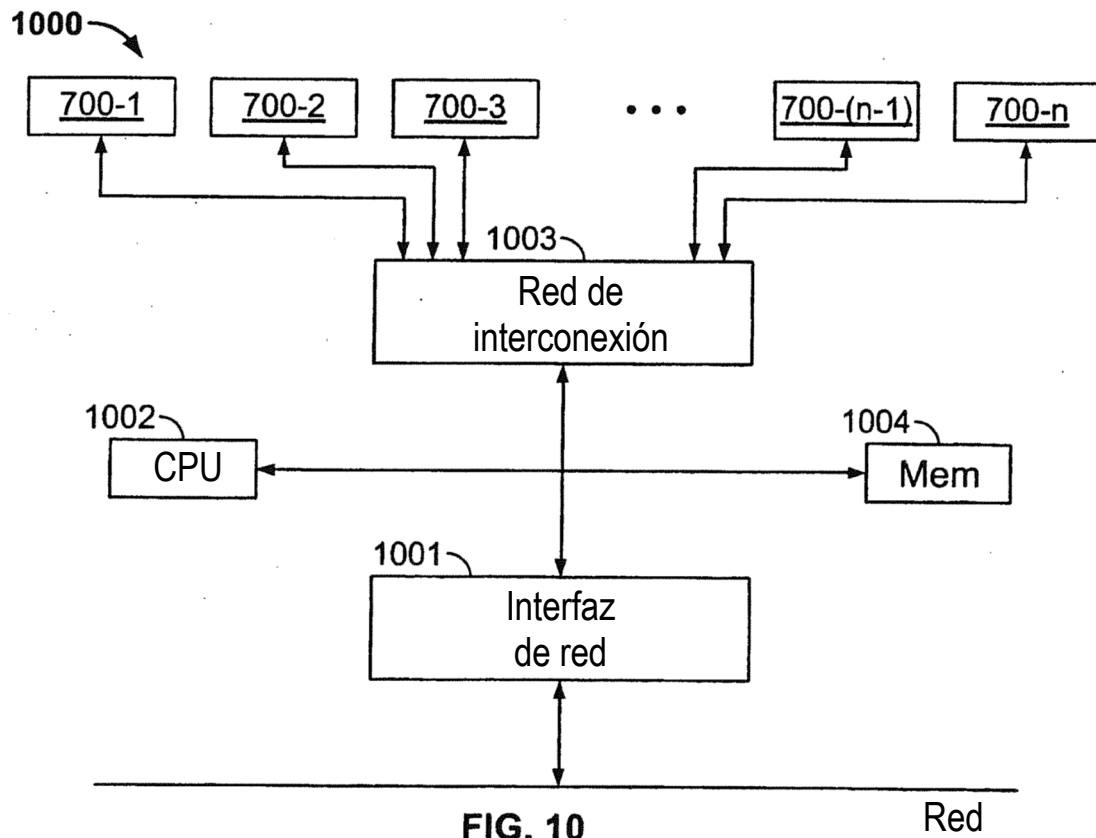


FIG. 10

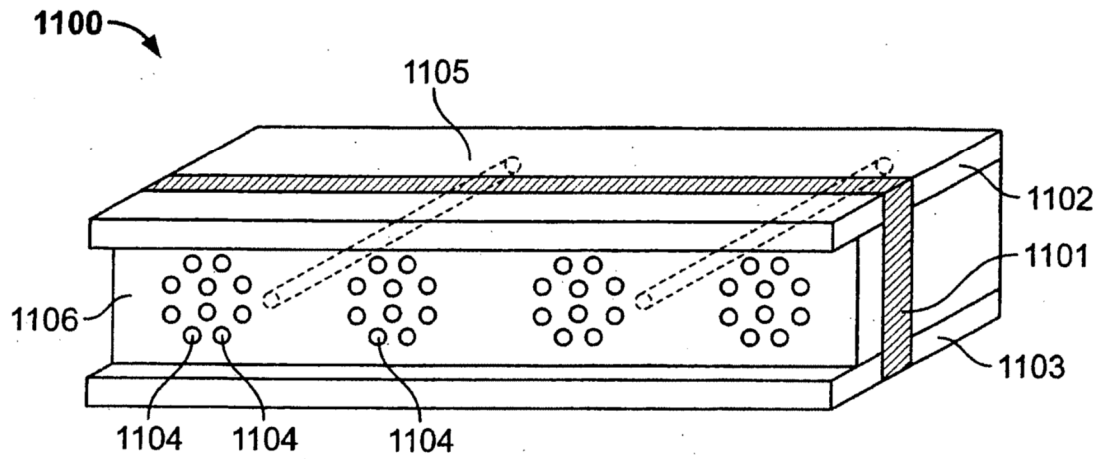
