

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 467 115**

51 Int. Cl.:

G02B 26/02 (2006.01)

G02B 26/04 (2006.01)

G09G 3/34 (2006.01)

G09G 3/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2006 E 10175901 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014 EP 2261170**

54 Título: **Procedimiento y aparato de representación visual**

30 Prioridad:

23.02.2005 US 655827 P

29.04.2005 US 676053 P

06.01.2006 US 326696

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

11.06.2014

73 Titular/es:

**PIXTRONIX, INC. (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714 , US**

72 Inventor/es:

**HAGOOD, NESBITT, W.;
BARTON, ROGER;
LEWIS, STEPHEN y
MCALLISTER, ABRAHAM**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 467 115 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

Procedimiento y aparato de representación visual

Campo de la Invención

5 La presente invención se refiere, en general, al campo de pantallas de representación de imágenes y, en particular, la invención se refiere a circuitos para controlar moduladores de luz incorporados en pantallas de representación de imágenes.

Antecedentes de la Invención

10 Las pantallas construidas a partir de moduladores mecánicos de la luz son una alternativa atractiva a las pantallas basadas en tecnología de cristal líquido. Los moduladores mecánicos de la luz son lo suficientemente rápidos como para representar visualmente contenidos de video con buenos ángulos de visión, y con una amplia gama de color y de escala de grises. Los moduladores mecánicos de la luz han tenido éxito en las aplicaciones de representación visual de proyecciones. Las pantallas retroiluminadas que utilizan moduladores mecánicos de la luz aún no han demostrado unas combinaciones suficientemente atractivas de brillo y baja energía. Existe una necesidad en la técnica de pantallas accionadas mecánicamente que sean rápidas, brillantes y de baja energía. Específicamente, existe la necesidad de pantallas accionadas mecánicamente que puedan accionarse a altas velocidades y con bajos voltajes para lograr una calidad de imagen mejorada y un consumo de energía reducido.

La presente invención proporciona un aparato de representación visual de acuerdo con la reivindicación 1.

Breve Descripción de los Dibujos

20 El análisis anterior se comprenderá más fácilmente a partir de la siguiente descripción detallada de la invención, con referencia a los siguientes dibujos:

La Figura 1A es una vista isométrica de un aparato de representación visual;

La Figura 1B es un diagrama de bloques de un aparato de representación visual;

La Figura 2 es una vista isométrica de un conjunto de obturador adecuado para su inclusión en el aparato de representación visual de la Figura 1;

25 Las Figuras 3A y 3B son unas vistas isométricas de un conjunto de obturador de doble accionamiento, adecuado para su inclusión en el aparato de representación visual de la Figura 1;

La Figura 4 es una vista superior de un grupo de conjuntos de obturador adecuados para su inclusión en el aparato de representación visual de la Figura 1;

30 La Figura 5A es un diagrama conceptual de una matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1;

La Figura 5B es una vista isométrica de una matriz de píxeles que incorporan la matriz de control de la Figura 5A y los conjuntos de obturador de la Figura 2;

La Figura 6 es un diagrama de una segunda matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1;

35 La Figura 7 es un diagrama de una tercera matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1;

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento para direccionar los píxeles de la matriz de control de la Figura 7;

40 La Figura 9 es un diagrama de una cuarta matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1;

La Figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento para direccionar los píxeles de la matriz de control de la Figura 9, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Figura 11 es un diagrama de una quinta matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

45 La Figura 12 es un diagrama de flujo de un procedimiento para direccionar los píxeles de la matriz de control de la

- Figura 11, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;
- La Figura 13 es un diagrama de una sexta matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;
- 5 La Figura 14 es un diagrama de una séptima matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;
- La Figura 15 es un diagrama de una octava matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;
- La Figura 16 es un diagrama de una novena matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;
- 10 La Figura 17 es un diagrama de una décima matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;
- La Figura 18 es un diagrama de una undécima matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;
- 15 La Figura 19 es un diagrama de una duodécima matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador del aparato de representación visual de la Figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;
- La Figura 20 representa una realización de un dispositivo manual portátil;
- 20 La Figura 21 representa en mayor detalle un ejemplo de una imagen del tipo que puede representarse en el dispositivo manual portátil representado en la Figura 20;
- La Figura 22 representa un diagrama de bloques funcional de los elementos funcionales del dispositivo manual portátil representado en la Figura 20;
- La Figura 23 representa en mayor detalle los elementos funcionales del dispositivo manual portátil representado en la Figura 22;
- 25 La Figura 24A es un diagrama conceptual de una matriz de control adecuada para controlar los conjuntos de obturador de un panel de representación visual;
- La Figura 24B es una vista isométrica de una matriz de píxeles que incorporan la matriz de control de la Figura;
- Las Figuras 25A, 25B y 25C representan en mayor detalle un panel de representación visual, en las cuales la Figura 25B incluye tres filtros de color;
- 30 La Figura 26 representa un panel de representación visual que tiene una retroiluminación;
- La Figura 27 representa un panel de representación visual;
- La Figura 28 representa un dispositivo manual portátil de acuerdo con la invención;
- La Figura 29 representa un teléfono inteligente de un dispositivo portátil;
- Las Figuras 30A y 30B representan un libro electrónico de un dispositivo portátil;
- 35 La Figura 31A representa un reloj que tiene una pantalla de representación visual segmentada, representada en mayor detalle en la Figura 31B;
- La Figura 32 representa un reproductor de media del dispositivo manual portátil;
- La Figura 33 representa un dispositivo manual portátil receptor de GNSS;
- La Figura 34 representa un ordenador portátil;
- 40 Las Figuras 35 y 36 representan un panel MEMS de representación visual; y

La Figura 37 representa un panel MEMS de representación visual reflectante, adecuado para su uso con los dispositivos descritos en la presente invención.

Descripción

5 Para proporcionar un entendimiento general de la invención, a continuación se describirán determinadas realizaciones ilustrativas, incluyendo aparatos y procedimientos para la representación de imágenes. Sin embargo, los expertos en la técnica comprenderán que los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento pueden adaptarse y modificarse, según resulte apropiado para la aplicación abordada, y que los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento pueden emplearse en otras aplicaciones adecuadas, y que tales adiciones y modificaciones no se saldrán del alcance del mismo.

10 La Figura 1A es una vista isométrica de un aparato de representación visual 100. El aparato de representación visual 100 incluye una pluralidad de moduladores de luz, en particular, una pluralidad de conjuntos de obturador 102a-102d (denominados generalmente "conjuntos de obturador 102") dispuestos en filas y columnas. En el aparato de representación visual 100, los conjuntos de obturador 102a y 102d están en estado abierto, permitiendo el paso de la luz. Los conjuntos de obturador 102b y 102c están en estado cerrado, obstruyendo el paso de la luz.

15 Configurando selectivamente los estados de los conjuntos de obturador 102a-102d, puede utilizarse el aparato de representación visual 100 para formar una imagen 104 para una representación visual proyectada o retroiluminada, si se ilumina con una lámpara 105. En otra implementación, el aparato 100 puede formar una imagen por reflexión de la luz ambiente originada delante del aparato.

20 En el aparato de representación visual 100, cada conjunto de obturador 102 se corresponde con un píxel 106 de la imagen 104. En otras implementaciones, el aparato de representación visual 100 puede utilizar una pluralidad de conjuntos de obturador para formar un píxel 106 de la imagen 104. Por ejemplo, el aparato de representación visual 100 puede incluir tres conjuntos de obturador de color específico 102. Abriendo selectivamente uno o más de los conjuntos de obturador de color específico 102 correspondientes a un píxel 106 particular, el aparato de representación visual 100 puede generar un píxel de color 106 en la imagen 104. En otro ejemplo, el aparato de

25 representación visual 100 incluye dos o más conjuntos de obturador 102 por cada píxel 106 para proporcionar una escala de grises en una imagen 104. Con respecto a una imagen, un "píxel" se corresponde con el elemento pictórico más pequeño definido por la resolución de imagen. Con respecto a los componentes estructurales del aparato de representación visual 100, el término "píxel" se refiere a los componentes mecánicos y eléctricos utilizados para modular la luz que forma un píxel individual de la imagen.

30 Cada conjunto de obturador 102 incluye un obturador 108 y una abertura 109. Para iluminar un píxel 106 en la imagen 104, el obturador 108 se posiciona de tal modo que permita el paso de la luz a través de la abertura 109 hacia un observador. Para dejar un píxel 106 sin iluminar, el obturador 108 se posiciona de tal modo que obstruya el paso de la luz a través de la abertura 109. La abertura 109 está definida por un orificio moldeado a través de un material reflectante o absorbente de la luz, situado en cada conjunto de obturador 102.

35 El aparato de representación visual también incluye una matriz de control conectada al sustrato y a los conjuntos de obturador 102 para controlar el movimiento de los obturadores. La matriz de control incluye una serie de interconexiones eléctricas (p. ej., las interconexiones 110, 112, y 114), que incluyen al menos una interconexión de habilitación de escritura 110 (también denominada "interconexión de línea de escaneo") por cada fila de píxeles, una interconexión de datos 112 por cada columna de píxeles, y una interconexión común 114 que proporciona un voltaje común a todos los píxeles, o al menos a los píxeles de las múltiples columnas o de las múltiples filas del

40 aparato de representación visual 100. En respuesta a la aplicación de un voltaje apropiado (el "voltaje de habilitación de escritura, V_{we} "), la interconexión de habilitación de escritura 110 para una determinada fila de píxeles prepara los píxeles de la fila para aceptar nuevas instrucciones de movimiento para los obturadores. Las interconexiones de datos 112 comunican las nuevas instrucciones de movimiento en forma de impulsos de voltaje de datos. En algunas implementaciones, los impulsos de voltaje de datos aplicados a las interconexiones de datos

45 112 contribuyen directamente a un movimiento electrostático de los obturadores. En otras implementaciones, los impulsos de voltaje de datos controlan unos conmutadores, p. ej., unos transistores u otros elementos de circuito no lineales que controlen la aplicación de voltajes de accionamiento separados, que normalmente son de superior magnitud que los voltajes de datos, sobre los conjuntos de obturador 102. Luego, la aplicación de estos voltajes de

50 accionamiento resulta en el movimiento electrostático de los obturadores 108.

La Figura 1B es un diagrama de bloques 150 del aparato de representación visual 100. Adicionalmente a los elementos del aparato de representación visual 100 anteriormente descritos, tal como se representa en el diagrama de bloques 150, el aparato de representación visual 100 incluye una pluralidad de controladores de escaneo 152 (también denominados "fuentes de voltaje de habilitación de escritura") y una pluralidad de controladores de datos

55 154 (también denominados "fuentes de voltaje de datos"). Los controladores de escaneo 152 aplican voltajes de habilitación de escritura a las interconexiones de escaneo 110. Los controladores de datos 154 aplican voltajes de

datos a las interconexiones de datos 112. En algunas realizaciones del aparato de representación visual, los controladores de datos 154 están configurados para proporcionar voltajes de datos analógicos a los conjuntos de obturador, especialmente cuando va a derivarse la escala de grises de la imagen 104 de manera analógica. En la operación analógica, los conjuntos de obturador 102 están diseñados de tal modo que cuando se aplica un rango de voltajes intermedios a través de las interconexiones de datos 112, el resultado es un rango de estados de apertura intermedia en los obturadores 108 y por lo tanto un rango de estados de iluminación intermedia, o escalas de grises, en la imagen 104.

En otros casos, los controladores de datos 154 están configurados para aplicar únicamente un juego reducido de 2, 3 ó 4 niveles de voltaje digitales a la matriz de control. Estos niveles de voltaje están diseñados para fijar, de manera digital, ya sea un estado abierto o un estado cerrado en cada uno de los obturadores 108.

Los controladores de escaneo 152 y los controladores de datos 154 están conectados a un circuito controlador digital 156 (también denominado "controlador 156"). El controlador incluye una interfaz de pantalla 158 que procesa las señales de imagen entrantes en un formato de imagen digital apropiado para el direccionamiento espacial y las capacidades de escala de grises de la pantalla. La localización de los píxeles y de los datos de escala de grises de cada imagen se almacena en una memoria intermedia de trama 159 para poder suministrar los datos a los controladores de datos 154 según sea necesario. Los datos se envían a los controladores de datos 154 principalmente en forma de serie, organizados en secuencias predeterminadas agrupadas por filas y por tramas de imagen. Los controladores de datos 154 pueden incluir conversores de datos de serie a paralelo, variación de nivel, y en algunas aplicaciones conversores de voltaje digital a analógico.

Todos los controladores (p. ej., los controladores de escaneo 152, los controladores de datos 154, el controlador de actuación 153 y el controlador de actuación global 155) para diferentes las funciones de la pantalla están sincronizados por un control temporizador 160 del control 156. Los comandos de temporización coordinan la iluminación de unas lámparas roja, verde y azul 162, 164, y 166 a través de unos controladores de lámpara 168, el habilitación de escritura y el secuenciado de filas específicas del conjunto de píxeles, la emisión de voltajes desde los controladores de datos 154, y la emisión de voltajes que proporcionan la actuación de los obturadores.

El controlador 156 determina el esquema de secuenciado o direccionamiento por el cual cada uno de los obturadores 108 del conjunto puede reconfigurarse a los niveles de iluminación apropiados para una nueva imagen 104. Las nuevas imágenes 104 pueden ajustarse a niveles periódicos. Por ejemplo, para pantallas de visualización de video, las imágenes en color 104 o tramas del video se refrescan a frecuencias comprendidas entre 10 y 300 Hercios. En algunas realizaciones, el ajuste de una trama de imagen se sincroniza con la iluminación de una luz de fondo de tal modo que las tramas de imagen alternadas queden iluminadas con una serie alternada de colores, tales como rojo, verde, y azul. Las tramas de imagen para cada respectivo color se denominan subtramas de color. En este procedimiento, denominado procedimiento de color secuencial de campo, si las subtramas están alternadas en frecuencias superiores a 20 Hz, el cerebro humano prorrata las imágenes de trama alternadas hacia la percepción de una imagen que tenga una gama amplia y continua de colores.

Si el aparato de representación visual 100 está diseñado para conmutar digitalmente los obturadores 108 entre los estados abierto y cerrado, el controlador 156 puede controlar la secuencia de direccionamiento y/o los intervalos de tiempo entre las tramas de imagen, para producir unas imágenes 104 con una escala de grises apropiada. El proceso para generar diversos niveles de escala de grises mediante el control de la cantidad de tiempo que un obturador 108 está abierto en una trama particular se denomina escala de grises por división de tiempo. En una realización de la escala de grises por división de tiempo, el controlador 156 determina el periodo de tiempo, o la fracción temporal, dentro de cada trama durante el cual se permite a un obturador 108 permanecer abierto, de acuerdo con el nivel de iluminación o escala de grises deseados para dicho píxel. En otra realización de la escala de grises por división de tiempo, se divide el tiempo de trama, por ejemplo, en 15 subtramas de la misma duración temporal de acuerdo con los niveles de iluminación apropiados para una escala de grises binaria de 4 bits. Luego, el controlador 156 configura una imagen distintiva en cada una de las 15 subtramas. Los píxeles más brillantes de la imagen se dejan en el estado abierto para la mayor parte de las 15 subtramas, y los píxeles más oscuros se ajustan en el estado abierto para solo una fracción de las subtramas. En otra realización de escala de grises por división de tiempo, el controlador de circuito 156 altera la duración de una serie de subtramas en proporción a la importancia del nivel de bits de una palabra codificada en escala de grises que representa un valor de iluminación. Esto es, las duraciones de tiempo de las subtramas pueden variarse de acuerdo con las series binarias 1, 2, 4, 8... Luego se ajustan los obturadores 108 para cada píxel ya sea a estado abierto o cerrado, en una subtrama particular, de acuerdo con el valor de bits, en una correspondiente posición dentro de la palabra binaria para su nivel de gris previsto.

Para formar escalas de grises existen diversas técnicas híbridas que combinan las técnicas de división de tiempo anteriormente descritas con el uso de múltiples obturadores 108 por píxel o bien con el control independiente de la intensidad de la retroiluminación. Estas técnicas se describen adicionalmente a continuación.

En una implementación, direccionar la matriz de control, es decir suministrar información de control al conjunto de píxeles, se lleva a cabo mediante el direccionamiento secuencial de líneas individuales, en ocasiones denominadas líneas o filas de escaneo de la matriz. Al aplicar V_{we} a la interconexión de habilitación de escritura 110 para una línea de escaneo determinada, y aplicar selectivamente impulsos de voltaje de datos V_d a las interconexiones de datos 112 para cada columna, la matriz de control puede controlar el movimiento de cada obturador 108 de la fila con habilitación de escritura. Repitiendo estas etapas para cada fila de píxeles del aparato de representación visual 100, la matriz de control puede completar el conjunto de instrucciones de movimiento en cada píxel del aparato de representación visual 100.

En una implementación alternativa, la matriz de control aplica V_{we} a las interconexiones de habilitación de escritura 110 de múltiples filas de píxeles simultáneamente, por ejemplo para aprovechar las similitudes entre instrucciones de movimiento de píxeles en diferentes filas de píxeles, disminuyendo así la cantidad de tiempo necesario para proporcionar instrucciones de movimiento a todos los píxeles del aparato de representación visual 100. En otra implementación alternativa, las filas se direccionan en un orden no secuencial, pseudo-aleatorio, para minimizar los artefactos visuales que en ocasiones se producen, especialmente en conjunto con el uso de una escala de grises codificada por división de tiempo.

En realizaciones alternativas, el conjunto de píxeles y las matrices de control que controlan los píxeles incorporados en el conjunto pueden disponerse en otras configuraciones que no sean filas y columnas rectangulares. Por ejemplo, los píxeles pueden disponerse en conjuntos hexagonales o filas y columnas curvilíneas. En general, tal como se utiliza en el presente documento, el término línea de escaneo se referirá a cualquier pluralidad de píxeles que comparta una interconexión de habilitación de escritura.

Conjuntos de Obturador

La Figura 2 es un diagrama de un conjunto de obturador 200 ilustrativo adecuado para su incorporación en el aparato 100 de la Figura 1. El conjunto de obturador 200 incluye un obturador 202 acoplado a un actuador 204. El actuador 204 está formado por dos actuadores de haz de electrodos 205 compatibles. El obturador 202 está acoplado por un lado a los actuadores 205. Los actuadores 205 mueven el obturador transversalmente sobre una superficie en un plano de movimiento que es sustancialmente paralelo a la superficie. El lado opuesto del obturador está acoplado a un muelle 207 que proporciona una fuerza de restauración opuesta a las fuerzas ejercidas por el actuador 204.

Cada actuador 205 incluye un haz de carga 206 compatible que conecta el obturador 202 a un anclaje de carga 208. Los anclajes de carga 208, junto con los haces de carga 206 compatibles, sirven como soportes mecánicos, manteniendo el obturador 202 suspendido cerca de la superficie. La superficie incluye una o más aberturas 211 para admitir el paso de la luz. Los anclajes de carga 208 conectan físicamente los haces de carga 206 compatibles y el obturador 202 a la superficie, y conectan eléctricamente los haces de carga 206 a un voltaje de polarización, en algunos casos a tierra.

Cada actuador 204 también incluye un haz de accionamiento 216 compatible, posicionado adyacente a cada haz de carga 206. Los haces de accionamiento 216 están acoplados por un extremo a un anclaje de haz de accionamiento 218 compartido entre los haces de accionamiento 216. El otro extremo de cada haz de accionamiento 216 puede moverse libremente. Cada haz de accionamiento 216 está curvado de tal modo que quede situado más cerca del haz de carga 206 junto al extremo libre del haz de accionamiento 216 y al extremo anclado del haz de carga 206.

En funcionamiento, un aparato de representación visual que incorpore el conjunto de obturador 200 aplica un potencial eléctrico a los haces de accionamiento 216 a través del anclaje de haz de accionamiento 218. Puede aplicarse un segundo potencial eléctrico a los haces de carga 206. La diferencia de potencial resultante entre los haces de accionamiento 216 y los haces de carga 206 arrastra los extremos libres de los haces de accionamiento 216 hacia los extremos anclados de los haces de carga 206, y arrastra los extremos de obturador de los haces de carga 206 hacia los extremos anclados de los haces de accionamiento 216, accionando así el obturador 202 transversalmente hacia el anclaje de accionamiento 218. Los miembros compatibles 206 actúan como muelles, de tal modo que cuando se elimina el voltaje a través del potencial de los haces 206 y 216, los haces de carga 206 empujan el obturador 202 de vuelta a su posición inicial, liberando la tensión almacenada en los haces de carga 206.

En el presente documento, un conjunto de obturador, tal como el conjunto de obturador 200, que incorpora un mecanismo de fuerza de restauración pasiva, se denomina generalmente conjunto de obturador elástico. Pueden construirse un número de mecanismos de restauración elástica dentro de los actuadores electrostáticos, o en conjunto con los mismos, siendo los haces compatibles ilustrados en el conjunto de obturador 200 únicamente un ejemplo. Los conjuntos de obturador elástico pueden estar contruidos de tal modo que en un estado desactivado,

o relajado, los obturadores estén ya sea abiertos o cerrados. Por fines ilustrativos, a continuación se asumirá que los conjuntos de obturador elástico descritos en el presente documento están contruidos para estar cerrados en su estado relajado.

5 Dependiendo de la curvatura de los haces de accionamiento 216 y de los haces de carga 206, el conjunto de obturador puede controlarse de manera analógica o digital. Cuando los haces tienen una curvatura marcadamente no lineal o divergente (haces que divergen con una curvatura superior a un segundo orden), la aplicación de un voltaje de actuación analógico a través de los haces de accionamiento 216 y los haces de carga 206 resulta en un desplazamiento incremental predeterminado del obturador 202. Así, la magnitud de desplazamiento del obturador 202 puede variarse aplicando voltajes de diferente magnitud a través de los haces de accionamiento 216 y los haces de carga 206. Por lo tanto, los conjuntos de obturador 200 que incluyen haces más curvados se utilizan para implementar procesos analógicos de escala de grises.

10 Para conjuntos de obturador con haces menos curvados (haces que divergen con una curvatura de segundo orden o menor), la aplicación de un voltaje a través de los haces de accionamiento 216 y los haces de carga 206 resulta en un desplazamiento del obturador si el voltaje es superior a un umbral de voltaje (V_{at}). La aplicación de un voltaje equivalente o superior a V_{at} resulta en un desplazamiento máximo del obturador. Esto es, si el obturador 202 está cerrado con la ausencia de aplicación de un voltaje equivalente o superior al umbral, la aplicación de cualquier voltaje equivalente o superior a V_{at} , abrirá completamente el obturador. Tales conjuntos de obturador se utilizan para implementar procesos de escala de grises por división de tiempo y/o división de área digital en diversas realizaciones del aparato de representación visual 100.

20 Las Figuras 3A y 3B son vistas isométricas de un segundo conjunto de obturador 300 adecuado para su uso en el aparato de representación visual 100. La Figura 3A es una vista del segundo conjunto de obturador 300 en un estado abierto. La Figura 3B es una vista del segundo conjunto de obturador 300 en un estado cerrado. En contraste con el conjunto de obturador 200, el conjunto de obturador 300 incluye unos actuadores 302 y 304 a cada lado de un obturador 306. Cada actuador 302 y 304 está controlado independientemente. Un primer actuador, el actuador de apertura de obturador 302, sirve para abrir el obturador 306. Un segundo actuador, el actuador de cierre de obturador 304, sirve para cerrar el obturador 306. Ambos actuadores 302 y 304 son preferiblemente actuadores de electrodos en haz compatibles. Los actuadores 302 y 304 abren y cierran el obturador 306 accionando el obturador 306 en un plano sustancialmente paralelo a una superficie 307 sobre la que está suspendido el obturador. El obturador 306 está suspendido sobre la superficie mediante unos anclajes 308 sujetos a los actuadores 302 y 304. La inclusión de soportes sujetos a ambos extremos del obturador 306, a lo largo de su eje de movimiento, reduce el movimiento fuera de plano del obturador 306 y confina el movimiento sustancialmente en el plano deseado de movimiento. Las superficie 307 incluye al menos una abertura 309 para admitir el paso de la luz a través de la superficie 307.

35 La Figura 4 es una vista superior de un grupo 400 de conjuntos de obturador 402 adecuados para su inclusión en el aparato de representación visual 100. Cada conjunto de obturador 402 incluye un obturador 404, un haz de carga 406 y dos haces de accionamiento 408. Al igual que con los conjuntos de obturador 200 y 300 anteriormente descritos, los conjuntos de obturador 402 modulan la luz accionando transversalmente sus correspondientes obturadores 404, de tal modo que los obturadores 404 interfieran selectivamente con el paso de la luz a través de unas aberturas situadas en una superficie sobre la cual se accionan los obturadores 404.

40 Para accionar uno de los obturadores de uno de los conjuntos de obturador, se aplica un voltaje a través del haz de carga 406 y de uno de los haces de accionamiento 408. Para generar el voltaje, se aplica un primer potencial eléctrico al haz de accionamiento seleccionado y se aplica un segundo potencial eléctrico al haz de carga 406 y al obturador 404. El primer y el segundo potenciales eléctricos pueden tener la misma polaridad o pueden tener polaridades opuestas. También pueden tener la misma magnitud o pueden tener magnitudes diferentes. Ambos potenciales pueden estar también conectados a tierra. Para que actúe el conjunto de obturador (es decir, para que el obturador cambie su posición), la diferencia entre el primer y el segundo potenciales debe ser igual o superior a un umbral de voltaje de actuación V_{at} .

50 En la mayoría de las realizaciones, se alcanza V_{at} aplicando voltajes de magnitudes sustancialmente diferentes al haz de accionamiento seleccionado y al haz de carga. Por ejemplo, asumiendo que V_{at} es 40 V, el aparato de representación visual 100 puede aplicar 30 V al haz de accionamiento y -10 V al haz de carga, lo que resulta en una diferencia de potencial de 40 V. Sin embargo, con el fin de controlar la disipación de potencia, también es importante considerar y controlar el voltaje absoluto aplicado a cada electrodo con respecto al potencial de tierra o de masa de la pantalla de representación visual. La potencia requerida para aplicar potenciales eléctricos a un grupo de actuadores es proporcional a la capacitancia vista por la fuente de voltaje ($P=1/2 fCV^2$), en donde f es la frecuencia de la señal de accionamiento, V es el voltaje de la fuente y C es la capacitancia total vista desde la fuente. La capacitancia total presenta diversos componentes aditivos, incluyendo la capacitancia que existe entre el haz de carga y haz de accionamiento, la capacitancia de drenaje de fuente de los transistores a lo largo de una

línea de interconexión entre la fuente de voltaje y el actuador (en particular para aquellos transistores cuyas puertas están cerradas), la capacitancia entre la línea de interconexión y sus alrededores, incluyendo los conjuntos de obturador y/o las líneas de transición cercanos, y la capacitancia entre los haces de carga o accionamiento y sus alrededores, incluyendo los conjuntos de obturador o la carcasa de la pantalla cercanos. Dado que el haz de carga 406 está acoplado eléctricamente al obturador 404, la capacitancia del haz de carga 406 incluye la capacitancia del obturador 404. Dado que el obturador comprende normalmente una gran fracción del área del píxel, la capacitancia entre el haz de carga y sus alrededores puede representar una fracción significativa de la capacitancia total vista por la fuente de voltaje. Adicionalmente, debido a que la diferencia entre el área de la combinación de haz de carga 406 y obturador y el área del haz de accionamiento 408 es significativa, la capacitancia entre el haz de carga y sus alrededores normalmente es mucho mayor que aquella entre el haz de accionamiento y sus alrededores. Como resultado, la pérdida de potencia CV^2 experimentada por las fuentes de voltaje conectadas a los haces ya sea de accionamiento o de carga será significativamente diferente incluso si el rango de sus excursiones de voltaje fuera el mismo. Por esta razón, generalmente resulta ventajoso conectar el extremo de mayor capacitancia del actuador, es decir el haz de carga, a una fuente de voltaje que no cambie de voltaje significativamente con respecto al potencial de tierra o de masa, o bien a una fuente de voltaje que no cambie el voltaje con las frecuencias más altas requeridas por el sistema de accionamiento. Por ejemplo, si se requiere una diferencia de 40 voltios entre el haz de carga 406 y el haz de accionamiento 408 para accionar el actuador, será ventajoso que la diferencia de voltaje entre el haz de accionamiento y el potencial de tierra o de carcasa represente al menos la mitad, si no más, de los 40 voltios.

La línea de trazos superpuesta al grupo 400 de conjuntos de obturador representa los límites de un único píxel 410. El píxel 410 incluye dos conjuntos de obturador 402, cada uno de los cuales puede ser controlado independientemente. Al tener dos conjuntos de obturador 402 por cada píxel 410, un aparato de representación visual que incorpore el grupo 400 de conjuntos de obturador puede proporcionar tres niveles de escala de grises por píxel utilizando la escala de grises por división de área. Más en particular, podrá accionarse el píxel a los siguientes estados: ambos conjuntos de obturador cerrados; un conjunto de obturador abierto y el otro conjunto de obturador cerrado; o ambos conjuntos de obturador abiertos. Así, el píxel de imagen resultante puede estar apagado, a medio brillo, o a brillo completo. Al presentar cada uno de los conjuntos de obturador 402 del píxel 410 diferentes tamaños de abertura, un aparato de representación visual podrá proporcionar otro nivel más de escala de grises utilizando únicamente escala de grises por división de área. Los conjuntos de obturador 200, 300 y 402 de las Figuras 2, 3 y 4 pueden hacerse biestables. Esto es, los obturadores pueden existir al menos en dos posiciones de equilibrio (p. ej., abierta o cerrada), precisándose poca potencia, o ninguna, para mantenerlos en cualquiera de las posiciones. Más en particular, el conjunto de obturador 300 puede ser mecánicamente biestable. Una vez que se ajusta el obturador del conjunto de obturador 300 en posición, no se precisa energía eléctrica o un voltaje de retención para mantener dicha posición. Las tensiones mecánicas sobre los elementos físicos del conjunto de obturador 300 pueden mantener el obturador en su sitio.

Los conjuntos de obturador 200, 300 y 402 también pueden hacerse eléctricamente biestables. En un conjunto de obturador eléctricamente biestable, existe un rango de voltajes por debajo del voltaje de accionamiento del conjunto de obturador que, si se aplica a un actuador cerrado (con el obturador tanto en estado abierto como cerrado), mantiene el actuador cerrado y el obturador en posición, incluso si se ejerce una fuerza opuesta sobre el obturador. La fuerza opuesta puede ser ejercida por un muelle unido a un extremo opuesto del obturador, tal como el muelle 207 del conjunto de obturador 200, o la fuerza opuesta puede ser ejercida por un actuador opuesto. El voltaje mínimo necesario para mantener una posición del obturador contra dicha fuerza opuesta se denomina voltaje de mantenimiento V_m .

La biestabilidad eléctrica surge del hecho de que la fuerza electrostática a través de un actuador es función decisiva de la posición así como del voltaje. Los haces de los actuadores de los conjuntos de obturador 200, 300 y 402 actúan como placas de capacitor. La fuerza entre placas de capacitor es proporcional a $1/d^2$, en donde d es la distancia de separación local entre las placas del capacitor. En un actuador cerrado, la separación local entre los haces de actuador es muy pequeña. Así, la aplicación de un pequeño voltaje puede resultar en una fuerza relativamente elevada entre los haces de actuador. Como resultado, un voltaje relativamente bajo, tal como V_m , puede mantener el actuador cerrado, incluso si otros elementos ejercen una fuerza opuesta sobre el actuador.

En los conjuntos de obturador, tal como el 300, que disponen de dos actuadores controlables por separado (con el fin de abrir y cerrar el obturador, respectivamente), la posición de equilibrio del obturador vendrá determinada por el efecto combinado de las diferencias de voltaje a través de cada uno de los actuadores. En otras palabras, los potenciales eléctricos de los tres terminales (el haz de accionamiento de apertura de obturador, el haz de accionamiento de cierre de obturador, y los haces de obturador/carga), así como la posición del obturador, deben ser tenidos en consideración para determinar las fuerzas de equilibrio del obturador.

En un sistema eléctricamente biestable, un conjunto de reglas lógicas pueden describir los estados estables, y pueden utilizarse para desarrollar esquemas fiables de direccionamiento o control digital para el obturador. Estas

reglas lógicas son las siguientes:

5 Sea V_s la potencia eléctrica del haz de obturador o de carga. Sea V_o la potencia eléctrica del haz de accionamiento de apertura de obturador. Sea V_c la potencia eléctrica del haz de accionamiento de cierre de obturador. Sea $N_o - V_s /$ la expresión referida al valor absoluto de la diferencia de voltaje entre el obturador y el haz de accionamiento de apertura de obturador. Sea V_m el voltaje de mantenimiento. Sea V_{at} el umbral de voltaje de accionamiento, es decir el voltaje necesario para accionar un actuador en ausencia de la aplicación de V_m a un haz de accionamiento opuesto. Sea $V_{m\acute{a}x}$ la potencia máxima permitida para V_o y V_c . Sea $V_m < V_{at} < V_{m\acute{a}x}$. Luego, asumiendo que V_o y V_c permanezcan por debajo de $V_{m\acute{a}x}$:

1. Si $N_o - V_s / < V_m$ y $N_c - V_s / < V_m$

10 Entonces el obturador se relajará a la posición de equilibrio de su muelle mecánico.

2. Si $N_o - V_s / > V_m$ y $N_c - V_s / > V_m$

Entonces el obturador no se moverá, es decir permanecerá ya sea en el estado abierto o el estado cerrado, según fuera la posición establecida por el último evento de accionamiento.

3. Si $N_o - V_s / > V_{at}$ y $N_c - V_s / < V_m$

15 Entonces el obturador se moverá hasta la posición abierta.

4. Si $N_o - V_s / < V_m$ y $N_c - V_s / > V_{at}$

Entonces el obturador se moverá hasta la posición cerrada.

20 De acuerdo con la regla 1, con diferencias de voltaje sobre cada actuador cercanas a cero, el obturador se relajará. En muchos conjuntos de obturador la posición relajada está sólo parcialmente abierta o cerrada, y por lo tanto preferiblemente se evitará esta condición de voltaje en un esquema de direccionamiento.

25 La condición de la regla 2 permite incluir una función de accionamiento global en un esquema de direccionamiento. Manteniendo un voltaje de obturador que proporcione diferencias de voltaje de haz que sean al menos el voltaje de mantenimiento, pueden alterarse o conmutarse los valores absolutos de las potencias de apertura de obturador y de cierre de obturador en medio de una secuencia de direccionamiento sobre amplios rangos de voltajes (incluso cuando las diferencias de voltaje excedan V_{at}), sin peligro de movimientos no intencionados del obturador.

La condición de las reglas 3 y 4 es el objetivo general durante la secuencia de direccionamiento para asegurar la actuación biestable del obturador.

30 La diferencia de voltaje de mantenimiento, V_m , puede diseñarse o expresarse como una fracción determinada del umbral de voltaje de accionamiento, V_{at} . En los sistemas diseñados para un grado útil de biestabilidad, el voltaje de mantenimiento puede existir en un rango entre el 20% y el 80% de V_{at} . Esto ayuda a asegurar que las fugas de carga o las fluctuaciones de voltajes parásitos en el sistema no resulten en una desviación de un voltaje de retención que se salga de su rango de mantenimiento, una desviación que podría resultar en el accionamiento no intencionado de un obturador. En algunos sistemas, puede proporcionarse un grado excepcional de biestabilidad o histéresis, existiendo V_m por encima de un rango del 2% al 98% de V_{at} . Sin embargo, en estos sistemas debe tenerse cuidado en asegurar que pueda obtenerse fiablemente una condición de voltaje de electrodo de $V < V_m$ dentro del tiempo de direccionamiento y accionamiento disponibles.

Matrices de Control y Procedimientos de Operación de las Mismas

40 La Figura 5A es un diagrama conceptual de una matriz de control 500 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100 para direccionar un conjunto de píxeles. La Figura 5B es una vista isométrica de una porción de un conjunto de píxeles que incluye la matriz de control 500. Cada píxel 501 incluye un conjunto de obturador flexible 502, tal como el conjunto de obturador 200, controlado por un actuador 503.

45 La matriz de control 500 se fabrica como un circuito eléctrico difundido o depositado en película delgada sobre la superficie de un sustrato 504 sobre el que están formados los conjuntos de obturador 502. La matriz de control 500 incluye una interconexión de línea de escaneo 506 por cada fila de píxeles 501 de la matriz de control 500, y una interconexión de datos 508 por cada columna de píxeles 501 de la matriz de control 500. Cada interconexión de línea de escaneo 506 conecta eléctricamente una fuente de voltaje de habilitación de escritura 507 con los píxeles 501 de una correspondiente fila de píxeles 501. Cada interconexión de datos 508 conecta eléctricamente una fuente de voltaje de datos, ("fuente V_d ") 509, con los píxeles 501 de una correspondiente columna de píxeles. En la matriz de control 500, el voltaje de datos V_d proporciona la mayor parte de la energía necesaria para el

accionamiento. Así, la fuente de voltaje de datos 509 también sirve como fuente de voltaje de accionamiento.

Por cada píxel 501 o por cada conjunto de obturador del grupo, la matriz de control 500 incluye un transistor 510 y un capacitor 512. La puerta de cada transistor está conectada eléctricamente a la interconexión de línea de escaneo 506 de la fila del grupo en el que está situado el píxel 501. La fuente de cada transistor 510 está conectada eléctricamente a su correspondiente interconexión de datos 508. El conjunto de obturador 502 incluye un actuador con dos electrodos. Los dos electrodos tienen capacitancias significativamente diferentes con respecto a los alrededores. El transistor conecta la interconexión de datos 508 al electrodo actuador que tenga la menor capacitancia. Más en particular, el drenaje de cada transistor 510 está conectado eléctricamente en paralelo a un electrodo del correspondiente capacitor 512 y al electrodo de menor capacitancia del actuador. El otro electrodo del capacitor 512 y el electrodo de mayor capacitancia del actuador del conjunto de obturador 502 están conectados a un potencial común o de tierra. En funcionamiento, para formar una imagen, la matriz de control 500 permite secuencialmente la escritura de cada fila del conjunto, aplicando por turnos V_{we} a cada interconexión de línea de escaneo 506. Para una fila con habilitación de escritura, la aplicación de V_{we} a las puertas de los transistores 510 de los píxeles 501 de la fila permite el flujo de corriente a través de las interconexiones de datos 508 y a través de los transistores para aplicar un potencial sobre el actuador del conjunto de obturador 502. Mientras la fila tenga habilitación de escritura, se aplican selectivamente voltajes de datos V_d a las interconexiones de datos 508. En implementaciones que proporcionan una escala de grises analógica, el voltaje de datos aplicado a cada interconexión de datos 508 varía en relación con el brillo deseado para el píxel 501 situado en la intersección de la interconexión de línea de escaneo 506 con habilitación de escritura y la interconexión de datos 508. En implementaciones que proporcionan esquemas de control digital, el voltaje de datos se selecciona para que sea un voltaje con una magnitud relativamente baja (es decir, un voltaje cercano a tierra) o bien para que iguale o supere V_{at} (el umbral de voltaje de accionamiento). En respuesta a la aplicación de V_{at} a una interconexión de datos 508, el actuador del correspondiente conjunto de obturador 502 actuará, abriendo el obturador de dicho conjunto de obturador 502. El voltaje aplicado a la interconexión de datos 508 permanecerá almacenado en el capacitor 512 de cada píxel incluso después de que la matriz de control 500 deje de aplicar V_{we} a una fila. Por lo tanto, no resulta necesario esperar y mantener el voltaje V_{we} en una fila durante el tiempo que tarda en actuar el conjunto 502; tal actuación puede efectuarse después de haber sido eliminado el voltaje de habilitación de escritura de la fila. El voltaje de los capacitores 510 de una fila permanecerá sustancialmente almacenado hasta que se haya escrito una trama de video completa, y en algunas implementaciones hasta que se hayan escrito nuevos datos en la fila.

La matriz de control 500 puede fabricarse mediante el uso de la siguiente secuencia de etapas de procesamiento:

Primera: se forma una capa de aberturas 550 sobre un sustrato 504. Si el sustrato 504 es opaco, tal como silicona, entonces el sustrato 504 sirve como capa de aberturas 550, y se forman agujeros de aberturas 554 en el sustrato 504 grabando un grupo de agujeros a través del sustrato 504. Si el sustrato 504 es transparente, tal como vidrio, entonces la capa de aberturas 550 puede formarse depositando una capa de bloqueo de la luz sobre el sustrato 504 y grabando un grupo de agujeros en la capa de bloqueo de la luz. Los agujeros de aberturas 554 pueden tener una forma generalmente circular, elíptica, poligonal, serpenteante, o irregular. Si la capa de bloqueo de la luz está además fabricada con un material reflectante, tal como metal, entonces la capa de aberturas 550 puede actuar como superficie de espejo que recicle la luz no transmitida de vuelta a una retroiluminación adjunta, para una mayor eficiencia óptica. Pueden formarse películas metálicas reflectantes adecuadas para proporcionar el reciclaje de la luz mediante diversas técnicas de deposición de vapor que incluyen pulverización catódica, evaporación, sedimentación iónica, ablación por láser, o deposición química de vapor. Los metales efectivos para esta aplicación reflectante incluyen, sin limitación, Al, Cr, Au, Ag, Cu, Ni, Ta, Ti, Nd, Nb, Si, Mo y/o aleaciones de los mismos. Los grosores en el rango de 30 nm a 1000 nm son suficientes.

Segunda: se deposita una capa dieléctrica intermetálica en forma de sedimento sobre la parte superior de la capa de aberturas 550.

Tercera: se deposita y se estampa una primera capa conductora sobre la superficie. Esta capa conductora puede estamparse con las trazas conductoras de la interconexión de línea de escaneo 506. Cualquiera de los metales anteriormente listados, o los óxidos conductores tales como el óxido de indio con estaño, pueden tener una resistividad suficientemente baja para esta aplicación. Se posiciona una porción de la interconexión de línea de escaneo 506 de cada píxel para formar la puerta de un transistor 510.

Cuarta: se deposita otra capa dieléctrica intermetálica en forma de sedimento sobre la parte superior de la primera capa de interconexiones conductoras, incluyendo la porción que forma la puerta del transistor 510. Algunos dieléctricos intermetálicos suficientes para este propósito incluyen SiO_2 , S_{13}N_4 , y Al_2O_3 con grosores en el rango de 30 nm a 1000 nm.

Quinta: se deposita y se estampa una capa de silicona amorfa encima del dieléctrico intermetálico para

formar las zonas de fuente, drenaje y canal de una capa activa de transistor de película delgada. Alternativamente, este material semiconductor puede ser silicón policristalina.

5 Sexta: se deposita y se estampa una segunda capa conductora sobre la silicón amorfa. Esta capa conductora puede estamparse con las trazas conductoras de la interconexión de datos 508. Pueden utilizarse los mismos metales y/u óxidos conductores anteriormente listados. También pueden utilizarse porciones de la segunda capa conductora para formar contactos para las áreas de fuente y drenaje del transistor 510.

Las estructuras de capacitor, tales como el capacitor 512, pueden construirse como placas formadas con el material dieléctrico en la primera y la segunda capas conductoras.

10 Séptima: se deposita un dieléctrico pasivante sobre la parte superior de la segunda capa conductora.

Octava: se deposita una capa mecánica sacrificial sobre la parte superior de la capa pasivante. Se abren unas vías tanto en la capa sacrificial como en la capa pasivante, de tal modo que unas subsiguientes capas de obturador MEMS puedan hacer contacto eléctrico y unión mecánica con las capas conductoras situadas debajo.

