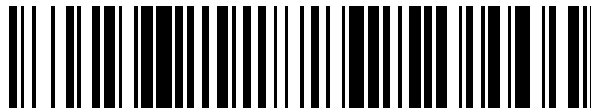


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 409 064**

51 Int. Cl.:

G02B 26/02 (2006.01)

G09G 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2006 E 06735919 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2013 EP 1859310**

54 Título: **Procedimientos y aparato de visualización**

30 Prioridad:

23.02.2005 US 655827 P

29.04.2005 US 676053 P

06.01.2006 US 326696

06.01.2006 US 326784

06.01.2006 US 326900

06.01.2006 US 326962

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

24.06.2013

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 2 409 064 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

Procedimientos y aparato de visualización

Campo de la invención

5 En general, la presente invención se refiere al campo de los dispositivos de visualización de imágenes; en particular, la invención versa acerca de circuitos para controlar fotomoduladores incorporados en los dispositivos de visualización de imágenes.

Antecedentes de la invención

10 Los dispositivos de visualización contruidos a partir de fotomoduladores mecánicos son una alternativa atractiva a los dispositivos de visualización basados en tecnología de cristal líquido. Los fotomoduladores mecánicos son lo suficientemente rápidos como para presentar un contenido de vídeo con buenos ángulos de visión y con una amplia gama de escala de color y de grises. Los fotomoduladores mecánicos han tenido éxito en aplicaciones de pantallas de proyección. Los dispositivos de visualización retroiluminados que usan fotomoduladores mecánicos no han demostrado aún combinaciones suficientemente atractivas de luminosidad y baja potencia. Existe la necesidad en la técnica de dispositivos de visualización rápidos, luminosos y de baja potencia accionados mecánicamente.

15 Específicamente, existe la necesidad de dispositivos de visualización accionados mecánicamente que puedan ser movidos a alta velocidad y baja tensión para una mejor calidad de imagen y un consumo reducido de energía.

Resumen de la invención

20 Puede formarse tal dispositivo de visualización usando una serie de conjuntos obturadores basados en MEMS combinados con una matriz de control que incluye conmutadores y electrodos configurados para abrir y cerrar los obturadores incorporados en los conjuntos obturadores. En un aspecto, la invención versa acerca de un aparato de visualización según se reivindica en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

Se entenderá la presentación anterior más fácilmente con la siguiente descripción detallada de la invención con referencia a los siguientes dibujos:

25 la Figura 1A es una vista isométrica de un aparato de visualización, según una realización ilustrativa de la invención;
la Figura 1B es un diagrama de bloques del aparato de visualización, según una realización ilustrativa de la invención;
30 la Figura 2 es una vista isométrica de un conjunto obturador para su inclusión en el aparato de visualización de la Figura 1;
las Figuras 3A y 3B son vistas isométricas de conjuntos obturadores de doble accionamiento adecuados para su inclusión en el aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
35 la Figura 4 es una vista en planta de una serie de conjuntos obturadores adecuados para su inclusión en el aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
la Figura 5A es un diagrama conceptual de una matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1;
la Figura 5B es una vista isométrica de una serie de píxeles que incorpora la matriz de control de la Figura 5A y los conjuntos obturadores de la Figura 2;
40 la Figura 6 es un diagrama de una segunda matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
la Figura 7 es un diagrama de una tercera matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
45 la Figura 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento de direccionamiento de los píxeles de la matriz de control de la Figura 7, según una realización ilustrativa de la invención;
la Figura 9 es un diagrama de una cuarta matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
la Figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento de direccionamiento de los píxeles de la matriz de control de la Figura 9, según una realización ilustrativa de la invención;
50 la Figura 11 es un diagrama de una quinta matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
la Figura 12 es un diagrama de flujo de un procedimiento de direccionamiento de los píxeles de la matriz de control de la Figura 11, según una realización ilustrativa de la invención;
55 la Figura 13 es un diagrama de una sexta matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
la Figura 14 es un diagrama de una séptima matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;

la Figura 15 es un diagrama de una octava matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
 la Figura 16 es un diagrama de una novena matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
 5 la Figura 17 es un diagrama de una décima matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
 la Figura 18 es un diagrama de una undécima matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención;
 10 la Figura 19 es un diagrama de una duodécima matriz de control adecuada para controlar los conjuntos obturadores del aparato de visualización de la Figura 1, según una realización ilustrativa de la invención.