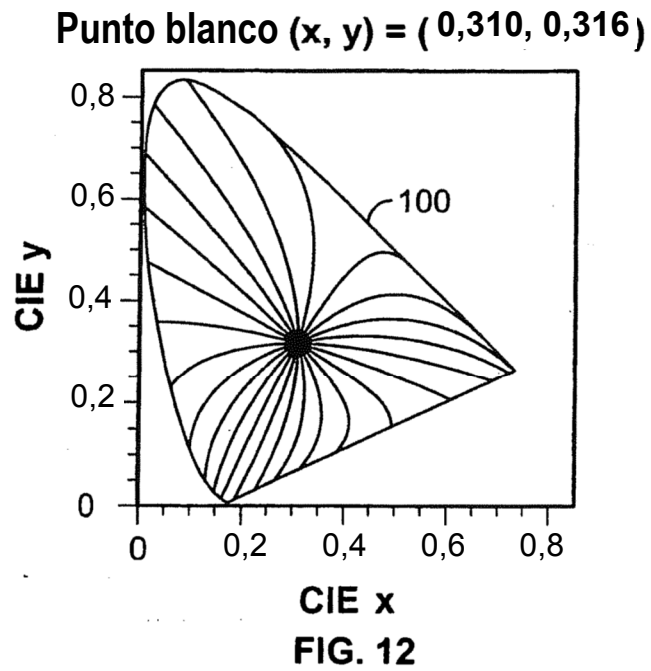
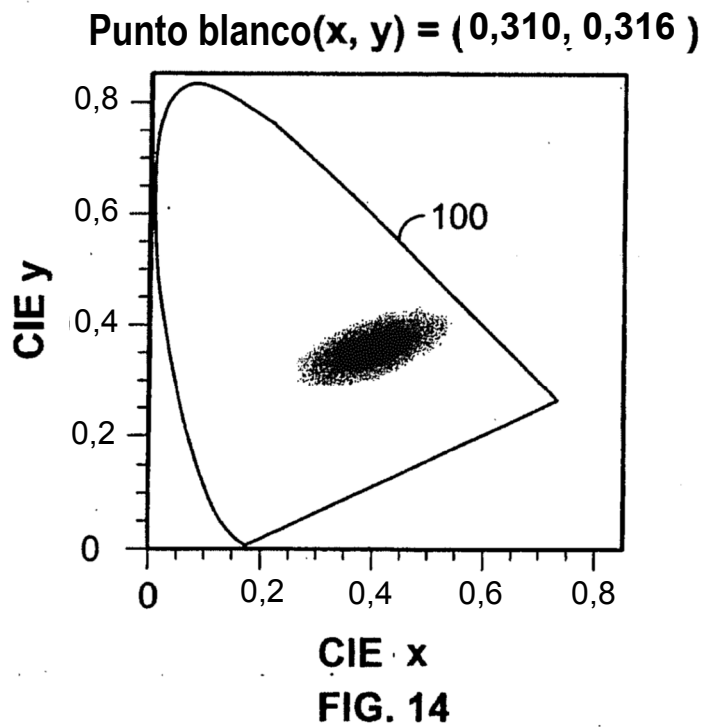
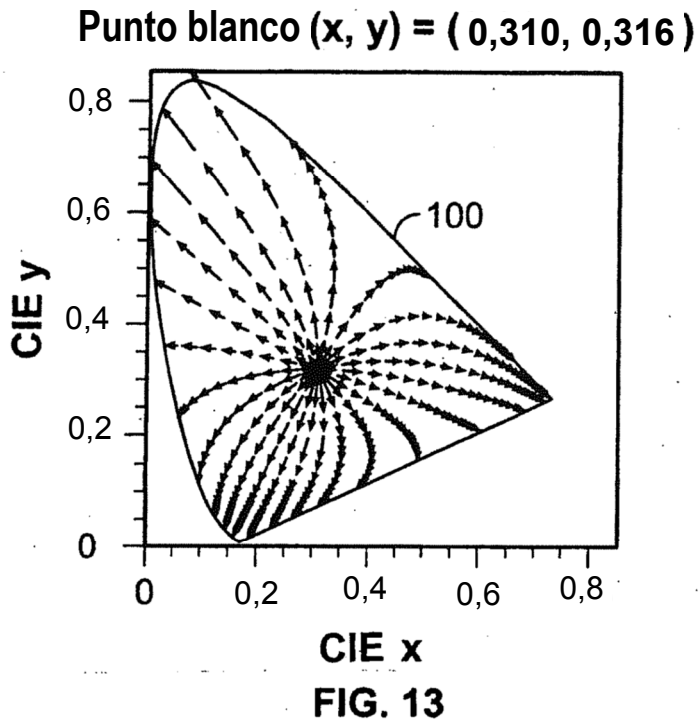