15 Novena: se deposita y se estampa una capa de obturador MEMS sobre la parte superior de la capa sacrificial. La capa de obturador MEMS se estampa con obturadores 502 así como con actuadores 503 y se ancla en el sustrato 504 a través de unas vías que se estampan en la capa sacrificial. El estampado del obturador 502 se alinea con el estampado de los agujeros de aberturas 554 que se formaron en la primera capa de aberturas 550. La capa de obturador MEMS puede estar compuesta de un metal depositado, tal como Au, Cr o Ni, o un semiconductor depositado, tal como un policristal, silicón o silicón amorfa, con grosores en el rango de 300 nanómetros a 10 micrómetros.

20 Décima: se retira la capa sacrificial de tal modo que los componentes de la capa de obturador MEMS queden libres para moverse en respuesta a los voltajes que se apliquen a través de los actuadores 503.

25 Decimoprimera: se recubren las paredes laterales de los electrodos del actuador 503 con un material dieléctrico para evitar los cortocircuitos entre electrodos con voltajes opuestos.

30 Son posibles muchas variaciones en el proceso anterior. Por ejemplo, la capa de aberturas reflectante 550 de la etapa 1 puede combinarse con la primera capa conductora. Se estampan unos huecos en esta capa conductora para proporcionar trazas eléctricamente conductoras dentro de la capa, al tiempo que la mayor parte del área de píxeles permanece cubierta con un metal reflectante. En otra realización, los terminales de fuente y drenaje del transistor 510 pueden colocarse en la primera capa conductora mientras que los terminales de puerta se forman en la segunda capa conductora. En otra realización, se coloca la silicón semiconductor policristalina o amorfa directamente debajo de cada una de la primera y la segunda capas conductoras. En esta realización, pueden estamparse unas vías en el dieléctrico intermetálico de tal modo que puedan hacerse contactos metálicos en la capa semiconductor subyacente.

35 La Figura 6 es un diagrama de una segunda matriz de control 600 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100 para direccionar un conjunto de píxeles 602. Los píxeles 602 de la matriz de control 600 renuncian al uso de un transistor y un capacitor, como los incluidos en la matriz de control 500, a favor de un diodo metal-aislante-metal ("MIM") 604. La matriz de control 600 incluye una interconexión de línea de escaneo 606 por cada fila de píxeles 602 de la matriz de control 600, y una interconexión de datos 607 por cada columna de píxeles de la matriz de control 600. Cada interconexión de línea de escaneo 606 está conectada eléctricamente a un terminal del diodo MIM 604 de cada píxel 602 en su correspondiente fila de píxeles 602. El otro terminal del diodo MIM 604 de un píxel 602 está conectado eléctricamente a uno de los dos electrodos de un conjunto de obturador 608, tal como el conjunto de obturador 200, del píxel 602.

45 En operación, el diodo MIM 604 actúa como un elemento conmutador no lineal que evita el flujo de corriente hasta el conjunto de obturador 609 a no ser que el voltaje presentado entre la interconexión de línea de escaneo 606 y la interconexión de línea de datos 607 exceda un umbral de voltaje V_{diodo} . Por lo tanto, si los impulsos de voltaje proporcionados por la interconexión de línea de datos 607 no exceden V_{diodo} , tales impulsos de datos no accionarán los conjuntos de obturador 608 conectados a lo largo de la línea de datos. Sin embargo, si se aplica un V_{we} de habilitación de escritura a una interconexión de línea de escaneo 606, de tal modo que aparezca una diferencia de voltaje en exceso de V_{diodo} entre la interconexión de línea de escaneo 606 y cualquiera de las interconexiones de línea de datos 607 que cruzan la interconexión de línea de escaneo 606, entonces los obturadores de la intersección de dicha interconexión de línea de escaneo 606 y dichas interconexiones de líneas de datos 607 recibirán su carga y podrán ser accionados. En implementaciones que proporcionan escala de grises analógica, el voltaje de datos aplicado a cada interconexión de línea de datos 607 varía en relación con el brillo

diseño del píxel 602 situado en la intersección de la interconexión de línea de escaneo 606 con habilitación de escritura y la interconexión de línea de datos 607. En implementaciones que proporcionan esquemas de control digital, el voltaje de datos se selecciona para que esté cercano a V_{we} (es decir, de tal modo que fluya poca corriente, o ninguna, a través del diodo 604), o bien lo suficientemente elevado para que $V_{we} - V_{diodo}$ iguale o exceda V_{at} (el umbral de voltaje de accionamiento).

En otras implementaciones, puede colocarse el diodo MIM 604 entre el conjunto de obturador 608 y la interconexión de línea de datos 607. El procedimiento de operación es el mismo que se ha descrito anteriormente. En otras implementaciones, se emplean dos diodos MIM 604, cada uno de ellos conectado a una línea de escaneo separada y adyacente. Un electrodo del conjunto de obturador está conectado a cada uno de los diodos MIM en el lado opuesto a su respectiva línea de escaneo, de tal modo que el voltaje que aparezca en el electrodo del obturador sea casi $\frac{1}{2}$ de la diferencia de voltaje entre las dos líneas de escaneo. De esta manera, resulta más fácil fijar el potencial de uno de los electrodos del actuador a un potencial conocido nulo o común.

Los dos electrodos del conjunto de obturador 608 del píxel 602 tienen capacitancias significativamente diferentes con respecto al potencial de tierra o de la carcasa. De estos dos electrodos, el electrodo de mayor capacitancia está conectado preferiblemente a la interconexión de línea de escaneo 606 (opcionalmente, tal como se muestra, con un diodo conectado entre el obturador 608 y la interconexión de línea de escaneo 606), dado que la línea de escaneo normalmente requiere menores cambios de voltaje (con respecto a tierra) de lo que normalmente requiere la interconexión de línea de datos 607. La interconexión de línea de datos 607 está conectada eléctricamente al electrodo de baja capacitancia del conjunto de obturador 608.

La Figura 7 es un diagrama de una tercera matriz de control 700 para controlar unos píxeles 702 que incorporan unos conjuntos de obturador 703 con actuadores tanto de apertura como de cierre, tales como los conjuntos de obturador 300 y 402. La matriz de control 700 incluye una interconexión de línea de escaneo 704 por cada fila de píxeles 702 de la matriz de control 700, y dos interconexiones de datos 706a y 706b que direccionan cada columna de píxeles 702 de la matriz de control 700. Una de las interconexiones de datos es una interconexión de apertura de obturador 706a y la otra es una interconexión de cierre de obturador 706b.

Para un determinado píxel 702 de la matriz de control 700, el píxel 702 incluye dos pares de capacitor-transistor, un par por cada interconexión de datos 706a y 706b que direcciona el píxel. Las puertas de ambos transistores del píxel 702 están eléctricamente acopladas a la interconexión de línea de escaneo 704 correspondiente a la fila de la matriz de control 700 en la que está situado el píxel 702. La fuente de uno de los transistores, el transistor de apertura de obturador 708a, está conectada eléctricamente a la interconexión de datos de apertura de obturador 706a de la columna en la que está situado el píxel 702. El drenaje del transistor de apertura de obturador 708a está conectado eléctricamente, en paralelo, a un electrodo de uno de los capacitores, el capacitor de apertura de obturador 710a, y a un electrodo del actuador de apertura de obturador del conjunto de obturador 703 del píxel. El otro electrodo del capacitor de apertura de obturador 710a está conectado eléctricamente a tierra o a un conjunto de interconexión de polarización ajustado a un voltaje común entre los píxeles 702.

De manera similar, la fuente del otro transistor del píxel 702, el transistor de cierre de obturador 708b, está conectado eléctricamente a la interconexión de datos de cierre de obturador 706b de la columna en la que está situado el píxel 702. El drenaje del transistor de cierre de obturador 708b está conectado eléctricamente, en paralelo, al otro de los capacitores del píxel, el capacitor de cierre de obturador 710b, y a uno de los electrodos del actuador de cierre de obturador del conjunto de obturador 703.

Tanto el actuador de apertura de obturador como el actuador de cierre de obturador del conjunto de obturador 703 incluyen dos electrodos. Un electrodo de cada actuador tiene una capacitancia significativamente más elevada que el otro. Los drenajes de los transistores de apertura de obturador y de cierre de obturador están conectados eléctricamente a los electrodos de menor capacitancia de sus correspondientes actuadores. La interconexión a tierra o de polarización, de haberla, está conectada eléctricamente al electrodo de mayor capacitancia.

La matriz de control de la Figura 7 emplea transistores de canal n. Son posibles otras realizaciones que empleen transistores MOS de canal p. En otras implementaciones, los transistores 708a y 708b puede reemplazarse por diodos MIM u otros elementos o conmutadores de circuito no lineales. En otras implementaciones, pueden eliminarse por completo los capacitores 710a y 710b, reemplazándose su función por la capacitancia efectiva de los actuadores de apertura de obturador y de cierre de obturador.

En el caso de que deban accionarse múltiples obturadores dentro de cada píxel, puede proporcionarse un par separado de interconexiones de apertura de obturador e interconexiones de cierre de obturador, junto con los transistores y capacitores asociados, por cada obturador dentro del píxel.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento 800 para direccionar los píxeles 702, controlados por la matriz de control 700 de la Figura 7, para formar una trama de imagen. Las etapas llevadas a cabo para

direccionar una trama de imagen individual se denominan colectivamente “ciclo de direccionamiento de trama”. El procedimiento comienza permitiendo la escritura de la primera línea de escaneo en la pantalla de representación visual (etapa 802). Para hacer esto, la matriz de control 700 aplica V_{we} (p. ej., +45V para los transistores MOS n o -45V para los transistores MOS p) a la interconexión de línea de escaneo 704 de la matriz de control 700 correspondiente a la primera fila de la matriz de control, y pone a tierra las restantes interconexiones de líneas de escaneo 704.

Luego la matriz de control 700 escribe datos en cada píxel 702 de la línea de escaneo con habilitación de escritura (bloque de decisión 804 a etapa 812). Los datos corresponden a los estados deseados para los conjuntos de obturador 703 de dichos píxeles 702. Por claridad de entendimiento, a continuación se describe el proceso de escritura de datos (bloque de decisión 804 a etapa 812) en relación con un único píxel 702 de una columna seleccionada en la línea de escaneo con habilitación de escritura. Al mismo tiempo que escribe datos en este píxel 702 individual, la matriz de control 700 también escribe datos de la misma manera en los restantes píxeles 702 de la línea de escaneo con habilitación de escritura.

Para escribir en un píxel 702 situado en la intersección de una columna seleccionada de la matriz de control 700 y la línea de escaneo con habilitación de escritura, en primer lugar, en el bloque de decisión 804 se determina si el conjunto de obturador 703 en cuestión debe abrirse o cerrarse en la próxima trama de imagen. Si debe abrirse el conjunto de obturador 703, la matriz de control 700 aplica un voltaje de datos, V_d , a la interconexión de apertura de obturador 706a de la columna seleccionada (etapa 806). Se selecciona V_d para elevar el voltaje a través de los electrodos del actuador de apertura de obturador del conjunto de obturador 703 para que iguale o exceda el voltaje necesario para el accionamiento, V_{at} . Aproximadamente al mismo tiempo que la matriz de control 700 aplica V_d a la interconexión de apertura de obturador 706a de la columna seleccionada (etapa 806), la matriz de control 700 pone a tierra la interconexión de cierre de obturador 706b de la columna (etapa 808).

Si, en el bloque de decisión 804, se determina que debe cerrarse el conjunto de obturador 703, la matriz de control 700 aplica el voltaje de datos V_d a la interconexión de cierre de obturador 706b (etapa 810) y pone a tierra la interconexión de apertura de obturador 706a de la columna (etapa 812). Una vez que el voltaje a través de los electrodos del actuador deseado aumenta hasta V_{at} , el actuador, si no estaba previamente en la posición deseada, actuará (etapa 814), moviendo el obturador del conjunto de obturador 703 a la posición deseada.

Una vez escritos los datos en los píxeles 702 de la línea de escaneo en las etapas 806-812, la matriz de control 700 pone a tierra la interconexión de línea de escaneo 704 (etapa 814) y permite la escritura de la siguiente línea de escaneo (etapa 816). El proceso se repite hasta que se hayan direccionado todos los píxeles 702 de la matriz de control 700. En una implementación, antes de direccionar la primera línea de escaneo de la matriz de control 700, se apaga una retroiluminación a la que está fijada la matriz de control. Luego, una vez que se han direccionado todas las líneas de escaneo de la matriz de control 700, vuelve a encenderse la retroiluminación. Sincronizar la conmutación de apagado y encendido de la retroiluminación con el comienzo y el final de un periodo durante el cual se direcciona una trama mejora la pureza de color de la imagen resultante, dado que la retroiluminación está encendida únicamente cuando ya se han ajustado todos los píxeles a su estado de imagen correcto.

Un evento de accionamiento se determina observando las diferencias de voltaje que aparecen a través del actuador de apertura de obturador y el actuador de cierre de obturador. Para un accionamiento consistente, generalmente se mantendrá una de estas diferencias de voltaje cercana a cero, o al menos por debajo de un determinado voltaje de mantenimiento V_m , mientras que el valor de la otra diferencia de voltaje excederá el voltaje de accionamiento. De manera consistente con las condiciones de accionamiento descritas con respecto a las Figuras 2, 3, y 4, las polaridades de los voltajes aplicados, tales como V_d , pueden ser tanto negativas como positivas, y el voltaje aplicado al potencial común (indicado como “tierra” en la Figura 7 o en la etapa 812), puede ser cualquier voltaje tanto positivo como negativo.

En algunas implementaciones, resulta ventajoso invertir periódica u ocasionalmente el signo de los voltajes que aparecen a través de los actuadores del conjunto de obturador 703 sin alterar de otra manera el procedimiento 800 de direccionamiento de píxeles. En un caso, puede lograrse la inversión de la polaridad manteniendo el electrodo común de todos los obturadores 703 a un potencial cercano a cero, al tiempo que se invierte la polaridad del voltaje de datos V_d . En otro caso, puede lograrse la inversión de la polaridad ajustando el voltaje común a $V_{común}$, en donde $V_{común}$ es igual o superior a V_{at} , y luego proporcionar una fuente de voltaje de tal modo que el voltaje de datos alterne ya sea entre $V_{común}$ y $2^* V_{at}$, o entre cero y $V_{común}$.

Puede aplicarse un uso ventajoso similar de las inversiones de polaridad y el uso de voltajes comunes no nulos en las matrices de control 500 y 600.

El diagrama de flujo del procedimiento 800 está representado para el caso en el que sólo se escriba información digital en una trama de imagen, es decir cuando la intención sea que los obturadores estén o bien abiertos o bien

cerrados. Puede emplearse un procedimiento similar de direccionamiento de trama de imagen para proporcionar imágenes de escala de grises construidas tras cargar datos analógicos a través de las interconexiones de datos 706a y 706b. En este caso, los voltajes intermedios pretenden producir aperturas solo parciales de los obturadores 703. Los voltajes aplicados a través de los actuadores de apertura de obturador tenderán a mover los obturadores en direcciones opuestas al movimiento inducido por los voltajes a través de los actuadores de cierre de obturador. Sin embargo, existirán pares de voltajes complementarios que, al ser aplicados simultáneamente a través de estos dos actuadores, resultarán en estados controlados y predeterminados de apertura parcial del obturador.

La naturaleza complementaria de los voltajes suministrados tanto a la interconexión de apertura de obturador 706a como a la interconexión de apertura de obturador 706b puede utilizarse ventajosamente si la electrónica de la fuente de voltaje también está diseñada con capacidad para reciclaje de carga. Tomando como ejemplo el procedimiento 800, que está diseñado para la carga de información digital en la trama de imagen: los voltajes cargados en las interconexiones durante las etapas 806 ó 810 son complementarios. Esto es, si se carga V_d en una de las interconexiones, entonces la otra interconexión normalmente se pondrá a tierra. Por lo tanto, conceptualmente, cambiar el estado del conjunto de obturador 703 (p. ej., de cerrado a abierto) es una cuestión de transferir la carga almacenada en un actuador hasta su actuador opuesto. Si la energía perdida en cada una de estas transiciones es $Q \cdot V_d$, en donde Q es la carga almacenada en un actuador, entonces pueden derivarse considerables ahorros de energía si la carga almacenada no se disipa simplemente como energía perdida en la electrónica de la fuente de voltaje en cada transición, sino que se recicla para su uso en el otro actuador. Aunque el reciclaje completo de la carga es difícil, existen procedimientos para un reciclaje parcial. Por ejemplo, el procedimiento de direccionamiento de trama 800 puede proporcionar una etapa en la que las interconexiones de líneas de datos 706a y 706b se puentean entre sí dentro de la electrónica de la fuente de voltaje durante un breve periodo de tiempo entre las etapas 802 y 804. Durante el breve periodo de tiempo en que estas interconexiones están puenteadas, compartirán la carga almacenada, de tal modo que al menos una fracción de la carga previa quede disponible en aquella de las interconexiones de línea de datos que se desee volver a llevar a su estado de carga completa.

La Figura 9 es otra matriz de control 900 ilustrativa adecuada para direccionar un conjunto de píxeles del dispositivo de representación visual 100. La matriz de control 900 es similar a la matriz de control 700. Esto es, la matriz de control 900 incluye una interconexión de línea de escaneo 904 por cada fila de píxeles de la matriz de control 900 y dos interconexiones de datos, una interconexión de apertura de obturador 906a y una interconexión de cierre de obturador 906b, por cada columna de píxeles 902 de la matriz de control. Adicionalmente, cada píxel de la matriz de control 900 incluye un transistor de apertura de obturador (u opcionalmente un diodo o varistor) 908a, un transistor de cierre de obturador (u opcionalmente un diodo o varistor) 908b, un capacitor de apertura de obturador 910a, un actuador de cierre de obturador 910b, y un conjunto de obturador 912. El conjunto de obturador es biestable mecánica y/o eléctricamente. La matriz de control 900, sin embargo, incluye una interconexión controlable adicional, una interconexión de accionamiento global 914. La interconexión de accionamiento global 914 proporciona de manera sustancialmente simultánea aproximadamente el mismo voltaje (un "voltaje común") a los píxeles 902 de al menos dos filas y dos columnas de la matriz de control 900. En una implementación, la interconexión de accionamiento global 914 proporciona un voltaje común a todos los píxeles 902 de la matriz de control 900. El electrodo de mayor capacitancia de los actuadores de los conjuntos de obturador 912 de cada píxel 902 de la matriz de control 900 está conectado eléctricamente a la interconexión de accionamiento global 914, en vez de a tierra.

La inclusión de la interconexión de accionamiento global 914 permite el accionamiento casi simultáneo de los píxeles 902 de múltiples filas de la matriz de control 900. Como resultado, todos los actuadores que actúan para ajustar una determinada trama de imagen (p. ej., todos los obturadores que se mueven) pueden accionarse al mismo tiempo, de manera opuesta a un procedimiento de accionamiento fila a fila como el descrito en el procedimiento 800. El uso de un proceso de accionamiento global desacopla temporalmente la escritura de datos en un píxel 902 del accionamiento del conjunto de obturador 912 del píxel 902.

La característica de accionamiento global incorporada en la matriz de control 900 aprovecha la biestabilidad de los conjuntos de obturador 912 de la matriz de control 900. Accionar un conjunto de obturador eléctricamente biestable requiere que se cumplan simultáneamente dos condiciones, que el valor absoluto del voltaje a través de un electrodo exceda V_{at} , al tiempo que el valor absoluto del voltaje a través del otro electrodo sea inferior al voltaje de mantenimiento V_m . Así, en la matriz de control 900, cuando se aplica un voltaje superior a V_m en un actuador de un conjunto de obturador 912, aplicar V_{at} en el conjunto de obturador opuesto resulta insuficiente para hacer que el actuador actúe.

Por ejemplo, asumamos que el actuador de apertura de obturador de un conjunto de obturador eléctricamente biestable tiene un V_{at} de 40V. Al mismo tiempo, la aplicación de un voltaje de mantenimiento de 10V a través de los electrodos del actuador de cierre de obturador puede mantener el obturador del conjunto de obturador en la posición cerrada, incluso cuando se apliquen 60V a través de los electrodos del actuador de apertura de obturador.

Si se aplica un potencial de polarización de -10V entre los electrodos de mayor capacitancia de todos los conjuntos de obturador y la tierra, a través de la interconexión común global, al tiempo que se aplica el potencial de tierra a uno de los electrodos de accionamiento, entonces puede aplicarse un voltaje de datos de +40V a los electrodos de menor capacitancia de los actuadores seleccionados de los conjuntos de obturador, produciendo por lo tanto una diferencia de potencial de +50V a través de dichos actuadores, sin hacer que los actuadores actúen. Luego, poniendo a tierra la interconexión de accionamiento global, se reduce a +40V el voltaje a través de los electrodos de los actuadores seleccionados, al tiempo que se elimina el voltaje a través del actuador opuesto. Dado que +40V aún es igual al voltaje de accionamiento del actuador y no existe voltaje de mantenimiento que mantenga el actuador opuesto en posición, todos los actuadores seleccionados se mueven al unísono. A continuación se describe con detalle adicional otro ejemplo, en relación con la Figura 10.

La Figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento 1000 de direccionamiento de una trama de imagen utilizando la matriz de control 900 de la Figura 9. El procedimiento comienza ajustando la interconexión de accionamiento global 914 a un voltaje de mantenimiento V_m , p. ej. $\frac{1}{2} V_{at}$ (etapa 1001) con respecto a tierra. Luego, la matriz de control 900 permite la escritura de la primera línea de escaneo en la pantalla de representación visual (etapa 1002). Para hacer esto, la matriz de control 900 aplica V_{we} , p. ej. +45V, a una primera interconexión de línea de escaneo 904 de la matriz de control 900 y pone a tierra el resto de interconexiones de líneas de escaneo 904.

A continuación, la matriz de control 900 escribe en cada píxel 902 de la línea de escaneo con habilitación de escritura los datos correspondientes a los estados deseados de aquellos píxeles en la siguiente trama de imagen (bloque de decisión 1004 a etapa 1012). El proceso de escritura de datos se describe a continuación en relación con un píxel 902 individual de una columna seleccionada de la línea de escaneo con habilitación de escritura. Al mismo tiempo que se escriben estos datos en dicho píxel 902 individual, la matriz de control 900 también escribe datos de la misma manera en los restantes píxeles 902 de la línea de escaneo con habilitación de escritura.

Para escribir datos en un píxel 902, en el bloque de decisión 1004 se determina si el obturador del conjunto de obturador 912 del píxel 902 va a estar en la posición abierta o en la posición cerrada en la siguiente trama de imagen. Si el obturador va a estar en la posición abierta, la matriz de control 900 aplica un voltaje de datos, V_d , a la interconexión de apertura de obturador de la columna seleccionada (etapa 1006). V_d se selecciona de tal modo que, antes de la aplicación de un voltaje de accionamiento global V_{ag} a la interconexión de accionamiento global 914, el voltaje a través del actuador de apertura de obturador del píxel 902 permanezca insuficiente para superar la corriente de polarización aplicada al actuador de cierre de obturador. Por ejemplo, si V_{at} es igual a 40V, V_m es igual a 20V, y V_{ag} es igual a tierra, entonces V_d se selecciona para ser superior o igual a 40V, pero inferior al potencial que superaría V_m . Al mismo tiempo que la matriz de control 900 aplica V_d a la interconexión de apertura de obturador 906a de la columna seleccionada (etapa 1006), la matriz de control 900 pone a tierra la interconexión de cierre de obturador 906b de la columna (etapa 1008).

Si en el bloque de decisión 1004 se determina que el obturador ha de estar en la posición cerrada, la matriz de control 900 aplica el voltaje de datos V_d a la interconexión de cierre de obturador 906b (etapa 1010) y pone a tierra la interconexión de apertura de obturador 906a de la columna (etapa 1012).

Una vez que la matriz de control 900 escribe datos en los píxeles 902 de la línea de escaneo con habilitación de escritura en las etapas 1006-1012, la matriz de control pone a tierra la actual interconexión de línea de escaneo 904 con habilitación de escritura (etapa 1014) y permite la escritura en la siguiente línea de escaneo (etapa 1016). El proceso se repite hasta que se direccionan todos los píxeles 902 de la matriz de control 900 (véase el bloque de decisión 1015). Una vez que se direccionan todos los píxeles de la matriz de control 900 (véase el bloque de decisión 1015), la matriz de control 900 aplica el voltaje común global V_{ag} a la interconexión de accionamiento global (etapa 1018), resultando por lo tanto en un accionamiento global casi simultáneo de los conjuntos de obturador 912 de la matriz de control 900. Así, para tales implementaciones, la interconexión común global sirve como una interconexión de accionamiento global.

Al igual que con el procedimiento 800, el procedimiento 1000 también puede incluir la sincronización de una retroiluminación con el accionamiento de un obturador. Sin embargo, utilizando el proceso de accionamiento global anteriormente descrito, puede mantenerse la retroiluminación durante un mayor porcentaje del tiempo que una pantalla de representación visual está operativa, produciendo por lo tanto una representación visual más brillante con el mismo nivel de potencia de accionamiento de una retroiluminación. En una realización, se sincroniza una retroiluminación de tal modo que esté apagada cuando los obturadores de una fila de una matriz de control estén ajustados para una trama de imagen mientras los obturadores de otras filas de la matriz de control están ajustados para una trama de imagen diferente. En las matrices de control que no emplean accionamiento global, por cada trama de video, se apaga la retroiluminación durante todo el proceso de escritura de datos (aproximadamente de 500 microsegundos a 5 milisegundos), dado que cada fila de píxeles actúa según es direccionada. Por el contrario, si las matrices de control utilizan accionamiento global, la retroiluminación puede permanecer encendida mientras se lleva a cabo el proceso de escritura de datos debido a que ningún píxel cambia de estado hasta que se han

escrito todos los datos. La retroiluminación sólo se apaga (en caso de ser así) durante el periodo de tiempo, mucho más corto, que comienza después de haber escrito en la última línea de escaneo, y finaliza un tiempo suficiente después de haber aplicado el voltaje de accionamiento global, para que los píxeles hayan cambiado su estado (aproximadamente de 10 microsegundos a 500 microsegundos).

- 5 Un evento de accionamiento del procedimiento 1000 se determina mediante la observación de las diferencias de voltaje que aparecen a través del actuador de apertura de obturador y el actuador de cierre de obturador. Para ser consistentes con las condiciones de accionamiento descritas con respecto a las Figuras 2, 3, y 4, las polaridades de los voltajes aplicados, tales como V_d , pueden ser tanto negativas como positivas, y el voltaje aplicado a la interconexión de accionamiento global puede ser cualquier voltaje tanto negativo como positivo.
- 10 En otras implementaciones es posible aplicar el procedimiento 1000 de la Figura 10 a una porción seleccionada de toda una matriz de píxeles, dado que puede resultar ventajoso actualizar en serie diferentes áreas o agrupaciones de filas y columnas. En este caso pueden enrutarse un número de diferentes interconexiones de accionamiento global 914 hasta unas porciones seleccionadas del grupo, para actualizar y accionar selectivamente diferentes porciones del grupo.
- 15 En algunas implementaciones, resulta ventajoso invertir periódica u ocasionalmente el signo de los voltajes que aparecen a través de los actuadores del conjunto de obturador 912 sin alterar de otra manera el procedimiento 1000 de direccionamiento de píxeles. En uno de tales casos, puede lograrse la inversión de la polaridad invirtiendo el signo de la mayoría de los potenciales empleados en el procedimiento 1000, con la excepción del voltaje de habilitación de escritura. En otros casos, pueden utilizarse voltajes similares a los utilizados en el Procedimiento 1000 pero con una lógica complementaria. La Tabla 1 muestra las diferencias entre las asignaciones de voltaje nominal, tal como se ha descrito anteriormente para el procedimiento 1000, y los voltajes que podrían aplicarse para lograr la inversión de la polaridad de los electrodos de los conjuntos de obturador. En el primer caso, denominado Procedimiento de Inversión de Polaridad 1, se invierten meramente los signos de los voltajes que aparecen a través de los electrodos de actuador. Por ejemplo, en vez de aplicar V_d al electrodo de apertura de obturador, puede aplicarse $-V_d$. Para el caso en el que se emplean transistores nMOs para los transistores 908a y 908b, sin embargo, puede emplearse una conmutación del voltaje (conmutándose en reducción ambos voltajes de puerta en una cantidad V_d). Estas conmutaciones del voltaje de puerta aseguran que los transistores nMOS operen correctamente con los nuevos voltajes de las interconexiones de datos.

Tabla 1

Acción: "Cerrar el Obturador"	Procedimiento 1000	Procedimiento de Inversión de Polaridad 1	Procedimiento de Inversión de Polaridad 2
Voltaje de Fila Sin Permiso	tierra	$-V_d$	tierra
Voltaje de Permiso de Escritura	V_{we}	$-V_d + V_{we}$	V_{we}
Voltaje en interconexión de cierre de obturador	V_d	$-V_d$	tierra
Voltaje en interconexión de apertura de obturador	tierra	tierra	V_d
Voltaje de mantenimiento		$-V_m$	V_m
Voltaje de Accionamiento Global	V_{ag} (cercano a tierra)	$-V_{ag}$ (cercano a tierra)	V_d

- 30 La Tabla 1 también muestra un segundo procedimiento, el Procedimiento de Inversión de Polaridad 2, que permite el uso de voltajes similares (sin tener que invertir los signos de ningún controlador de interconexión), pero aún así logra invertir la polaridad a través de todos los accionadores. Esto se lleva a cabo aplicando el voltaje más alto, V_d , a la interconexión de accionamiento global, en vez de ponerla a tierra como en el Procedimiento 1000, para mover los obturadores seleccionados. La secuencia de cambios de voltaje en el Procedimiento de Inversión de Polaridad 2 es similar a la del Procedimiento 1000, excepto porque ahora se emplea una lógica complementaria en la etapa 1004 cuando se asignan voltajes a los actuadores de cada píxel. En este Procedimiento 2, si va a cerrarse el obturador, entonces se subirá la interconexión de apertura de obturador al potencial V_d , mientras que la interconexión de cierre de obturador se pondrá a tierra. En este ejemplo, tras cambiar la interconexión de

accionamiento global desde su potencial de mantenimiento V_m hasta el potencial de accionamiento V_d , el potencial a través del actuador de apertura de obturador estará cercano a cero (ciertamente inferior a V_m), mientras que el potencial a través del actuador de cierre de obturador será $-V_d$, suficiente para accionar el obturador hasta la posición cerrada y con una polaridad inversa a la aplicada en el Procedimiento 1000. Similarmente, si en la etapa 5 1004 va a abrirse el obturador, entonces se subirá la interconexión de cierre de obturador al potencial V_d , al tiempo que la interconexión de apertura de obturador se pone a tierra.

La matriz de control 900 puede alternar en cada trama, o en función de otra base periódica, entre los voltajes utilizados en el Procedimiento 1000 y aquellos utilizados en los Procedimientos de Inversión de Polaridad citados. Con el tiempo, los potenciales netos aplicados a través de los actuadores de los conjuntos de obturador 1408 por 10 la interconexión de carga 1406 y la interconexión de accionamiento global 1416 tendrán un promedio de 0V aproximadamente.

También pueden aplicarse procedimientos de accionamiento, similares al procedimiento 1000, en conjuntos de obturador unilaterales o elásticos, tales como los conjuntos de obturador 502 de la matriz de control 500. Tales aplicaciones unilaterales se ilustrarán a continuación en conjunto con la Figura 14.

15 La Figura 11 es un diagrama de otra matriz de control 1100 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100. Al igual que las matrices de control 700 y 900, la matriz de control 1100 incluye una serie de interconexiones de líneas de escaneo 1104, con una interconexión de línea de escaneo 1104 que corresponde a cada fila de píxeles 1102 de la matriz de control 1100. La matriz de control 1100 incluye una única interconexión de datos 1106 por cada columna de píxeles 1102 de la matriz de control. Como tal, la matriz de control 1100 es adecuada para controlar conjuntos de obturador elásticos 1108, tales como el conjunto de 20 obturador 200. Al igual que con el obturador del conjunto de obturador 200, los actuadores de los conjuntos de obturador 1108 de la matriz de control 1100 tienen un electrodo de mayor capacitancia y un electrodo de menor capacitancia.

Adicionalmente a las interconexiones de línea de escaneo y de datos 1104 y 1106, la matriz de control 1100 25 incluye una interconexión de carga 1110 (también denominada $V_{(at)}$) y una interconexión de activación de carga 1112 (también denominada C-T). La interconexión de carga 1110 y la interconexión de activación de carga 1112 pueden compartirse entre todos los píxeles 1102 de la matriz de control, o algún subconjunto de los mismos. Por ejemplo, cada columna de píxeles 1100 puede compartir una interconexión de carga 1110 común y una interconexión de activación de carga 1112 común. La siguiente descripción asume la incorporación de una 30 interconexión de carga 1110 globalmente compartida y una interconexión de activación de carga 1112 globalmente común.

Cada píxel 1102 de la matriz de control 1100 incluye dos transistores, un transistor de conmutación de activación de carga 1114 y un transistor de conmutación de descarga 1116. La puerta del transistor de conmutación de activación de carga 1114 está conectada eléctricamente a la interconexión de activación de carga 1112 de la 35 matriz de control 1100. El drenaje del transistor de conmutación de activación de carga 1114 está conectado eléctricamente a la interconexión de carga 1110. La interconexión de carga 1110 recibe un voltaje de CC suficiente para accionar los actuadores del conjunto de obturador 1108 de cada píxel 1102, en ausencia de aplicación de cualquier voltaje de polarización a la interconexión de línea de escaneo 1104. La fuente del transistor de conmutación de activación de carga 1114 está conectada al electrodo de menor capacitancia del actuador del 40 conjunto de obturador 1108 del píxel 1102 y al drenaje del transistor de conmutación de descarga 1116. La puerta del transistor de conmutación de descarga 1116 está conectada eléctricamente a la interconexión de datos 1106 de la columna de la matriz de control 1100 en la que está situado el píxel 1102. La fuente del transistor de conmutación de descarga 1116 está conectada eléctricamente a la interconexión de línea de escaneo 1104 de la fila de la matriz de control 1100 en la que está situado el píxel 1102. El electrodo de mayor capacitancia del 45 actuador del conjunto de obturador 1108 también está conectado eléctricamente a la interconexión de línea de escaneo 1104 de la fila correspondiente al píxel. Alternativamente, el electrodo de mayor capacitancia también puede estar conectado con un electrodo a tierra o común separado.

La Figura 12 es un diagrama de flujo de un procedimiento 1200 para direccionar los píxeles incorporados en una matriz de control, tal como la matriz de control 1100, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. Al 50 comienzo de un ciclo de direccionamiento de trama, la matriz de control 1100 acciona todos los actuadores no accionados de los conjuntos de obturador 1108 incorporados en la matriz de control 1100, de tal modo que todos los conjuntos de obturador 1108 queden ajustados en la misma posición (abierta o cerrada) (etapas 1202-1204). Para hacer esto, la matriz de control 1100 aplica un voltaje de activación de carga, p. ej. 45V, a la interconexión de activación de carga 1112, la cual activa los transistores de conmutación de activación de carga 1114 de los píxeles 55 (etapa 1202). Los electrodos de los actuadores incorporados en los conjuntos de obturador 1108 de los píxeles 1108 sirven como capacitores para almacenar el voltaje V_{at} suministrado en la interconexión de carga 1110, p. ej. 40V. La matriz de control 1100 continúa aplicando el voltaje de activación de carga (etapa 1202) durante un

periodo de tiempo suficiente para que todos los actuadores actúen, y luego la matriz de control 1100 pone a tierra la interconexión de línea de escaneo 1104 (etapa 1204). La matriz de control 1100 aplica un voltaje de polarización V_b , p. ej. 10V con respecto a tierra, a todas las interconexiones de líneas de escaneo 1104 de la matriz de control 1100 (etapa 1206).

5 A continuación, la matriz de control 1100 procede a direccionar cada píxel 1102 de la matriz de control, fila por fila (etapas 1208-1212). Para direccionar una fila particular, la matriz de control 1100 permite la escritura en una primera línea de escaneo poniendo a tierra la correspondiente interconexión de línea de escaneo 1104 (etapa 1208). Luego, en el bloque de decisión 1210, la matriz de control 1100 determina para cada píxel 1102 de la fila con habilitación de escritura si el píxel 1102 necesita ser desconectado de su posición de trama inicial. Por ejemplo, si en la etapa 1202 todos los obturadores están abiertos, entonces en el bloque de decisión 1210 se determina si debe cerrarse cada píxel 1102 de la fila con habilitación de escritura. Si va a cerrarse un píxel 1102, la matriz de control 1100 aplica un voltaje de datos, por ejemplo 5V, a la interconexión de datos 1106 correspondiente a la columna en la que está situado dicho píxel 1102 (etapa 1212). Al poner a tierra la interconexión de línea de escaneo 1104 para la fila con habilitación de escritura (etapa 1208), la aplicación del voltaje de datos V_d a la interconexión de datos 1106 de la columna resulta en una diferencia de potencial entre la puerta y la fuente del transistor de conmutación de descarga 1116 de signo y magnitud correctos para abrir el canal del transistor 1116. Una vez abierto el canal del transistor 1116, la carga almacenada en el actuador del conjunto de obturador puede descargarse a tierra a través de la interconexión de línea de escaneo 1104. A medida que el voltaje almacenado en el actuador del conjunto de obturador 1108 se disipa, la fuerza o muelle de restauración del conjunto de obturador 1108 fuerza el obturador hacia su posición relajada, cerrando el obturador. Si en el bloque de decisión 1210 se determina que no es necesario un cambio de estado para un píxel 1102, se pone a tierra la correspondiente interconexión de datos 1106. Aunque en este ejemplo la posición relajada se define como la posición de obturador cerrado, pueden proporcionarse conjuntos de obturador alternativos en los que el estado relajado sea una posición abierta del obturador. En estos casos alternativos, la aplicación del voltaje de datos V_d , en la etapa 1212, resultará en la apertura del obturador.

En otras implementaciones es posible aplicar el procedimiento 1200 de la Figura 12 a una porción seleccionada de todo el grupo de píxeles, dado que puede resultar ventajoso actualizar en serie diferentes áreas o agrupaciones de filas y columnas. En este caso, puede enrutarse un número diferente de interconexiones de activación de carga 1112 hasta porciones seleccionadas del grupo para actualizar y accionar selectivamente las diferentes porciones del grupo.

Tal como se ha descrito anteriormente, para direccionar los píxeles 1102 en la matriz de control 1100, el voltaje de datos V_d puede ser significativamente inferior al voltaje de accionamiento V_d (p. ej., 5V frente a 40V). Dado que el voltaje de accionamiento V_{at} se aplica una vez por trama, mientras que el voltaje de datos V_d puede aplicarse en cada interconexión de datos 1106 tantas veces por trama como haya filas en la matriz de control 1100, las matrices de control tales como la matriz de control 1100 pueden ahorrar una cantidad sustancial de energía en comparación con las matrices de control que requieren un voltaje de datos suficientemente elevado para que sirva como voltaje de accionamiento.

Para los píxeles 1102 de las filas sin habilitación de escritura, el voltaje de polarización V_b aplicado a sus correspondientes interconexiones de líneas de escaneo 1104 mantiene el potencial de las fuentes de su transistor de descarga 1116 a un nivel superior a los potenciales de los terminales de puerta de su transistor de descarga 1116, incluso cuando se aplique un voltaje de datos V_d a la interconexión de datos 1106 de sus correspondientes columnas. Debe comprenderse que la realización de la Figura 11 asume el uso de transistores MOS de canal n. Son posibles otras realizaciones que empleen transistores de canal p, en cuyo caso se invertirán los signos relativos de los potenciales de polarización V_b y V_d .

45 En otras realizaciones, el transistor de conmutación de descarga 1116 puede reemplazarse por un conjunto de dos o más transistores, por ejemplo, si la matriz de control 1100 tuviera que ser construida utilizando tecnología CMOS estándar, el transistor de conmutación de descarga podría estar compuesto por un par complementario de transistores nMOS y pMOS.

El procedimiento 1200 asume que se escribe información digital en una trama de imagen, es decir cuando se pretende abrir o cerrar los obturadores. Sin embargo, utilizando la matriz de control 1000, también puede escribirse información analógica en los conjuntos de obturador 1108. En este caso, la puesta a tierra de las interconexiones de líneas de escaneo se proporciona únicamente durante un periodo de tiempo corto y fijo, y sólo se aplican voltajes parciales a través de las interconexiones de líneas de escaneo 1106. La aplicación de voltajes parciales al transistor de conmutación de descarga 1116, cuando se opera en un modo de amplificación lineal, sólo permite la descarga parcial del electrodo del conjunto de obturador 1108 y por lo tanto una apertura parcial del obturador.

La matriz de control 1100 aplica selectivamente el voltaje de datos a las restantes columnas de la matriz de control

1100 al mismo tiempo. Una vez que todos los píxeles han alcanzado su estado intencionado (etapa 1214), la matriz de control 1100 aplica nuevamente V_b a la interconexión de línea de escaneo seleccionada y selecciona una subsiguiente interconexión de línea de escaneo (etapa 1216). Una vez direccionadas todas las líneas de escaneo, el proceso comienza de nuevo. Al igual que en las matrices de control anteriormente descritas, la actividad de una retroiluminación adjunta puede sincronizarse con el direccionamiento de cada trama.

La Figura 13 es un diagrama de otra matriz de control 1300 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. La matriz de control 1300 es similar a la matriz de control 1100, aunque los píxeles 1302 de la matriz de control 1300 incluyen diodos de carga 1304, en lugar de transistores de conmutación de activación de carga 1114, y la matriz de control 1300 no dispone de una interconexión de activación de carga 1112. Más en particular, la matriz de control 1300 incluye una interconexión de datos 1306 por cada columna de la matriz de control 1300 y una interconexión de línea de escaneo 1308 por cada fila de la matriz de control 1300, y un transistor de descarga 1309. La matriz de control 1300 también incluye una interconexión de carga 1310 (también denominada $V_{(at)}$) similar a la incorporada en la matriz de control 1100.

La matriz de control 1300 incluye una fuente de voltaje de accionamiento conectada eléctricamente a la interconexión de carga 1310. La fuente de voltaje de accionamiento suministra impulsos de voltaje al inicio de cada ciclo de direccionamiento de trama, permitiendo que la corriente fluya hacia los conjuntos de obturador 1314 de los píxeles 1302 de la matriz de control 1300, y accionando así cualquier actuador no accionado de los conjuntos de obturador 1314. Como resultado, tras el impulso de voltaje, todos los píxeles 1302 de la matriz de control están en el mismo estado, abierto o cerrado. Tras el impulso de voltaje, cuando el potencial de la interconexión de carga 1310 ha sido puesto a cero, el diodo de carga 1304 evita que el voltaje almacenado en los conjuntos de obturador 1314 se disipe a través de la interconexión de carga 1310. La matriz de control 1300 puede controlarse utilizando un procedimiento similar al procedimiento de direccionamiento de píxeles 1200. En vez de aplicar un voltaje a la interconexión de activación de carga 1112 en la etapa 1202, la fuente de voltaje de accionamiento suministra un impulso de voltaje que tenga duración y magnitud suficientes para abrir cualquier conjunto de obturador cerrado.