Descripción de ciertas realizaciones ilustrativas

Para proporcionar una comprensión general de la invención, ahora se describirán ciertas realizaciones ilustrativas, incluyendo aparatos y procedimientos para visualizar imágenes. Sin embargo, una persona con un dominio normal de la técnica entenderá que los sistemas y los procedimientos descritos en el presente documento pueden ser adaptados y modificados según resulte apropiado para la aplicación que se esté abordando y que los sistemas y los procedimientos descritos en el presente documento pueden emplearse en otras aplicaciones adecuadas y que tales adiciones y modificaciones no se apartarán del alcance de los mismos.

La Figura 1A es una vista isométrica de un aparato 100 de visualización, según una realización ilustrativa de la invención. El aparato 100 de visualización incluye una pluralidad de fotomoduladores; en particular, una pluralidad de conjuntos obturadores 102a-102d (genéricamente “conjuntos obturadores 102”) dispuestos en filas y columnas. En el aparato 100 de visualización, los conjuntos obturadores 102a y 102d están en el estado abierto, que permite que la luz pase. Los conjuntos obturadores 102b y 102c están en el estado cerrado, que obstruye el paso de la luz. Estableciendo selectivamente los estados de los conjuntos obturadores 102a-102d, puede usarse el aparato 100 de visualización para formar una imagen 104 para una pantalla de proyección o retroiluminada si está iluminada por la lámpara 105. En otra implementación, el aparato 100 puede formar una imagen por reflexión de la luz ambiental que se origina en la parte frontal del aparato.

En el aparato 100 de visualización, cada conjunto obturador 102 corresponde a un píxel 106 en la imagen 104. En otras implementaciones, el aparato 100 de visualización puede utilizar una pluralidad de conjuntos obturadores para formar un píxel 106 en la imagen 104. Por ejemplo, el aparato 100 de visualización puede incluir conjuntos obturadores 102 de tres colores específicos. Abriendo selectivamente uno o más de los conjuntos obturadores 102 de colores específicos correspondientes a un píxel 106 particular, el aparato 100 de visualización puede generar un píxel 106 de color en la imagen 104. En otro ejemplo, el aparato 100 de visualización incluye dos o más conjuntos obturadores 102 por píxel 106 para proporcionar una escala de grises en una imagen 104. Con respecto a una imagen, un “píxel” corresponde al menor elemento de imagen definido por la resolución de la imagen. Con respecto a los componentes estructurales del aparato 100 de visualización, el término “píxel” se refiere a los componentes combinados mecánicos y eléctricos utilizados para modular la luz que forma un solo píxel de la imagen.

Cada conjunto obturador 102 incluye un obturador 108 y una abertura 109. Para iluminar un píxel 106 en la imagen 104, el obturador 108 se sitúa de modo que permita a la luz pasar a través de la abertura 109 hacia un espectador. Para mantener un píxel 106 sin iluminación, el obturador 108 se sitúa de modo que obstruya el paso de luz a través de la abertura 109. La abertura 109 se define por medio de un orificio practicado a través de un material reflectante o absorbente de la luz en cada conjunto obturador 102.

El aparato de visualización también incluye una matriz de control conectada al sustrato y a los conjuntos obturadores para controlar el movimiento de los obturadores. La matriz de control incluye una serie de interconexiones eléctricas (por ejemplo, las interconexiones 110, 112 y 114), incluyendo al menos una interconexión 110 de habilitación de la escritura (también denominada “interconexión de línea de barrido”) por fila de píxeles, una interconexión 112 de datos para cada columna de píxeles, y una interconexión común 114 que proporciona una tensión común a todos los píxeles, o al menos a los píxeles tanto de múltiples columnas como de múltiples filas del aparato 100 de visualización. En respuesta a la aplicación de una tensión apropiada (la “tensión de habilitación de la escritura, V_{we} ”), la interconexión 110 de habilitación de la escritura para una fila de píxeles dada prepara a los píxeles de la fila para aceptar nuevas instrucciones de movimiento de los obturadores. Las interconexiones 112 de datos comunican las nuevas instrucciones de movimiento en forma de impulsos de tensión de datos. Los impulsos de tensión de datos aplicados a las interconexiones 112 de datos, en algunas implementaciones, contribuyen directamente a un movimiento electrostático de los obturadores. En otras implementaciones, los impulsos de tensión de datos controlan conmutadores, por ejemplo transistores u otros elementos no lineales de circuito que controlen la aplicación de tensiones separadas de accionamiento, que son normalmente mayores en magnitud que las tensiones de datos, a los conjuntos obturadores 102. La aplicación de estas tensiones de accionamiento da entonces como resultado el movimiento electrostático de los obturadores 108.