FIG. 11





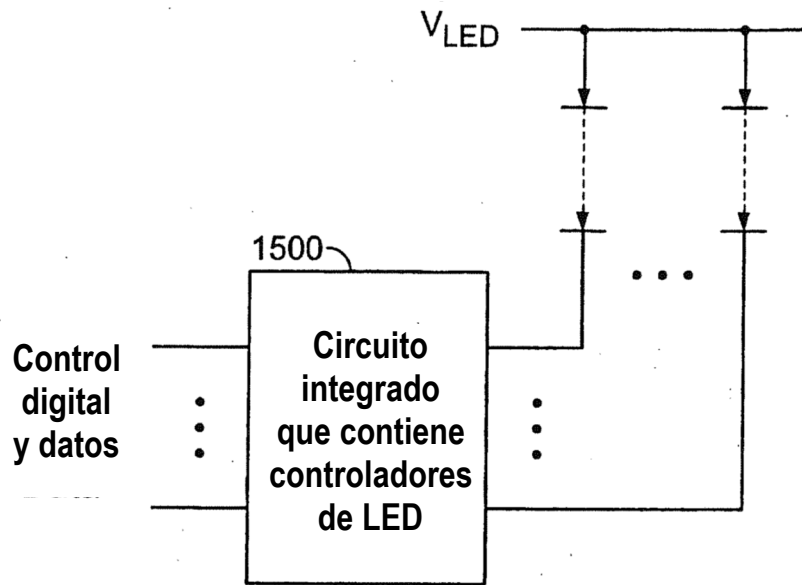


FIG. 15

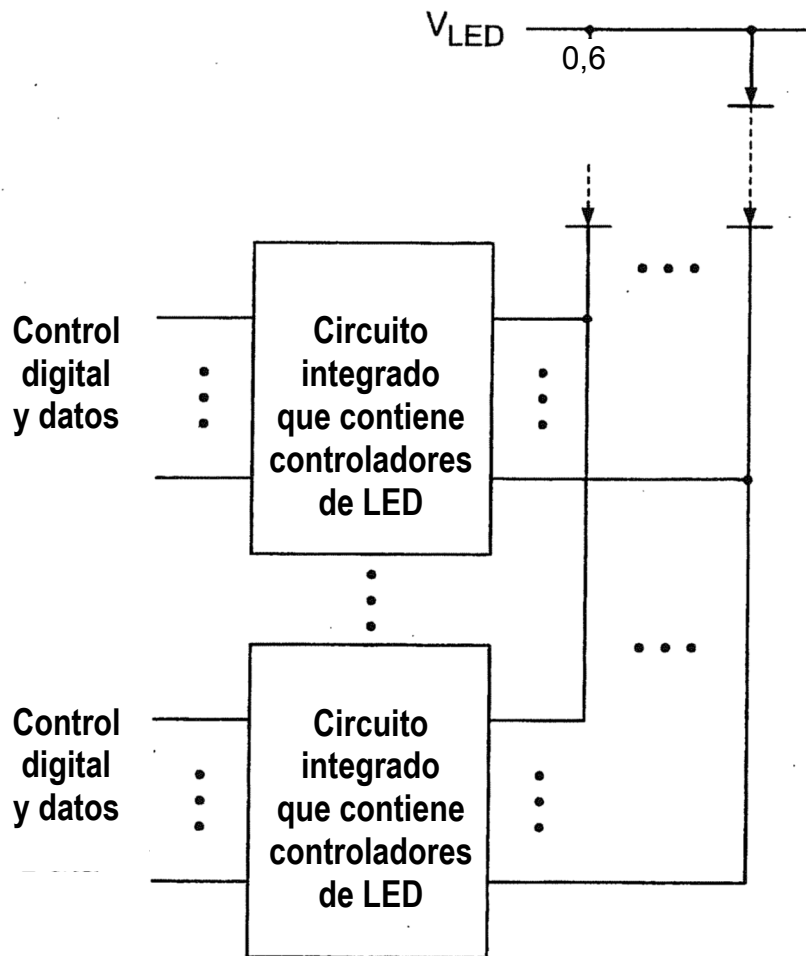


FIG. 16