Resulta preferible que los electrodos de alta capacitancia de los conjuntos de obturador 1108 y 1314 estén conectados a las interconexiones de líneas de escaneo 1104 y 1308, mientras que los electrodos de baja capacitancia estén conectados a través del transistor 1114 o a través del diodo 1304 a las interconexiones de carga 1112 ó 1310. Los cambios de voltaje efectuados en los electrodos de obturador a través de las interconexiones de carga generalmente serán de mayor magnitud que aquellos experimentados a través de las interconexiones de línea de escaneo.

La Figura 14 es un diagrama de una matriz de control 1400 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100. La matriz de control 1400 incluye los componentes de la matriz de control 1300, es decir las interconexiones de línea de escaneo 1402, las interconexiones de datos 1404, y una interconexión de carga 1406. Los píxeles 1408 de la matriz de control 1400 incluyen un diodo de carga 1410, un conjunto de obturador 1412, y un transistor de descarga 1414. La matriz de control 1400 también incluye una interconexión de accionamiento global 1416 para proporcionar el accionamiento global de los píxeles 1408 de la matriz de control 1400, utilizando un procedimiento similar al descrito en relación a las Figuras 9 y 10. La matriz de control también incluye un capacitor opcional 1418, que está conectado en paralelo a la fuente y al drenaje del transistor de descarga 1414. El capacitor ayuda a mantener un voltaje estable en un electrodo del conjunto de obturador 1412, pese a los cambios de voltaje que puedan aplicarse en el otro electrodo a través de la interconexión de accionamiento global 1416. La interconexión de accionamiento global 1416 se comparte entre los píxeles 1408 de múltiples filas y múltiples columnas del conjunto.

La interconexión de accionamiento global, si se utiliza de un modo similar al procedimiento de inversión de polaridad 2 de la Tabla 1, puede emplearse para asegurar un modo de operación con un promedio de 0V de CC adicionalmente a proporcionar un umbral de voltaje de accionamiento. Para conseguir un promedio de 0V de CC, la matriz de control alterna entre lógicas de control. En la primera lógica de control, similar a la empleada en el procedimiento de direccionamiento de píxeles 1000 y 1200, en el inicio del ciclo de direccionamiento, la matriz de control 1400 abre los conjuntos de obturador 1412 de todos los píxeles de la matriz de control 1400 almacenando V_{at} a través de los electrodos del actuador del conjunto de obturador 1412. Luego, la matriz de control aplica un voltaje de polarización para bloquear en estado abierto los conjuntos de obturador 1412. La matriz de control 1400 aplica un voltaje de polarización, p. ej. $1/2 V_{at}$, que es superior a V_m , a través de la interconexión de accionamiento global 1416. A continuación, para cambiar el estado de un conjunto de obturador 1412, cuando se permita la escritura en la fila de píxeles 1408 en la que está situado el conjunto de obturador 1412, la matriz de control 1400 descarga el V_{at} almacenado en el conjunto de obturador 1412. El voltaje de mantenimiento mantiene el conjunto de obturador 1412 abierto hasta que la interconexión de accionamiento global 1416 esté puesta a tierra.

En la segunda lógica de control, que es similar al procedimiento de inversión de polaridad 2 de la Tabla 1, en lugar

de que la matriz de control cambie el voltaje aplicado a la interconexión de accionamiento global 1416 de $1/2 V_{at}$ a tierra, la matriz de control cambia el voltaje aplicado a la interconexión de accionamiento global 1416 de $1/2 V_{at}$ a V_{at} . Así, para liberar un obturador de un conjunto de obturador 1412 a su estado relajado, debe mantenerse el voltaje aplicado a través del diodo de carga 1410, en vez de descargarse. Por lo tanto, en la segunda lógica de control, la matriz de control 1400 descarga el V_{at} almacenado en los conjuntos de obturador que deben permanecer abiertos, en vez de en aquellos que deben permanecer cerrados. La matriz de control 1400 puede alternar entre las lógicas de control a cada trama o en base a otro periodo. Con el tiempo, los potenciales netos aplicados a través de los actuadores de los conjuntos de obturador 1408 por la interconexión de carga 1406 y la interconexión de accionamiento global 1416 tendrán un promedio de 0V.

La Figura 15 es un diagrama de otra matriz de control 1500 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. La matriz de control 1500 es similar a la matriz de control 1100 de la Figura 11. La matriz de control 1500 incluye una interconexión de datos 1502 por cada columna de píxeles 1504 de la matriz de control 1500 y una interconexión de línea de escaneo 1506 por cada fila de píxeles 1504 de la matriz de control 1500. La matriz de control 1500 incluye una interconexión de activación de carga 1508 y una interconexión de carga común 1510. Cada uno de los píxeles 1504 de la matriz de control 1500 incluye un conjunto de obturador elástico 1511, un transistor de conmutación de activación de carga 1512 y un transistor de conmutación de descarga 1514, tal como se describe en la Figura 11. La matriz de control 1500 también incorpora una interconexión de accionamiento global 1516 y su correspondiente funcionalidad, descrita en la Figura 9 en relación con la matriz de control 900. La matriz de control 1500 también incorpora un capacitor de estabilización de voltaje 1517 opcional, que está conectado en paralelo con la fuente y el drenaje del transistor de conmutación de descarga 1514.

Cada píxel 1504 de la matriz de control 1500 incluye también un tercer transistor, un transistor de habilitación de escritura 1518, y un capacitor de almacenamiento de datos 1520. La interconexión de línea de escaneo 1506 para una fila de píxeles 1504 está conectada a las puertas del transistor de habilitación de escritura 1518 incorporado en cada píxel 1504 de la fila. Las interconexiones de datos 1502 de las columnas de la matriz de control 1500 están conectadas eléctricamente a las terminales de fuente de los transistores de habilitación de escritura 1518 de los píxeles 1504 de la columna. El drenaje de los transistores de habilitación de escritura 1518 de cada píxel 1504 está conectado eléctricamente en paralelo al capacitor de almacenamiento de datos 1520 y al terminal de puerta del transistor de activación de descarga 1514 de los respectivos píxeles 1504.

La operación de la matriz de control 1500 incluye elementos en común con cada uno de los procedimientos 1000 y 1200. Al inicio de un ciclo de direccionamiento de trama, se aplica un voltaje a la interconexión de activación de carga 1508 y a la interconexión de carga común 1510 de la matriz de control 1500 para acumular un potencial V_{at} en un electrodo de actuador del conjunto de obturador 1511 de cada píxel 1504 de la matriz de control 1500 para abrir cualquier conjunto de obturador 1511 cerrado. Estas etapas son similares a las realizadas en las etapas 1202 y 1204 de la Figura 12. Luego se permite la escritura de cada fila de manera secuencial, excepto que en vez de efectuar el habilitación de escritura como una puesta a tierra de las correspondientes interconexiones de líneas de escaneo, tal como se hizo con respecto a las Figuras 11, 13 y 14, la matriz de control 1500 aplica un voltaje de habilitación de escritura V_{we} a la interconexión de línea de escaneo 1506 correspondiente a cada fila. Al tiempo que se permite la escritura en una fila particular de píxeles 1504, la matriz de control 1500 aplica un voltaje de datos a cada interconexión de datos 1508 de la matriz de control 1500 correspondiente a una columna que incorpore un píxel 1502, de la fila con habilitación de escritura, que deba ser cerrado. La aplicación de V_{we} a la interconexión de línea de escaneo 1506 para la fila con habilitación de escritura activa los transistores de habilitación de escritura 1518 de los píxeles 1504 de la correspondiente línea de escaneo. Por lo tanto, se permite el almacenaje de los voltajes aplicados a las interconexiones de datos 1502 en los capacitores de almacenamiento de datos 1520 de los respectivos píxeles 1504.

Si el voltaje almacenado en el capacitor de almacenamiento de datos 1520 de un píxel 1504 es suficientemente superior al de tierra, p. ej. 5V, se activa el transistor de conmutación de descarga 1514, permitiendo la descarga de la carga aplicada al correspondiente conjunto de obturador 1511 a través del transistor de conmutación de descarga 1514. Sin embargo, la descarga del voltaje mayor, V_{at} , almacenado en el conjunto de obturador 1511, puede llevar más tiempo del necesario para almacenar el voltaje de datos relativamente bajo en el capacitor de almacenamiento de datos 1520. Almacenando el voltaje de datos en el capacitor de almacenamiento de datos 1520, el proceso de descarga y de accionamiento mecánico puede continuar incluso después de que la matriz de control 1500 ponga a tierra la interconexión de línea de escaneo 1506, aislando así la carga almacenada en el capacitor 1520 con respecto a su correspondiente interconexión de datos 1502. En contraste con el proceso de descarga presentado por las matrices de control de las Figuras 11, 13, y 14, por lo tanto, la matriz de control 1500 regula el conmutador de descarga 1514 (para controlar la aplicación del voltaje de accionamiento V_{at} al conjunto de obturador 1511) por medio de un voltaje de datos que se almacena en el capacitor 1520, en vez de requerir una comunicación a tiempo real con señales en la interconexión de datos 1502.

En implementaciones alternativas, el capacitor de almacenamiento de datos 1520 y el transistor de habilitación de escritura 1518 pueden reemplazarse con circuitos alternativos de memoria de datos, tales como circuitos DRAM o SRAM conocidos en la técnica.

5 En contraste con los circuitos mostrados en las Figuras 11, 13, y 14, la carga de los electrodos del conjunto de obturador 1511, durante la descarga, no fluye a tierra a través de la interconexión de línea de escaneo que
 10 corresponde al píxel 1504. En su lugar, la fuente del transistor de conmutación de descarga 1514 está conectada a la interconexión de línea de escaneo 1522 del píxel de la fila situada debajo. Cuando no tienen habilitación de escritura, las interconexiones de líneas de escaneo 1522 de la matriz de control 1500 se mantienen al potencial de tierra, o cercanas al mismo; por lo tanto, pueden funcionar como disipadores efectivos para las corrientes de
 15 descarga de las filas adyacentes. La matriz de control 1500 también incluye la capacidad de accionamiento global, cuyo proceso o procedimiento es similar al descrito en la Figura 10. Los obturadores de los píxeles 1504 descargados se mantienen en posición debido a la aplicación de un voltaje de mantenimiento V_m , p. ej. $\frac{1}{2} V_{at}$, a la interconexión de accionamiento global 1516. Una vez direccionadas todas las filas, la matriz de control 1500 pone a tierra la interconexión de accionamiento global 1516, liberando así los obturadores de todos los conjuntos de obturador 1511 sustancialmente al unísono.

La Figura 16 es un diagrama de aún otra matriz de control 1600 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. La matriz de control 1600 es similar a la matriz de control 1500 de la Figura 15. La matriz de control 1600 incluye una interconexión de datos
 20 1602 por cada columna de píxeles 1604 de la matriz de control 1600, y una interconexión de línea de escaneo 1606 por cada fila de píxeles 1604 de la matriz de control 1600. La matriz de control 1600 incluye una interconexión de activación de carga común 1608, una interconexión de carga común 161, y una interconexión de accionamiento global 1612. Cada uno de los píxeles 1604 de la matriz de control 1600 incluye un conjunto de obturador elástico 1614, un transistor de conmutación de activación de carga 1616, un transistor de conmutación de descarga 1617, un transistor de habilitación de escritura 1618, y un capacitor de almacenamiento de datos 1620
 25 tal como se describe en la Figura 15. La matriz de control 1600 también incluye una interconexión común de obturador 1622 que es diferente a la interconexión de accionamiento global 1612. Estas interconexiones 1612 y 1622 se comparten entre los píxeles 1604 de múltiples filas y múltiples columnas del conjunto.

En operación, la matriz de control 1600 lleva a cabo las mismas funciones que la matriz de control 1550, pero por diferentes medios o procedimientos. Más en particular, el procedimiento para llevar a cabo el accionamiento global
 30 de la matriz de control 1600 es distinto al llevado a cabo en las matrices de control 900, 1400, ó 1500. En los procedimientos previos, la interconexión de accionamiento global estaba conectada a un electrodo del conjunto de obturador, y aplicar un voltaje de mantenimiento V_m a la misma evitaba el accionamiento del obturador. Sin embargo, en la matriz de control 1600, la interconexión de accionamiento global 1612 está conectada a la fuente del transistor de conmutación de descarga 1617. Mantener la interconexión de accionamiento global 1612 a un
 35 potencial significativamente superior al de la interconexión común de obturador 1622 evita la activación de cualquiera de los transistores de conmutación de descarga 1617, independientemente de qué carga esté almacenada en el capacitor 1620. El accionamiento global de la matriz de control 1600 se lleva a cabo igualando el potencial de la interconexión de accionamiento global 1612 con el potencial de la interconexión común de obturador 1622, posibilitando la activación de aquellos transistores de conmutación de descarga 1617 en función
 40 de si se ha almacenado o no un voltaje de datos en el capacitor 1620. Por lo tanto, la matriz de control 1600 no depende de la biestabilidad eléctrica del conjunto de obturador 1614 para lograr el accionamiento global.

La aplicación de voltajes parciales en el capacitor de almacenamiento de datos 1620 permite la activación parcial del transistor de conmutación de descarga 1617 durante el tiempo en el que se lleva la interconexión de accionamiento global 1612 a su potencial de accionamiento. De esta manera, se crea un voltaje análogo en el
 45 conjunto de obturador 1614, para proporcionar una escala analógica de grises.

En la matriz de control 1600, en contraste con la matriz de control 1500, el electrodo de mayor capacitancia de los actuadores de los conjuntos de obturador 1614 está conectado eléctricamente a la interconexión común de obturador 1622, en vez de la interconexión de accionamiento global 1612. En operación, la matriz de control alterna entre dos lógicas de control tal como se ha descrito en relación con la matriz de control 1400 de la Figura
 50 14. Sin embargo, en la matriz de control 1600, cuando la matriz de control conmuta entre lógicas de control, la matriz de control 1600 conmuta el voltaje aplicado a la interconexión común de obturador 1622 ya sea a tierra o a V_{at} , dependiendo de la lógica de control seleccionada, en vez de conmutar el voltaje de accionamiento global aplicado en la interconexión de accionamiento global, tal como hace la matriz de control 1400.

Al igual que en la matriz de control 1300 de la Figura 13, el transistor de activación de carga 1616 puede sustituirse por un simple diodo y/o un diodo MIM para llevar a cabo la función de conmutación o de carga para cada píxel del
 55 conjunto.

La Figura 17 es aún otra matriz de control 1700 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100 de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. La matriz de control 1700 controla un conjunto de píxeles 1702 que incluyen unos conjuntos de obturador elásticos 1704. La matriz de control 1700 preferiblemente incluye unos conjuntos de obturador que no son biestables, de tal modo que puedan controlarse los conjuntos de obturador 1704 de manera analógica. Esto es, la aplicación de un voltaje particular al actuador de uno de los conjuntos de obturador 1704 resulta en un incremento conocido del desplazamiento de obturador.

La matriz de control 1700 incluye una interconexión de línea de escaneo 1706 por cada fila de píxeles 1702 de la matriz de control 1700, y una interconexión de datos 1708 por cada columna de píxeles 1702 de la matriz de control 1700. La matriz de control 1700 también incluye una interconexión de carga 1710, una interconexión de activación de carga 1712, y una interconexión de activación de descarga 1714. Estas interconexiones 1710, 1712, y 1714 se comparten entre todos los píxeles 1702, o un subgrupo de los mismos, de la matriz de control 1700. Cada píxel 1702 de la matriz de control 1700 incluye cuatro transistores, un transistor de activación de carga 1716, un transistor de escala de grises 1718, un transistor de descarga 1720, y un transistor de habilitación de escritura 1722. La puerta del transistor de activación de carga 1716 está conectada eléctricamente a la interconexión de activación de carga 1712. Su drenaje está conectado eléctricamente a la interconexión de carga 1710, y su fuente está conectada eléctricamente al transistor de escala de grises 1718. La puerta del transistor de escala de grises 1718 está conectada eléctricamente, en paralelo, a un capacitor de almacenamiento de datos 1724 y al transistor de habilitación de escritura 1722. La fuente del transistor de escala de grises 1718 está conectada eléctricamente al transistor de descarga 1720. La puerta del transistor de descarga 1720 está conectada eléctricamente a la interconexión de descarga 1714, y su fuente está puesta a tierra. Con referencia de nuevo al transistor de habilitación de escritura 1722, su puerta está conectada eléctricamente a su correspondiente interconexión de línea de escaneo 1706, y su drenaje está conectado eléctricamente a su correspondiente interconexión de datos 1708.

La matriz de control 1700 puede utilizarse para proporcionar una escala analógica de grises al aparato de representación visual 100. En funcionamiento, al comienzo de un ciclo de direccionamiento de trama, la matriz de control 1700 aplica un voltaje a la interconexión de activación de descarga 1714, activando el transistor de descarga 1720. Se descarga cualquier voltaje almacenado en los actuadores de los conjuntos de obturador 1704 de los píxeles 1702, liberando los obturadores de los conjuntos de obturador 1704 a sus posiciones de descanso. Luego la matriz de control 1700 pone a tierra la interconexión de activación de descarga 1714. Subsiguientemente, la matriz de control 1700 aplica en secuencia un voltaje de habilitación de escritura V_{we} a cada interconexión de línea de escaneo 1706, activando los transistores de habilitación de escritura 1722 de los píxeles 1702 de cada correspondiente fila de la matriz de control 1700. Al activar el transistor de habilitación de escritura 1722 para una determinada fila, la matriz de control 1700 aplica impulsos de voltaje a cada una de las interconexiones de datos 1708 para indicar el brillo deseado de cada píxel 1702 de la fila de píxeles 1702 con habilitación de escritura. Una vez que la secuencia de direccionamiento está completa, la matriz de control aplica entonces a la interconexión de activación de carga 1712 un voltaje que provoca la activación del transistor de activación de carga 1716 para que puedan cargarse todos los electrodos y puedan accionarse todos los píxeles simultáneamente.

El brillo de un píxel 1702 está determinado por la duración o la magnitud del impulso de voltaje aplicado a su correspondiente interconexión de datos 1708. Mientras se aplica el impulso de voltaje a la interconexión de datos 1708 del píxel, la corriente fluye a través del transistor de habilitación de escritura 1722, acumulando un potencial en el capacitor de almacenamiento de datos 1724. El voltaje del capacitor 1724 se utiliza para controlar la apertura del canal conductor del transistor de escala de grises 1718. Este canal permanece abierto siempre que el voltaje entre puerta y fuente exceda un determinado umbral de voltaje. Eventualmente, durante el ciclo de carga, el potencial del electrodo del conjunto de obturador 1704 aumentará para coincidir con el potencial almacenado en el capacitor 1724, y en ese momento el transistor de escala de grises se descativará. De esta manera, el voltaje de accionamiento almacenado en el conjunto de obturador puede variarse en proporción al voltaje analógico almacenado en el capacitor 1724. El voltaje de electrodo resultante causa un incremento de desplazamiento del obturador del conjunto de obturador 1704 proporcional al voltaje resultante. El obturador permanecerá desplazado respecto a su posición de descanso hasta que se energice nuevamente la interconexión de activación de descarga 1714 al final de ciclo de direccionamiento de trama.

Al igual que en la matriz de control 1300 de la Figura 13, puede sustituirse el transistor de activación de carga 1716 por un simple diodo y/o un diodo MIM para efectuar la función de conmutación o de toma de carga para cada píxel del conjunto.

La Figura 18 es aún otra matriz de control 1800 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100 de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. La matriz de control 1800 controla una matriz de píxeles 1802 que incluye unos conjuntos de obturador de doble accionamiento 1804 (es decir, conjuntos de obturador con actuadores tanto de apertura de obturador como de cierre de obturador). Los actuadores de los conjuntos de obturador 1804 pueden fabricarse para que sean eléctricamente biestables o mecánicamente biestables.

La matriz de control 1800 incluye una interconexión de línea de escaneo 1806 por cada fila de píxeles 1802 de la matriz de control 1800. La matriz de control 1800 también incluye dos interconexiones de datos, una interconexión de apertura de obturador 1808a y una interconexión de cierre de obturador 1808b, por cada columna de píxeles 1802 de la matriz de control 1800. La matriz de control 1800 incluye adicionalmente una interconexión de carga 1810, una interconexión de activación de carga 1812, y una interconexión de accionamiento global 1814. Estas interconexiones 1810, 1812, y 1814 están compartidas entre los píxeles 1802 de múltiples filas y múltiples columnas del conjunto. En una implementación (que se describe en mayor detalle a continuación), las interconexiones 1810, 1812, y 1814 están compartidas entre todos los píxeles 1802 de la matriz de control 1800.

Cada píxel 1802 de la matriz de control incluye un transistor de carga de apertura de obturador 1816, un transistor de descarga de apertura de obturador 1818, un transistor de carga de cierre de obturador 1820, y un transistor de descarga de cierre de obturador 1822. La matriz de control también incorpora dos capacitores de estabilización de voltaje 1824, cada uno de los cuales está conectado en paralelo con la fuente y el drenaje de los transistores de descarga 1818 y 1822. Al inicio de cada ciclo de direccionamiento de trama, la matriz de control 1800 aplica a la interconexión de accionamiento global 1814 un voltaje de mantenimiento V_m , p. ej. $\frac{1}{2}$ del voltaje necesario para accionar los conjuntos de obturador, V_{at} . El voltaje de mantenimiento bloquea los conjuntos de obturador 1804 en sus estados actuales hasta que se inicie un accionamiento global al final del ciclo de direccionamiento de trama. Luego la matriz de control 1800 aplica un voltaje a la interconexión de activación de carga 1812, activando los transistores de apertura de obturador y de cierre de obturador 1816 y 1820 de los píxeles 1802 de la matriz de control 1800. La interconexión de carga 1810, en una implementación, soporta un voltaje de CC igual o superior a V_{at} , p. ej. 40V.

A medida que se direcciona cada fila de píxeles 1802 de la matriz de control 1800, la matriz de control 1800 permite la escritura de una fila de píxeles 1802 poniendo a tierra su correspondiente interconexión de línea de escaneo 1806. Luego la matriz de control 1800 aplica un voltaje de datos V_d , p. ej. 5V, ya sea a la interconexión de apertura de obturador 1808a o a la interconexión de cierre de obturador 1808b correspondiente a cada columna de píxeles 1802 de la matriz de control. Si se aplica V_d a la interconexión de cierre de obturador 1808b de una columna, el voltaje almacenado en el actuador de cierre de obturador del correspondiente conjunto de obturador 1804 se descarga a través del transistor de descarga de cierre de obturador 1822. Similarmente, si se aplica V_d a la interconexión de apertura de obturador 1808a de una columna, el voltaje almacenado en el actuador de apertura de obturador del correspondiente conjunto de obturador 1804 se descarga a través del transistor de descarga de apertura de obturador 1818. Por lo general, para asegurar un accionamiento apropiado, sólo se permite la descarga de uno de los actuadores, ya sea el actuador de obturador cerrado o el actuador de obturador abierto, para un conjunto de obturador dado del conjunto.

Una vez que se direccionan todas las filas de píxeles 1802, la matriz de control 1800 acciona globalmente los píxeles 1802 cambiando el potencial de la interconexión de accionamiento global 1814 de V_m a tierra. El cambio de voltaje libera los actuadores de su estado bloqueado para que conmuten a su siguiente estado, en caso de ser necesario. Si la interconexión de accionamiento global se reemplazara por una interconexión de voltaje constante a tierra o común, es decir si no se utiliza el procedimiento de accionamiento global con la matriz de control 1800, entonces los capacitores de estabilización de voltaje 1824 pueden no ser necesarios.

Al igual que en la matriz de control 1400 de la Figura 14, puede sustituirse por un simple diodo y/o un diodo MIM tanto el transistor de carga de apertura de obturador 1816 como el transistor de carga de cierre de obturador 1820.

Alternativamente, es posible aprovechar la naturaleza biestable del conjunto de obturador 1804 y sustituir por un resistor tanto el transistor de carga de apertura de obturador 1816 como el transistor de carga de cierre de obturador 1820. Cuando se opera con un resistor, se aprovecha el hecho de que la constante de tiempo de carga RC, asociada con el resistor y la capacitancia del actuador del conjunto de obturador 1804, puede tener una magnitud muy superior al tiempo necesario para descargar el actuador ya sea a través del transistor de descarga de apertura de obturador 1818 o del transistor de descarga de cierre de obturador 1822. En el intervalo de tiempo desde que el actuador del conjunto de obturador 1804 se descarga a través de uno de los transistores de descarga y el actuador se recarga, a través del resistor y la interconexión de carga 1810, pueden establecerse las diferencias de voltaje correctas a través de los actuadores del conjunto de obturador 1804 y puede accionarse el conjunto de obturador. Una vez que cada uno de los actuadores abierto y cerrado del conjunto de obturador 1804 se ha recargado a través del resistor, el conjunto de obturador 1804 no volverá a actuar dado que uno de los actuadores, o ambos, contiene ahora el voltaje de mantenimiento apropiado, es decir un voltaje superior a V_m .

La Figura 19 es otra matriz de control 1900 adecuada para su inclusión en el aparato de representación visual 100, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. La matriz de control 1900 controla una matriz de píxeles 1902 que incluyen los conjuntos de obturador de doble accionamiento 1904 (es decir, conjuntos de obturador con ambos actuadores de apertura de obturador y de cierre de obturador). Los actuadores de los conjuntos de obturador 1904 pueden fabricarse ya sea eléctricamente biestables o mecánicamente biestables.

La matriz de control 1900 incluye una interconexión de línea de escaneo 1906 por cada fila de píxeles 1902 de la matriz de control 1900. La matriz de control 1900 también incluye dos interconexiones de datos, una interconexión de apertura de obturador 1908a y una interconexión de cierre de obturador 1908b por cada columna de píxeles 1902 de la matriz de control 1900. La matriz de control 1900 incluye adicionalmente una interconexión de carga 1910, una interconexión de activación de carga 1912, una interconexión de accionamiento global 1914, y una interconexión de obturador común 1915. Estas interconexiones 1910, 1912, 1914, 1915 están compartidas entre los píxeles 1902 de múltiples filas y múltiples columnas del conjunto. En una implementación (que se describe en mayor detalle a continuación), las interconexiones 1910, 1912, 1914, y 1915 están compartidas entre todos los píxeles 1902 de la matriz de control 1900.

Cada píxel 1902 de la matriz de control incluye un transistor de carga de apertura de obturador 1916, un transistor de descarga de apertura de obturador 1918, un transistor de habilitación de escritura de apertura de obturador 1917, y un capacitor de almacenamiento de datos 1919, tal como se describe en las Figuras 16 y 18. Cada píxel 1902 de la matriz de control incluye un transistor de carga de cierre de obturador 1920, y un transistor de descarga de cierre de obturador 1922, un transistor de habilitación de escritura de cierre de obturador 1927, y un capacitor de almacenamiento de datos 1929.

Al inicio de cada ciclo de direccionamiento de trama, la matriz de control 1900 aplica un voltaje a la interconexión de activación de carga 1912, activando los transistores de apertura de obturador y de cierre de obturador 1916 y 1920 de los píxeles 1902 de la matriz de control 1900. La interconexión de carga 1910, en una implementación, soporta un voltaje de CC igual o superior a V_{at} , p. ej. 40V.

Luego se permite la escritura de cada fila de manera secuencial, tal como se ha descrito con respecto a la matriz de control 1500 de la Figura 15. Mientras se permite la escritura de una determinada fila de píxeles 1902, la matriz de control 1900 aplica un voltaje de datos ya sea a la interconexión de apertura de obturador 1908a o a la interconexión de cierre de obturador 1908b correspondientes a cada columna de píxeles 1902 de la matriz de control 1900. La aplicación de V_{we} a la interconexión de línea de escaneo 1906, para la fila con habilitación de escritura, activa ambos transistores de habilitación de escritura 1917 y 1927 de los píxeles 1902 de la correspondiente línea de escaneo. De esta manera, se permite el almacenaje de los voltajes aplicados a las interconexiones de datos 1908a y 1908b en los capacitores de almacenamiento de datos 1919 y 1929 de los respectivos píxeles 1902. En general, para asegurar un accionamiento apropiado, sólo se permite la descarga de uno de los actuadores, ya sea el actuador de obturador cerrado o el actuador de obturador abierto, para cualquier conjunto de obturador dado del conjunto.

En la matriz de control 1900, la interconexión de accionamiento global 1914 está conectada a la fuente tanto del transistor de conmutación de descarga de apertura de obturador 1918 como del transistor de descarga de cierre de obturador 1922. Mantener la interconexión de accionamiento global 1914 a un potencial significativo por encima del de la interconexión de obturador común 1915 evita la activación de cualquiera de los transistores de conmutación de descarga 1918 ó 1922, independientemente de qué carga esté almacenada en los capacitores 1919 y 1929. El accionamiento global de la matriz de control 1900 se lleva a cabo poniendo el potencial de la interconexión de accionamiento global 1914 al mismo potencial que la interconexión de obturador global 1915, permitiendo la activación de los transistores de conmutación de descarga 1918 ó 1922 en función de que el voltaje de datos se haya almacenado en el capacitor 1919 o en el capacitor 1920. Por lo tanto, la matriz de control 1900 no depende de la biestabilidad eléctrica del conjunto de obturador 1904 para lograr un accionamiento global.

Aplicar voltajes parciales a los capacitores de almacenamiento de datos 1919 y 1921 permite la activación parcial de los transistores de conmutación de descarga 1918 y 1922 durante el tiempo en el que se pone la interconexión de accionamiento global 1914 a su potencia de accionamiento. De esta manera, se crea un voltaje analógico en el conjunto de obturador 1904 para proporcionar una escala de grises analógica.

En funcionamiento, la matriz de control alterna entre dos lógicas de control, tal como se ha descrito en relación con la matriz de control 1600 de la Figura 16.

Al igual que en la matriz de control 1300 de la Figura 13, puede sustituirse el transistor de activación de carga 1616 por simples diodos MIM o varistores para llevar a cabo la función de conmutación o de toma de carga en cada píxel del grupo. Además, como en la matriz de control 1800 de la Figura 18, es posible sustituir por un resistor tanto el transistor de carga de apertura de obturador 1916 como el transistor de carga de cierre de obturador 1920.

En términos generales, cualquiera de las matrices de control 1100, 1300, 1400, 1500, ó 1700, que se han ilustrado a través del uso de conjuntos de obturador de accionamiento individual o elásticos, puede adaptarse ventajosamente para su uso con un conjunto de obturador de doble accionamiento, tal como el 1904, para reproducir de manera simétrica el circuito de control para cada uno de los actuadores abierto y cerrado. Tal como se muestra en el procedimiento 800 de la Figura 8, los datos suministrados a las interconexiones de datos "abrir" y

en las interconexiones de datos “cerrar” a menudo serán complementarios, es decir si se suministra un “1” lógico a la interconexión de datos “abrir”, entonces normalmente se suministrará un “0” lógico a la interconexión de datos “cerrar”. En implementaciones alternativas adicionales, las matrices de control pueden modificarse para reemplazar los transistores por varistores.

- 5 En implementaciones alternativas, la matriz de control mantiene un seguimiento de la posición anterior de cada píxel y únicamente aplica posiciones a las interconexiones de datos correspondientes a un píxel si el estado del píxel para la siguiente imagen es diferente a la posición anterior. En otra realización alternativa, los píxeles incluyen conjuntos de obturador mecánicamente biestables en vez de sólo conjuntos de obturador eléctricamente biestables. En tal realización, los transistores de activación de carga pueden reemplazarse por resistores y la interconexión de activación de carga puede omitirse de la matriz de control, tal como se ha descrito anteriormente en relación con la Figura 18. La lógica de doble control utilizada por la matriz de control 1400 también puede utilizarse en otras implementaciones de la matriz de control 1800.

Técnicas de Escala de Grises

Color Secuencial de Campo

- 15 El aparato de representación visual 100 proporciona imágenes de video de alta calidad que utilizan una potencia relativamente baja. La eficiencia de rendimiento óptico de una válvula de luz con base de obturador puede tener un orden de magnitud superior al permitido por las pantallas de cristal líquido, debido a que no existe necesidad de polarizadores o filtros de color en la producción de la imagen.

20 Sin el uso de filtros de color, un procedimiento para producir imágenes de video en una pantalla de representación visual basada en obturadores es el uso de color secuencial de campo. Los filtros de color reducen la eficiencia óptica en >60% por absorción en los filtros. Las pantallas de representación visual que utilizan color secuencial de campo usan en cambio una retroiluminación que produce una luz puramente roja, verde y azul en una secuencia ordenada. Para cada color se genera una imagen separada. Cuando se alternan las imágenes de color separadas en frecuencias que exceden 50 Hz, el ojo humano prorratea las imágenes para producir la percepción de una única imagen con una gama de colores amplia y continua. Hoy en día pueden producirse retroiluminaciones eficientes que permiten una conmutación rápida entre colores puros, ya sea de fuentes de diodo emisor de luz (LED) o bien fuentes electroluminiscentes.

25 Las matrices de control ilustradas en las Figuras 5, 6, 7, 9, 11, 13-19 proporcionan medios para generar imágenes de color específico (imágenes de subtramas de color), con tonos grises precisos, y los medios para conmutar entre imágenes de color de manera rápida.

30 La formación de imágenes precisas con color secuencial de campo puede mejorarse mediante sincronización entre la retroiluminación y el proceso de direccionamiento de píxeles, especialmente porque se requiere un periodo finito de tiempo para conmutar o resetear cada píxel entre los estados requeridos de cada subtrama de color. Dependiendo de la matriz de control utilizada para direccionar y accionar los píxeles, si no emplea la opción de accionamiento global, entonces el controlador de imagen puede tener que pausar en cada fila o línea de escaneo de la pantalla de representación visual lo suficiente para completar la conmutación o accionamiento mecánico en cada fila. Si la retroiluminación tuviera que iluminar en términos generales toda la pantalla de representación visual con un solo color mientras el controlador de la pantalla de representación visual está conmutando estados, fila a fila, entre 2 imágenes de color, entonces el contraste resultante sería confuso.

35 Considérense dos ejemplos que ilustran los tiempos de supresión que pueden emplearse con la retroiluminación durante el reseteo de una imagen entre colores en una pantalla sincronizada. Si los obturadores requieren 20 microsegundos para actuar o moverse entre los estados abierto y cerrado, si los obturadores se accionan fila a fila, y si existen 100 filas, entonces se requerirán 2 milisegundos para completar el direccionamiento. Por lo tanto podría apagarse la retroiluminación sincronizada durante esos 2 milisegundos. Obsérvese que si la pantalla de representación visual funciona a una velocidad de transmisión de imágenes de 60 Hz con 3 colores por trama, entonces sólo se permiten 5,6 msec por subtrama de color y, en este ejemplo, la retroiluminación estaría apagada el 36% del tiempo.

40 Alternativamente, cuando se utiliza un esquema de accionamiento global para conmutar entre subtramas de color, el mismo reseteo de la imagen sólo requerirá 20 microsegundos para el movimiento simultáneo de todos los obturadores entre imágenes. En este caso se relajarán sustancialmente los requisitos de velocidad para el obturador. Si, durante el reseteo de color, la retroiluminación estuviera apagada durante 100 microsegundos, el porcentaje de tiempo de iluminación a una velocidad de transmisión de imágenes de 60 Hz será ahora superior al 98%. Asumiendo un tiempo de refresco de imagen de 100 microsegundos, ahora es posible aumentar la velocidad de transmisión de imágenes a 120 Hz sin una pérdida sustancial en el tiempo de iluminación. Utilizar una velocidad de transmisión de imágenes de 120 Hz reduce sustancialmente los artefactos de imagen inducidos por el color

55

secuencial de campo, tal como la descomposición de colores en las imágenes de video con movimiento rápido.

Escala de Grises

5 El número de colores únicos disponibles en la pantalla de representación visual depende en parte de los niveles de escala de grises disponibles en cada una de las tres imágenes de color. Cuatro procedimientos principales para producir escalas de grises, y combinaciones de los mismos, son aplicables a las pantallas de representación visual de obturadores transversales.

Escala Analógica de Grises

10 El primer procedimiento para producir una escala de grises es un procedimiento analógico, por el cual los obturadores obstruyen sólo parcialmente una abertura proporcionalmente a la aplicación de un voltaje de actuación parcial. Los obturadores transversales pueden estar diseñados de tal modo que el porcentaje de luz transmitida sea proporcional a un voltaje de accionamiento, por ejemplo a través del control de la forma de los electrodos de accionamiento tal como se ha descrito anteriormente en relación con la Figura 2.

15 Para una escala analógica de grises, el aparato de representación visual está equipado con un convertor digital a analógico, de tal modo que el voltaje suministrado a los píxeles sea proporcional al nivel de escala de grises intencionado. El voltaje proporcional de cada actuador se mantiene a través del periodo de una trama de imagen, de tal modo que la posición de obturador proporcional se mantenga durante todo el periodo de iluminación. El uso opcional de un capacitor colocado en paralelo con los actuadores de las Figuras 2 y 17 ayuda a asegurar que, incluso cuando cierta carga pueda fugarse del píxel durante el tiempo de iluminación, el voltaje no cambie apreciablemente como para alterar la posición del obturador durante el periodo de iluminación.

20 La escala de grises analógica tiene la ventaja de que sólo requiere 1 obturador en movimiento por píxel y el ajuste de sólo 1 trama de imagen durante el periodo de cada iluminación de color. Por lo tanto, las tasas de datos y las velocidades de direccionamiento para escala de grises analógica son los procedimientos menos demandantes entre todos los procedimientos de escala de grises.

Escala de Grises por División de Tiempo

25 Con un diseño apropiado del obturador transversal puede lograrse una conmutación a bajo voltaje que sea rápida. Los conjuntos de obturador accionados transversalmente, tales como los representados a modo de ejemplo en la Figura 2, pueden construirse con tiempos de accionamiento en el rango de 3 microsegundos a 100 microsegundos. Tal accionamiento rápido hace posible implementar la escala de grises por división de tiempo, en la cual el contraste se logra controlando los ciclos relativos de tiempo o de servicio de los obturadores accionados. Puede
30 implementarse una escala de grises por división de tiempo, utilizando codificación digital de escala de grises, en tanto a que las matrices de control que incorporan conjuntos de obturador biestables reconocen dos estados de accionamiento de obturador, encendido o apagado. La escala de grises se logra controlando la longitud de tiempo que un obturador está abierto.

35 Los tiempos de conmutación pueden apreciarse asumiendo el caso de una velocidad de transmisión de datos de 60 Hz con color secuencial de campo. A cada subtrama de color se le asignan 5,6 mseg. Si se divide el intervalo de tiempo disponible en 63 segmentos (escala de grises de 6 bits por color), entonces el incremento más pequeño de tiempo de encendido para cada imagen, conocido como el tiempo de bit menos significativo (LSB), será de 88 microsegundos. Si se construyera y se representara visualmente una imagen para el tiempo de LSB utilizando un
40 esquema de accionamiento global, entonces el accionamiento de todos los obturadores necesitaría completarse en un tiempo significativamente inferior al tiempo de LSB de 88 microsegundos. Si se direcciona la pantalla de representación visual fila a fila, entonces el tiempo disponible para el reseteo de cada fila es considerablemente menor. Para una pantalla con 100 filas, el tiempo de accionamiento puede ser inferior a 0,5 microsegundos por fila. Son posibles diversos algoritmos de control para relajar los intervalos de tiempo requeridos para direccionar los
45 obturadores en un esquema fila a fila (véase por ejemplo Ferroelectrics, de N.A. Clark y otros, vol. 46, pág. 97 (2000), pero en cualquier caso el tiempo requerido para accionar el obturador en el ejemplo de escala de grises de 6 bits es considerablemente inferior a 20 microsegundos.

50 Lograr múltiples bits de escala de grises a través del uso de multiplexión por división de tiempo requiere una potencia significativa en el circuito de direccionamiento, dado que la energía perdida en el ciclo de accionamiento es $\frac{1}{2} CV^2$ por píxel a través de cada ciclo de actualización o direccionamiento del esquema de control (C es la capacitancia del píxel más los electrodos de control y V es el voltaje de accionamiento). Los diagramas de circuito de las Figuras 11 y 13-19 reducen los requisitos de potencia desacoplando y reduciendo los voltajes de direccionamiento (los voltajes requeridos por las líneas de escaneo y líneas de datos) de los voltajes de accionamiento (los voltajes requeridos para mover un obturador).

Escala de Grises por División de Área

Otro procedimiento que puede reducir la velocidad de direccionamiento y los requisitos de potencia de la escala de grises por división de tiempo es permitir múltiples obturadores y actuadores por píxel. Un esquema binario de división por tiempo de 6 bits (63 ranuras de tiempo requeridas) puede reducirse a un esquema binario de división por tiempo de 5 bits (31 ranuras de tiempo requeridas) al añadir la disponibilidad de un bit adicional de escala de grises en el dominio espacial o de área. El bit espacial adicional puede lograrse con 2 obturadores y aberturas por píxel, especialmente si los obturadores / aberturas tienen un área desigual. Similarmente, si están disponibles 4 obturadores (con áreas desiguales) por píxel, entonces puede reducirse a 3 el número de bits de tiempo requeridos, con el resultado de que todavía haya 64 niveles efectivos de escala de grises por color.

10 Escala de Grises por Iluminación

Otro procedimiento que puede relajar los requisitos de velocidad y/o estado real para las técnicas de escala de grises anteriores es el uso de una escala de grises por iluminación. El contraste obtenido a través de la iluminación de la imagen de color puede ajustarse, o pueden lograrse niveles de gris más finos, mediante la intensidad alterada de la retroiluminación. Si la retroiluminación es capaz de una respuesta rápida (como en el caso de las retroiluminaciones LED), entonces el contraste puede lograrse ya sea alterando el brillo de la retroiluminación o la duración de su iluminación.

Considérese un ejemplo, en el que se asume que la matriz de control utiliza un esquema de accionamiento global y que la escala de grises por división de tiempo se lleva a cabo a través de la construcción y representación visual de imágenes, con bits de tiempo distintivos, iluminadas durante periodos temporales diferentes. Tómese por ejemplo un esquema binario de codificación de tiempo de 4 bits, obtenido al dividir la trama de color en 15 ranuras de tiempo. La imagen construida para el tiempo (LSB) más corto deberá mantenerse durante un 1/15 del tiempo de trama. Para expandirse a un esquema de codificación de 5 bits, en el dominio del tiempo, podría dividirse la trama de color en 31 ranuras de tiempo, lo que requiere el doble de velocidad de direccionamiento. Alternativamente, podrían asignarse 16 ranuras de tiempo y asignar a una de estas ranuras de tiempo una imagen que se ilumine únicamente con 1/2 del brillo, o mediante una retroiluminación que parpadee durante un periodo de tan sólo 1/31 del tiempo de trama. Pueden añadirse hasta 3 bits adicionales de escala de grises encima de un esquema de codificación por apertura de 4 bits mediante el añadido de estas imágenes de corta duración temporal, acompañadas de una iluminación parcial. Si se asignan los bits de iluminación parcial a la más pequeña de las ranuras temporales, entonces el resultado será una pérdida insignificante del brillo proyectado promedio.

30 Esquemas híbridos de escala de grises

Los cuatro medios principales de escala de grises son escala de grises analógica, escala de grises por división de tiempo, escala de grises por división de área, y escala de grises por iluminación. Debe comprenderse que pueden construirse esquemas de control útiles con combinaciones de cualquiera de los procedimientos anteriores, por ejemplo combinando el uso de división de tiempo, división de área y el uso de iluminación parcial. También están disponibles divisiones adicionales de escala de grises a través de técnicas de interpolación, también conocidas como tramado. El tramado en el dominio temporal incluye la inserción de bits de tiempo LBS sólo en una serie alternada de tramas de color. El tramado en el dominio espacial, también denominado procesamiento de tonos medios, implica el control o apertura de una fracción especificada de píxeles colindantes para producir áreas localizadas con un brillo únicamente parcial.