La Figura 1B es un diagrama 150 del aparato 100 de visualización. Además de los elementos del aparato 100 de visualización descritos en lo que antecede, según se representa en el diagrama de bloques 150, el aparato 100 de

visualización incluye una pluralidad de controladores 152 de barrido (también denominados “fuentes de tensión de habilitación de la escritura”) y una pluralidad de controladores 154 de datos (también denominados “fuentes de tensión de datos”). Los controladores 152 de barrido aplican tensiones de habilitación de la escritura a las interconexiones 110 de líneas de barrido. Los controladores 154 de datos aplican tensiones de datos a las interconexiones 112 de datos. En algunas realizaciones del aparato de visualización, los controladores 154 de datos están configurados para proporcionar tensiones analógicas de datos a los conjuntos obturadores, especialmente cuando la escala de grises de la imagen 104 ha de derivarse de manera analógica. En la operación analógica, los conjuntos obturadores 102 están diseñados de modo que cuando se aplica un intervalo de tensiones intermedias mediante las interconexiones 112 de datos el resultado es un intervalo de estados abiertos intermedios en los obturadores 108 y, por lo tanto, un intervalo de estados intermedios de iluminación o escalas de grises en la imagen 104.

En otros casos, los controladores 154 de datos están configurados para aplicar solamente un conjunto reducido de 2, 3 o 4 niveles de tensión digital a la matriz de control. Estos niveles de tensión están diseñados para establecer, de forma digital, ya sea un estado abierto o un estado cerrado para cada uno de los obturadores 108.

Los controladores 152 de barrido y los controladores 154 de datos están conectados al circuito controlador digital 156 (también denominado “controlador 156”). El controlador incluye una interfaz 158 de visualización que procesa las señales entrantes de imagen creando un formato digital de imagen apropiado para el direccionamiento espacial y las prestaciones de escala de grises del dispositivo de visualización. Los datos de ubicación de los píxeles y de la escala de grises de cada imagen se guardan en una memoria intermedia 159 de tramas, de modo que se puedan extraer los datos según se necesiten, suministrándolos a los controladores 154 de datos. Los datos son enviados a los controladores 154 de datos fundamentalmente en serie, organizados en secuencias predeterminadas agrupadas por filas y por tramas de imágenes. Los controladores 154 de datos pueden incluir convertidores de datos de serie a paralelo, variaciones de nivel y, para algunas aplicaciones, convertidores de tensión digital a analógica.

Todos los controladores (por ejemplo, los controladores 152 de barrido, los controladores 154 de datos, y el controlador 153 de accionamiento y el controlador 155 de accionamiento global) para diferentes funciones de visualización están sincronizados por un control 160 de temporización del controlador 156. Las instrucciones de temporización coordinan la iluminación de las lámparas rojas, verdes y azules 162, 164 y 166 a través de los controladores 168 de las lámparas, la habilitación de la escritura y la secuenciación de filas específicas de la serie de píxeles, la salida de tensiones de los controladores 154 de datos, y para la salida de tensiones que permiten el accionamiento de los obturadores.

El controlador 156 determina el esquema de secuenciación o direccionamiento mediante el cual cada uno de los obturadores 108 de la serie puede ser reconfigurado a los niveles de iluminación apropiados a la nueva imagen 104. Pueden configurarse nuevas imágenes 104 a intervalos periódicos. Por ejemplo, para los dispositivos de visualización de vídeo, la imágenes 104 en color o las tramas de vídeo se refrescan a frecuencias que oscilan entre 10 y 300 hercios. En algunas realizaciones, la configuración de una trama de imagen se sincroniza con el funcionamiento de la retroiluminación, de modo que tramas alternas de imágenes se iluminen con una serie alternante de colores, tales como rojo, verde y azul. La trama de imagen para cada color respectivo se denomina subtrama de color. En este procedimiento, denominado procedimiento de color secuencial por campos, si las subtramas de color se alternan a frecuencias que superan los 20 Hz, el cerebro humano promediará las imágenes de las tramas alternantes creando la percepción de una imagen que tiene un intervalo amplio y continuo de colores.