Más en particular, los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento incluyen, entre otras cosas, dispositivos manuales portátiles y procedimientos para fabricar dispositivos manuales portátiles que incluyan paneles de representación visual con baja potencia e iluminación brillante, con la suficiente resolución para proporcionar una interfaz visual del usuario con imágenes visualmente distintivas que puedan observarse en múltiples condiciones de de iluminación ambiente. Más en particular, los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento incluyen, en determinadas realizaciones, dispositivos manuales portátiles que incluyen pantallas de representación visual que comprenden un panel MEMS de representación visual que tiene una capa de modulación de luz. La capa de modulación de luz incluye elementos de píxel organizados para proporcionar una resolución operativa de visión para pantallas de cualquier tamaño, incluyendo pantallas tan pequeñas como 0,635 cm x 0,635 cm y menores, dependiendo de la aplicación. En particular, en una realización, la capa de modulación de luz incluye una pantalla de representación visual que incluye un panel de representación visual que tiene una pluralidad de obturadores transversalmente móviles dispuestos en una matriz de elementos de píxel. La matriz tiene aproximadamente una anchura de 2,54 cm por una longitud de 2,54 cm, con 120 columnas y 120 filas, proporcionando por lo tanto aproximadamente 14.400 píxeles distribuidos por igual dentro del panel de representación visual de 2,54 cm por 2,54 cm. Opcionalmente, y tal como se describirá con mayor detalle en el presente documento, puede proporcionarse una retroiluminación que proporcione una fuente de luz que dirija la luz a través de la capa de modulación de luz, de tal modo que los obturadores de movimiento transversal puedan

modular la luz generada para crear una imagen en el panel de representación visual. Un controlador de representación visual MEMS puede acoplarse con el panel MEMS de representación visual para activar la pantalla de representación visual para crear imágenes. Opcionalmente, el controlador de representación visual MEMS proporciona múltiples modos de operación para activar la pantalla MEMS de representación visual en un modo adecuado para la aplicación y las condiciones. La eficiencia de alta potencia óptica del panel de pantalla MEMS puede ser aprovechada por el controlador de pantalla MEMS que, en una realización, ajusta dinámicamente el modo operativo del panel de representación visual en función de la potencia disponible y de las demandas de la aplicación. El uso y control eficientes de la potencia de los dispositivos descritos en el presente documento permite funcionalidades adicionales, tales como WI-FI y video a todo color, que de otra manera pueden requerir más potencia de la que la fuente de potencia de la placa a bordo puede proporcionar durante una cantidad práctica de tiempo. Estas y otras realizaciones se describirán en mayor detalle con referencia a las figuras expuestas en el presente documento.

Más específicamente, la Figura 20 representa un dispositivo manual portátil A10 que incluye una pantalla de representación visual A12, una segunda pantalla de representación visual A14 opcional, un control de brillo de pantalla de representación visual A16, un control de contraste de pantalla de representación visual A18, un dispositivo de entrada de interfaz de usuario A20, un detector de nivel luminoso A21, una salida de audio A22, un control de entrada A24, un segundo control de entrada A28, un dispositivo de memoria extraíble A30, una pantalla táctil A32 opcional dispuesta sobre la pantalla de representación visual A14 opcional, un puntero A34 opcional, una carcasa principal A38, un detector de nivel luminoso opcional y una carcasa de cubierta de pantalla de representación visual A40. Adicionalmente, el sistema puede incluir una toma de corriente y una interfaz de acoplamiento y una interfaz para periféricos externos, por ejemplo, un jack de audio o una memoria USB o un dispositivo relacionado.

Un dispositivo manual portátil puede ser cualquier dispositivo que un usuario pueda llevar en la mano, y que tenga un suministro de energía interno que permita mover el dispositivo de un sitio a otro. El tamaño de un dispositivo manual portátil variará de acuerdo con su propósito y características previstos, y los dispositivos más grandes pueden tener asas o agarres y los dispositivos más pequeños pueden tener muñequeras, cintas para el brazo o clips para poder transportar el dispositivo más fácilmente.

La pantalla de representación visual A12 comprende un panel pantalla de representación visual MEMS descrito a continuación en mayor detalle, y alojado dentro de la carcasa de cubierta A40. La pantalla de representación visual A12 está empotrada dentro de la cara superior del cuerpo principal de la carcasa de cubierta A40 y tiene unas dimensiones con una longitud de 6,35 cm y una anchura de 4,7625 cm aproximadamente que incluyen una dimensión diagonal de pantalla de representación visual de unos 7,62 cm. En la realización representada, la pantalla de representación visual A12 encaja dentro de la carcasa de cubierta A40 y la carcasa de cubierta A40 incluye una placa frontal que tiene una abertura dimensionada para proporcionar acceso visual a la pantalla de representación visual A12 y que tiene una placa trasera que cubre toda la sección trasera de la pantalla de representación visual A12. El panel de representación visual A12 puede estar asentado en un reborde formado alrededor del borde periférico de la abertura situada dentro de la placa trasera de la carcasa de cubierta A40. Un sello opcional, normalmente una junta de caucho o una junta de plástico, puede estar colocado alrededor de dicho borde periférico de tal modo que el panel de representación visual A12 quede apoyado contra la junta y sellado en su sitio, permitiendo un determinado grado de resiliencia. Este sello ayuda a absorber el impacto en caso de que el dispositivo A10 caiga al suelo o sufra cualquier otro tipo de mala manipulación. Normalmente, la carcasa de cubierta A40 está fabricada con un plástico tal como poliestireno, cloruro de polivinilo, u otro material adecuado. Alternativamente, la carcasa A40 puede estar fabricada con metal, o cualquier combinación de plástico y materiales metálicos. En cualquier caso el material seleccionado proporcionará una carcasa suficientemente robusta para proteger el panel de representación visual A12 a largo plazo. La carcasa A40 tendrá normalmente una longitud de 20 cm y una anchura de 10 cm aproximadamente, con la carcasa de cubierta A40 plegada sobre la carcasa principal A38. El dispositivo A10 ilustrado en la Figura 20 tiene un factor de forma adecuado para su sujeción con una o ambas manos del usuario durante la operación. Esto permite transportar fácilmente el dispositivo y, en algunas realizaciones, permite sujetar el dispositivo con una mano al tiempo que la segunda mano queda libre para, entre otras cosas, utilizar el puntero opcional A34 para introducir datos a través de la pantalla táctil opcional A32.

La pantalla de representación visual opcional A14 puede ser una segunda pantalla de representación visual incorporada en el dispositivo manual portátil A10 y puede utilizarse tanto para representar visualmente información como para, en la realización representada, introducir información. Con este fin, el dispositivo A10 puede incluir una pantalla táctil opcional A32 que esté colocada sobre el panel de representación visual A14. La pantalla táctil A32 puede ser el tipo de pantalla táctil empleada comúnmente en sistemas informáticos para permitir al usuario tocar o apretar para identificar una localización en la pantalla táctil A32 que pueda utilizarse para identificar un icono u otros datos representados visualmente en la pantalla de representación visual A14.

El dispositivo portátil A10 incluye adicionalmente elementos de interfaz del usuario tales como el dispositivo de entrada A20 representado en la Figura 20 y los dispositivos de entrada A24 y A28, así como el dispositivo de salida de audio A22. En la realización ilustrada, el dispositivo de entrada A20 es un botón de control direccional con forma de cruz que puede utilizarse para juegos, o para otras formas de entrada de datos. Los dispositivos de entrada A24 y A28 son teclas que el usuario puede apretar y que pueden utilizarse para introducir datos en el dispositivo A10. El dispositivo de salida de audio A22 representado en la Figura 20 puede ser un altavoz del tipo capaz de proporcionar señales de audio a un usuario, tales como sonidos y música, para informar al usuario. En cualquier caso, el dispositivo portátil A10 puede utilizar los dispositivos de entrada y los dispositivos de salida que incluyen el botón de control direccional con forma de cruz A36 y el dispositivo de salida de audio A22, para permitir a un usuario introducir y recibir datos. Los dispositivos de interfaz permiten al usuario interactuar con la información presentada en cualquiera de las pantallas de representación visual A12 o A14. Opcional y tradicionalmente, el dispositivo de entrada A20 con forma de cruz puede utilizarse para manipular un cursor que esté presente en una o en ambas pantallas de representación visual A12 y A14.

La fuente de energía puede ser una batería, célula de combustible, capacitor o cualquier otro dispositivo que proporcione una fuente de energía. Normalmente, la fuente de energía es una batería recargable y un circuito regulador de energía se acopla con la batería para proporcionar los niveles de voltaje necesarios para hacer funcionar los chips de lógica, las bombillas y los paneles de representación visual, así como otros dispositivos a bordo cualesquiera, tales como transceptores WI-FI, conjuntos de chip de telefonía móvil, sintonizadores, altavoces y otros accesorios. Utilizando una pantalla MEMS de representación visual con obturadores transversales que proporcionen una baja pérdida de potencia óptica y controlando el modo operativo de la pantalla de representación visual, puede destinarse más potencia para estos accesorios.

El detector de nivel luminoso A21 puede ser un sensor de luz que detecte el nivel de luz ambiental. El detector de nivel luminoso A21 genera una señal de nivel que el dispositivo puede utilizar para ajustar el brillo de la pantalla de representación visual. Así, si el detector de nivel luminoso A21 detecta bajos niveles de luz ambiental, tal como el nivel de luz en una habitación poco iluminada, el dispositivo A10 puede operar los paneles de representación visual A12 y A14 con bajo brillo. Alternativamente, si el detector de nivel luminoso A21 detecta niveles elevados de luz ambiente, tales como los niveles luminosos presentes en el exterior durante un día soleado, el dispositivo A10 cambiará dinámicamente el modo operativo de las pantallas de representación visual A12 y A14 a un ajuste de mayor brillo capaz de ser observado por un usuario en ese ambiente luminoso.

Con referencia a la Figura 21, se muestra en mayor detalle el tipo de imagen que puede presentarse en cualquiera de las pantallas de representación visual A12 para proporcionar información al usuario. En particular, la Figura 21 muestra las pantallas de representación visual A12 o A14, que nuevamente pueden tener 7,62 cm de diagonal. La Figura 21 muestra una pluralidad de diferentes tipos de datos que incluyen imágenes, texto, y símbolos gráficos, así como presenta una sustancial cantidad de información de texto para una pantalla con una diagonal de 7,62 cm. En particular, la Figura 21 muestra que la pantalla de representación visual A12 puede proyectar información de texto tal como el texto A48, símbolos gráficos tales como los widgets de usuario A52 y A54 mostrados, e imágenes tales como la imagen A50 mostrada.

En la realización mostrada, la pantalla de representación visual A12 es una pantalla pixelada de alta resolución con una anchura de 6,35 cm y una longitud de 4,7625 cm aproximadamente, y que tiene aproximadamente 256 filas de píxeles y 192 columnas de píxeles con un total de 49.152 píxeles aproximadamente. La pantalla de representación visual A12 puede ser una pantalla de representación visual que presente 262.144 colores aproximadamente, aunque en otras realizaciones la pantalla de representación visual puede tener más o menos colores y la cantidad de colores proporcionados por la pantalla puede variar de acuerdo con la aplicación, tal como se describirá a continuación. Las pantallas de representación visual también pueden ser monocromáticas, normalmente en blanco y negro, o tener un modo de operación que genere imágenes monocromáticas. En cualquier caso, tal como se muestra en la Figura 21, el dispositivo portátil utiliza la pantalla de representación visual para presentar información al usuario que pueda incluir información de texto, tal como información de contacto, números de teléfono, datos y notas. Adicionalmente, la pantalla de representación visual A12 puede presentar datos de imágenes, tal como la imagen A50, que puede ser un archivo de mapas de bit, un archivo jpeg, o cualquier otro tipo de archivo de imagen. Adicionalmente, los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento pueden presentar datos de video, tales como archivos mpeg y wmv.

Los controles gráficos A52 y A54 son normalmente imágenes gráficas generadas por el dispositivo portátil A10 para ofrecer al usuario controles de interfaz del usuario representados visualmente. Por ejemplo, el control gráfico A52 se presenta como una etiqueta de estatus representativa de si el dispositivo portátil tiene una función de salida de audio que está silenciada. El usuario puede mirar el control gráfico A52 para ser consciente del estado silenciado del dispositivo de salida de audio relacionado, y al cambiar el estado silenciado, el dispositivo portátil A10 puede alterar la imagen gráfica A52 a un símbolo gráfico que represente el estado cambiado de la función silenciada. Similarmente, el control gráfico A54 representa un control deslizante que puede hacer que la

información presentada en la pantalla de representación visual, o al menos una porción de dicha información, se desplace hacia arriba y/o hacia abajo dependiendo de la dirección en la que se mueva el control A54. La pantalla de representación visual A12 también presenta información que incluya información de contenido, tal como los datos de usuario almacenados en la memoria del dispositivo.

5 Así, la pantalla de representación visual A12 es una parte de la interfaz de usuario del dispositivo portátil A10 y actúa como un dispositivo de salida para datos perceptibles visualmente y como dispositivo para dirigir al usuario durante la introducción de datos. En la realización representada de la Figura 21, la pantalla de representación visual portátil A12 se utiliza para presentar datos relacionados con una base de datos de contacto. Sin embargo, en otras realizaciones, el dispositivo portátil puede ser un teléfono móvil, un teléfono inteligente, un reproductor de medios, una videoconsola, un receptor de sistema de navegación global por satélite (GNSS), una televisión, una cámara digital, una videocámara portátil, un ordenador portátil u otro dispositivo. En cada una de estas realizaciones, el dispositivo portátil emplea la pantalla de representación visual A12 para suministrar información al usuario.

10 La pantalla de representación visual A12 incluye un panel de representación visual que tiene una pluralidad de obturadores transversalmente móviles, capaces de modular la luz para formar una imagen en la pantalla de representación visual, tal como la imagen mostrada en la Figura 21.

15 Con referencia a la Figura 22, se presenta un diagrama funcional de bloques que muestra un dispositivo manual portátil A60 que incluye la primera pantalla MEMS de representación visual A12 y la segunda pantalla MEMS de representación visual A14, una unidad de procesamiento gráfico y un controlador de pantalla MEMS de representación visual A70, una RAM de imagen A68, una unidad de procesamiento central (CPU) A72, una RAM de trabajo A74, una fuente de energía A76, una interfaz de memoria externa A78, teclas operativas A80, un altavoz A82, un panel táctil A84, y una interfaz de circuito periférico A88. Adicionalmente, la Figura 22 muestra que el dispositivo A60 puede interactuar con el cartucho desmontable A90 que puede incluir un programa ROM, así como una RAM de seguridad, o que puede ser una tarjeta de memoria.

20 Los paneles MEMS de representación visual A12 y A14 están acoplados a la unidad de procesamiento de juegos y al controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 (controlador de pantalla MEMS de representación visual). El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 representado en la Figura 22 se acopla a la CPU A72 y opera, al menos en parte, bajo el control de la CPU A72. El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 se acopla mediante un bus bidireccional a la RAM de imagen A68 que almacena datos de imagen y/o video que pueden representarse en cualquiera de las pantallas MEMS de representación visual A12 o A14. En la realización ilustrada en la Figura 22, la CPU A72 se acopla a una pluralidad de dispositivos de interfaz de usuario a través de la interfaz de circuito periférico A88. La interfaz de circuito periférico A88 se acopla a las teclas operativas A80, que pueden ser los dispositivos de interfaz A20, A24 y A28 representados en la Figura 20. La interfaz periférica A88 también puede acoplarse a un altavoz, que puede ser similar al dispositivo de salida de audio A22 también mostrado en la Figura A20. Un panel táctil opcional A84, que puede ser el panel táctil A32 de la Figura 20, se acopla a la CPU A72 a través de la interfaz periférica A88. En la realización representada, el dispositivo manual portátil incluye una interfaz A78 para un dispositivo de memoria externa A90. El dispositivo de memoria externa puede incluir instrucciones de programa para dirigir la operación del dispositivo y puede incluir una memoria, tal como la ROM de programa y la RAM de seguridad A94 mostradas. En cualquier caso, la memoria externa A90 puede acoplarse a la CPU mediante la interfaz de memoria externa A78. Opcionalmente, el sistema puede incluir otros elementos, tales como transceptores WI-FI, transceptores bluetooth, sintonizadores de televisión y/o radio y otros elementos semejantes. Estos elementos pueden estar integrados en el dispositivo A10 y dispuestos dentro de la carcasa A38, o pueden ser dispositivos periféricos que se acoplen al dispositivo a través de la interfaz A78, o a través de otra interfaz proporcionada con ese fin.

25 La CPU A72 puede ser una unidad de microprocesador tal como la ARM7, que pueda sondear los dispositivos de interfaz A78 y A88 para recoger datos de entrada de usuario y para proporcionar información al usuario durante la operación. La CPU A72 es un dispositivo programable que ejecuta instrucciones de programa que, por ejemplo, pueden incluir instrucciones para ejecutar un videojuego en el dispositivo portátil A10, utilizando la pantalla MEMS de representación visual A12 como dispositivo de salida para información de video. Con este fin, la CPU A72 puede monitorizar los dispositivos de entrada de usuario A80 para recopilar información relativa a las decisiones de juego del usuario y utilizar la información de juego para determinar qué imágenes presentar al usuario, ya sea a través de una o de ambas pantallas MEMS de representación visual A12 y A14.

30 Para presentar información visual al usuario, la CPU A72 puede acoplarse al controlador de pantalla MEMS de representación visual A70, que en una realización puede ser una matriz de puertas de campo programable (FPGA) del tipo que proporciona lógica programable. El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70, en respuesta a una instrucción de la CPU A72, emplea la RAM A68 para generar una imagen de juego para emitir a la primera pantalla MEMS de representación visual A12 y a la segunda pantalla MEMS de representación visual A14,

y genera la representación visual de la imagen de juego en una o ambas pantallas MEMS de representación visual A12 y A14.

En la realización representada, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 es un procesador gráfico y un controlador de pantalla MEMS de representación visual integrado en un dispositivo programable individual, normalmente una matriz de puertas de campo programable (FPGA). La unidad de procesador gráfico (GPU) puede ser una GPU convencional del tipo capaz de manipular imágenes gráficas, tales como objetos, y organizar o seleccionar datos de imagen dentro de la RAM A68, o que salen de la misma, para que el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 lo represente visualmente en una o ambas pantallas MEMS de representación visual A12 y A14.

El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 mostrado en la Figura 22 también está implementado, al menos en parte, dentro de la FPGA A70, pero para los expertos en la técnica resultará aparente que la GPU y el controlador de pantalla MEMS de representación visual puede implementarse en diferentes dispositivos programables y que, adicionalmente, pueden emplearse cualquier tipo adecuado de circuito y controlador y que una FPGA es meramente una realización común de un sistema para implementar lógica compleja dentro de un dispositivo electrónico portátil.

El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 tiene múltiples modos de operación para controlar cada una de las pantallas MEMS de representación visual A12 y A14. Tal como se describirá en mayor detalle, los dispositivos manuales portátiles incluyen paneles de representación visual que se forman mediante una capa MEMS que incluye una pluralidad de obturadores transversalmente móviles. Los obturadores transversalmente móviles pueden modular la luz con el fin de generar una imagen en la pantalla MEMS de representación visual. Los obturadores transversalmente móviles empleados en el panel de representación visual se mueven eficientemente desde al menos una primera posición hasta una segunda posición, y lo hacen a velocidades que permiten imágenes de video en cualquiera de las pantallas MEMS de representación visual. Adicionalmente, en determinadas realizaciones el panel MEMS de representación visual puede representar datos monocromáticos, normalmente en blanco y negro, para aplicaciones tales como relojes de pulsera, libros electrónicos, imágenes gráficas estáticas, texto, y otras aplicaciones similares. El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 representado en la Figura 22 incluye un modo de operación para accionar eficientemente los paneles MEMS de representación visual A12 y A14, para presentar una imagen utilizando un modo de operación seleccionado por el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 para reducir el gasto de energía de la fuente de energía A76 del dispositivo portátil A10.

El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 puede proporcionar el control dinámico del panel MEMS de representación visual, y en una realización proporciona un control, que incluye control dinámico, sobre la profundidad del color al controlar el número de bits utilizados para ajustar el color, tal como 2 bits (monocromático), 4 bits, 6 bits o más, dependiendo de la aplicación y las condiciones. El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 puede, en estas realizaciones, ajustar la resolución del color para disminuir la potencia, lo que puede llevar a un ahorro sustancial de energía. Por ejemplo, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 puede determinar que se necesitan pantallas de representación visual monocromática para una aplicación particular, tal como mostrar los dígitos de un número de teléfono que se está marcando. En este modo, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 puede seleccionar un modo de operación de dos bits que utilice imágenes monocromáticas para representar visualmente el número que se está marcando. Sin embargo, si la aplicación, tal como un explorador de web activo, requiere imágenes en color, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 puede utilizar color de 6 bits para presentar las imágenes. Opcionalmente, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 puede procesar los datos de imagen almacenados en la memoria de imágenes para determinar la profundidad requerida de color y, en base a tal determinación, ajustar el número de bits utilizados para generar las imágenes. El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 puede utilizar escala de grises multiplexada en el tiempo, y utilizar una secuencia de comandos para ajustar la profundidad de los bits de color, ajustando dinámica y adaptativamente la profundidad de los bits de color.

La Figura 23 es un diagrama de bloques de una realización de un controlador de pantalla MEMS de representación visual. El controlador de pantalla MEMS de representación visual mostrado puede accionar y controlar un panel MEMS de representación visual, tal como un panel A12 o A14. Tal como se ha mencionado anteriormente, los dispositivos manuales portátiles descritos en el presente documento emplean un panel MEMS de representación visual que incluye una pluralidad de obturadores transversalmente móviles que modulan la luz para generar una imagen para el usuario. En la Figura 25C se representa en mayor detalle una realización de dicha pantalla MEMS de representación visual, que presenta una vista despiezada de un panel MEMS de representación visual A600 ejemplar.

En particular, la Figura 25C muestra un panel MEMS de representación visual A600 que incluye una placa de

cubierta A602, una matriz negra A608, una pluralidad de conjuntos de obturador A616 dispuestos en una matriz que tiene filas y columnas, un sustrato transparente A630, una película de ampliación A622, una capa de difusión A624, un medio conductor de la luz A628, una capa dispersora y reflectante A620 y una pluralidad de postes de soporte A640.

5 Los conjuntos de obturador A616 representados comprenden un obturador transversalmente móvil y un miembro de accionamiento electrostático. Los conjuntos de obturador A616 están formados en la capa MEMS representada que está formada en el sustrato transparente A630. Una pluralidad de elementos conductores también está formada en la capa MEMS para proporcionar una matriz de control que pueda hacer interactuar los obturadores A616 con el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70. En la Figura 24A se presenta un ejemplo de matriz de control, sin embargo, el controlador de pantalla MEMS de representación visual puede funcionar con cualquier matriz de control adecuada.

10 En la realización representada de la Figura 25C, los obturadores se mueven transversalmente, preferiblemente en un plano, de tal modo que el obturador se mueva sobre su respectiva abertura A638, o al menos parte de la abertura A638, para modular la luz que está siendo generada por la lámpara (fuente de luz) A612 y que la capa reflectante y dispersora A620 dirige al menos parcialmente hacia arriba a través de la abertura A638. Esto se muestra mediante los rayos luminosos A614 que se propagan hacia arriba a través de la placa de cubierta A602. En esta realización, los obturadores transversalmente móviles, que se describen en mayor detalle con referencia a la Figura 24B, modulan la luz moviéndose transversalmente sobre la abertura A638, sustancialmente en un plano, seccionando efectivamente cualquier fluido que rodee el obturador. Se entiende que este movimiento de seccionamiento resulta eficiente y proporciona velocidades variables de tasa de video. Las pantallas MEMS de representación visual descritas en el presente documento son ilustrativas del tipo de paneles MEMS de representación visual que pueden utilizarse con los dispositivos portátiles manuales. Sin embargo, estas realizaciones ilustradas no son exhaustivas y los paneles MEMS de representación visual pueden modificarse según resulte apropiado para el uso previsto, y por ejemplo pueden incluir luces, filtros de color, obturadores que modulen la luz ambiente reflejada para proporcionar un panel MEMS de representación visual reflectante o transreflectante. En la Figura 37 se presenta un ejemplo de dicha pantalla de representación visual. Específicamente, la Figura 37 representa un panel MEMS de representación visual reflectante A1800 que incluye un grupo de lentes A1802 dispuestas en un conjunto de obturador A1810 que tiene un obturador A1808 que se mueve transversalmente sobre una superficie reflectante A1804 para modular la luz ambiental incidente. Así pues, las pantallas de representación visual pueden variar dependiendo de la aplicación, pueden tener diferentes formas y tamaños, pueden ser QVGA o tener otro tamaño, y el tamaño, conteo de píxeles y densidad de píxeles pueden variar de acuerdo con la aplicación.

15 La matriz de control conectada a la capa MEMS y a los conjuntos de obturador A616 controla el movimiento de los obturadores. La matriz de control incluye una serie de interconexiones eléctricas (no representadas), incluyendo una interconexión de habilitación de escritura, también denominada "interconexión de línea de escaneo", por cada fila de píxeles, una interconexión de datos por cada columna de píxeles, y una interconexión común que proporciona un voltaje común a todos los píxeles, o al menos a los píxeles tanto de múltiples columnas como de múltiples filas del panel de representación visual A600. En respuesta a la aplicación de un voltaje apropiado (el "voltaje de habilitación de escritura, V_{we} "), la interconexión de habilitación de escritura para una fila dada de píxeles prepara los píxeles de la fila para aceptar nuevas instrucciones de movimiento del controlador MEMS de pantalla de representación visual. Las interconexiones de datos comunican las nuevas instrucciones de movimiento en forma de impulsos de voltaje de datos. En algunas implementaciones, los impulsos de voltaje de datos aplicados a las interconexiones de datos contribuyen directamente a un movimiento electrostático de los obturadores. En otras implementaciones, los impulsos de voltaje de datos controlan unos conmutadores, p. ej., unos transistores u otros elementos de circuito no lineales que controlan la aplicación de diferentes voltajes de accionamiento, que normalmente son de magnitud superior a los voltajes de datos, sobre los conjuntos de obturador A616. Luego, la aplicación de estos voltajes de accionamiento resulta en el movimiento electrostático de los obturadores. Con este fin, puede utilizarse un controlador común A155 para accionar el movimiento de los obturadores una vez aplicados los voltajes de datos. El controlador común A155 representado puede controlar una o más señales comunes, esto es, señales suministradas eléctricamente a todos los conjuntos de obturador, o a un grupo de los mismos. Estas señales comunes pueden incluir habilitación de escritura común, el alto voltaje común de accionamiento de obturador, la masa común. Opcionalmente, el controlador común puede accionar múltiples líneas, tales como por ejemplo masas comunes que estén acopladas eléctricamente a diferentes áreas del panel MEMS de representación visual A14. Se entiende que los controladores de la Figura 23 se muestran como bloques funcionales, pero en la práctica estos controladores pueden implementarse como múltiples elementos de circuito y componentes discretos y la estructura actual variará de acuerdo con la aplicación a la que estén destinados.

El controlador de pantalla MEMS de representación visual representado en la Figura 23 incluye un controlador A156, una interfaz de pantalla de representación visual A158, una memoria intermedia de tramas A159, un control

de secuencia/temporización A160, controladores de datos A154, controladores de escaneo A152, controladores de lámparas A168, un controlador de energía A153, y también se muestran cuatro lámparas, A157a-d que operan bajo un control independiente como fuentes de luz para el panel MEMS de representación visual A12. Las lámparas, A157a-d tienen diferentes colores (rojo, verde, azul y blanco) para proporcionar imágenes/video en color así como imágenes y video monocromáticos. Las lámparas, A157a-d se muestran como elementos separados, pero comúnmente estas lámparas están integradas con la carcasa del panel de representación visual. El controlador de pantalla MEMS de representación visual A150 puede estar compuesto por elementos de lógica programable, tales como FPGAs, y componentes de circuito discretos. En una realización, el controlador A150 es un dispositivo FPGA programado para implementar el controlador de energía A153, la interfaz de pantalla de representación visual A158, la memoria intermedia de tramas A159 y el control de secuencia/temporización A160. El controlador de escaneo A152, el controlador de datos A154 y el controlador de lámparas A168 pueden ser componentes de circuito discretos, tales como circuitos integrados personalizados, controladores disponibles en el comercio y/o transistores discretos.

La pluralidad de controladores de escaneo A152 (también denominados “fuentes de voltaje de habilitación de escritura”) y una pluralidad de controladores de datos A154 (también denominados “fuentes de voltaje de datos”) están acoplados eléctricamente a la matriz de control de la pantalla de representación visual A12. Los controladores de escaneo A152 aplican voltajes de habilitación de escritura a las interconexiones de línea de escaneo, tales como las interconexiones de línea de escaneo A506 representadas en la Figura 24A. Los controladores de datos A154 aplican voltajes de datos a las interconexiones de datos A508. En algunas realizaciones del controlador de pantalla MEMS de representación visual, los controladores de datos A154 están configurados para proporcionar voltajes analógicos de datos a los conjuntos de obturador, especialmente cuando la escala de grises de la imagen va a derivarse de manera analógica. En la operación analógica, los conjuntos de obturador A616 están diseñados de tal modo que cuando se aplica un rango de voltajes intermedios a través de las interconexiones de datos A508, el resultado es un rango de estados de apertura intermedia de los obturadores y por lo tanto un rango de estados de iluminación intermedia o escalas de grises en la imagen.

En otros casos, los controladores de datos A154 están configurados para aplicar sólo un conjunto reducido de 2, 3 ó 4 niveles digitales de voltaje a la matriz de control. Estos niveles de voltaje están diseñados para ajustar, de manera digital, ya sea un estado abierto, un estado cerrado o un estado intermedio en cada uno de los obturadores.

Los controladores de escaneo A152 y los controladores de datos A154 están conectados a un circuito de control digital A156 (también denominado “controlador A156”). El controlador incluye una interfaz de representación visual A158 que procesa las señales de imagen entrantes en un formato de imagen digital apropiado para el direccionamiento espacial y las capacidades de escala de grises y el modo de operación de la pantalla de representación visual A12. La localización de píxeles y los datos de escala de grises de cada imagen se almacenan en una memoria intermedia de tramas A159, de tal modo que puedan suministrarse los datos según sea necesario a los controladores A154. Los datos se envían a los controladores de datos A154 en una transmisión en serie o en paralelo, organizados en secuencias predeterminadas agrupadas por filas y por tramas de imagen. Los controladores de datos A154 pueden incluir conversores de datos serie a paralelo, conmutación de nivel, y en algunas aplicaciones conversores de voltaje analógico a digital.

Todos los controladores (p. ej., los controladores de escaneo A152, los controladores de datos A154, el controlador de accionamiento A153 y el controlador de accionamiento global A155 (no representado) para diferentes funciones de representación visual están sincronizados en el tiempo mediante un control de temporización A160 del controlador A156. Los comandos de temporización coordinan la iluminación independiente, dependiente o sincronizada de las lámparas A157a-d roja, verde, azul y blanca a través de los controladores de lámparas A168, el habilitación de escritura y el secuenciado de filas específicas del grupo de píxeles, la emisión de voltajes desde los controladores de datos A154, y la emisión de voltajes que proporcionan el accionamiento de obturador.

El controlador A156 puede incluir una lógica de programa para implementar un generador de imagen de color que determina el esquema de secuencia o direccionamiento por el cual cada uno de los obturadores del grupo puede ser reajustado, según sea apropiado, a una nueva imagen. Por ejemplo, para pantallas de representación visual de video, las imágenes o tramas en color del video se refrescan a frecuencias que varían entre 10 y 1000 Hercios, aunque la frecuencia puede variar en base a la aplicación. En algunas realizaciones, se sincroniza el ajuste de una trama de imagen con la iluminación de una retroiluminación, de tal modo que se iluminen las tramas de imagen alternas con una serie alternada de colores, tales como rojo, verde, azul, y blanco. Las tramas de imagen para cada respectivo color se denominan subtramas de color. La FPGA puede tener una lógica de programa para implementar un controlador de luz para llevar a cabo la activación secuencial de los LEDs. En este procedimiento, denominado procedimiento de color secuencial de campo, si se alternan las subtramas de color a frecuencias superiores a 20 Hz, y preferiblemente 180 Hz, el usuario percibe un promedio de las tramas alternadas de imagen y visualiza una imagen que tiene un rango amplio y continuo de colores. La duración de la subtrama de color

puede variar dependiendo de la aplicación, y variando la duración de los parámetros de imagen de la trama temporal, tal como el brillo, pueden controlarse la saturación y la profundidad del color y también puede controlarse la energía utilizada. Por ejemplo, el controlador A156 puede ajustar la profundidad del color de las imágenes que se están representando para controlar la energía utilizada en la pantalla de representación visual, con la profundidad del color seleccionada como una función de la imagen que se está representando. En una aplicación de teléfono móvil, el controlador A156 puede identificar una señal de imagen entrante en el controlador A156 representativa del texto. Por ejemplo, cuando el usuario utiliza la interfaz de teclas, la lógica de programa puede determinar que se está introduciendo un número de teléfono y que va a reproducirse visualmente como una imagen. En este estado, el controlador A156 introduce un modo de operación monocromático. El controlador A156 activa los controladores para ajustar los obturadores para que representen visualmente una imagen monocromática del número de teléfono, y activa la fuente de luz a una frecuencia baja, o modo de estado estacionario, dado que en el modo monocromático no se requiere el secuenciado a través de múltiples formatos de imagen alternos para diferentes componentes de color. Esto reduce el uso de energía al evitar gastar energía para accionar los obturadores para alternar formatos de imagen, y evita accionar los LEDs con una tasa de conmutación o una temporización de trama que utilice energía. Puede adaptarse un modo similar de operación reduciendo la profundidad de color cuando sea posible, y por lo tanto reduciendo el número de veces que deben accionarse los obturadores para ajustar imágenes alternadas y permitiendo un mayor tiempo de trama para accionar los LEDs. La generación de imagen en color puede llevarse a cabo mediante el controlador A156, o pueden utilizarse dispositivos de lógica separados para el generador de imágenes en color.

En una realización alternativa, la pantalla MEMS de representación visual A12 incluye al menos una capa de filtro de color y normalmente la capa de filtro de color coloca filtros coloreados en la ruta de la luz que está siendo modulada por un grupo de respectivos obturadores. Con este fin, la pantalla MEMS de representación visual puede tener una capa de filtro de color, tal como la capa de filtro de color representada en la Figura 25B que muestra una capa de filtro de color dispuesta entre la placa de cubierta A602 y los obturadores A616. En particular, la capa de filtro de color está integrada en la matriz negra A608 y proporciona un segmento de filtro rojo A617a sobre el conjunto de obturador A616a, un segmento de filtro azul A617b sobre el conjunto de obturador A616b, y un segmento de filtro verde A617c sobre el conjunto de obturador A616c. Los tres conjuntos de obturador A616a-A616c pueden operarse por separado mediante el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70, y es un proceso de movimiento coordinado que ajusta la imagen sobre los tres conjuntos de obturador A616a-c, utilizándose un obturador para cada componente de color de la imagen. Los tres conjuntos de obturador trabajan juntos para proporcionar un píxel para la pantalla de representación visual. Con este fin, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 puede generar una imagen roja, una imagen azul y una imagen verde, cada una de las cuales se almacena en la memoria intermedia de tramas A159 y se envía al controlador de escaneo A152 y a los controladores de datos A154. En esta realización, sólo se necesita la lámpara blanca A157D y el color surge de la capa de filtro de color. En otra realización, pueden utilizarse otros colores de filtro y disposiciones de filtro.

Si el aparato de representación visual está diseñado para conmutar digitalmente los obturadores entre los estados abierto y cerrado, el controlador A156 puede controlar la secuencia de direccionamiento y/o los intervalos de tiempo entre tramas de imagen para producir imágenes con una escala de grises apropiada. El proceso para generar diversos niveles de escala de grises mediante el control de la cantidad de tiempo que está abierto un obturador de una trama particular se denomina escala de grises por apertura. En una realización de escala de grises por apertura, el controlador A156 determina el periodo de tiempo o la fracción de tiempo dentro de cada trama en que se permite a un obturador permanecer en el estado abierto, de acuerdo con el nivel de iluminación o escala de grises deseados para ese píxel. En otra realización de escala de grises por apertura, se divide el tiempo de trama en, por ejemplo, 15 subtramas de igual duración de acuerdo con los niveles de iluminación apropiados para una escala de grises binaria de 4 bits. Luego, el controlador A156 ajusta una imagen distintiva en cada una de las 15 subtramas. Los píxeles más brillantes de la imagen se dejan en el estado abierto durante la mayor parte de las 15 subtramas, o durante todas ellas, y los píxeles más oscuros se ajustan en el estado abierto durante sólo una fracción de las subtramas. En otra realización de escala de grises por apertura, el circuito controlador A156 altera la duración de una serie de subtramas en proporción con la significancia del nivel de bits de una palabra codificada de escala de grises que representa un valor de iluminación. Esto es, pueden variarse las duraciones temporales de las subtramas de acuerdo con las series binarias 1, 2, 4, 8... Luego se ajustan los obturadores A108 de cada píxel de una subtrama particular, ya sea al estado abierto o cerrado, de acuerdo con el valor de bits de una correspondiente posición dentro de la palabra binaria para su nivel de grises intencionado.

Se dispone de diversas técnicas híbridas para formar escalas de grises que combinan las técnicas de apertura, anteriormente descritas, con el uso de múltiples obturadores por píxel o bien del control independiente de la intensidad de la retroiluminación. Estas técnicas se describen en mayor detalle a continuación.

En una implementación, el direccionamiento de la matriz de control, es decir, el suministro de información de

control al grupo de píxeles, se hace por direccionamiento secuencial de líneas individuales, a veces denominadas líneas o filas de escaneo de la matriz. Aplicando V_{we} a la interconexión de habilitación de escritura para una determinada línea de escaneo, y aplicando selectivamente impulsos de voltaje de datos V_d a las interconexiones de datos A508 para cada columna, la matriz de control puede controlar el movimiento de cada obturador de la fila con habilitación de escritura. Repitiendo estas etapas para cada fila de píxeles de la pantalla MEMS de representación visual A12, la matriz de control puede completar el conjunto de instrucciones de movimiento para cada píxel de la pantalla MEMS de representación visual A12.

En una implementación alternativa, la matriz de control aplica V_{we} simultáneamente a las interconexiones de habilitación de escritura de múltiples filas de píxeles, por ejemplo, para aprovechar las similitudes entre las instrucciones de movimiento para píxeles de diferentes filas de píxeles, disminuyendo así la cantidad de tiempo necesaria para proporcionar instrucciones de movimiento a todos los píxeles de la pantalla MEMS de representación visual A12. En otra implementación alternativa, se direccionan las filas en un orden no secuencial, p. ej. en orden pseudoaleatorio, para minimizar los artefactos visuales que a veces se producen, especialmente en conjunto con el uso de una escala de grises codificada por división de tiempo.

En realizaciones alternativas, el grupo de píxeles y las matrices de control que controlan los píxeles incorporados en el grupo, pueden disponerse en otras configuraciones que no sean filas y columnas rectangulares. Por ejemplo, pueden disponerse los píxeles en grupos hexagonales o filas y columnas curvilíneas, y como representaciones visuales segmentadas, tal como se representa en la Figura 31B. en general, tal como se utiliza en el presente documento, el término línea de escaneo puede referirse a cualquier pluralidad de píxeles que compartan una interconexión de habilitación de escritura.

Matrices de Control y Procedimientos de Operación de las Mismas

La Figura 24A es un diagrama conceptual de una matriz de control A500 adecuada para su inclusión en el panel de representación visual A12 para direccionar una matriz de píxeles. La Figura 24B es una vista isométrica de una porción de una matriz de píxeles que incluye la matriz de control A500. Cada píxel A501 incluye un conjunto de obturador elástico A502 controlado por un actuador A503.

La matriz de control A500 se fabrica como un circuito eléctrico difundido o depositado en forma de película delgada sobre la superficie de un sustrato A504 sobre el que están formados los conjuntos de obturador A502. La matriz de control A500 incluye una interconexión de línea de escaneo A506 por cada fila de píxeles A501 de la matriz de control A500, y una interconexión de datos A508 por cada columna de píxeles A501 de la matriz de control A500. Cada interconexión de línea de escaneo A506 conecta eléctricamente una fuente de voltaje de habilitación de escritura A507 a los píxeles A501 de una correspondiente fila de píxeles A501. Cada interconexión de datos A508 conecta eléctricamente una fuente de voltaje de datos, (“fuente V_d ”) A509, a los píxeles A501 de una correspondiente columna de píxeles. En la matriz de control A500, el voltaje de datos V_d proporciona la mayor parte de la energía necesaria para el accionamiento. Así, la fuente de voltaje de datos A509 también sirve como fuente de voltaje de accionamiento. En realizaciones alternativas, el voltaje de accionamiento, V_d , puede ser una interconexión común a las células de la pantalla de representación visual.

Por cada píxel A501 o por cada conjunto de obturador del grupo, la matriz de control A500 incluye un transistor A510 y un capacitor A512 opcional. La puerta de cada transistor está conectada eléctricamente a la interconexión de línea de escaneo A506 de la fila del grupo en el que está situado el píxel A501. La fuente de cada transistor A510 está conectada eléctricamente a su correspondiente interconexión de datos A508. El conjunto de obturador A502 incluye un actuador con dos electrodos. Los dos electrodos tienen capacitancias significativamente diferentes con respecto a los alrededores. El transistor conecta la interconexión de datos A508 con el electrodo del actuador que tenga la capacitancia más baja. Más en particular, el drenaje de cada transistor A510 está conectado eléctricamente en paralelo a un electrodo del correspondiente capacitor A512 y al electrodo de menor capacitancia del actuador. El otro electrodo del capacitor A512 y el electrodo de mayor capacitancia del actuador del conjunto de obturador A502 están conectados a un potencial común o de tierra. En funcionamiento, para formar una imagen, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 acciona la matriz de control A500 para habilitar secuencialmente la escritura en cada fila del grupo, aplicando por turnos V_{we} a cada interconexión de línea de escaneo A506. Para una fila con habilitación de escritura, la aplicación de V_{we} a las puertas de los transistores A510 de los píxeles A501 de la fila permite el flujo de corriente a través de las interconexiones de datos A508 y a través de los transistores para aplicar un potencial sobre el actuador del conjunto de obturador A502. Mientras se permite la escritura en la fila, se aplican selectivamente voltajes de datos V_d a las interconexiones de datos A508. En implementaciones que proporcionan una escala de grises analógica, el voltaje de datos aplicado a cada interconexión de datos A508 se varía en relación con el brillo deseado del píxel A501 situado en la intersección de la interconexión de línea de escaneo A506 con habilitación de escritura y la interconexión de datos 508. En implementaciones que proporcionan esquemas de control digital, el voltaje de datos se selecciona para que sea un voltaje con una magnitud relativamente baja (es decir, un voltaje cercano a tierra) o bien para que iguale o supere

V_{at} (el umbral de voltaje de accionamiento). En respuesta a la aplicación de V_{at} a una interconexión de datos A508, el actuador del correspondiente conjunto de obturador A502 actuará, abriendo el obturador de dicho conjunto de obturador A502. El voltaje aplicado a la interconexión de datos A508 permanecerá almacenado en el capacitor A512 del píxel incluso después de que la matriz de control A500 deje de aplicar V_{we} a una fila. Por lo tanto, no es necesario esperar y mantener el voltaje V_{we} en una fila durante periodos de tiempo suficientemente largos como para que el conjunto 502 actúe; puede procederse a dicho accionamiento una vez que se ha eliminado el voltaje de habilitación de escritura de la fila. El voltaje de los capacitores A510 de una fila permanecerá sustancialmente almacenado hasta que se haya escrito una trama de video completa, y en algunas implementaciones hasta que se hayan escrito nuevos datos en la fila.

10 La matriz de control A500 puede fabricarse mediante el uso de la siguiente secuencia de etapas de procesamiento:

En primer lugar, se forma una capa de aberturas A550 en el sustrato A504. Si el sustrato A504 es opaco, tal como la silicona, entonces el sustrato A504 sirve como capa de aberturas A550, y se forman unos agujeros de aberturas A554 en el sustrato A504 grabando un conjunto de agujeros a través del sustrato A504. Si el sustrato A504 es transparente, tal como el vidrio, entonces la capa de aberturas A550 puede formarse a partir de la deposición de una capa de bloqueo de la luz sobre el sustrato A504 y el grabado de la capa de bloqueo de la luz en un grupo de agujeros. Los agujeros de aberturas A554 pueden tener una forma generalmente circular, elíptica, poligonal, serpenteante, o irregular. Si la capa de bloqueo de la luz también está fabricada con un material reflectante, tal como metal, entonces la capa de aberturas A550 puede actuar como superficie de espejo que recicle la luz no transmitida de vuelta a una retroiluminación adjunta, para una mayor eficiencia óptica. Pueden formarse películas metálicas reflectantes adecuadas para proporcionar el reciclaje de la luz mediante diversas técnicas de deposición de vapor que incluyen pulverización catódica, evaporación, sedimentación iónica, ablación por láser, o deposición química de vapor. Metales que son efectivos para esta aplicación reflectante incluyen, sin limitación, Al, Cr, Au, Ag, Cu, Ni, Ta, Ti, Nd, Nb, Si, Mo, Rh y/o aleaciones de los mismos. Los grosores en el rango de 30 nm a 1000 nm son suficientes.

En segundo lugar, se deposita una capa dieléctrica intermetálica en forma de sedimento por encima de la capa de aberturas metálica A550.

En tercer lugar, se deposita y se estampa una primera capa conductora sobre el sustrato. Esta capa conductora puede estamparse con las trazas conductoras de la interconexión de línea de escaneo A506. Cualquiera de los metales anteriormente listados, o de los óxidos conductores tales como el óxido de indio con estaño, pueden tener una resistencia suficientemente baja para esta aplicación. Se posiciona una porción de la interconexión de línea de escaneo A506 de cada píxel para formar la puerta de un transistor A510.

En cuarto lugar, se deposita otra capa dieléctrica intermetálica en forma de sedimento por encima de la primera capa de las interconexiones conductoras, incluyendo la porción que forma la puerta del transistor A510. Algunos dieléctricos intermetálicos suficientes para este propósito incluyen SiO_2 , Si_3N_4 , y Al_2O_3 con grosores en el rango de 30 nm a 1000 nm.

En quinto lugar, se deposita una capa de silicona amorfa por encima del dieléctrico intermetálico y luego se estampa para formar las zonas de fuente, drenaje y canal de una capa activa de transistor de película delgada. Alternativamente, este material semiconductor puede ser silicona policristalina.

En sexto lugar, se deposita y se estampa una segunda capa conductora sobre la silicona amorfa. Esta capa conductora puede estamparse con las trazas conductoras de la interconexión de datos A508. Pueden utilizarse los mismos metales y/u óxidos conductores anteriormente listados. También pueden utilizarse porciones de la segunda capa conductora para formar contactos para las áreas de fuente y drenaje del transistor A510.

Las estructuras de capacitor, tales como el capacitor A512, pueden construirse como placas formadas en la primera y la segunda capas conductoras con el material dieléctrico interpuesto.

En séptimo lugar, se deposita un dieléctrico pasivante por encima de la segunda capa conductora.

En octavo lugar, se deposita una capa mecánica sacrificial por encima de la capa pasivante. Se abren unas vías tanto en la capa sacrificial como en la capa pasivante, de tal modo que unas subsiguientes capas de obturador MEMS puedan hacer contacto eléctrico y fijarse mecánicamente a las capas conductoras situadas debajo.

En noveno lugar, se deposita y estampa una capa de obturador MEMS por encima de la capa sacrificial.

La capa de obturador MEMS se estampa con unos obturadores A502 así como con unos actuadores A503, y se ancla al sustrato A504 a través de unas vías que se estampan en la capa sacrificial. El patrón del obturador A502 se alinea con el patrón de los agujeros de aberturas A554 que se formaron en la primera capa de aberturas A550. La capa de obturador MEMS puede estar compuesta por un metal depositado, tal como Au, Cr o Ni, o un semiconductor depositado, tal como silicón policristalina o silicón amorfa, con grosores en el rango de 300 nanómetros a 10 micrómetros. Opcionalmente, el obturador puede ser un obturador compuesto que comprenda una capa de un metal entre otras dos capas, tal como dos capas de silicón amorfa.

En décimo lugar, se retira la capa sacrificial de tal modo que los componentes de la capa de obturador MEMS queden libres para moverse en respuesta a los voltajes que se apliquen a través de los actuadores A503.

En undécimo lugar, se recubren las paredes laterales de los electrodos del actuador A503 con un material dieléctrico para evitar los cortocircuitos entre electrodos con voltajes opuestos.

Son posibles muchas variaciones en el proceso anterior. Por ejemplo, la capa de aberturas reflectante A550 de la etapa 1 puede combinarse con la primera capa conductora. Se estampan unos huecos en esta capa conductora para proporcionar trazas eléctricamente conductoras dentro de la capa, al tiempo que la mayor parte del área de píxeles permanece cubierta con un metal reflectante. En otra realización, la fuente de transistor A510 y los terminales de drenaje pueden colocarse en la primera capa conductora mientras que los terminales de puerta se forman en la segunda capa conductora. En otra realización, se coloca la silicón semiconductor amorfa o policristalina directamente debajo de cada una de la primera y la segunda capas conductoras. En esta realización, pueden estamparse unas vías en el dieléctrico intermetálico de tal modo que puedan efectuarse contactos metálicos con la capa semiconductor subyacente. Adicionalmente, los dispositivos descritos en el presente documento pueden funcionar con muchas matrices de control diferentes, incluyendo matrices activas y/o pasivas.

Tal como se ha descrito en relación con la Figura 24B, los actuadores incluidos en el conjunto de obturador pueden diseñarse para ser mecánicamente bistables. Alternativamente, los actuadores pueden diseñarse para tener una única posición estable. Esto es, en ausencia de alguna forma de fuerza de accionamiento, dichos actuadores regresarán a una posición predeterminada, ya sea abierta o cerrada. En tales implementaciones, el conjunto de obturador incluye un único electrodo de accionamiento que, al ser energizado, hace que el actuador empuje o tire del obturador, sacándolo de su posición estable. El controlador de pantalla MEMS de representación visual A70 incluye una lógica de programa para proporcionar un controlador de sincronía que genera un impulso de sincronización para mover todos los obturadores, o al menos un grupo de los mismos, de la pantalla de representación visual hasta una condición o estado seleccionado. Un temporizador implementado en la FPGA puede ajustar intervalos de tiempo para accionar el impulso de sincronización, así como para accionar otras operaciones temporizadas, tales como, pero sin estar limitadas a, tramas de tiempo para operaciones de color secuencial en campo, que pueden configurar señales para accionar las lámparas y los obturadores. Adicionalmente, el temporizador FPGA puede monitorizar los dispositivos de entrada de usuario para cambiar el estado de la pantalla de representación visual, normalmente a un estado de energía más bajo, si ha transcurrido un intervalo de tiempo predeterminado, tal como 30 segundos, desde que el usuario activó un dispositivo de entrada.

Paneles de Representación Visual

La Figura 25A es una vista en sección transversal de una realización de un panel de modulación de la luz basado en un obturador A600, adecuado para su uso con los dispositivos manuales portátiles descritos en el presente documento. El panel de representación visual A600 incluye una cavidad óptica dispuesta debajo de la capa de modulación de luz A618, una fuente de luz A612, una fuente de modulación de luz A618, y una placa de cubierta A602. La cavidad óptica incluye una superficie reflectante encarada hacia atrás en el grupo de modulación de luz A618, una guía de luz A628, una superficie reflectante trasera encarada hacia delante A614, un difusor A624, y una película de aumento del brillo A622.

El espacio entre el capa de modulación de luz A618 y la placa de cubierta A602 está lleno de un lubricante A632. La placa de cubierta A602 está sujeta al conjunto de obturador mediante un epoxi A625, tal como EPO-TEK B9021-1, comercializado por Epoxy Technology, Inc. El epoxi también sirve para sellar el lubricante A624.

Una abrazadera de montaje A626 de metal laminado o plástico moldeado sujeta entre sí la placa de cubierta A602, la capa de modulación de luz A618, y la cavidad óptica alrededor de los bordes. La abrazadera de montaje A626 se aprieta mediante tornillos o lengüetas dentadas para añadir rigidez al dispositivo combinado. En algunas implementaciones, la fuente de luz A612 está formada en su sitio mediante un compuesto de epoxi de encapsulación.

El panel de representación visual A600 puede asentarse en una carcasa, normalmente asentando la abrazadera plástica de montaje contra uno o más soportes de panel dentro de la carcasa. En una realización, el soporte de panel puede ser una pared lateral plástica moldeada que esté dimensionada para soportar el borde periférico del panel de representación visual A600. Una junta resiliente puede estar colocada sobre la pared lateral moldeada para proporcionar protección ante los golpes, y el panel puede estar pegado a la junta.

La Figura 26 es una vista en sección transversal de un modulador de luz espacial basado en obturador A700. El modulador de luz espacial basado en obturador A700 incluye un grupo de modulación de luz A702, una cavidad óptica A704, y una fuente de luz A706. Adicionalmente, el modulador de luz espacial incluye una placa de cubierta A708.

La placa de cubierta A708 cumple varias funciones, incluyendo proteger el grupo de modulación de luz A702 frente a daños mecánicos y ambientales. La placa de cubierta A708 es un plástico transparente fino, tal como policarbonato, o una lámina de vidrio. La placa de cubierta puede recubrirse y estamparse con un material absorbente de la luz, también denominado matriz negra A710. La matriz negra puede depositarse sobre la placa de cubierta en forma de una gruesa capa de resina acrílica o de vinilo que contenga pigmentos absorbentes de la luz. Opcionalmente, puede proporcionarse una capa separada.

La matriz negra A710 absorbe sustancialmente toda la luz ambiente incidente A712. Luz ambiente es la luz que se origina desde fuera del modulador de luz espacial A700, en la cercanía del observador, excepto en las zonas de transmisión de luz estampadas A714 posicionadas sustancialmente próximas a las zonas de transmisión de luz A716 formadas en la cavidad óptica A704. Por lo tanto, la matriz negra A710 aumenta el contraste de una imagen formada por el modulador de luz espacial A700. La matriz negra A710 también puede funcionar para absorber la luz que escapa de la cavidad óptica A704, que puede emitirse por fugas o de manera continua en el tiempo.

En una implementación, se depositan filtros de color, por ejemplo, en forma de resinas acrílicas o vinílicas sobre la placa de cubierta A708. Los filtros pueden depositarse de manera similar a la utilizada para formar la matriz negra A710, pero si no, se estampan los filtros sobre las zonas de transmisión de luz A716 abiertas de la cavidad óptica A704. Las resinas pueden mezclarse alternativamente con pigmento rojo, verde, azul, u otros pigmentos.

La separación entre el grupo de modulación de la luz A702 y la placa de cubierta A708 es inferior a 100 micrómetros, y puede ser tan pequeña como 10 micrómetros o menos. El grupo de modulación de luz A702 y la placa de cubierta A708 preferiblemente no hacen contacto, excepto, en algunos casos, en puntos predeterminados, mediante separadores o postes definidos litográficamente, con una altura de 2 a 20 micrómetros, que se colocan entre los moduladores derechos individuales del grupo de modulación de luz A702, o puede mantenerse la separación mediante un separador metálico laminado insertado alrededor de los bordes del dispositivo combinado.

La Figura 27 es una vista en sección transversal de un modulador de luz espacial basado en un obturador A800. El modulador de luz espacial basado en un obturador A800 incluye una cavidad óptica A802, una fuente de luz A804, una capa de modulación de luz A806. Adicionalmente, el modulador de luz espacial basado en un obturador A800 incluye una placa de cubierta A807, tal como la placa de cubierta A708 descrita en relación con la Figura 26.

La cavidad óptica A802 del modulador de luz espacial basado en un obturador A800 incluye una guía de luz A808 y la porción encarada hacia atrás del grupo de modulación de luz A806. El grupo de modulación de luz A806 está formado en su propio sustrato A810. Tanto la guía de luz A808 como el sustrato A810 tienen unos lados delantero y trasero. El grupo de modulación de luz A806 está formado en el lado delantero del sustrato A810. Una superficie reflectante trasera encarada hacia delante A812, en forma de una segunda capa metálica, está depositada en el lado trasero de la guía de luz A808 para formar la segunda superficie reflectante de la cavidad óptica A802. Alternativamente, la cavidad óptica A802 incluye una tercera superficie situada detrás del lado trasero de la guía de luz A808, y encarado hacia el mismo. En tales implementaciones, la superficie reflectante trasera encarada hacia delante A812 se deposita en la tercera superficie encarada hacia la parte delantera del modulador de luz espacial A800, en vez de directamente sobre el lado trasero de la guía de luz A808. La guía de luz A808 incluye una pluralidad de elementos difusores de luz A809, distribuidos con un patrón predeterminado en el lado encarado hacia atrás de la guía de luz A808, para crear una distribución más uniforme de la luz a través de la cavidad óptica.

En una implementación, la guía de luz A808 y el sustrato A810 están sujetos en estrecho contacto entre sí. Están preferiblemente formados por materiales que tengan índices refractivos similares, de tal modo que se eviten los reflejos en su interfaz. En otra implementación, unos pequeños aisladores o materiales de separación mantienen la guía de luz A808 y el sustrato A810 a una distancia predeterminada, desacoplando ópticamente entre sí la guía de luz A808 y el sustrato A810. La separación de la guía de luz A808 y el sustrato A810 resulta en un hueco de aire A813 formado entre la guía de luz A808 y el sustrato A810. El hueco de aire promueve los reflejos internos totales dentro de la guía de luz A808 en su superficie encarada hacia delante, facilitando por lo tanto la distribución de la

luz A814 dentro de la guía de luz antes de que uno de los elementos difusores de luz A809 dirija la luz A814 hacia el conjunto obturador del grupo de modulación de luz A806. Alternativamente, el huelgo entre la guía de luz A808 y el sustrato A810 puede llenarse con vacío, uno o más gases seleccionados, o un líquido.

5 La Figura 28 representa un dispositivo manual portátil que comprende un reproductor de medios que tiene una pantalla de representación visual situada dentro del reproductor de medios, y capaz de presentar información gráfica y de texto al usuario. Más en particular, la realización de la Figura 28 representa un reproductor MP3 del tipo empleado comúnmente para escuchar música almacenada en un medio digital. En la realización representada, la carcasa está adaptada para que quepa en la mano del usuario, o para sujetarse a la ropa del usuario mediante un clip para permitir el transporte sin manos del dispositivo. La interfaz de usuario incluye una pluralidad de botones situados en el exterior de la carcasa y el panel de representación visual. El reproductor MP3 mostrado en 10 la Figura 28 puede incluir un controlador de pantalla de representación visual similar al controlador de pantalla de representación visual mostrado en la Figura 23. El controlador de pantalla de representación visual puede tener modos de operación capaces de reducir el gasto de energía empleada para presentar imágenes en la pantalla de representación visual, prolongando así la vida útil de la fuente de energía a bordo.

15 La Figura 29 representa otra aplicación de los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento. En particular, la Figura 29 representa un dispositivo manual portátil de teléfono inteligente A1000 que tiene una carcasa A1008, un panel de representación visual A1002, y un dispositivo de interfaz de usuario mostrado como el teclado A1004. El dispositivo manual portátil de teléfono inteligente A1000 incluye un panel MEMS de representación visual que puede compararse con los paneles MEMS de representación visual anteriormente descritos y tiene un controlador de pantalla MEMS de representación visual comparable al controlador 20 anteriormente descrito con referencia al dispositivo A10 mostrado en la Figura 20. Opcionalmente, el controlador de pantalla MEMS de representación visual del sistema A1000 puede incluir un modo de reserva de energía opcional en el cual el controlador de energía A153 del controlador de pantalla MEMS de representación visual A150 determina que la fuente de energía está agotándose o que ha caído por debajo de un valor de umbral predeterminado. En tal modo de operación, que opcionalmente puede ser seleccionable por el usuario, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A150 opera en modo de baja energía para conservar la energía para la función principal del dispositivo de telefonía móvil A1000, que normalmente es la comunicación celular. Con este fin, el controlador de pantalla MEMS de representación visual A150 puede presentar visualmente 25 señales de imagen como señales estáticas monocromáticas, normalmente en blanco y negro, en la pantalla de representación visual A1002. De esta manera, el controlador de pantalla de representación visual desactivará las operaciones de color secuencial de campo y utilizará el LED blanco A157d con el fin de iluminar la pantalla de representación visual A1002. El controlador de energía A153 puede ajustar la amplitud con la que se acciona el LED blanco A157b, seleccionando un modo operativo de baja energía que accione el LED blanco A157d con un voltaje constante de CC que sea suficiente para iluminar la pantalla de representación visual. Los LEDs blancos 30 comercializados operan en el rango de 10 a 30 milivatios, lo que supone un gasto mínimo de la fuente de energía A76.

El teléfono inteligente representado también puede tener una pantalla sensible al tacto tal como se ha descrito anteriormente. La pantalla táctil puede ser una pantalla táctil disponible comercialmente que quede sobrepuesta al panel MEMS de representación visual, o al menos a una sección de dicho panel. En esta realización, la placa de cubierta del panel MEMS de representación visual puede tener un grosor seleccionado para evitar que el panel de 40 representación visual se cuele hacia dentro cuando el usuario presione hacia abajo con un dedo o un puntero. El grosor variará dependiendo del material, y puede estar entre 2mm y 500mm. Adicionalmente, puede posicionarse un soporte, tal como los postes A640, entre los obturadores móviles y la placa de cubierta para mantener la placa de cubierta separada de los obturadores. El lubricante fluido opcional también ofrece un soporte hidráulico que reduce el desplazamiento hacia dentro de la placa de cubierta, hacia los obturadores móviles. El panel MEMS de 45 representación visual puede evitar el efecto de onda que sufren las pantallas LCD sensibles al tacto, y ofrecer una mejor resolución durante la introducción de datos.

En particular, en la Figura 30 se representa una aplicación de libro electrónico, mostrándose en la Figura 30A el dispositivo de libro electrónico en la posición cerrada y en la posición abierta en la Figura 30B. Por dispositivo de 50 libro electrónico generalmente se entiende un dispositivo electrónico de representación visual capaz de presentar un texto a un usuario, en una pantalla de representación visual, mediante la lectura de un dispositivo de medio digital que almacena el texto, que puede ser una novela, un periódico, u otra información. En la realización representada en las Figuras 30A y 30B, el libro electrónico A1100 incluye una carcasa A1102 que tiene una bisagra A1106 para permitir que una mitad de la carcasa se cierre sobre la segunda mitad de la carcasa. Tal como se 55 ilustra adicionalmente en la Figura 30B, el libro electrónico A1100 puede tener un primer panel A1104 y un segundo panel A1108. Un teclado A1110 puede proporcionar una serie de dispositivos de entrada de usuario, que éste puede utilizar para manipular las imágenes que aparecerán en una de las pantallas A1104 o A1108.

En la realización representada en las Figuras 30A y 30B, el dispositivo manual portátil de libro electrónico puede

tener un panel MEMS de representación visual comparable a los paneles MEMS de representación visual anteriormente mencionados, y puede tener un controlador de pantalla MEMS de representación visual comparable a los controladores de pantalla MEMS de representación visual anteriormente descritos. El libro electrónico A1100 normalmente se opera en un modo monocromático en el que el controlador de pantalla MEMS de representación visual utiliza un LED blanco para proporcionar al usuario imágenes estáticas en blanco y negro con información de texto. En ciertas realizaciones, pueden mostrarse visualmente al usuario imágenes en color, tales como la cubierta de un libro o una imagen del libro, como parte del contenido almacenado en el medio digital, y en esos casos el controlador de pantalla MEMS de representación visual puede utilizar técnicas de generación de color secuencial de campo, tales como las descritas anteriormente, para generar una imagen en color en cualquiera de los paneles de representación visual A1104 y A1108. El controlador de pantalla MEMS de representación visual puede tener un modo de operación monocromático para generar imágenes estáticas por las que el usuario puede desplazarse utilizando los dispositivos de interfaz A1110. El controlador de pantalla MEMS de representación visual puede tener un modo monocromático de operación ejecutado a través del controlador A156 que prepara imágenes en la memoria de trama intermedia para su representación visual. El controlador de pantalla MEMS de representación visual puede ajustar los obturadores del dispositivo MEMS a una configuración adecuada para representar la información de texto que mostrará visualmente al usuario. Opcionalmente, el modo de operación puede ser en blanco y negro, o en alguna otra composición de color monocromático que utilice un LED de menor energía, tal como un LED blanco accionado por un voltaje constante o por una fuente de luz que conmute a una velocidad relativamente lenta, suficiente para presentar imágenes gráficas estáticas.

Las Figuras 31A y 31B muestran una realización adicional de los dispositivos manuales portátiles descritos en el presente documento. En particular, la Figura 31A muestra un reloj de pulsera A1200 que tiene una correa A1202 que sujeta la caja del reloj de pulsera A1200 al brazo del usuario. El reloj de pulsera A1200 incluye una caja A1204 que incluye un panel de representación visual A1208. El panel de representación visual es un panel MEMS de representación visual que puede compararse con los paneles MEMS de representación visual anteriormente analizados. El panel MEMS de representación visual encaja dentro de una caja de reloj que tiene un factor de forma adecuado para que el usuario la lleve en la muñeca.

En la realización representada en la Figura 31A, el panel MEMS de representación visual A1208 puede incluir una sección segmentada de representación visual, tal como las secciones segmentadas de representación visual anteriormente mencionadas. En particular, el panel de representación visual A1208 puede comprender o incluir un panel de representación visual que tenga una sección segmentada como la sección segmentada representada en la Figura 31B. La Figura 31B ilustra un ejemplo de una pantalla segmentada de representación visual que incluye siete segmentos que forman la figura de un ocho. Cada uno de los segmentos incluye una pluralidad de conjuntos de obturador, comparables a los anteriormente analizados, que incluyen unos obturadores transversalmente móviles capaces de modular la luz. Cada uno de los segmentos tiene un grupo de conjuntos de obturador que están cableados entre sí y que, por lo tanto, responderán juntos a los comandos del controlador de pantalla MEMS de representación visual contenido dentro del reloj A1200. Los segmentos representados pueden estar formados en un sustrato de vidrio que opcionalmente está posicionado encima de una fuente de luz. Sin embargo, en la realización representada en la Figura 31B, la fuente de luz puede ser una fuente de luz frontal, u opcionalmente la pantalla de representación visual puede ser una pantalla de representación visual reflectante, los obturadores transversalmente móviles pueden ser reflectantes, o pueden deslizar sobre una superficie reflectante. Cualquiera de los obturadores transversales modulará la luz de tal modo que el respectivo segmento de la pantalla de representación visual de siete segmentos pueda ajustarse a una condición encendida o una condición apagada, según sea apropiado. Tal como se ha mencionado anteriormente, los segmentos pueden ser monocromáticos o pueden ser en color, y con este fin el controlador de pantalla MEMS de representación visual puede utilizar un control secuencial de campo, o pueden aplicarse filtros de color a la pantalla de representación visual, tal como se ha analizado anteriormente.

En la realización mostrada en la Figura 31B, la pantalla segmentada de representación visual se muestra como una pantalla de representación visual independiente. Sin embargo, la pantalla segmentada de representación visual de la Figura 31B puede ser una de una pluralidad de pantallas segmentadas de representación visual dispuestas en una alineación lineal, de tal modo que pueda representarse visualmente la fecha, hora, u otra información en las pantallas segmentadas de representación visual plurales. Adicionalmente, las pantallas segmentadas de representación visual pueden estar formadas en un sustrato que también contenga una matriz de obturadores transversalmente móviles, proporcionando así una pantalla de representación visual que tenga integrada tanto una sección segmentada de representación visual como una sección pixelada de representación visual. Por ejemplo, en la aplicación de reloj, el reloj A1200 puede tener una sección superior que sea una pantalla pixelada de representación visual y que permita presentar una imagen tal como una esfera de reloj, una rosa de los vientos, u otra imagen. Debajo de la matriz pixelada puede estar la pantalla segmentada de representación visual, que puede utilizarse para presentar una lectura de la hora, la fecha, funciones de cronómetro, así como unas secciones segmentadas de representación visual que se utilizan para presentar iconos por ejemplo si se configura

una alarma, si la hora es am o pm, y una designación de la fecha, tal como Mi para representar el Miércoles.

Con este fin, el controlador de pantalla MEMS de representación visual puede incluir un controlador de pantalla segmentada de representación visual que pueda controlar una pantalla segmentada de representación visual dentro del control de programa del controlador.

5 La Figura 32 representa un reproductor de medios que tiene un panel de representación visual comparable a los paneles MEMS de representación visual anteriormente descritos. La Figura 33 representa un receptor GNSS que también tiene un panel de representación visual similar a los paneles de representación visual anteriormente mencionados. La Figura 34 representa un ordenador portátil que tiene un panel de representación visual también comparable a los paneles de representación visual anteriormente mencionados. El ordenador portátil puede
10 emplear el controlador de pantalla MEMS de representación visual para disponer de modos de energía que conserven la energía en respuesta a las condiciones luminosas medidas por un detector del nivel de luz, y en respuesta a controles del usuario y a los niveles de la fuente de energía. Por ejemplo, los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento pueden detectar la energía disponible, o los datos introducidos por el usuario, para conservar la energía, y cambiar el modo de operación a un modo monocromático, o elegir una
15 profundidad de bits, tal como color a 4 bits, que proporcione una gama limitada de colores y conserve la energía.

La invención puede realizarse en otras formas específicas sin salirse del espíritu o las características esenciales de la misma. Por ejemplo, las Figuras 35 y 36 representan realizaciones alternas de los paneles MEMS de representación visual.

La Figura 35 es una vista en sección transversal de un conjunto de pantalla de representación visual A1600 que
20 incorpora unos conjuntos de obturador A1602. Los conjuntos de obturador A1602 están dispuestos sobre un sustrato de vidrio A1604. Una película reflectante A1606 dispuesta sobre el sustrato A1604 define una pluralidad de aberturas de superficie A1608 situadas debajo de las posiciones cerradas de los obturadores A1610 de los conjuntos de obturador A1602. La película reflectante A1606 refleja la luz que no pasa a través de las aberturas de superficie A1608 de vuelta hacia la parte trasera del conjunto de pantalla de representación visual A1600. Un
25 difusor opcional A1612 y una película opcional de aumento del brillo A1614 pueden separar el sustrato A1604 de una retroiluminación A1616. La retroiluminación A1616 está iluminada por una o más fuentes de luz A1618. Las fuentes de luz A1618 pueden ser, por ejemplo, y sin limitación, lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes, o diodos emisores de luz. Una película reflectante A1620 está dispuesta detrás de la retroiluminación A1616, reflejando la luz hacia los conjuntos de obturador A1602. Los rayos de luz de la retroiluminación que no pasan a
30 través de uno de los conjuntos de obturador A1602 serán devueltos a la retroiluminación y reflejados nuevamente desde la película A1620. De esta manera, la luz que no logre abandonar la pantalla de representación visual para formar una imagen en el primer pase, puede reciclarse y estar disponible para su transmisión a través de otras aberturas abiertas del grupo de conjuntos de obturador A1602. Dicho reciclaje de luz ha demostrado un aumento de la eficiencia de iluminación de la pantalla de representación visual. Una placa de cubierta A1622 forma el frente del conjunto de pantalla de representación visual A1600. El lado trasero de la placa de cubierta A1622 puede
35 cubrirse con una matriz negra A1624 para aumentar el contraste. La placa de cubierta A1622 está separada por una distancia predeterminada de los conjuntos de obturador A1602, formando un huelgo A1626. El huelgo A1626 se mantiene mediante soportes mecánicos y/o mediante un sello de epoxi A1628 que sujeta la placa de cubierta A1622 al sustrato A1604. El epoxi A1628 deberá tener una temperatura de curación preferiblemente inferior a 200 C, deberá tener un coeficiente de expansión térmica preferiblemente inferior a 50 ppm por grado C, y deberá ser resistente a la humedad. Un ejemplo de epoxi A1628 es el EPO-TEK B9016-1, comercializado por Epoxi Technology, Inc.

El sello de epoxi A1628 sella un fluido de trabajo A1630. El fluido de trabajo A1630 está diseñado con una viscosidad preferiblemente inferior a 10 centipoise y con una constante dieléctrica relativa preferiblemente superior
45 a 2,0 aproximadamente, y una resistencia de ruptura dieléctrica superior a 10^4 V/cm. El fluido de trabajo A1630 también puede servir como lubricante. Sus propiedades mecánicas y eléctricas también son efectivas para reducir el voltaje necesario para mover el obturador entre las posiciones abierta y cerrada. En una implementación, el fluido de trabajo A1630 preferiblemente tiene un bajo índice refractivo, preferiblemente inferior a 1,5 aproximadamente. En otra implementación, el fluido de trabajo A1630 tiene un índice refractivo que coincide con el
50 del sustrato A1604. Fluidos de trabajo A1630 adecuados incluyen, sin limitación, agua desionizada, metanol, etanol, aceites de silicona, aceites de silicona fluorinada, dimetilsiloxano, polidimetilsiloxano, hexadimetilsiloxano, y dietilbenceno.

Una abrazadera de montaje A1632 de metal laminado o plástico moldeado sujeta entre sí por sus bordes la placa de cubierta A1622, los conjuntos de obturador A1602, el sustrato A1604, la retroiluminación A1616 y el resto de
55 partes de componente. La abrazadera de montaje A1632 se aprieta mediante tornillos o lengüetas dentadas para añadir rigidez al conjunto combinado de pantalla de representación visual A1600. En algunas implementaciones, la fuente de A1618 está moldeada en su sitio mediante un compuesto de encapsulación de epoxi.

La Figura 36 es una vista en sección transversal de un conjunto de obturador A1700 que incorpora unos conjuntos de obturador A1702. Los conjuntos de obturador A1702 están dispuestos sobre un sustrato de vidrio A1704.

5 El conjunto de obturador A1700 incluye una retroiluminación A1766, que está iluminada por una o más fuentes de luz A1718. Las fuentes de luz A1718 pueden ser, por ejemplo, y sin limitación, lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes, láseres, o diodos emisores de luz. Una película reflectante A1720 está dispuesta detrás de la retroiluminación A1716, reflejando la luz hacia los conjuntos de obturador A1702.

El sustrato A1704 está orientado de tal modo que los conjuntos de obturador A1702 queden encarados hacia la retroiluminación.

10 Un difusor opcional A1712 y una película opcional de aumento del brillo A1714 están interpuestos entre la retroiluminación A1716 y los conjuntos de obturador A1702. También interpuesta entre la retroiluminación A1716 y los conjuntos de obturador A1702 se encuentra una placa de aberturas A1722. Una película reflectante A1724 está dispuesta sobre la placa de aberturas A1722, y encarada hacia los conjuntos de obturador. La película reflectante A1724 define una pluralidad de aberturas de superficie A1708 situadas debajo de las posiciones cerradas de los obturadores A1710 de los conjuntos de obturador A1702. La placa de aberturas A1722 está separada por una distancia predeterminada de los conjuntos de obturador A1702, formando un huelgo A1726. El huelgo A1726 se mantiene mediante unos soportes mecánicos y/o mediante un sello de epoxi A1728 que sujetan la placa de aberturas A1722 al sustrato A1704.

20 La película reflectante A1724 refleja la luz que no pasa a través de las aberturas de superficie A1708 de vuelta hacia la parte trasera del conjunto de pantalla de representación visual A1700. Los rayos de luz de la retroiluminación que no pasen a través de uno de los conjuntos de obturador A1702 serán devueltos a la retroiluminación y reflejados nuevamente desde la película A1720. De esta manera, la luz que no logre abandonar la pantalla de representación visual para formar una imagen en el primer pase, puede reciclarse y estar disponible para su transmisión a través de otras aberturas abiertas del grupo de conjuntos de obturador A1702. Dicho reciclaje de luz ha demostrado un aumento de la eficiencia de iluminación de la pantalla de representación visual.

25 El sustrato A1704 forma el frente del conjunto de pantalla de representación visual A1700. Una película absorbente A1706, dispuesta sobre el sustrato A1704, define una pluralidad de aberturas de superficie A1730 situadas entre los conjuntos de obturador A1702 y el sustrato A1704. La película A1706 está diseñada para absorber la luz ambiental y por lo tanto aumentar el contraste de la pantalla de representación visual.

30 El epoxi A1728 deberá tener una temperatura de curación preferiblemente inferior a 200 C, deberá tener un coeficiente de expansión térmica preferiblemente inferior a 50 ppm por grado C, y deberá ser resistente a la humedad. Un de epoxi A1728 ejemplar es el EPO-TEK B9022-1, comercializado por Epoxi Technology, Inc.

35 El sello de epoxi A1728 sella un fluido de trabajo A1732. El fluido de trabajo A1732 está diseñado con una viscosidad preferiblemente por inferior a 10 centipoise y con una constante dieléctrica relativa preferiblemente superior a 2,0 aproximadamente, y una resistencia de ruptura dieléctrica superior a 10^4 V/cm. El fluido de trabajo A1732 también puede servir como lubricante. Sus propiedades mecánicas y eléctricas también son efectivas para reducir el voltaje necesario para mover el obturador entre las posiciones abierta y cerrada. En una implementación, el fluido de trabajo A1732 preferiblemente tiene un bajo índice refractivo, preferiblemente inferior a 1,5 aproximadamente. En otra implementación, el fluido de trabajo A1732 tiene un índice refractivo que coincide con el del sustrato A1704. Fluidos de trabajo A1730 adecuados incluyen, sin limitación, agua desionizada, metanol, etanol, aceites de silicona, aceites de silicona fluorinada, dimetilsiloxano, polidimetilsiloxano, hexadimetilsiloxano, y dietilbenceno.

45 Una abrazadera de montaje A1734 de metal laminado o plástico moldeado sujeta entre sí por sus bordes la placa de cubierta A1722, los conjuntos de obturador A1702, el sustrato A1704, la retroiluminación A1716 y el resto de partes de componente. La abrazadera de montaje A1732 se aprieta mediante tornillos o lengüetas dentadas para añadir rigidez al conjunto combinado de pantalla de representación visual A1700. En algunas implementaciones, la fuente de luz A1718 está moldeada en su sitio mediante un compuesto de encapsulación de epoxi.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un aparato de representación visual, que comprende:
- una matriz de píxeles dispuestos en filas y columnas, que incluye
 - un sustrato transparente (A630), y
 - 5 una pluralidad de moduladores de luz basados en MEMS (912); y
 - una matriz de control (900) dispuesta sobre el sustrato, que incluye,
 - una conexión eléctrica común (914) entre un conjunto de píxeles, incluyendo el conjunto de píxeles al menos dos de las columnas y al menos dos de las filas,
 - una interconexión de voltaje de datos (906a) que se corresponde con una de las columnas, y
 - 10 un conmutador (908a) incorporado en uno de los píxeles para controlar el accionamiento de un correspondiente modulador de luz basado en MEMS, en respuesta a un voltaje aplicado por la interconexión de voltaje de datos.
- 2.- El aparato de representación visual de la reivindicación 1, en el cual la conexión eléctrica común es una interconexión de accionamiento global.
- 15 3.- El aparato de representación visual de la reivindicación 1, en el cual la conexión eléctrica común suministra un voltaje de polarización al conjunto de píxeles.
- 4.- El aparato de representación visual de la reivindicación 1, que comprende una fuente de voltaje de accionamiento global para aplicar un voltaje de accionamiento global a la conexión eléctrica común.
- 20 5.- El aparato de representación visual de la reivindicación 4, en el cual la fuente de voltaje de accionamiento global aplica un voltaje suficiente para accionar el píxel.
- 6.- El aparato de representación visual de la reivindicación 1, en el cual la conexión eléctrica común comprende un drenaje de corriente común para aceptar la carga almacenada en los píxeles del grupo de píxeles, permitiendo de esta manera el accionamiento de la pluralidad de correspondientes moduladores de la luz basados en MEMS.
- 25 7.- El aparato de representación visual de la reivindicación 1, en el cual los moduladores de luz basados en MEMS comprenden unos conjuntos de obturador.
- 8.- El aparato de representación visual de la reivindicación 3, en el cual la aplicación de un voltaje de datos a la interconexión de voltaje de datos reduce sustancialmente el cambio de voltaje adicional mínimo necesario para accionar uno de los moduladores de a luz basados en MEMS, y en el cual la conexión eléctrica común suministra el cambio de voltaje adicional mínimo.
- 30 9.- El aparato de representación visual de la reivindicación 1, en el cual al menos un píxel del grupo de píxeles incluye un primer actuador para accionar el modulador de luz basado en MEMS a un primer estado, y un segundo actuador para accionar el modulador de la luz basado en MEMS a un segundo estado.
- 10.- El aparato de representación visual de la reivindicación 1, en el cual el mencionado píxel comprende un elemento de memoria, y en el cual el conmutador correspondiente al píxel controla el almacenamiento del voltaje de datos mediante el elemento de memoria.
- 35 11.- Un procedimiento para formar una imagen en una pantalla de representación visual, que comprende:
- seleccionar una primera línea de escaneo (904) de la pantalla de representación visual, en el cual la línea de escaneo (904) incluye una pluralidad de píxeles;
 - para al menos un primer píxel de la pluralidad de píxeles de la línea de escaneo seleccionada, regular selectivamente un voltaje a través de un primer actuador por medio de un primer conmutador (908a) dispuesto sobre un sustrato transparente, habilitando así al primer actuador para accionar un correspondiente modulador de luz basado en MEMS a un primer estado;
 - seleccionar una segunda línea de escaneo (904) de la pantalla de representación visual que incluya una segunda pluralidad de píxeles;
 - 45 para al menos un segundo píxel de la segunda pluralidad de píxeles de la segunda línea de escaneo

seleccionada, regular selectivamente un voltaje a través de un segundo actuador por medio de un segundo conmutador (908a), habilitando así al segundo actuador para accionar un correspondiente segundo modulador de luz basado en MEMS a un segundo estado;

5 aplicar un voltaje de accionamiento global a una interconexión de accionamiento global (914) compartida entre al menos dos píxeles de la primera línea de escaneo y al menos dos píxeles de la segunda línea de escaneo, accionando así el primer y el segundo actuadores habilitados; y

dirigir una luz hacia la primera y la segunda líneas de escaneo para formar una imagen.

10 12.- El procedimiento de la reivindicación 11, en el cual la interconexión de accionamiento global proporciona un drenaje de corriente común para aceptar una carga almacenada en los píxeles del grupo de píxeles, permitiendo así el accionamiento de los actuadores activados.

13.- El procedimiento de la reivindicación 11, en el cual el primer y el segundo moduladores de luz basados en MEMS comprenden unos conjuntos de obturador.

15 14.- El procedimiento de la reivindicación 11, en el cual el voltaje a través del primer actuador se regula mediante la aplicación de un voltaje de datos al primer conmutador, y en el cual la magnitud del voltaje regulado por el conmutador es sustancialmente superior a la magnitud del voltaje de datos.

15.- El procedimiento de la reivindicación 11, en el cual el accionamiento del primer y el segundo moduladores de luz basados en MEMS al primer y el segundo estados comprende mover los obturadores incorporados en los respectivos conjuntos de obturador en un plano paralelo a un sustrato sobre el que están formados los conjuntos de obturador.