Si el aparato 100 de visualización está diseñado para conmutación digital de los obturadores 108 entre estados abiertos y cerrados, el controlador 156 puede controlar la secuencia de direccionamiento y/o los intervalos de tiempo entre tramas de imagen para producir imágenes 104 con una escala de grises apropiada. El proceso de generación de distintos niveles de escala de grises controlando 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 una escala de grises por división de tiempo, el controlador 156 determina el periodo de tiempo o la fracción de tiempo dentro de cada trama que se permite que un obturador 108 permanezca en el estado abierto, según el nivel de iluminación o la escala de grises deseada de ese píxel. En otra realización de la escala de grises por división de tiempo, el tiempo de la trama se divide, por ejemplo, en 15 subtramas de idéntica duración según los niveles de iluminación apropiados a una escala de grises binaria de 4 bits. El controlador 156 configura entonces una imagen diferenciada en cada una de las 15 subtramas. Los píxeles más brillantes de la imagen quedan en el estado abierto la mayor parte o en la totalidad de las 15 subtramas, y los píxeles más oscuros quedan configurados en el estado abierto solo una fracción de las subtramas. En otra realización de la escala de grises por división de tiempo, el circuito controlador 156 altera la duración de una serie de subtramas en proporción a la significación a nivel de bit de una palabra codificada de una escala de grises que representa un valor de iluminación. Es decir, las duraciones temporales de las subtramas pueden variar según la serie binaria 1, 2, 4, 8... Los obturadores 108 son configurados entonces ya sea al estado abierto o el cerrado en una subtrama particular según el valor del bit en una posición correspondiente dentro de la palabra binaria para su nivel de grises previsto.

Hay disponibles un número de técnicas híbridas para formar una escala de grises que combine las técnicas de división de tiempo descritas en lo que antecede con el uso ya sea de múltiples obturadores 108 por píxel o a través del control independiente de la intensidad de la retroiluminación. Estas técnicas se describen más adelante.

5 En una implementación, el direccionamiento de la matriz de control, es decir el suministro de información de control a la serie de píxeles, se logra por medio de un direccionamiento secuencial de líneas individuales, a veces denominadas líneas o filas de barrido de la matriz. Aplicando V_{we} a la interconexión 110 de habilitación de la escritura para una línea de barrido dada y aplicando selectivamente impulsos de tensión de datos V_d a las interconexiones 112 de datos para cada columna, la matriz de control puede controlar el movimiento de cada obturador 108 de la fila con escritura habilitada. Repitiendo estas etapas para cada fila de píxeles in el aparato 100 de visualización, la matriz de control puede completar el conjunto de instrucciones de movimiento para cada píxel del aparato 100 de visualización.

15 En una implementación alternativa, la matriz de control aplica V_{we} a las interconexiones 110 de habilitación de la escritura of múltiples filas de píxeles simultáneamente, por ejemplo para aprovechar las similitudes entre las instrucciones de movimiento para píxeles en diferentes filas de píxeles, disminuyendo con ello la cantidad de tiempo necesaria para proporcionar instrucciones de movimiento a todos los píxeles del aparato 100 de visualización. En otra implementación alternativa, las filas son objeto de direccionamiento en un orden no secuencial, por ejemplo pseudoaleatorio, para minimizar las aberraciones visuales que a veces se producen, especialmente en unión con el uso de una escala de grises por división de tiempo codificada.

20 En realizaciones alternativas, la serie de píxeles y las matrices de control que controlan los píxeles incorporados en la serie pueden disponerse en configuraciones distintas de filas y columnas rectangulares. Por ejemplo, los píxeles pueden ser dispuestos en series hexagonales o filas y columnas curvilíneas. En general, tal como se usa en el presente documento, la expresión línea de barrido se referirá a cualquier pluralidad de píxeles que compartan una interconexión de habilitación de la escritura.

Conjuntos obturadores

25 La Figura 2 es un diagrama de un conjunto obturador ilustrativo 200 adecuado para su incorporación en el aparato 100 de visualización de la Figura 1. El conjunto obturador 200 incluye un obturador 202 acoplado a un accionador 204. El accionador 204 está formado de dos accionadores separados 205 de haces de electrodos elásticos. El obturador 202 se acopla por un lado a los accionadores 205. Los accionadores 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 se acopla a un resorte 207 que proporciona una fuerza de reposición que se opone a las fuerzas ejercidas por el accionador 204.

30 Cada accionador 205 incluye un haz elástico 206 de carga que conecta el obturador 202 a un anclaje 208 de carga. Los anclajes 208 de carga, junto con los haces elásticos 206 de carga, sirven como soportes mecánicos que mantienen al obturador 202 suspendido próximo a la superficie. La superficie incluye una o más aberturas 211 para admitir el paso de la luz. Los anclajes 208 de carga conectan físicamente los haces flexibles 206 de carga y el obturador 202 a la superficie y conectan eléctricamente los haces 206 de carga a una tensión de polarización, en algunos casos a tierra.

35 Cada accionador 204 también incluye un haz flexible 216 de accionamiento situado adyacente a cada haz 206 de carga. Los haces 216 de accionamiento se acoplan por un extremo a un anclaje 218 de los haces de accionamiento compartido entre los haces 216 de accionamiento. El otro extremo de cada haz 216 de accionamiento tiene libertad de movimiento. Cada haz 216 de accionamiento está curvado de modo que tenga la máxima cercanía al haz 206 de carga cerca del extremo libre del haz 216 de accionamiento y del extremo anclado del haz 206 de carga.