20

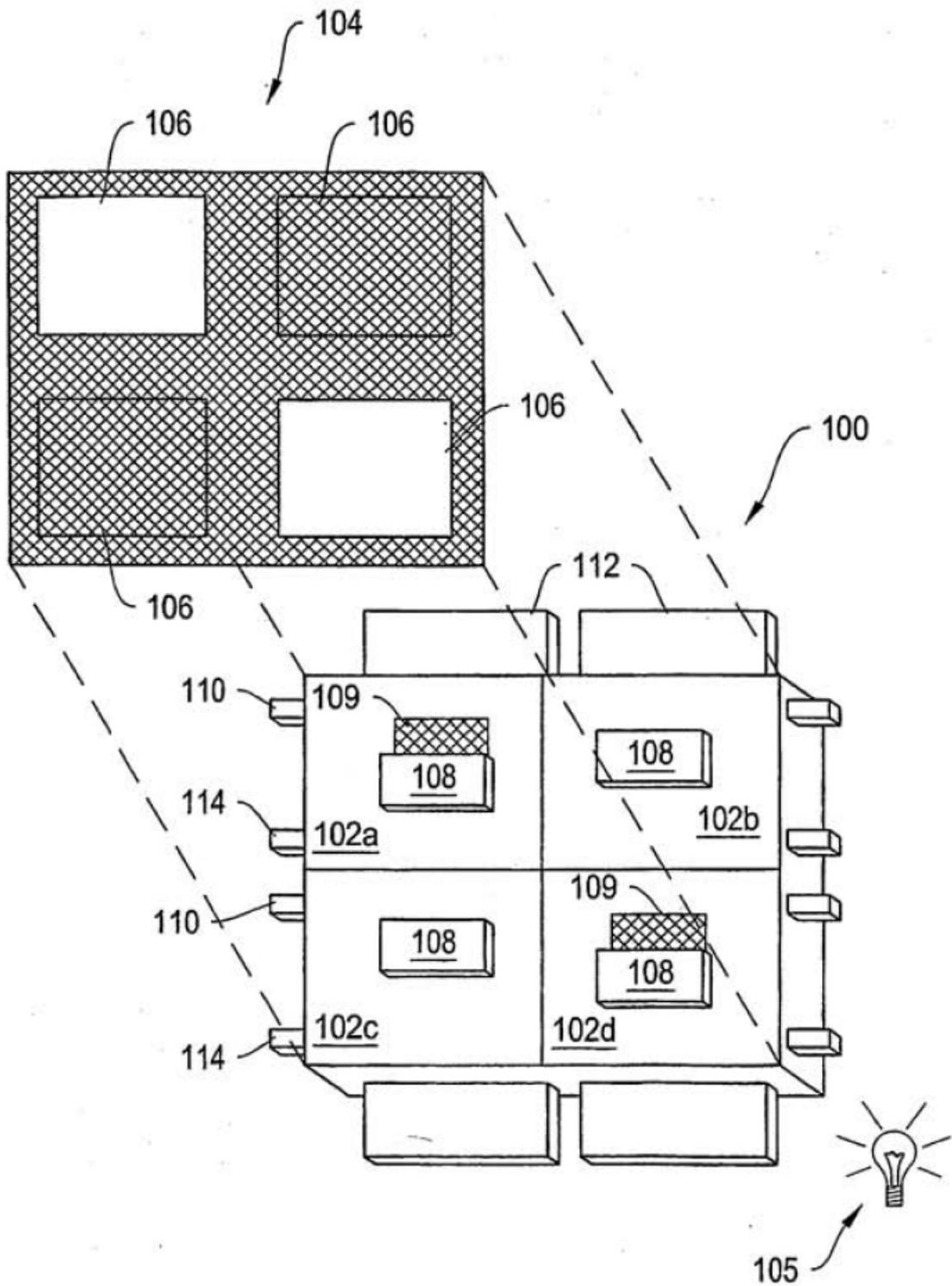


Figura 1A

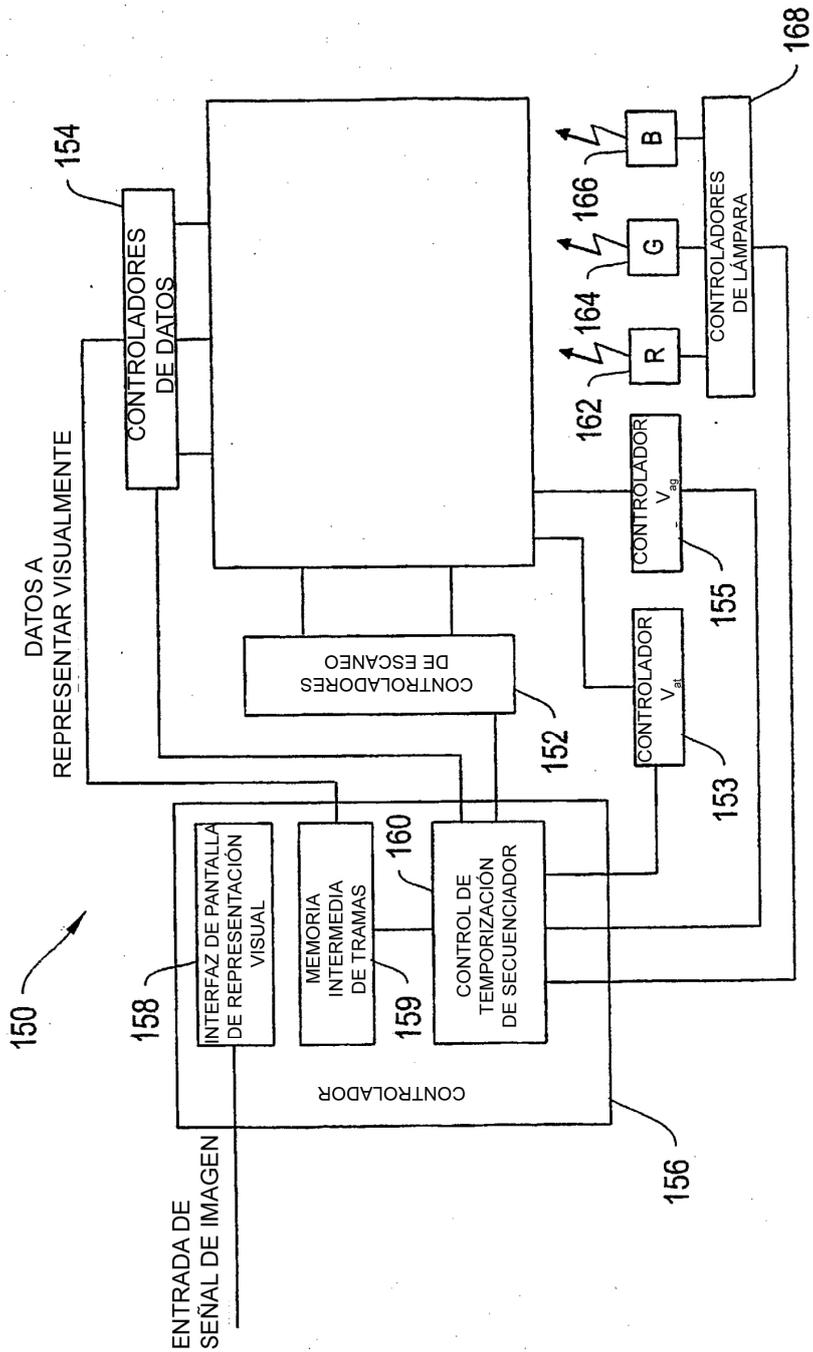


Figura 1B

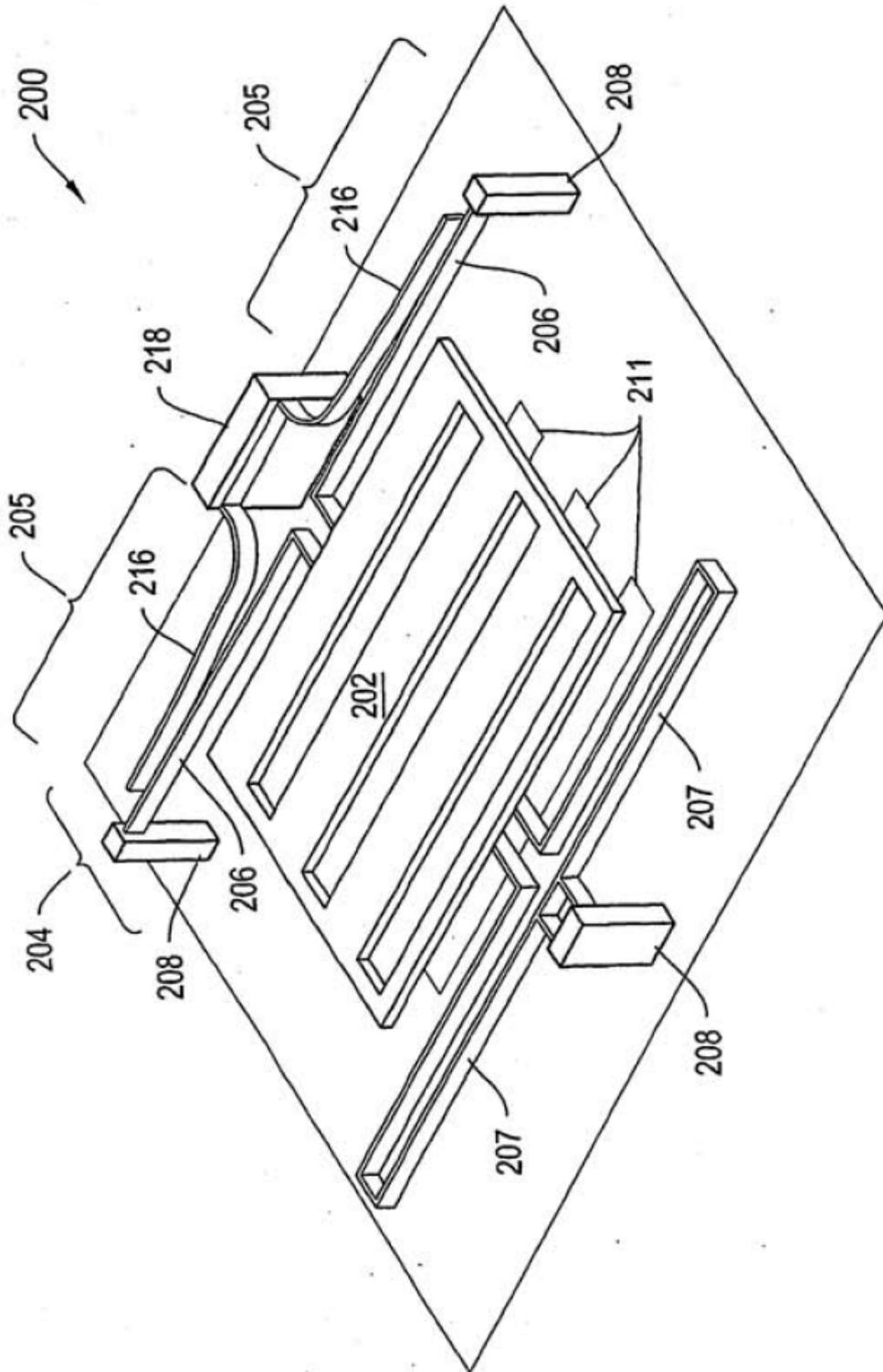


Figura 2

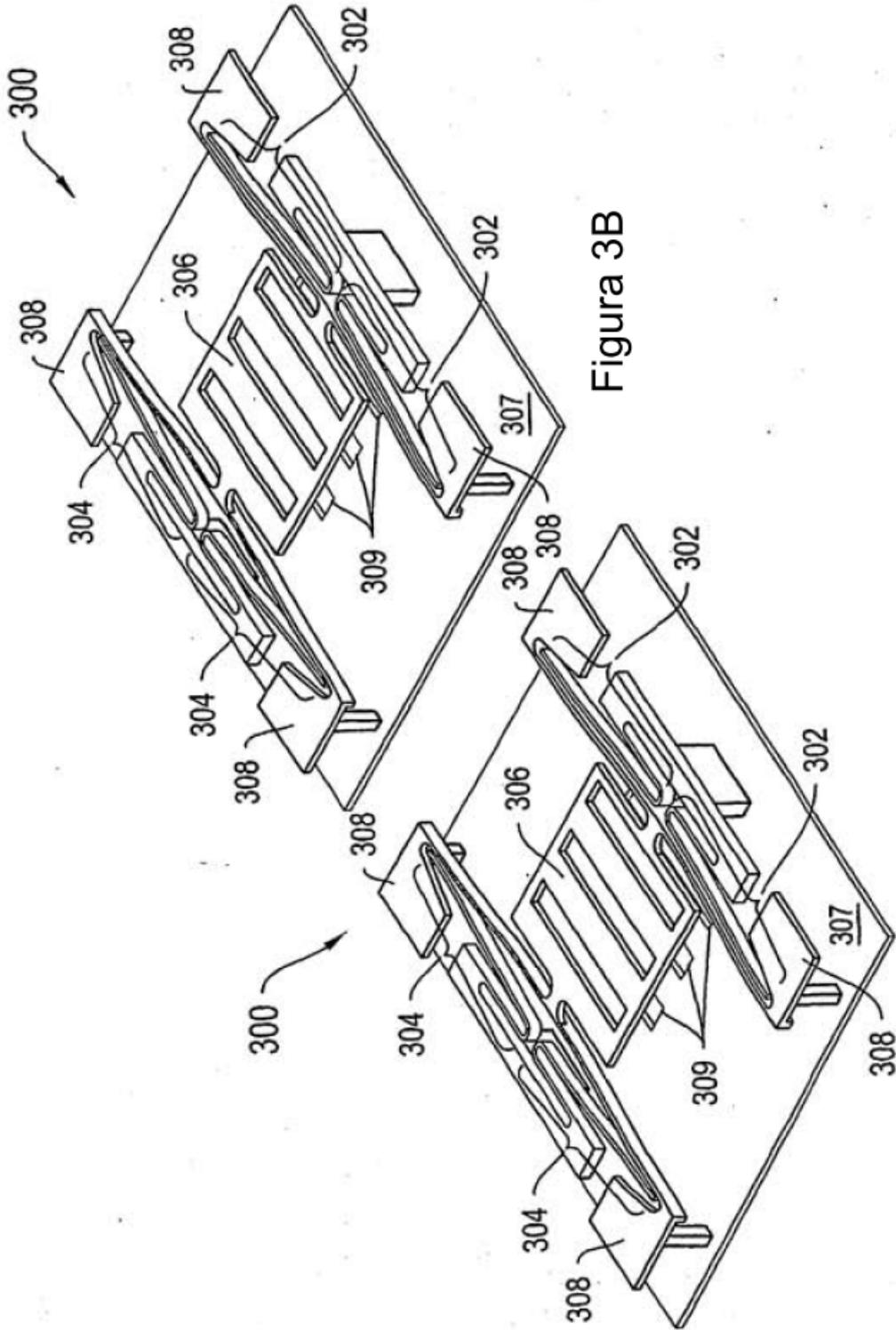


Figure 3B

Figure 3A

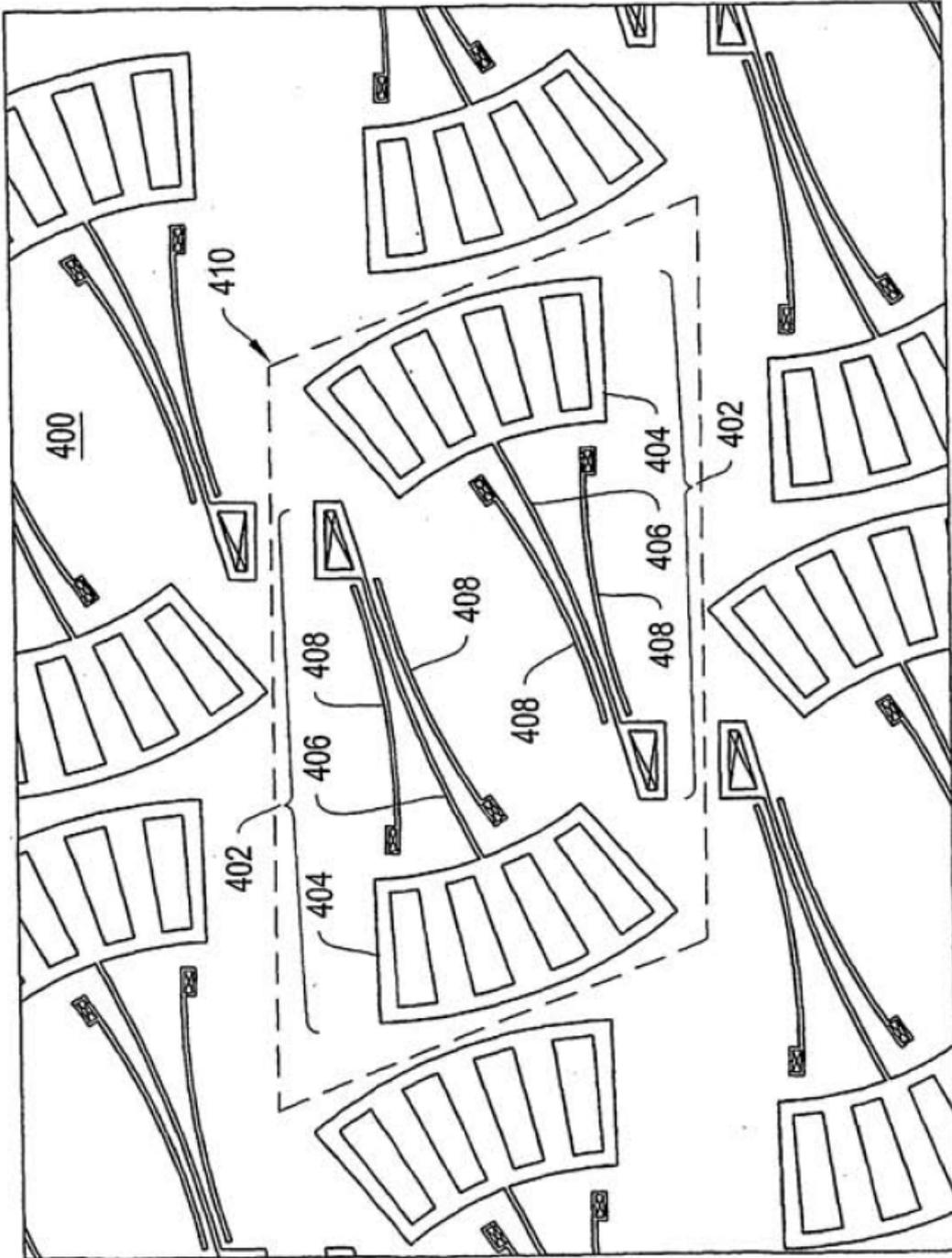


Figura 4

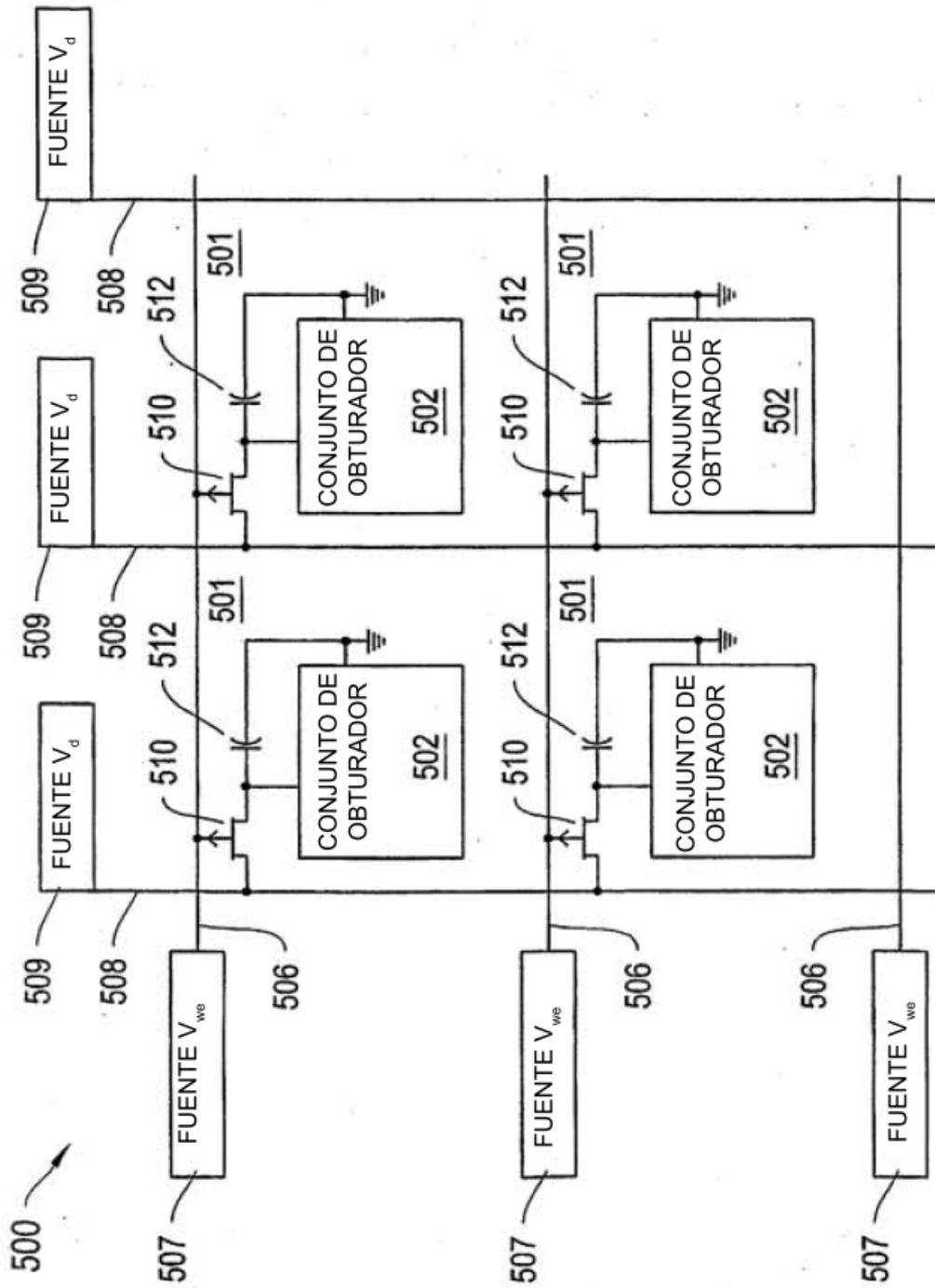


Figura 5A

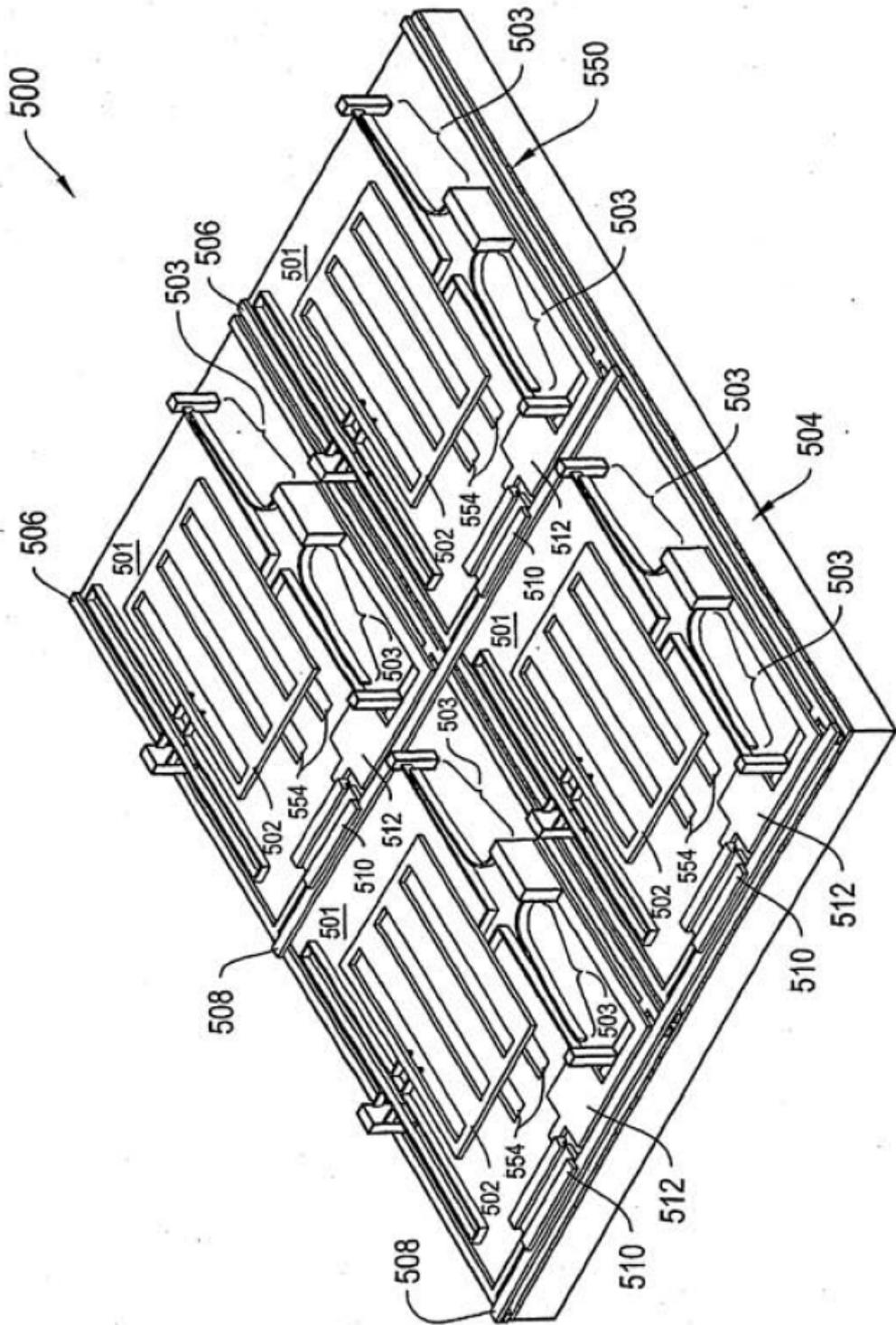


Figura 5B

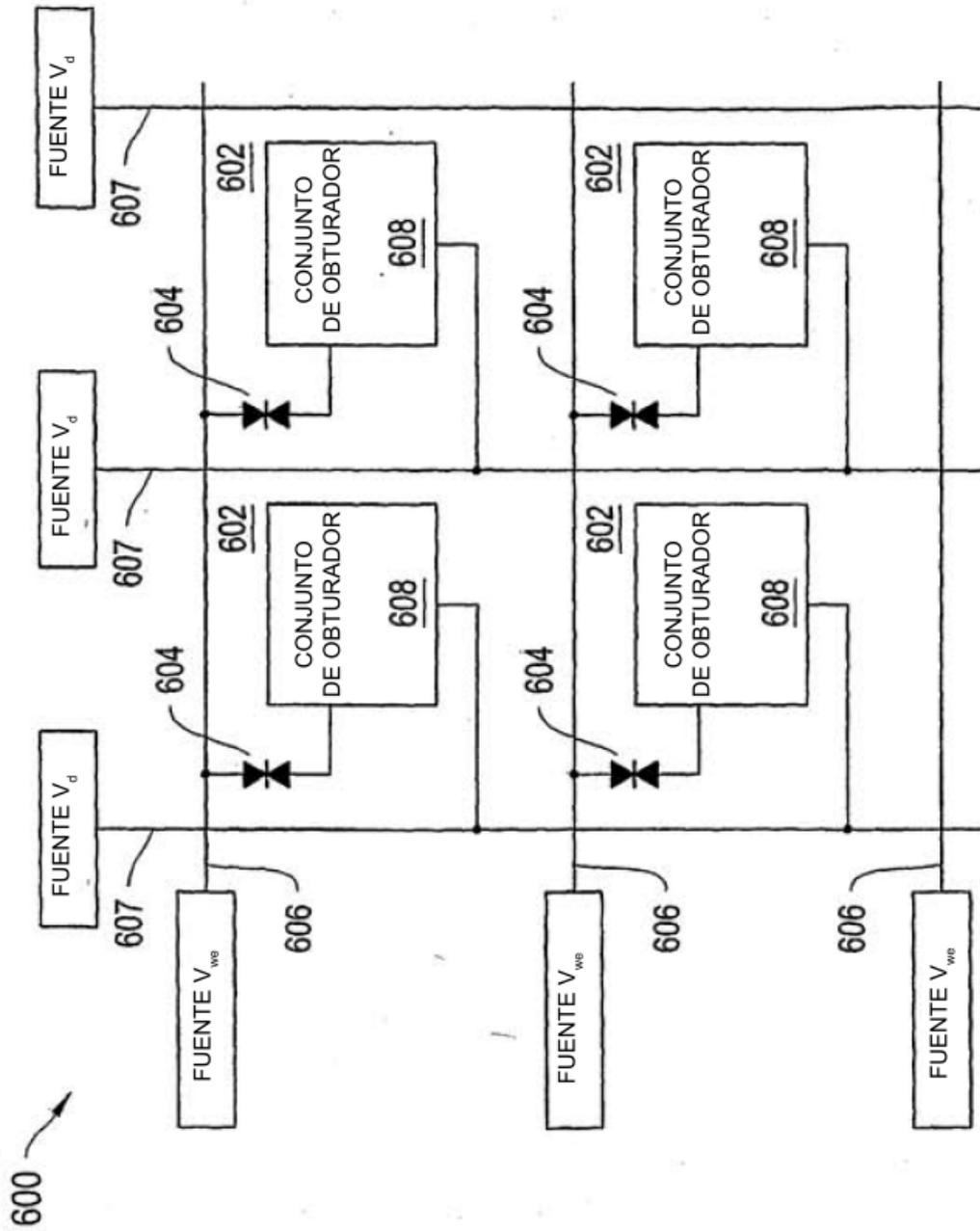


Figura 6

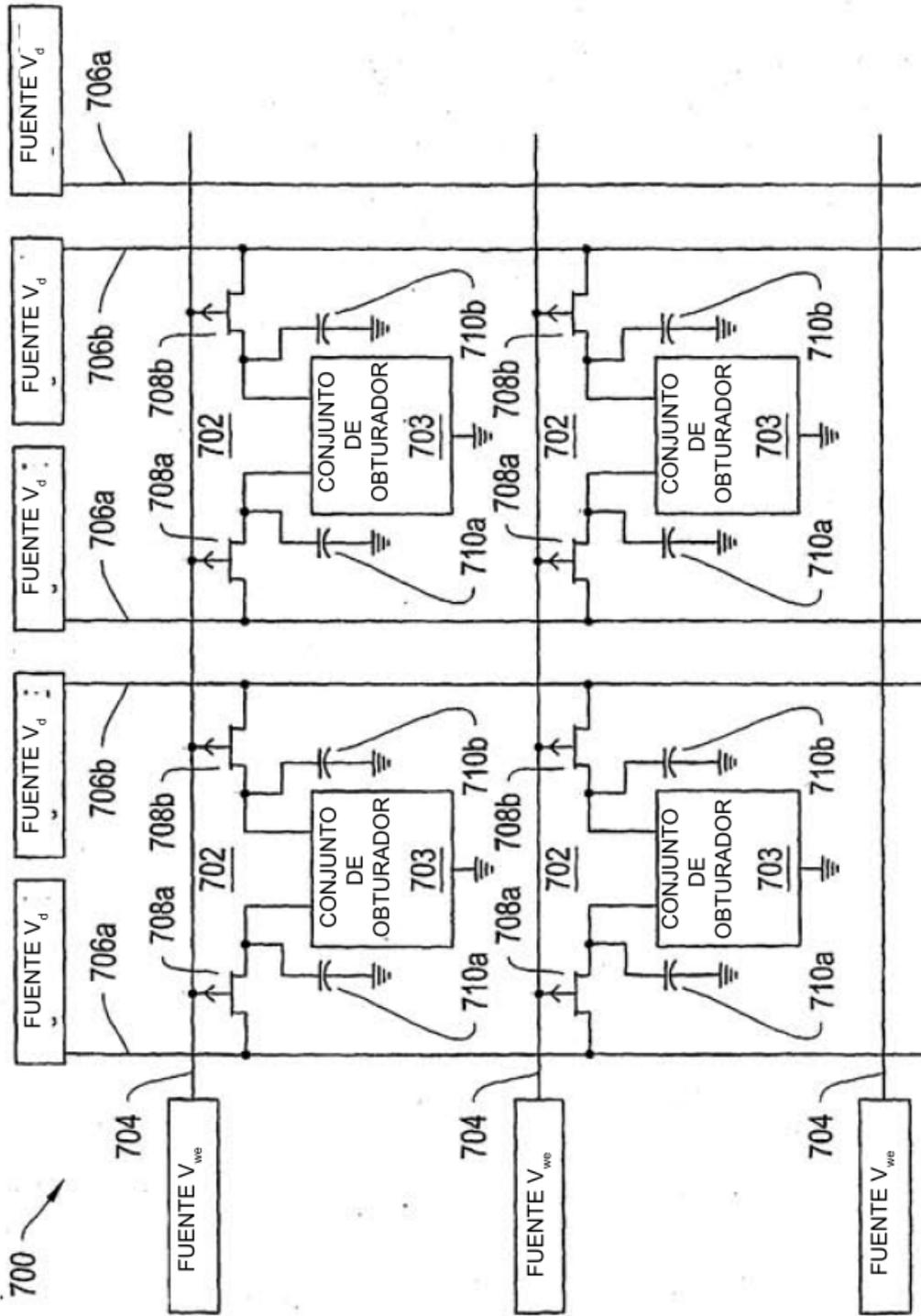


Figura 7

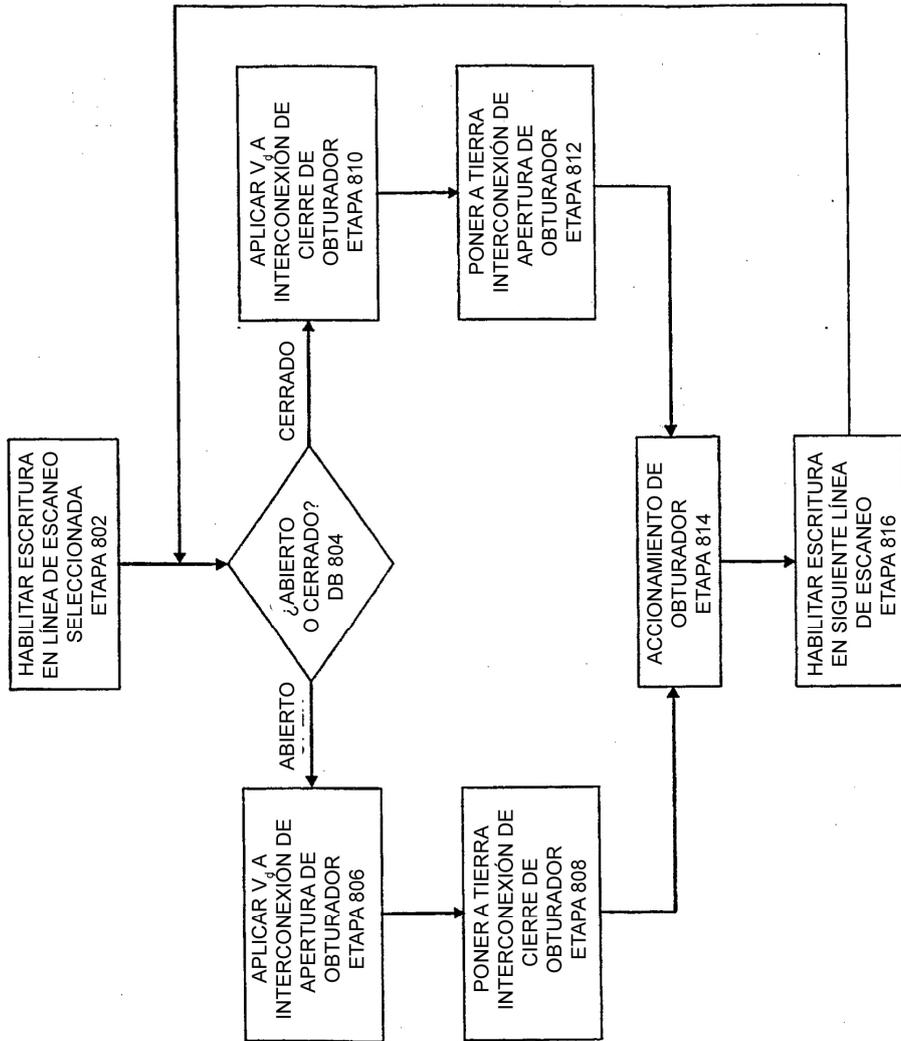


Figura 8

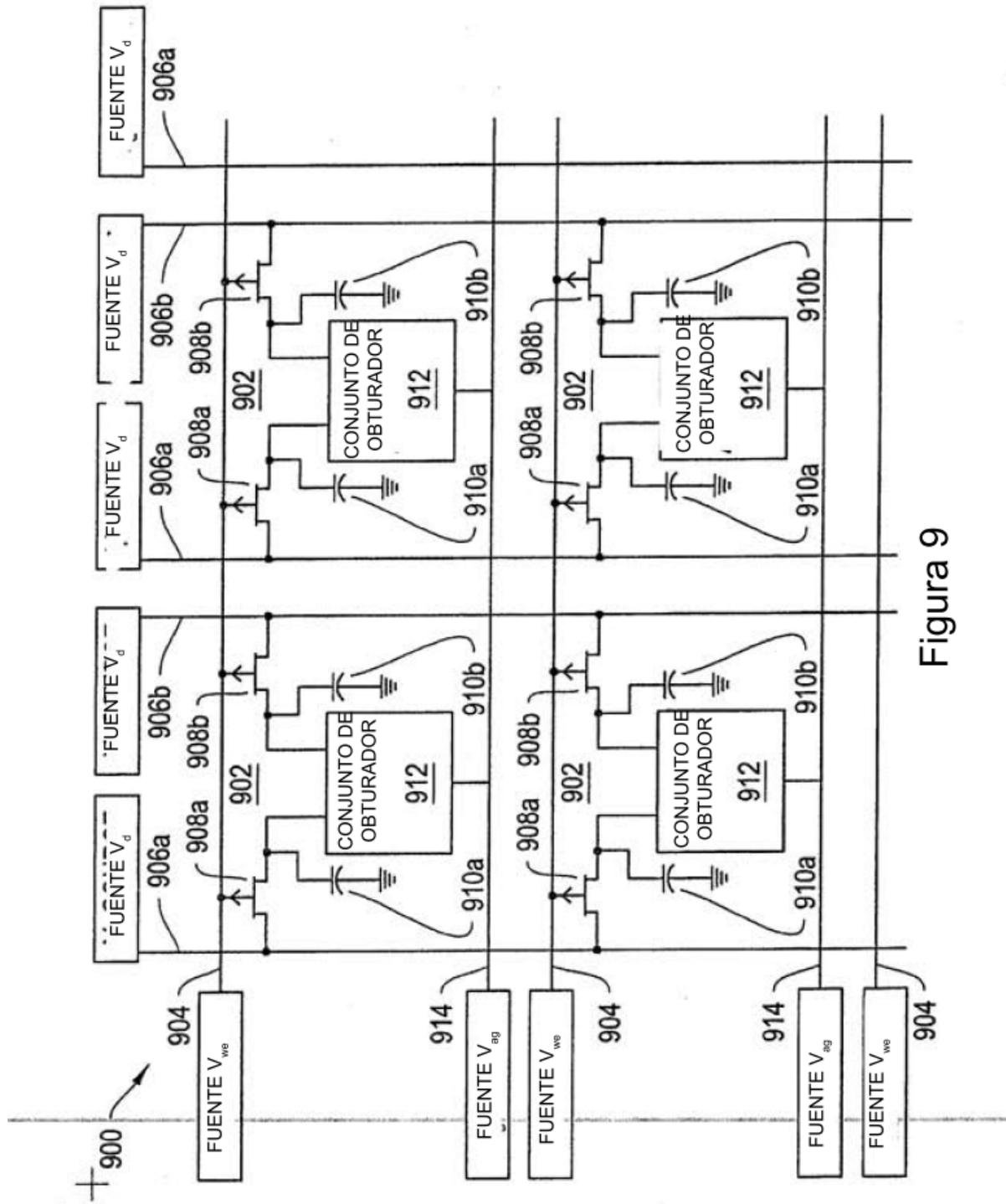


Figura 9

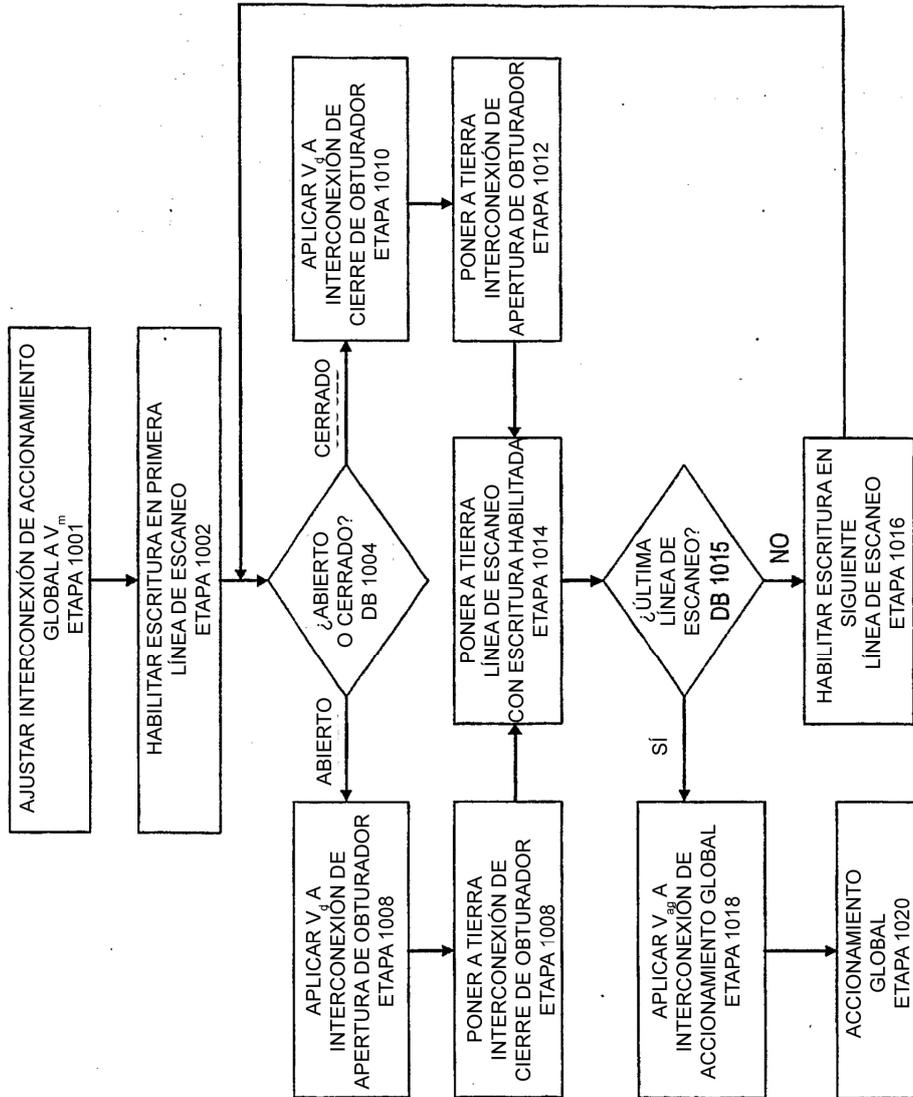


Figura 10

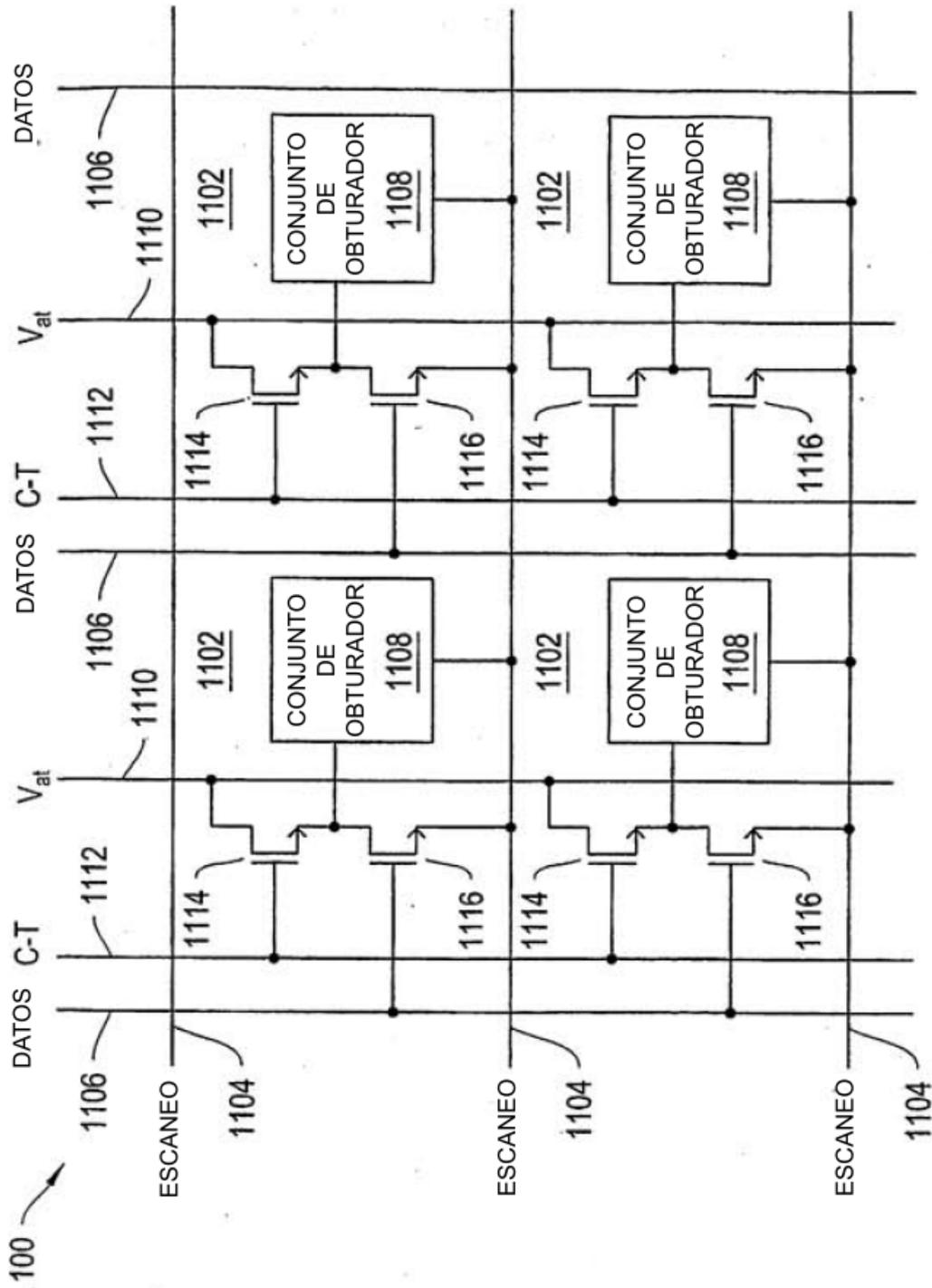


Figura 11

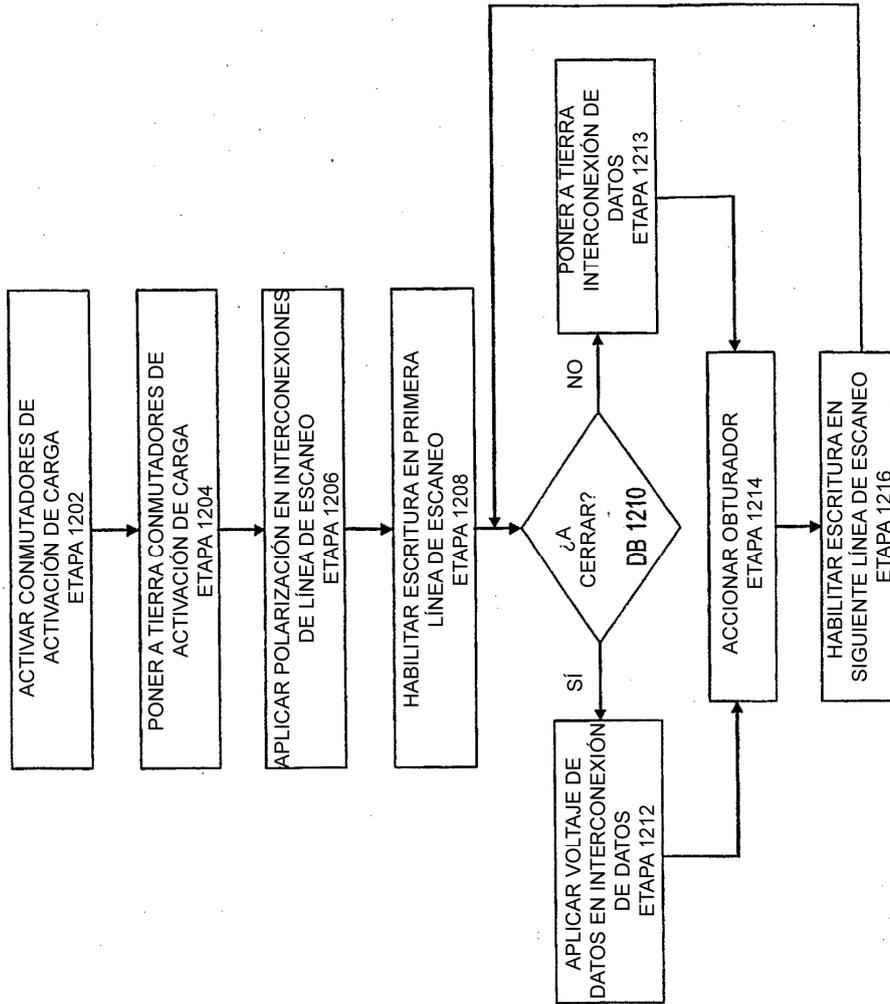


Figura 12

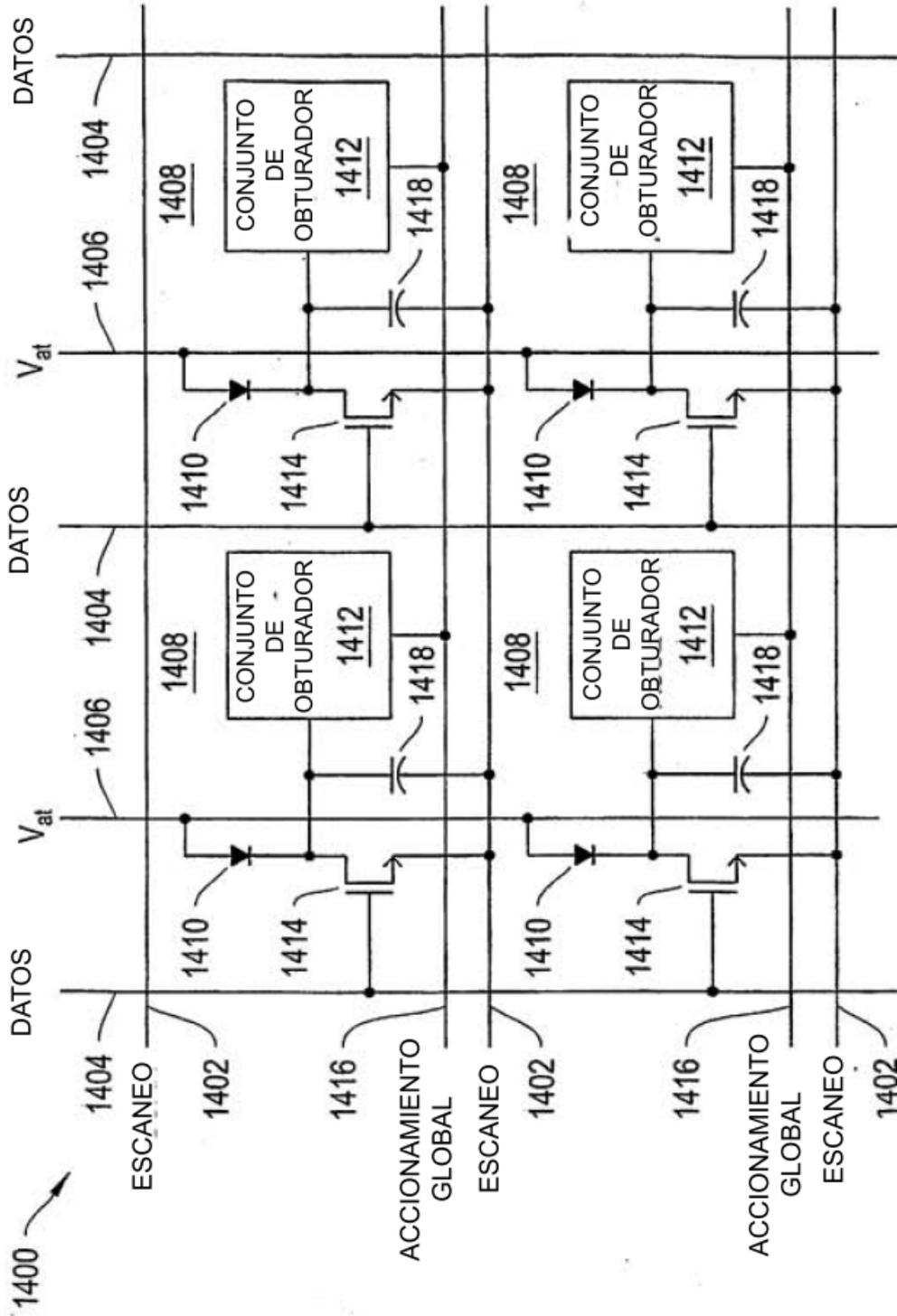


Figura 14

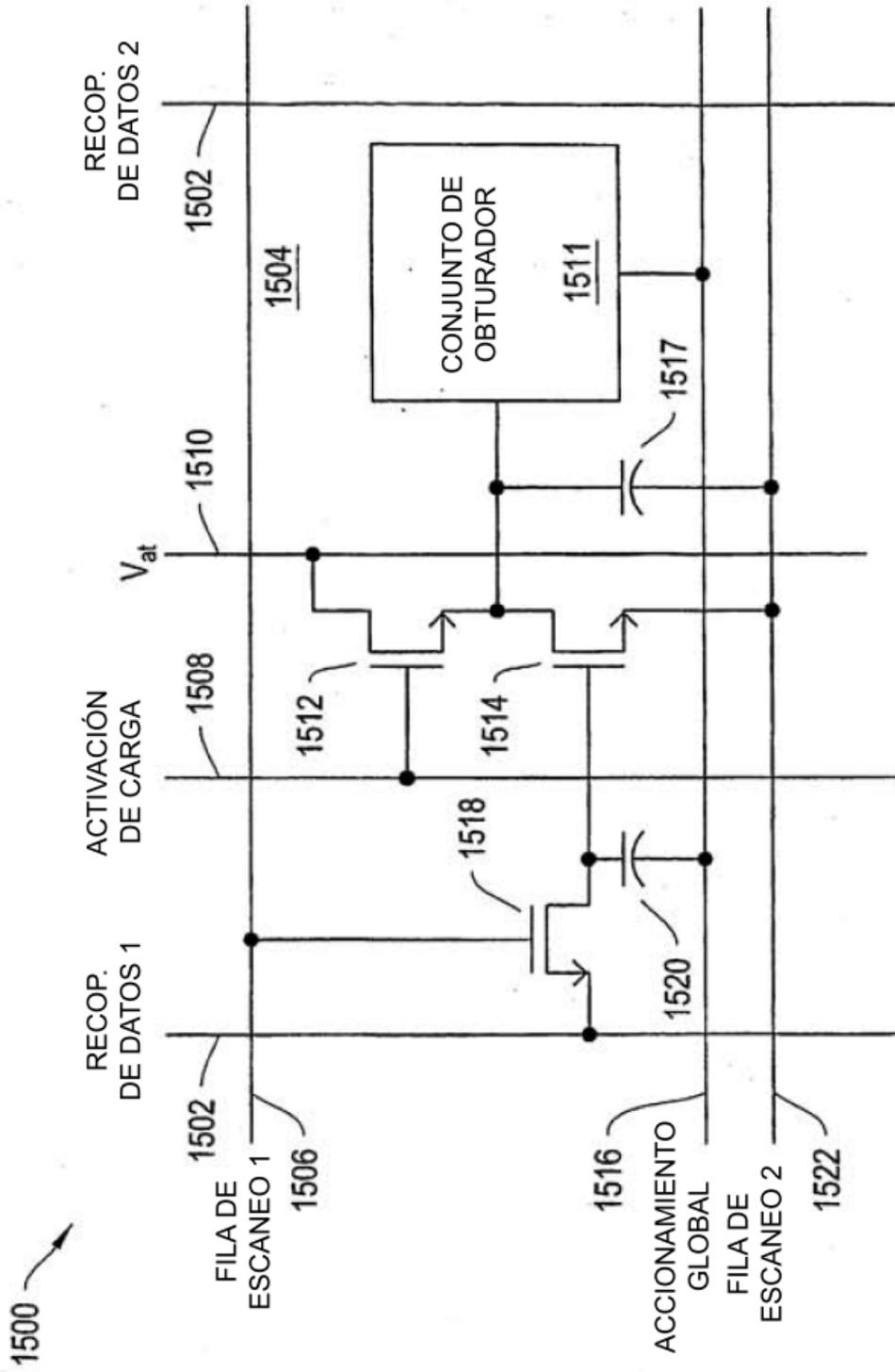


Figura 15

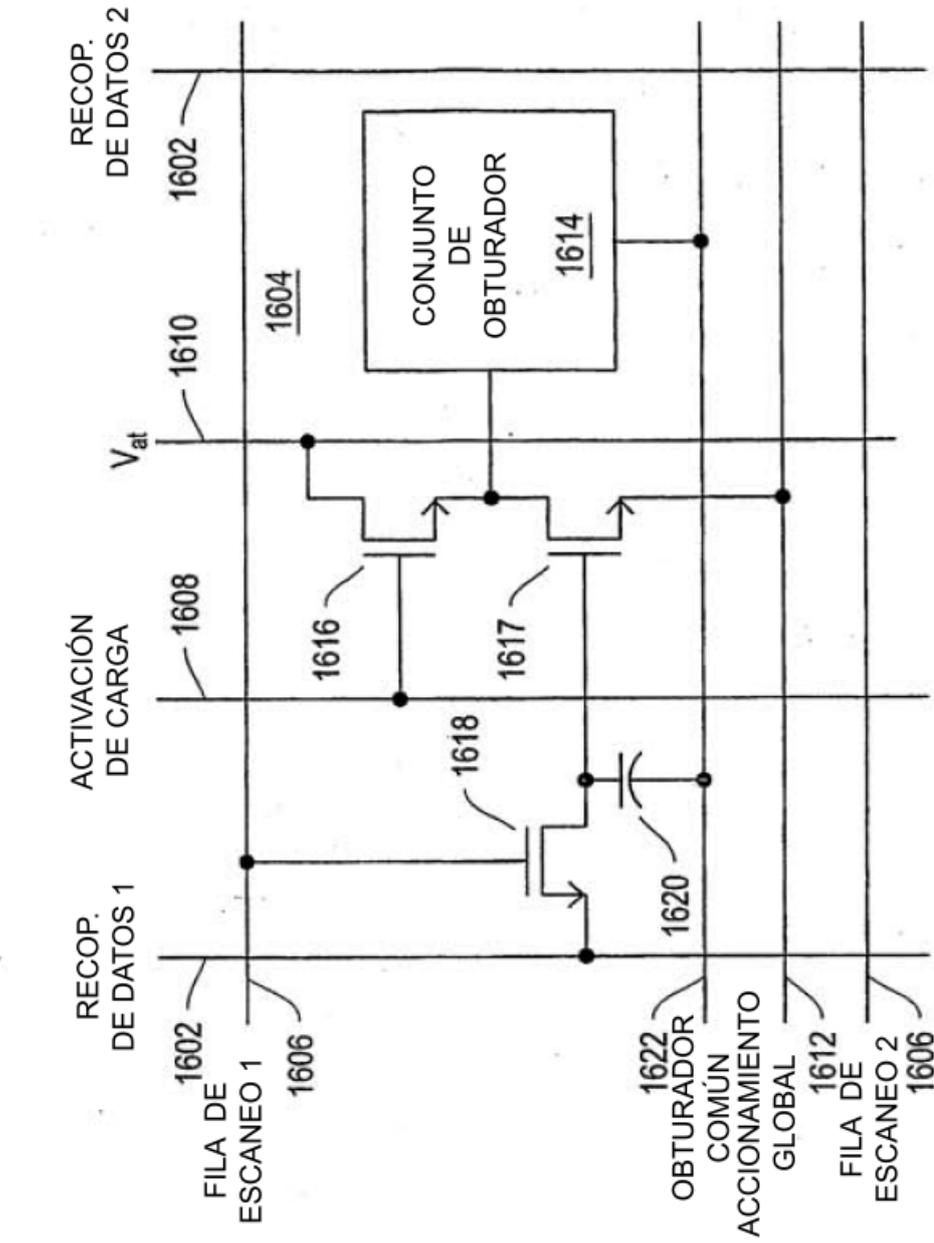


Figura 16

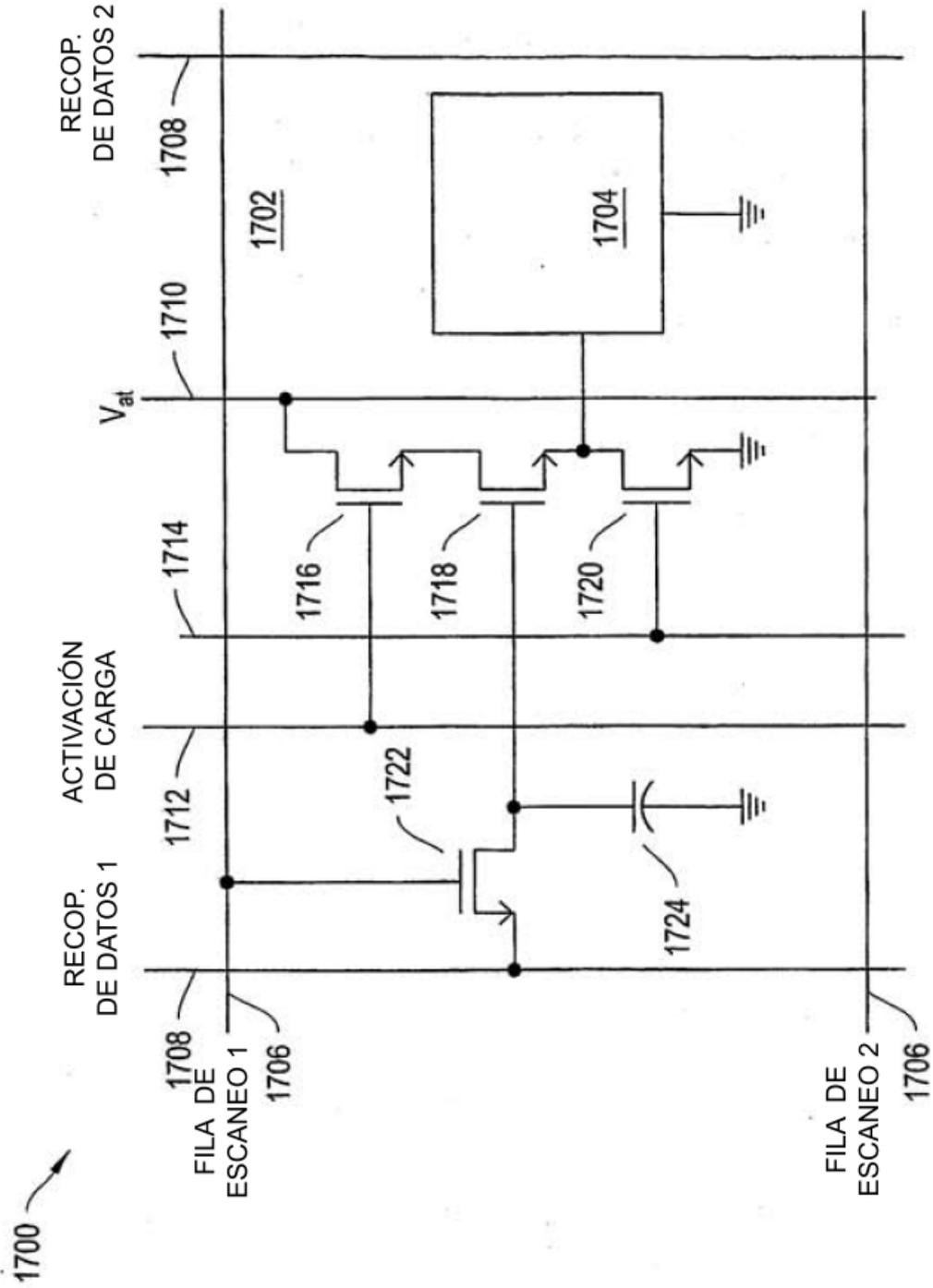


Figura 17

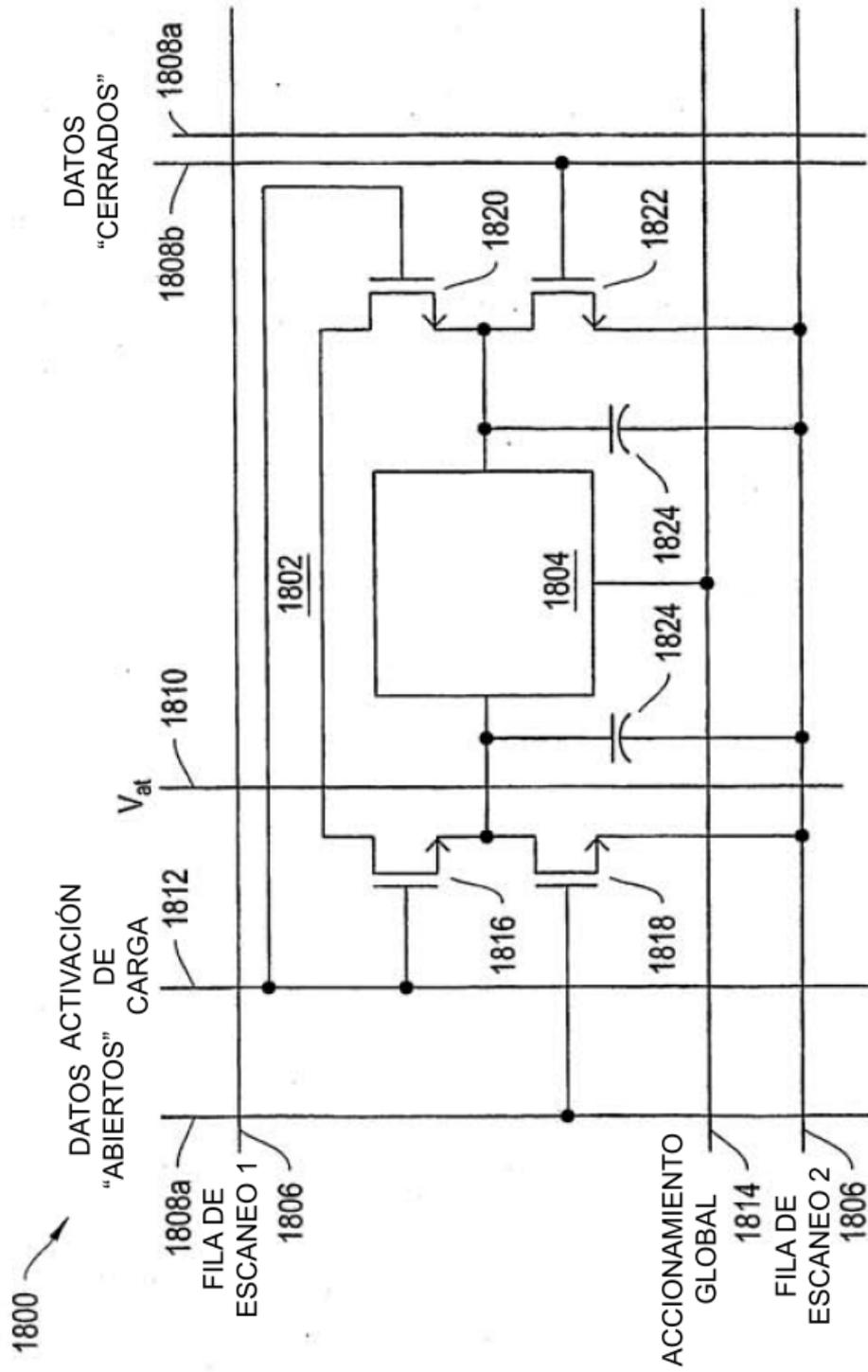


Figura 18

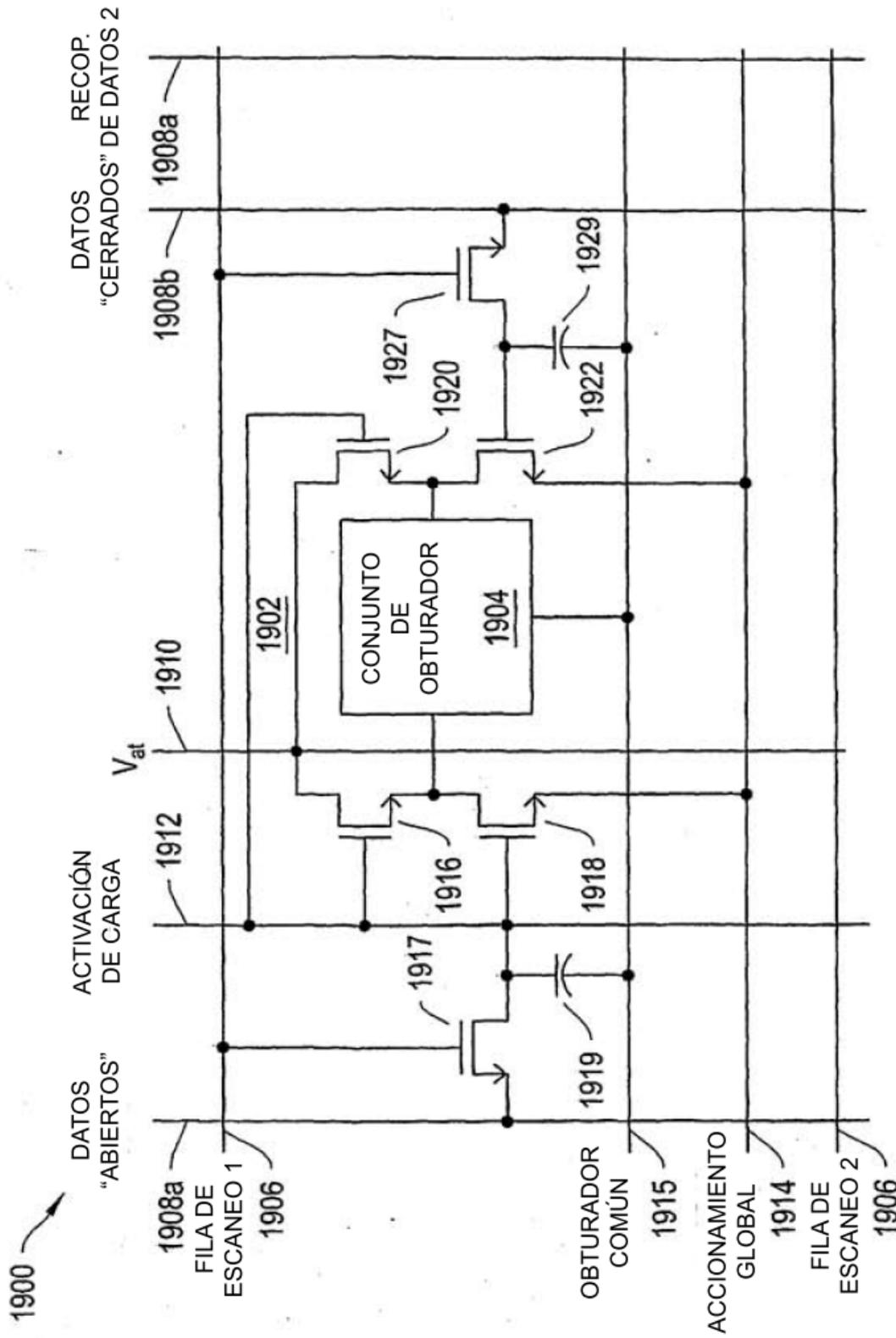


Figura 19

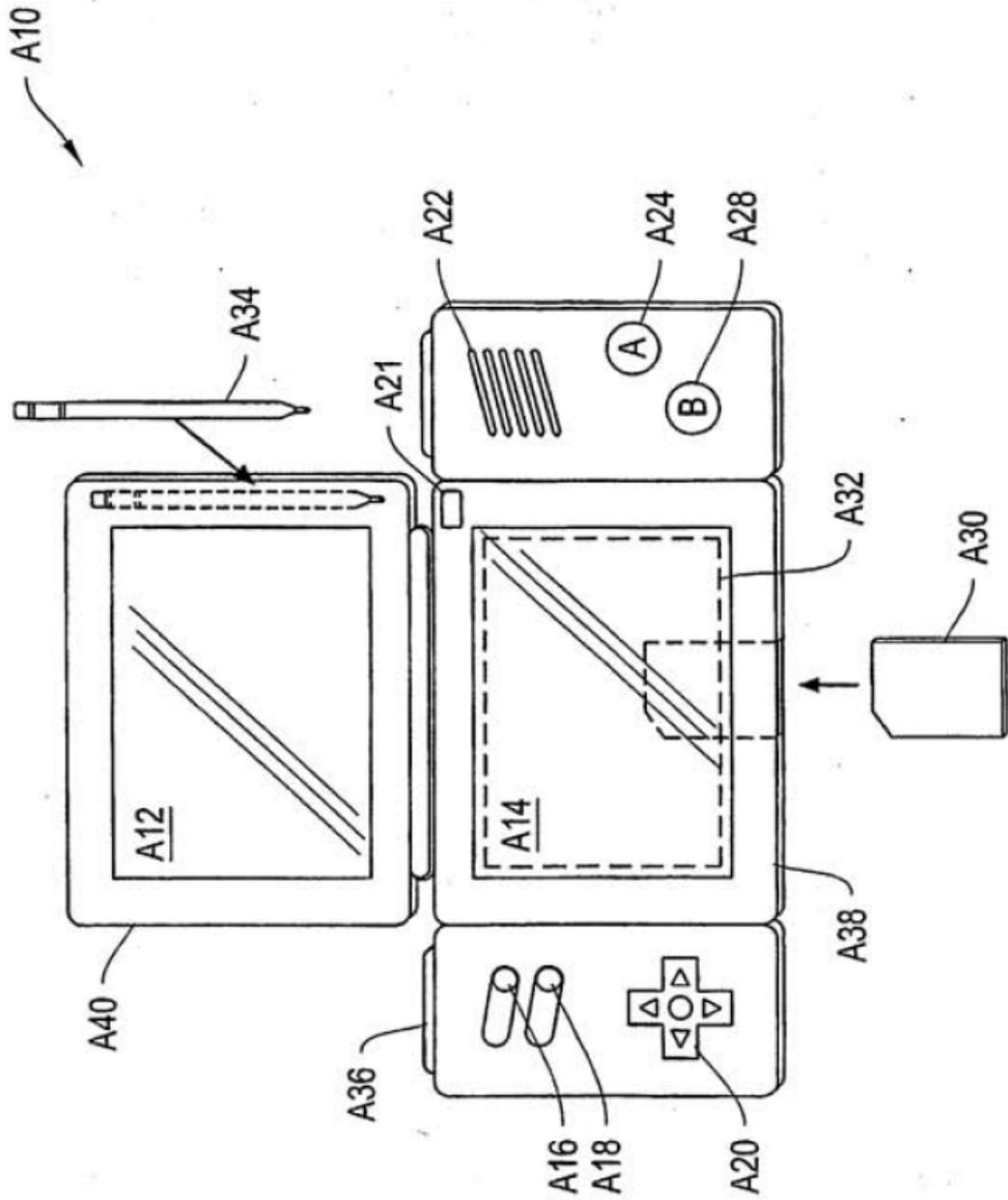


Figura 20

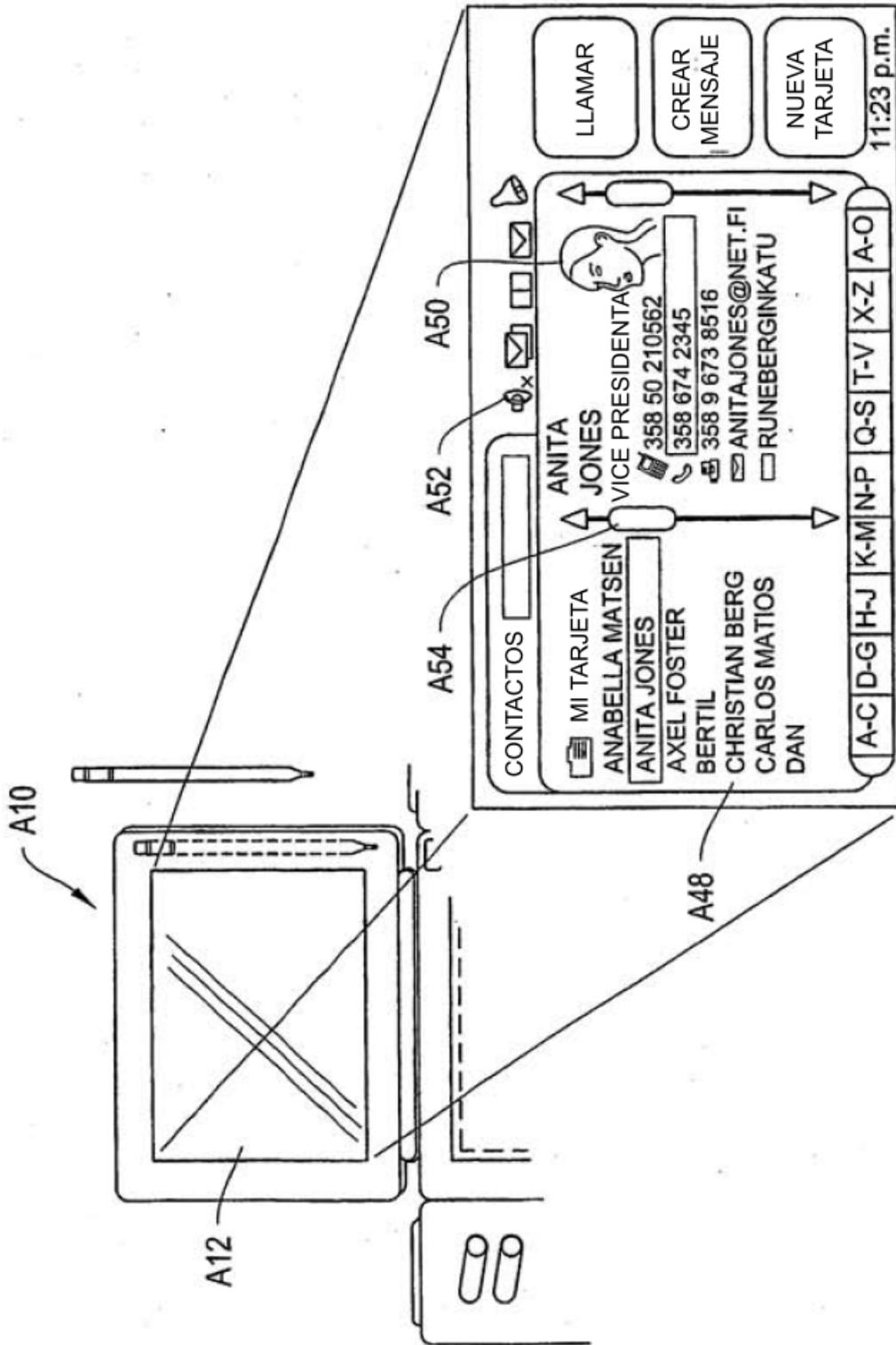


Figura 21

A6

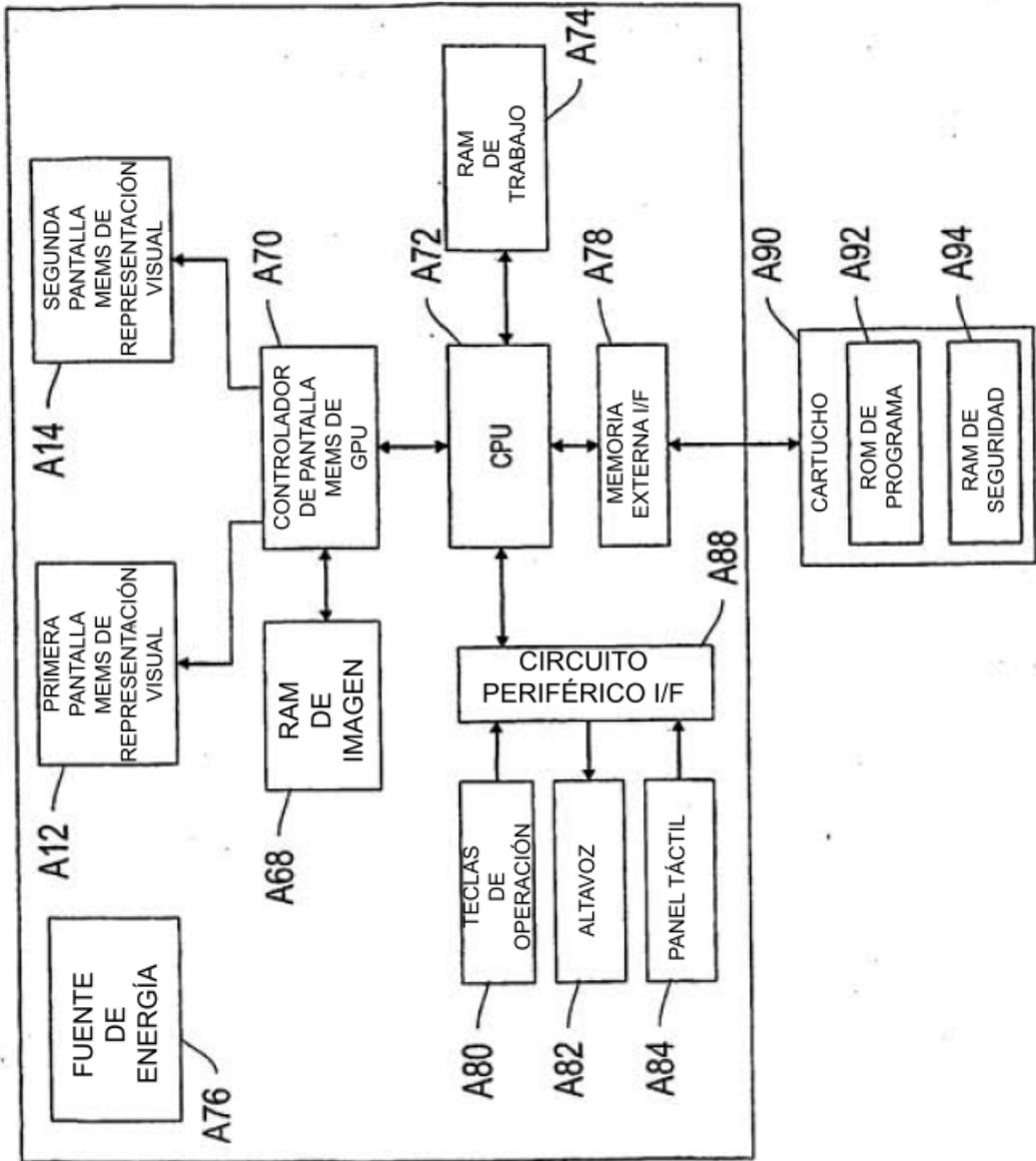


Figura 22

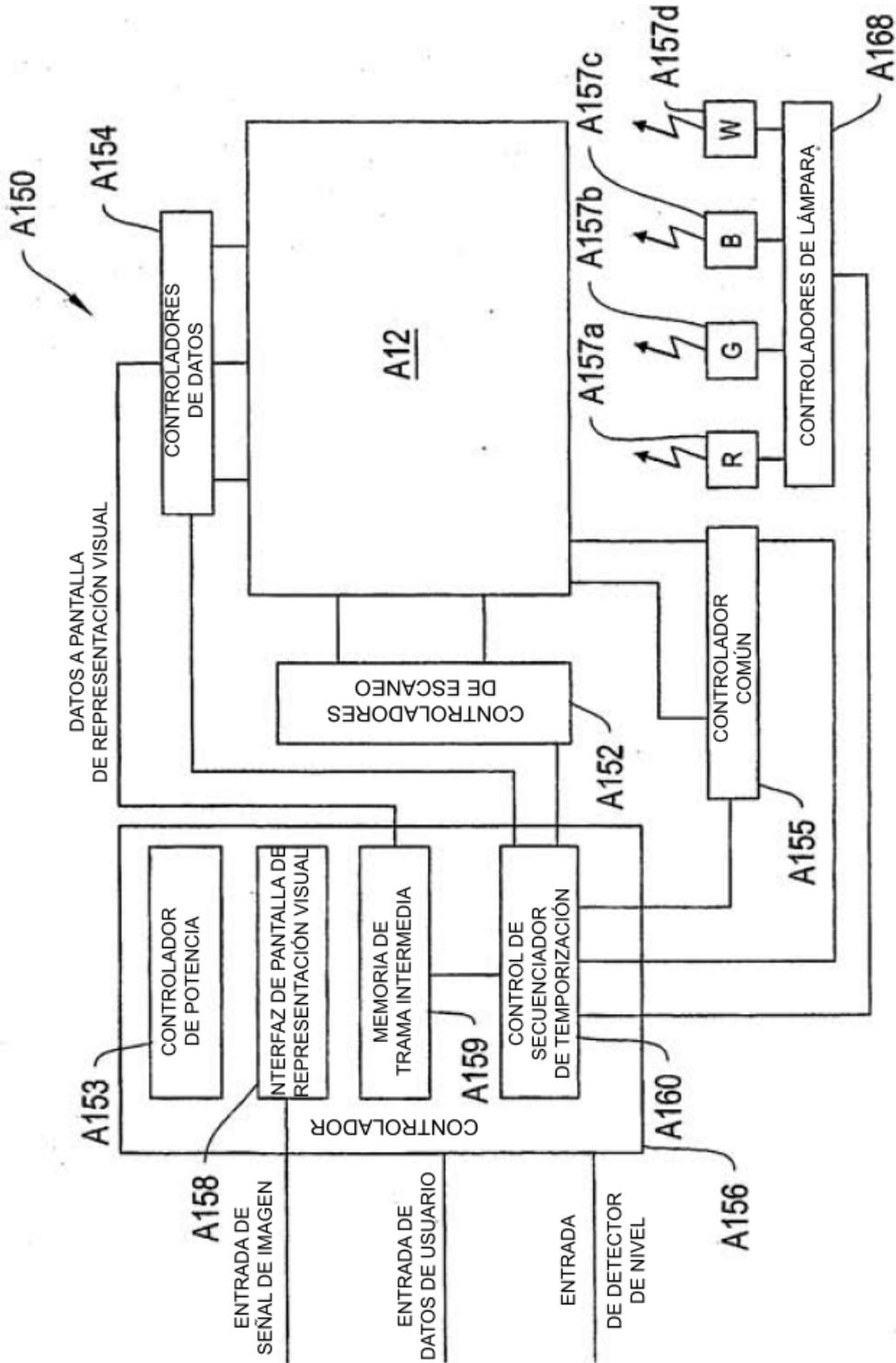


Figura 23

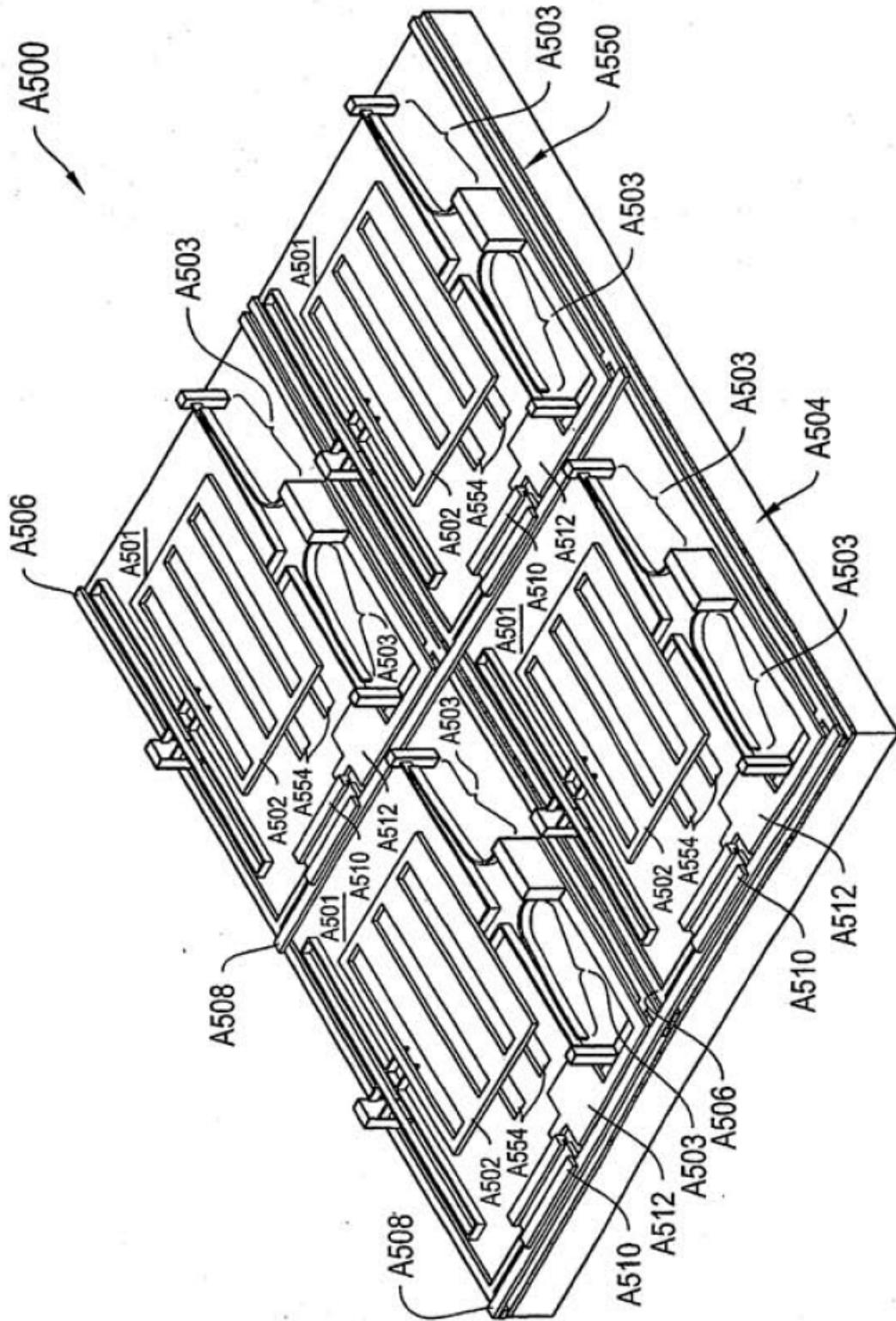


Figura 24B

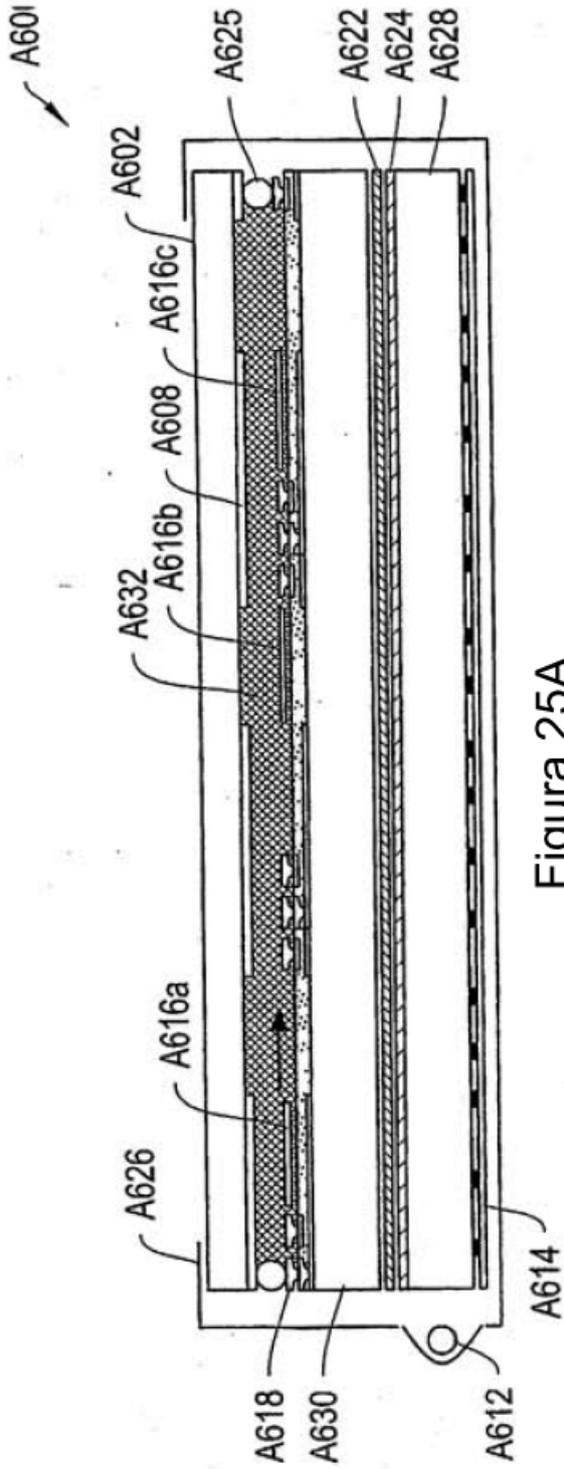


Figura 25A

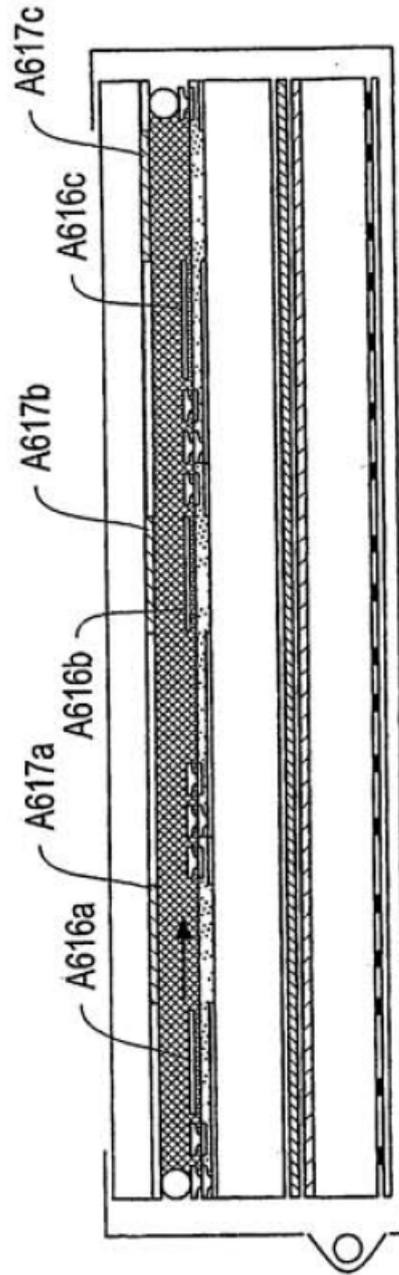


Figura 25B

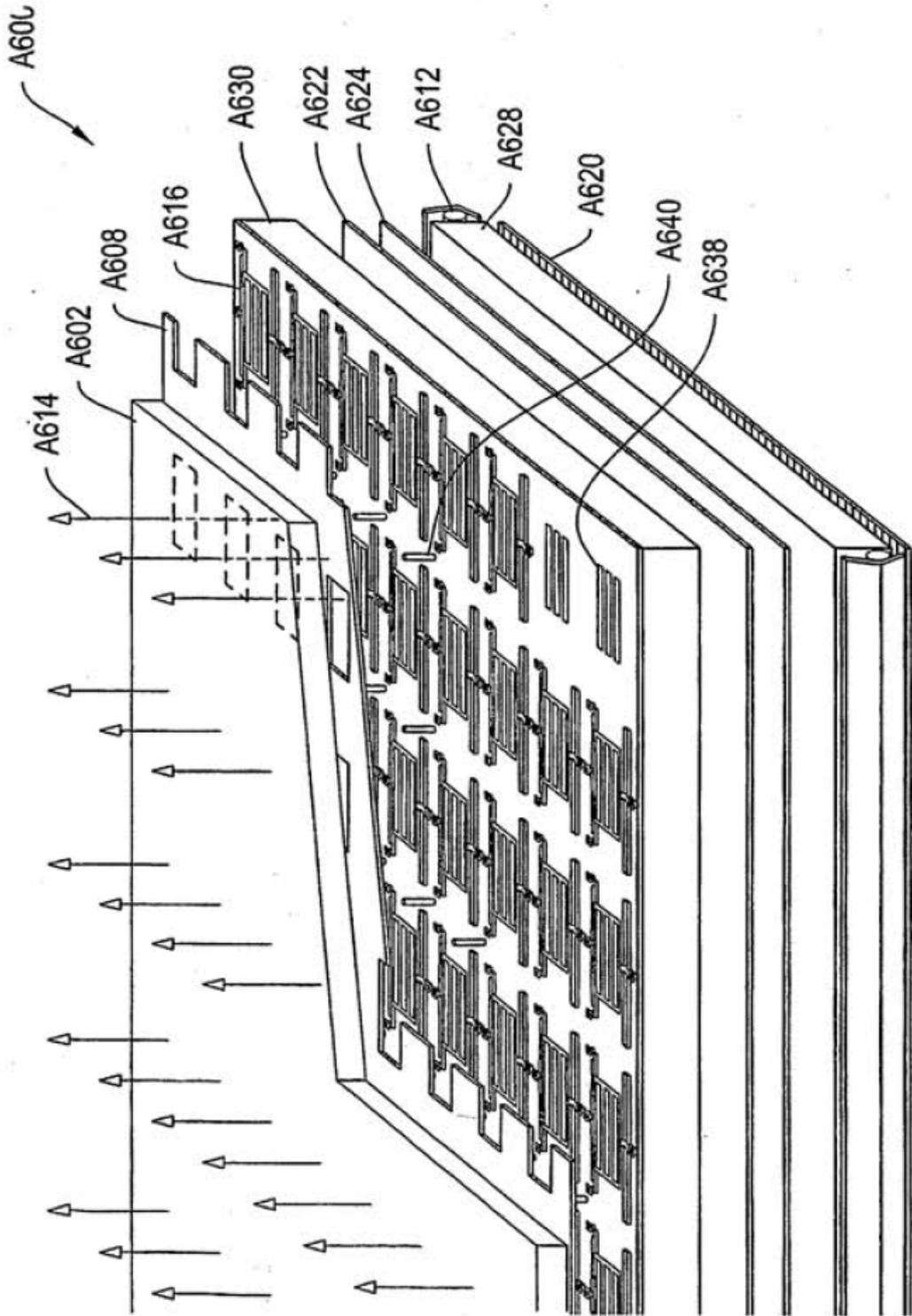


Figura 25C