40 En operación, un aparato de visualización que incorpora el conjunto obturador 200 aplica un potencial eléctrico a los haces 216 de accionamiento a través del anclaje 218 de los haces de accionamiento. Puede aplicarse un segundo potencial eléctrico a los haces 206 de carga. La diferencia de potencial resultante entre los haces 216 de accionamiento y los haces 206 de carga tracciona los extremos libres de los haces 216 de accionamiento hacia los extremos anclados de los haces 206 de carga, y tracciona los extremos de obturador de los haces 206 de carga hacia los extremos anclados de los haces 216 de accionamiento, moviendo con ello el obturador 202 transversalmente hacia el anclaje controlador 218. Los miembros flexibles 206 actúan como resortes, de modo que cuando se elimine el potencial de tensión en los haces 206 y 216, los haces 206 de carga vuelvan a empujar al obturador 202 a su posición inicial, liberando el esfuerzo de los haces 206 de carga.

45 Un conjunto obturador como el conjunto obturador 200, que incorpora un mecanismo pasivo de fuerza de reposición se denomina generalmente en el presente documento conjunto obturador elástico. Pueden construirse varios mecanismos de reposición elástica en accionadores electrostáticos, o en conjunción con los mismos, proporcionando únicamente un ejemplo los haces flexibles ilustrados en el conjunto obturador 200. Pueden construirse conjuntos obturadores elásticos de modo que, en un estado desactivado o relajado, los obturadores estén abiertos o cerrados. Con fines ilustrativos, en lo que sigue se da por sentado que los conjuntos obturadores elásticos descritos en el presente documento son construidos para que estén cerrados en su estado relajado.

Dependiendo de la curvatura de los haces 216 de accionamiento y los haces 206 de carga, el conjunto obturador puede ser controlado de manera analógica o digital. Cuando los haces tienen una curvatura muy poco lineal o muy divergente (los haces divergen en una curvatura de más de segundo orden), la aplicación de una tensión analógica de accionamiento entre los haces 216 de accionamiento y los haces 206 de carga da como resultado un desplazamiento incremental predeterminado del obturador 202. Así, la magnitud del desplazamiento del obturador 202 puede variarse aplicando tensiones de magnitud diferente entre los haces 216 de accionamiento y los haces 206 de carga. Por lo tanto, se usan conjuntos obturadores 200 que incluyen haces más curvados para implementar procesos analógicos de escala de grises.

Para conjuntos obturadores con haces menos curvados (haces divergentes con curvatura de segundo orden o menor), la aplicación de una tensión entre los haces 216 de accionamiento y los haces 206 de carga da como resultado un desplazamiento del obturador si la tensión supera una tensión umbral (V_{at}). La aplicación de una tensión que sea igual o mayor que V_{at} da como resultado un desplazamiento máximo del obturador. Es decir, si el obturador 202 está cerrado en ausencia de aplicación de una tensión que iguale o supere el umbral, la aplicación de cualquier tensión que iguale o supere V_{at} abre completamente el obturador. Se utilizan tales conjuntos obturadores para implementar procesos de escala de grises por división de tiempo y/o por división de área digital en diversas realizaciones del aparato 100 de visualización.

Las Figuras 3A y 3B son vistas isométricas de un segundo conjunto obturador 300 adecuado para su uso en el aparato 100 de visualización. La Figura 3A es una vista del segundo conjunto obturador 300 en un estado abierto. La Figura 3B es una vista del segundo conjunto obturador 300 en un estado cerrado. A diferencia del conjunto obturador 200, el conjunto obturador 300 incluye los accionadores 302 y 304 a ambos lados de un obturador 306. Cada accionador 302 y 304 es controlado independientemente. Un primer accionador, un accionador 302 de apertura del obturador, sirve para abrir el obturador 306. Un segundo accionador, el accionador 304 de cierre del obturador, sirve para cerrar el obturador 306. Preferentemente, ambos accionadores 302 y 304 son accionadores de electrodos de haz flexible. Los accionadores 302 y 304 abren y cierran el obturador 306 moviendo el obturador 306 sustancialmente en un plano paralelo a una superficie 307 sobre la que está suspendido el obturador. El obturador 306 está suspendido sobre la superficie mediante anclajes 308 unidos a los accionadores 302 y 304. La inclusión de soportes unidos a ambos extremos del obturador 306 a lo largo de su eje de movimiento reduce el movimiento fuera del plano del obturador 306 y confina el movimiento sustancialmente al plano deseado de movimiento. La superficie 307 incluye al menos una abertura 309 para admitir el paso de luz a través de la superficie 307.