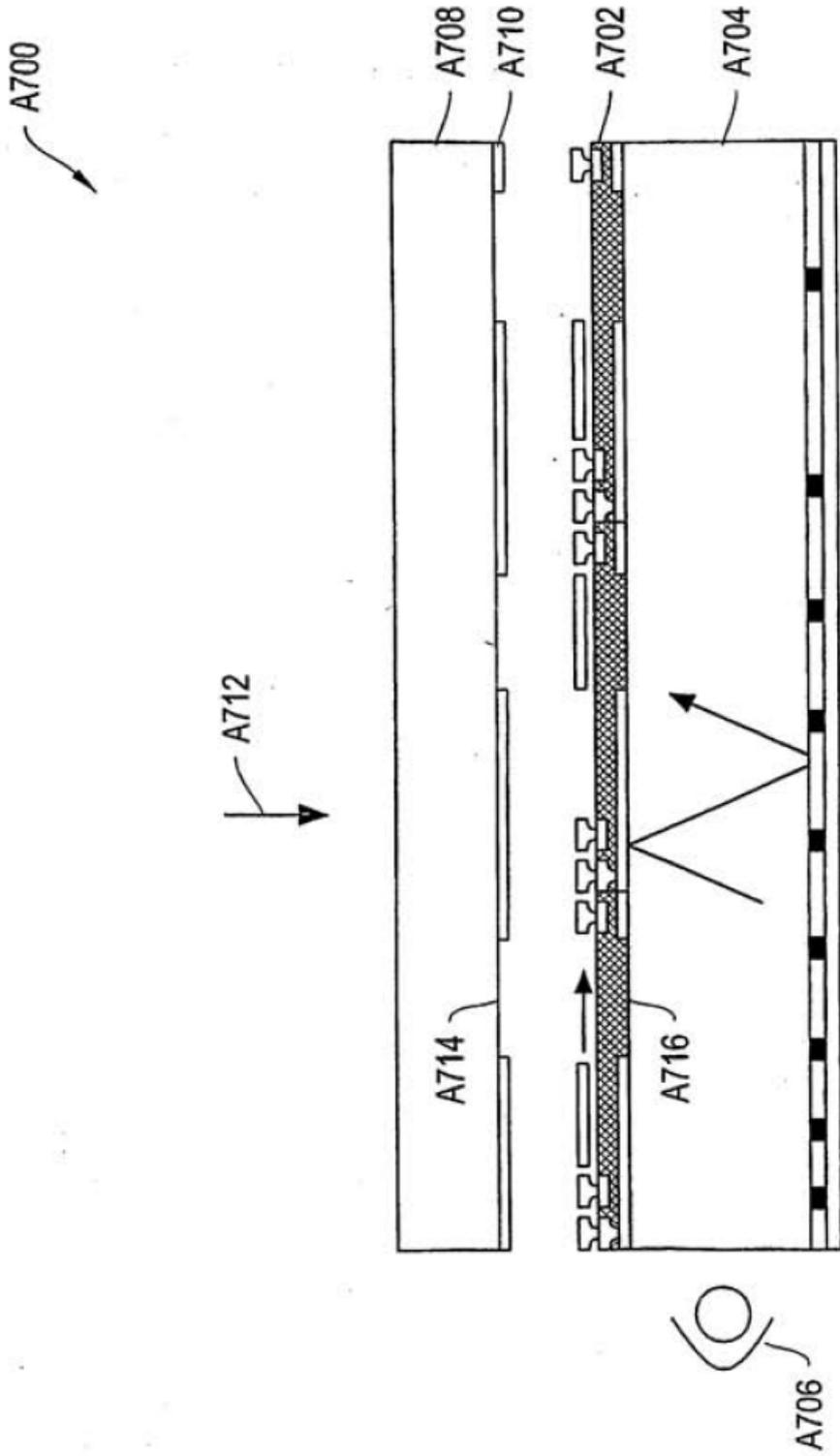


Figura 26

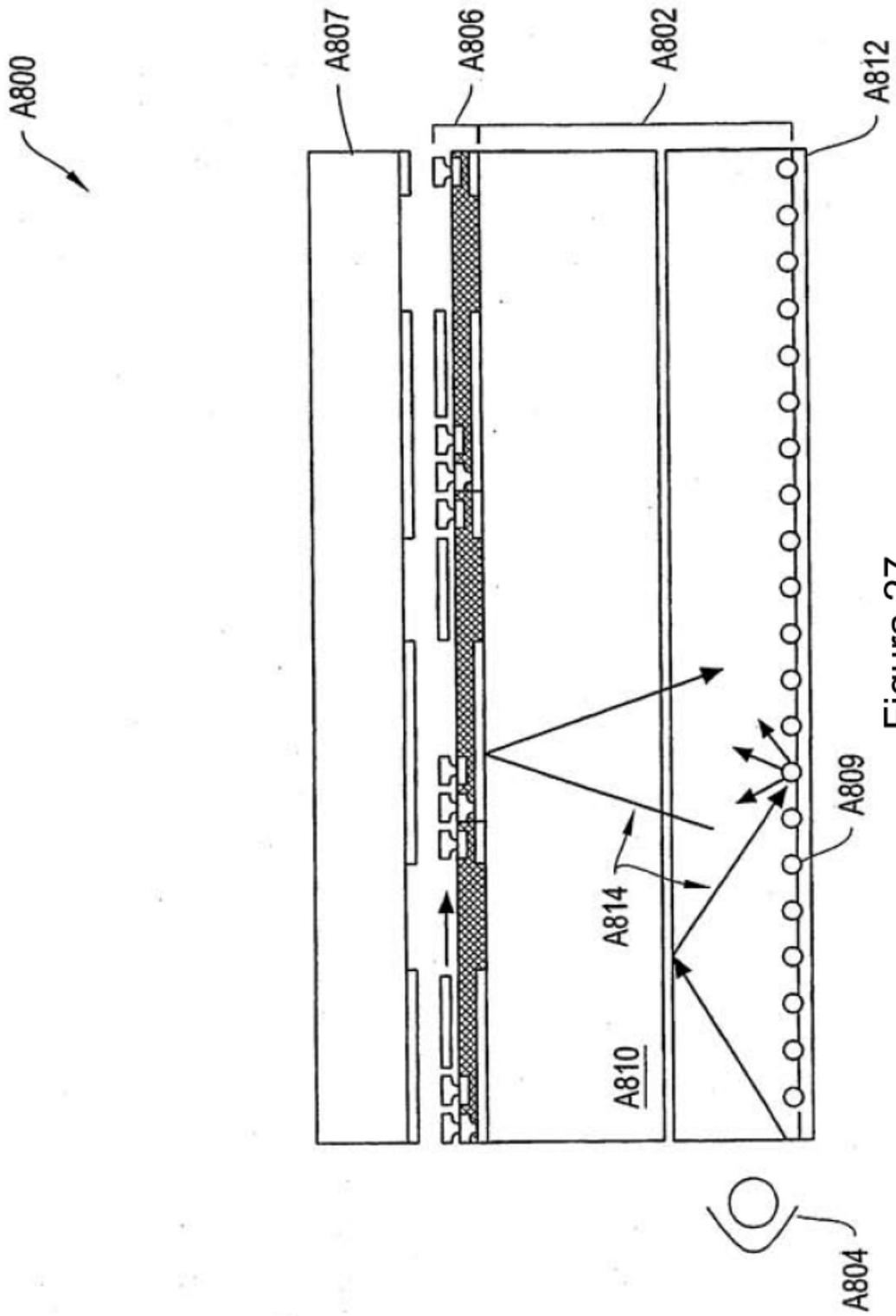


Figura 27

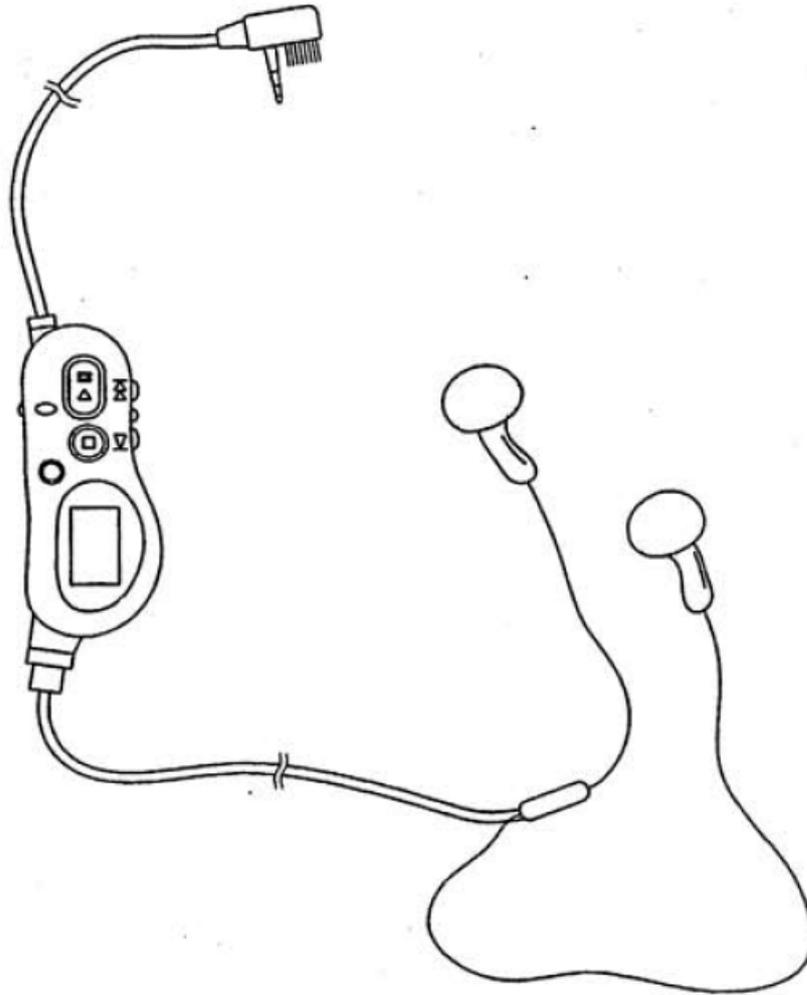


Figura 28

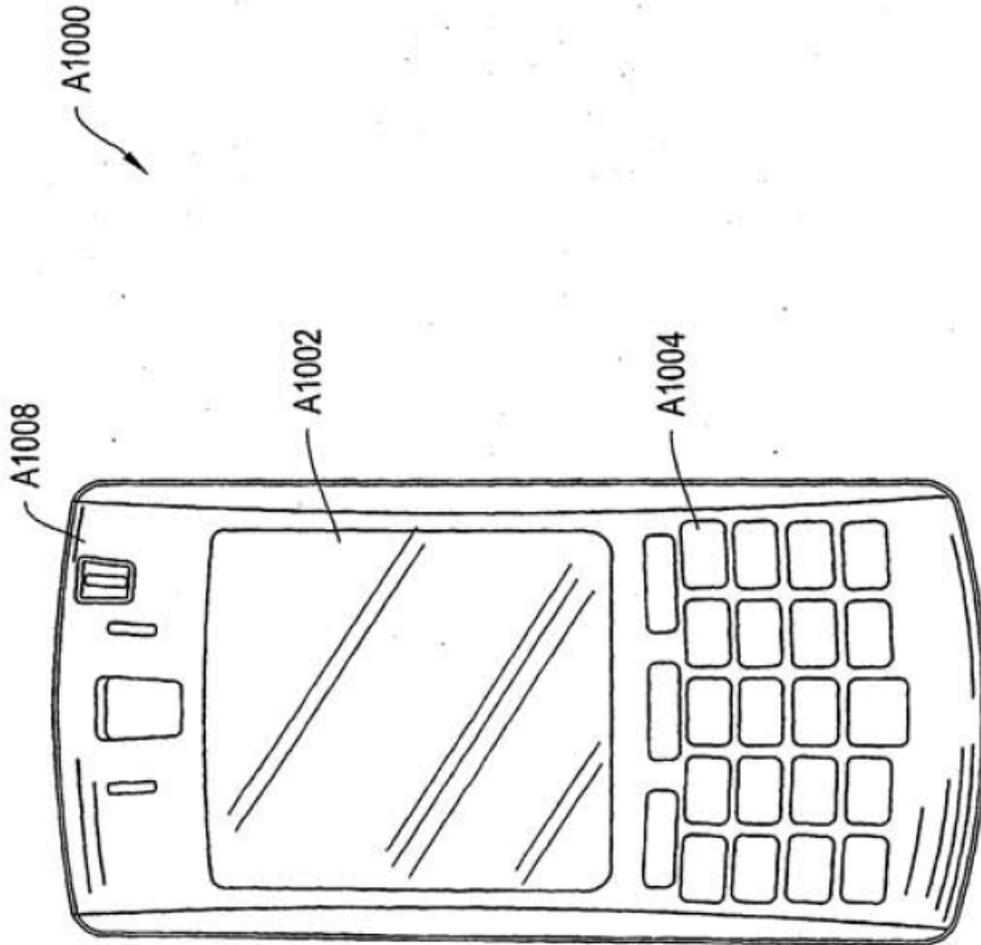


Figura 29

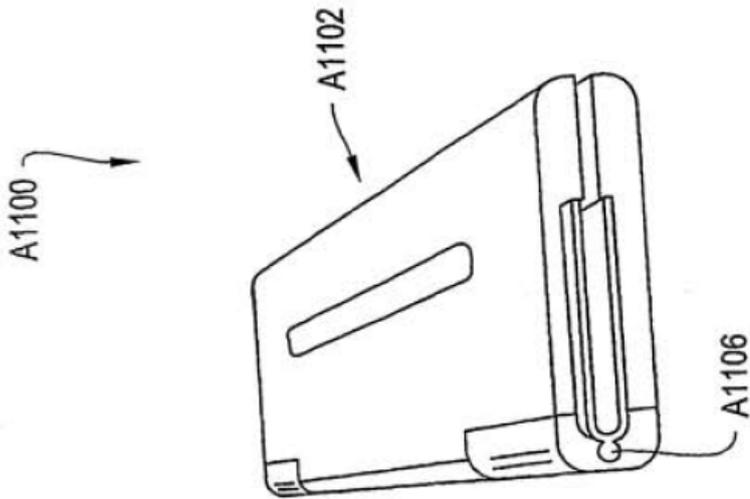


Figura 30A

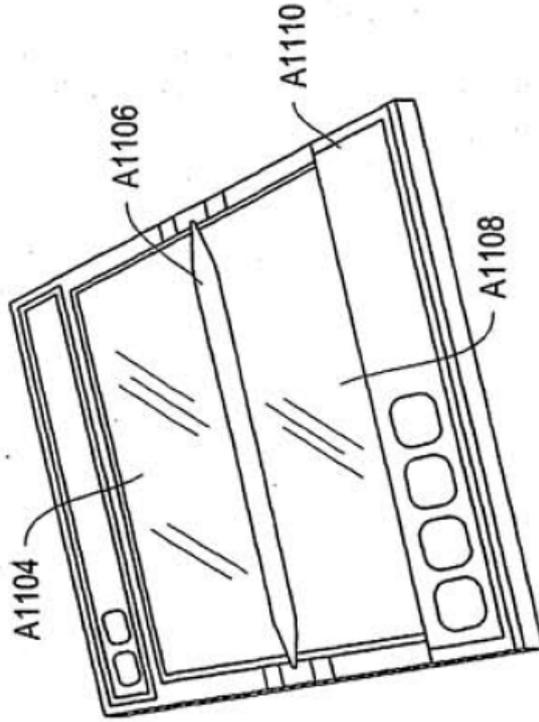


Figura 30B

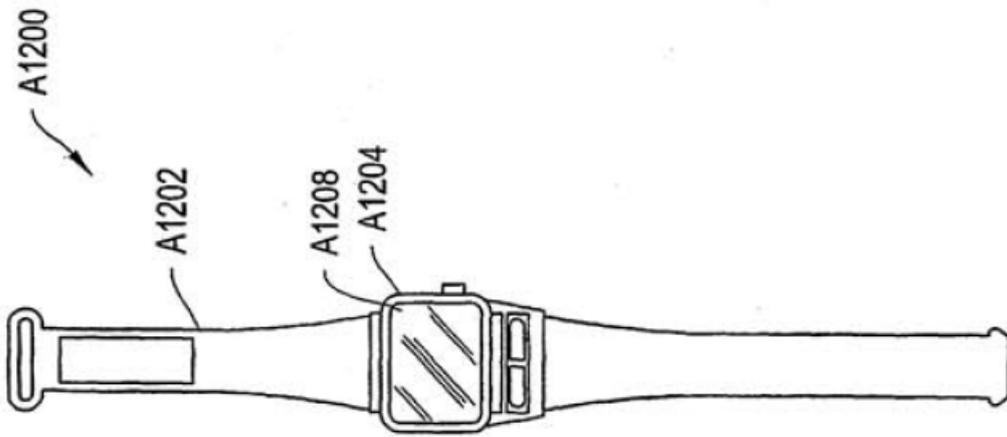


Figura 31A

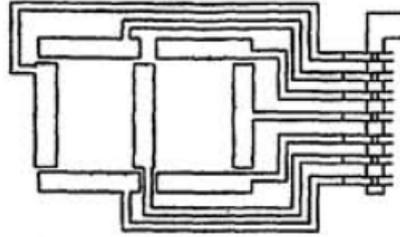


Figura 31B

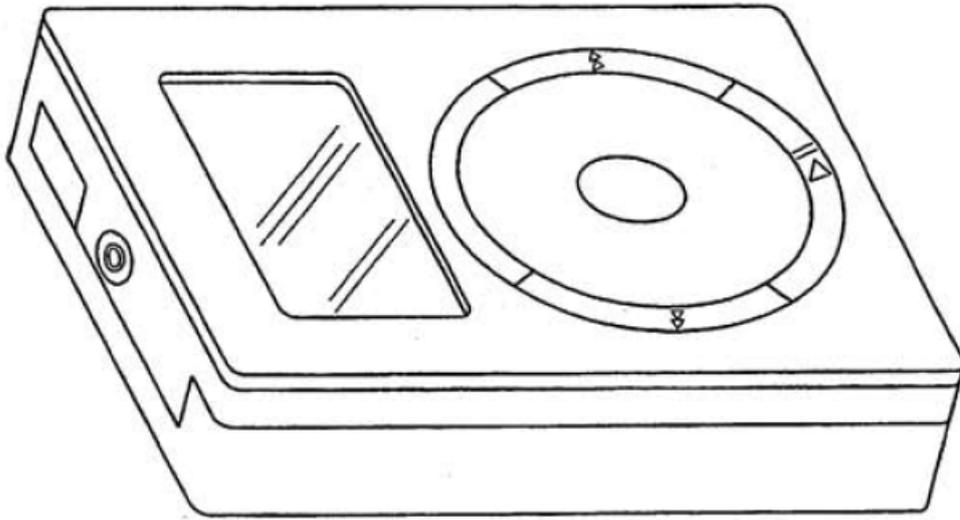


Figura 32

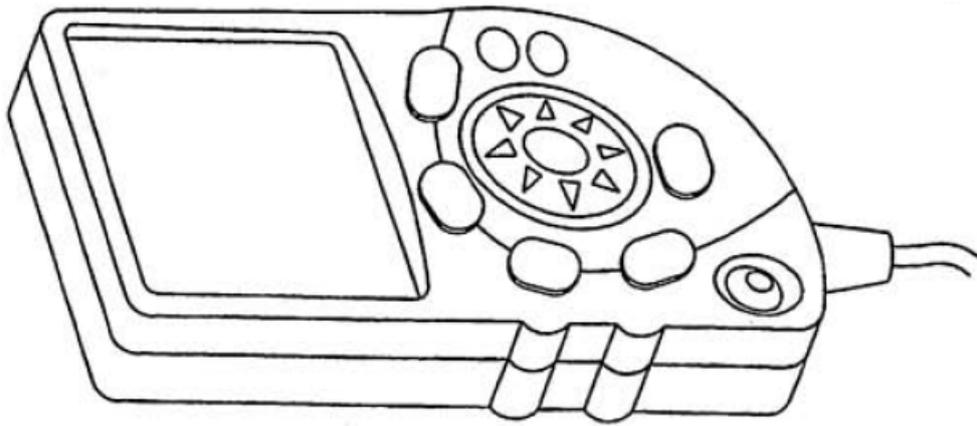


Figura 33

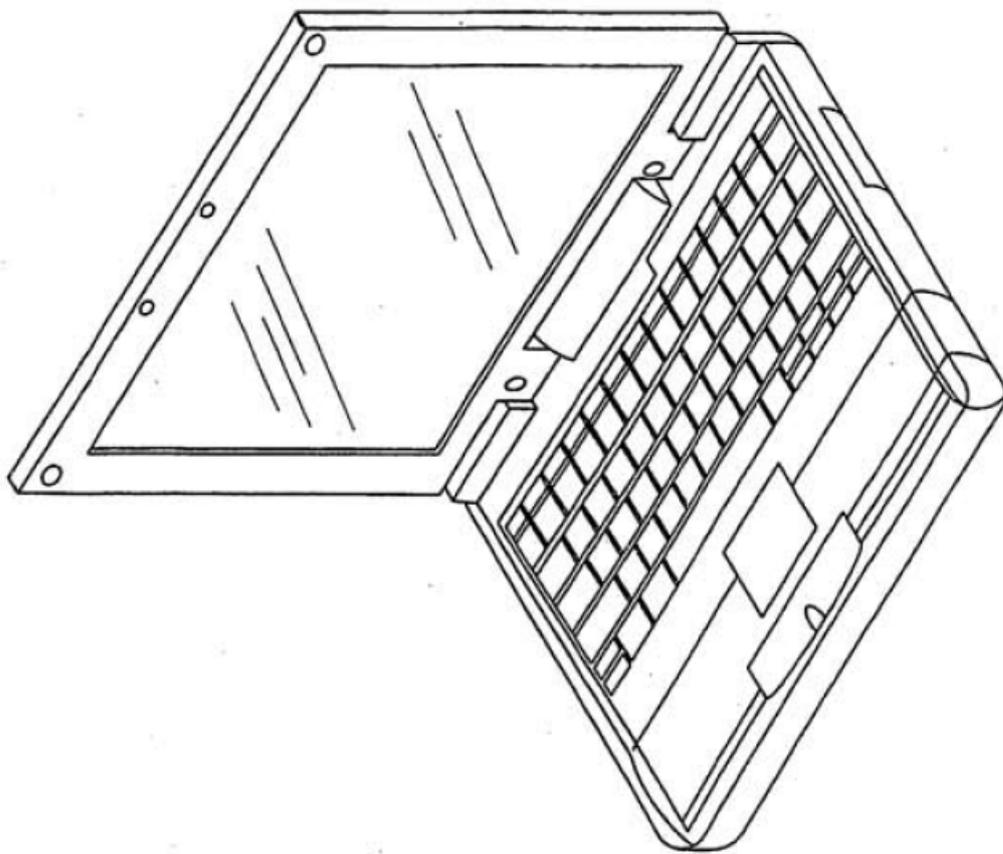


Figura 34

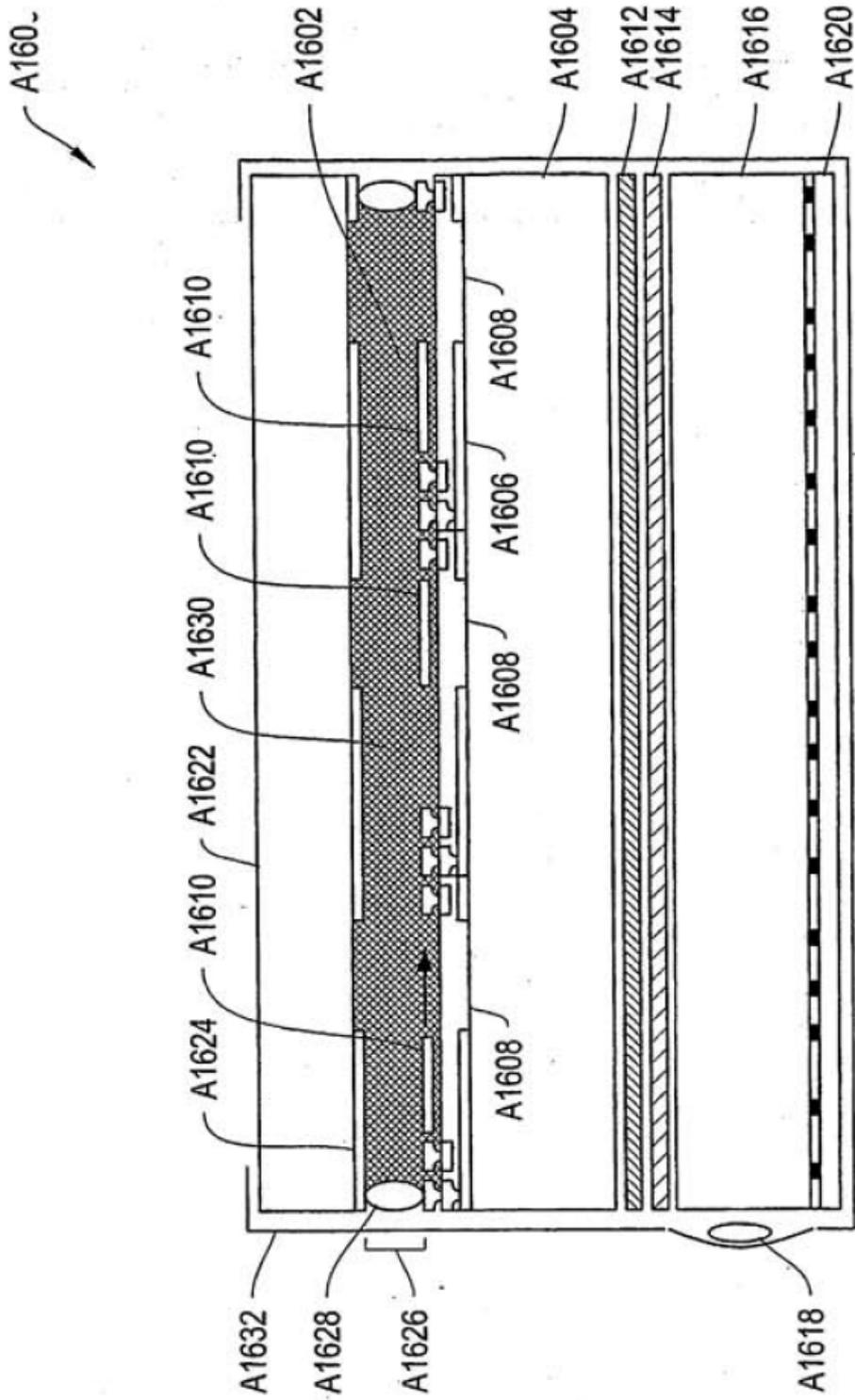


Figura 35

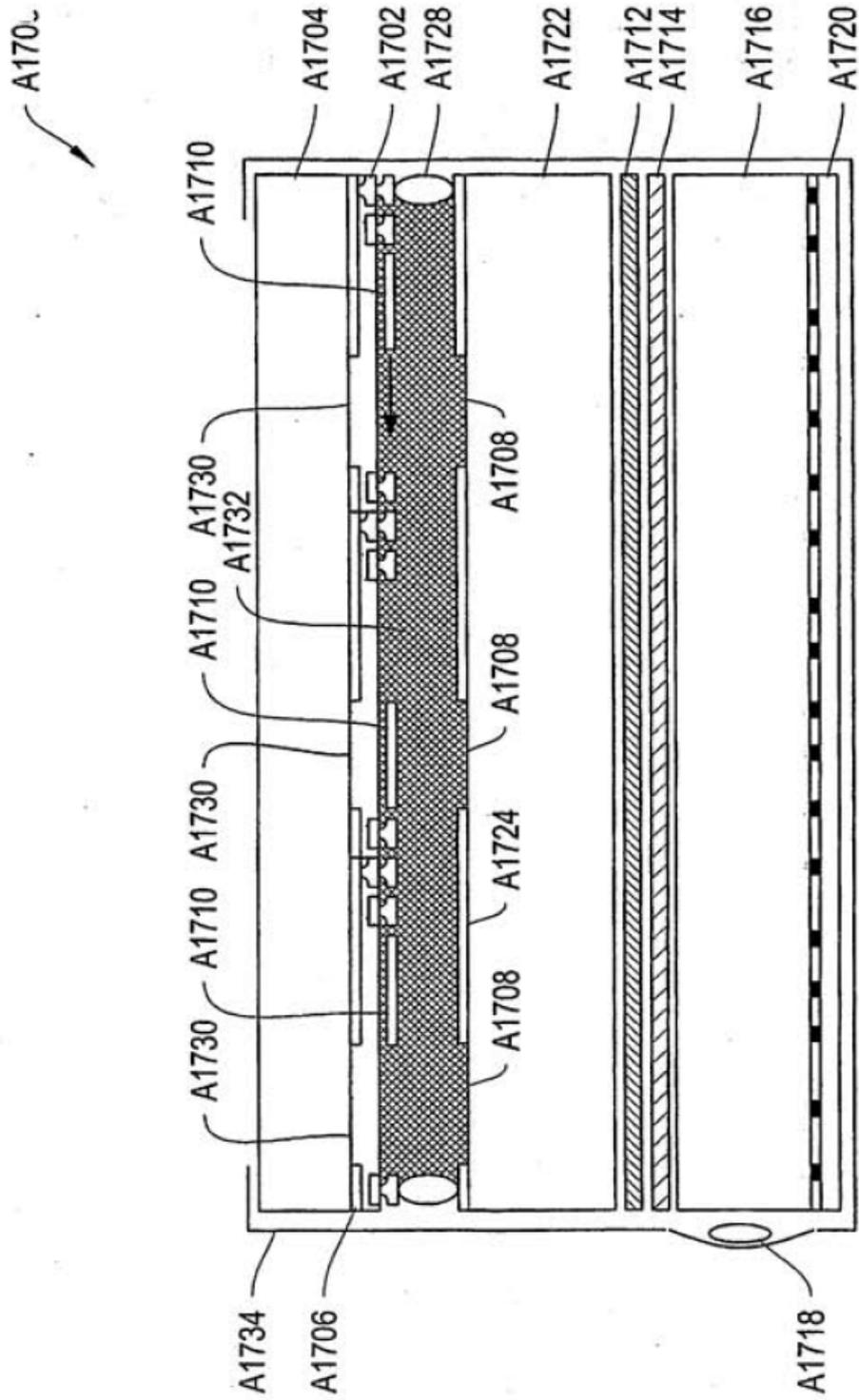


Figura 36

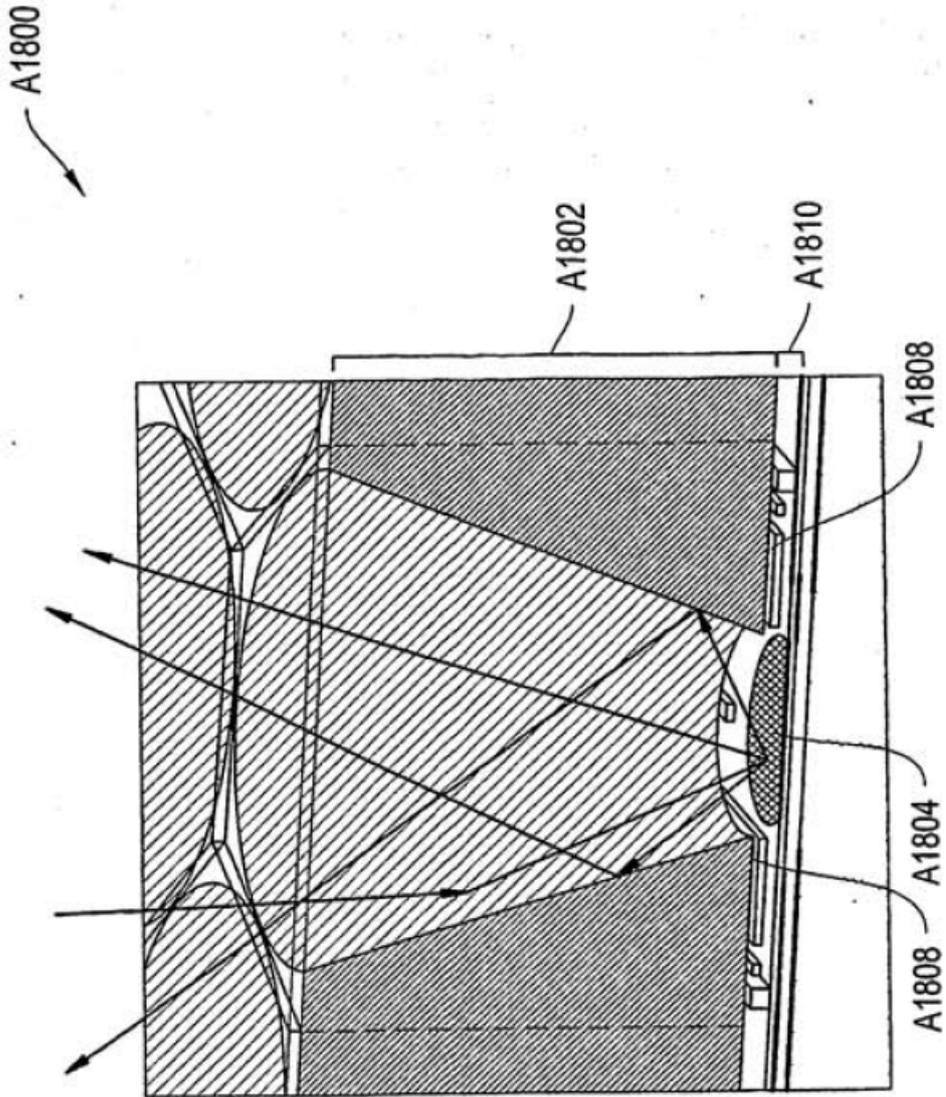


Figura 37