La Figura 4 es una vista en planta de una serie 400 de conjuntos obturadores 402 adecuados para su inclusión en el aparato 100 de visualización. Cada conjunto obturador 402 incluye un obturador 404, un haz 406 de carga y dos haces 408 de accionamiento. Como en los conjuntos obturadores 200 y 300 descritos en lo que antecede, los conjuntos obturadores 402 modulan la luz moviendo transversalmente sus correspondientes obturadores 404 de modo que los obturadores 404 interfieran selectivamente la luz que pasa a través de las aberturas en una superficie sobre la que se mueven los obturadores 404.

Para mover uno de los obturadores en uno de los conjuntos obturadores, se aplica una tensión entre el haz 406 de carga y uno de los haces 408 de accionamiento. Para generar la tensión, se aplica un primer potencial eléctrico al haz seleccionado de accionamiento y se aplica un segundo potencial eléctrico al haz 406 de carga y al obturador 404. Los potenciales eléctricos primero y segundo pueden ser de la misma polaridad o pueden ser de polaridades opuestas. También pueden tener la misma magnitud o pueden tener magnitudes diferentes. Cualquiera de los dos potenciales también puede derivarse a tierra. Para que el conjunto obturador se accione (es decir, para que el obturador cambie su posición) la diferencia entre los potenciales primero y segundo debe igualar o superar una tensión umbral V_{at} de accionamiento.

En la mayoría de las realizaciones se alcanza V_{at} aplicando tensiones de magnitudes sustancialmente diferentes al haz seleccionado de accionamiento y al haz de carga. Por ejemplo, suponiendo que V_{at} sea 40 V, el aparato 100 de visualización puede aplicar 30 V al haz de accionamiento y -10 V al haz de carga, dando como resultado una diferencia de potencial de 40 V. Sin embargo, para fines de control de la disipación de potencia, también es importante considerar y controlar la tensión absoluta aplicada a cada electrodo con respecto al potencial de tierra o de chasis del dispositivo de visualización. La potencia requerida para aplicar potenciales eléctricos a una serie de accionadores es proporcional a la capacitancia vista por la fuente de tensión ($P=1/2 fCV^2$), siendo f la frecuencia de la señal de accionamiento, siendo V la tensión de la fuente y siendo C la capacitancia total vista por la fuente. La capacitancia total tiene varios componentes aditivos, incluyendo la capacitancia que existe entre el haz de carga y el haz de accionamiento, la capacitancia fuente-drenaje de los transistores en la línea de interconexión entre la fuente de tensión y el accionador (particularmente para los transistores cuyas puertas estén cerradas), la capacitancia entre la línea de interconexión y su entorno, incluyendo conjuntos obturadores y/o cruces de conductores próximos, y la capacitancia entre los haces de carga y de accionamiento y su entorno, incluyendo conjuntos obturadores próximos o el chasis del dispositivo de visualización. Dado que el haz 406 de carga está acoplado eléctricamente al obturador 404, la capacitancia del haz 406 de carga incluye la capacitancia del obturador 404. Dado que el obturador comprende normalmente una gran fracción del área del píxel, la capacitancia del haz de carga y su interno puede representar una fracción significativa de la capacitancia total vista por la fuente de tensión. Además, dado que la diferencia en área del haz 406 de carga y el obturador 404 combinados y el área del haz 408 de accionamiento es

significativa, la capacitancia entre el haz de carga y su entorno es normalmente mucho mayor que entre el haz de accionamiento y su entorno. En consecuencia, la pérdida de potencia CV^2 experimentada por las fuentes de tensión conectadas ya sea a los haces de accionamiento o a los de carga será significativamente diferente aunque el intervalo de sus saltos transitorios de tensión hubiese de ser el mismo. Por esta razón, resulta generalmente ventajoso conectar el extremo del accionador con mayor capacitancia, es decir, el haz de carga, o bien a una fuente de tensión que no cambie significativamente de tensión con respecto al potencial de tierra o el chasis, o a una fuente de tensión que no cambie de tensión con las frecuencias más elevadas requeridas por el sistema de accionamiento. Por ejemplo, si se requiere una diferencia de 40 voltios entre el haz 406 de carga y el haz 408 de accionamiento para accionar el accionador, será ventajoso que la diferencia de tensión entre el haz de accionamiento y el potencial de tierra o de chasis represente al menos la mitad si no la mayor parte de los 40 voltios.

La línea discontinua superpuesta sobre la serie 400 de conjuntos obturadores representa los límites de un solo píxel 410. El píxel 410 incluye dos conjuntos obturadores 402, pudiendo controlarse cada uno de ellos de forma independiente. Al tener dos conjuntos obturadores 402 por píxel 410, un aparato de visualización que incorpore la serie 400 de conjuntos obturadores puede proporcionar tres niveles de escala de grises por píxel usando una escala de grises por división de área. Más en particular, el píxel podría ser llevado a los siguientes estados: ambos conjuntos obturadores cerrados; un conjunto obturador abierto y un conjunto obturador cerrado; o ambos conjuntos obturadores abiertos. Así, el píxel de la imagen resultante puede estar desactivado, a medio brillo o con pleno brillo. Al hacer que cada conjunto obturador 402 del píxel 410 tenga aberturas de distintos tamaños, un aparato de visualización podría proporcionar otro nivel adicional de grises usando solo una escala de grises por división de área. Puede hacerse que los conjuntos obturadores 200, 300 y 402 de las Figuras 2, 3 y 4 sean biestables. Es decir, los obturadores pueden existir en al menos dos posiciones de equilibrio (por ejemplo, abierta o cerrada), requiriéndose poca potencia, o ninguna, para mantenerlos en cualquiera de las dos posiciones. Más en particular, el conjunto obturador 300 puede ser mecánicamente biestable. Una vez que el obturador del conjunto obturador 300 está en su posición, no hacen falta energía eléctrica ni tensión de retención para mantener esa posición. Los esfuerzos mecánicos sobre los elementos físicos del conjunto obturador 300 pueden retener el obturador en su sitio.

También puede hacerse que los conjuntos obturadores 200, 300 y 402 sean eléctricamente biestables. En un conjunto obturador eléctricamente biestable existe un intervalo de tensiones por debajo de la tensión de accionamiento del conjunto obturador que, si se aplican a un accionador cerrado (estando el obturador ya sea abierto o cerrado), mantienen el accionador cerrado y el obturador en posición, aunque se ejerza una fuerza opuesta sobre el obturador. La fuerza opuesta puede ser ejercida por un resorte fijado a un extremo opuesto del obturador, tal como el resorte 207 del conjunto obturador 200, o la fuerza opuesta puede ser ejercida por un accionador opuesto. La tensión mínima necesaria para mantener la posición de un obturador contra tal fuerza opuesta se denomina tensión de mantenimiento V_m .

La biestabilidad eléctrica surge del hecho de que la fuerza electrostática en un accionador es una función directa de la posición, así como de la tensión. Los haces de los accionadores en los conjuntos obturadores 200, 300 y 402 actúan como placas de condensador. La fuerza entre placas de condensador es proporcional a $1/d^2$, siendo d la distancia de separación local entre las placas del condensador. En un accionador cerrado, la separación local entre haces accionadores es muy pequeña. Así, la aplicación de una tensión pequeña puede dar como resultado una fuerza relativamente grande entre los haces accionadores. En consecuencia, una tensión relativamente pequeña, tal como V_m , puede mantener cerrado el accionador, aunque otros elementos ejerzan una fuerza opuesta sobre el accionador.

En conjuntos obturadores, como el 300, que proveen dos accionadores controlables por separado (con el fin de abrir y cerrar el obturador, respectivamente), la posición de equilibrio del obturador estará determinada por el efecto combinado de las diferencias de tensión en cada uno de los accionadores. En otras palabras, deben considerarse los potenciales eléctricos de los tres terminales (el haz de accionamiento de apertura del obturador, el haz de accionamiento de cierre del obturador, y los haces de obturador/de carga), así como la posición del obturador, para determinar las fuerzas de equilibrio en el obturador.

Para un sistema eléctricamente biestable, un conjunto de reglas lógicas puede describir los estados estables y puede ser usado para desarrollar un direccionamiento fiable o esquemas digitales de control para el obturador. Estas reglas lógicas son como sigue:

Sea V_s el potencial eléctrico en el haz de obturador o de carga. Sea V_o el potencial eléctrico del haz de accionamiento de apertura del obturador. Sea V_c el potencial eléctrico del haz de accionamiento de cierre del obturador. Sea la expresión $|V_o - V_s|$ la referencia al valor absoluto de la diferencia de tensión entre el obturador y el haz de accionamiento de apertura del obturador. Sea V_m la tensión de mantenimiento. Sea V_{at} la tensión umbral de accionamiento, es decir, la tensión necesaria para accionar un accionador en ausencia de la aplicación de V_m a un haz opuesto de accionamiento. Sea V_{max} el potencial máximo permisible para V_o y V_c . Sea $V_m < V_{at} < V_{max}$. Entonces, suponiendo que V_o y V_c permanezcan por debajo de V_{max} :

1. Si $|V_o - V_s| < V_m$ y $|V_c - V_s| < V_m$,

entonces, el obturador se relajará a la posición de equilibrio de su resorte mecánico.

2. Si $|V_o - V_s| > V_m$ y $|V_c - V_s| > V_m$, entonces, el obturador no se moverá; es decir, se mantendrá ya sea en el estado abierto o en cerrado, en cualquier posición que se estableciera por medio del último evento de accionamiento.
3. Si $|V_o - V_s| > V_{at}$ y $|V_c - V_s| < V_m$, entonces, el obturador se moverá a la posición abierta.
4. Si $|V_o - V_s| < V_m$ y $|V_c - V_s| > V_{at}$, entonces, el obturador se moverá a la posición cerrada.

Siguiendo la regla 1, con diferencias de tensión en cada accionador cercanas a cero, el obturador se relajará. En muchos conjuntos obturadores la posición mecánicamente relajada está abierta o cerrada solamente de forma relajada y, por ello, esta condición de tensión se evita preferentemente en un esquema de direccionamiento.

La condición de la regla 2 posibilita incluir una función de accionamiento global en un esquema de direccionamiento. Manteniendo una tensión de obturador que proporcione diferencias de tensión de los haces que sea al menos la tensión de mantenimiento, los valores absolutos de los potenciales de obturador abierto y de obturador cerrado pueden alterarse o conmutar en medio de una secuencia de direccionamiento en amplios intervalos de tensión (incluso cuando las diferencias de tensión superan a V_{at}) sin ningún peligro de movimiento no intencional del obturador.

La condición de las reglas 3 y 4 son aquellas generalmente objeto de selección durante la secuencia de direccionamiento para garantizar el accionamiento biestable del obturador.

La diferencia de la tensión de mantenimiento, V_m , puede estar diseñada o expresada como cierta fracción de la tensión umbral de accionamiento, V_{at} . Para sistemas diseñados para un grado útil de biestabilidad, la tensión de mantenimiento puede existir en un intervalo entre el 20% y el 80% de V_{at} . Esto contribuye a garantizar que la fuga de carga o las fluctuaciones de tensión parásita en el sistema no den como resultado una desviación de una tensión de retención establecida fuera de su intervalo de mantenimiento —una desviación que podía dar como resultado el accionamiento involuntario de un obturador—. En algunos sistemas puede proporcionarse un grado excepcional de biestabilidad o histéresis, existiendo V_m en un intervalo del 2% al 98%. Sin embargo, en estos sistemas debe cuidarse de garantizar que se obtenga de forma fiable una condición de tensión de electrodo de $V < V_m$ dentro del tiempo disponible de direccionamiento y accionamiento.

Matrices de control y procedimientos de operación de las mismas

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

La matriz 500 de control está fabricada como un circuito eléctrico difuso o depositado en una película delgada sobre la superficie de un sustrato 504 en el que están formados los conjuntos obturadores 502. La matriz 500 de control incluye una interconexión 506 de línea de barrido para cada fila de píxeles 501 de la matriz 500 de control y una interconexión 508 de datos para cada columna de píxeles 501 de la matriz 500 de control. Cada interconexión 506 de línea de barrido conecta eléctricamente una fuente 507 de tensión de habilitación de la escritura a los píxeles 501 de una correspondiente fila de píxeles 501. Cada interconexión 508 de datos conecta eléctricamente una fuente 509 de tensión de datos (“fuente de V_d ”) a los píxeles 501 de una correspondiente columna de píxeles. En la matriz 500 de control, la tensión de datos V_d proporciona la mayoría de la energía necesaria para el accionamiento. Así, la fuente 509 de tensión de datos también sirve de fuente de tensión de accionamiento.

Para cada píxel 501 o para cada conjunto obturador de la serie, la matriz 500 de control incluye un transistor 510 y un condensador 512. La puerta de cada transistor está eléctricamente conectada a la interconexión 506 de línea de barrido de la fila de la serie en la que el píxel 501 está situado. La fuente de cada transistor 510 está eléctricamente conectada a su correspondiente interconexión 508 de datos. El conjunto obturador 502 incluye un accionador con dos electrodos. Los dos electrodos tienen capacitancias significativamente diferentes con respecto al entorno. El transistor conecta la interconexión 508 de datos al electrodo accionador que tiene la capacitancia menor. Más en particular, el drenaje de cada transistor 510 está eléctricamente conectado en paralelo a un electrodo del correspondiente condensador 512 y al electrodo de menor capacitancia del accionador. El otro electrodo del condensador 512 y el electrodo de menor capacitancia del accionador en el conjunto obturador 502 se conectan a un potencial común o de tierra. En operación, para formar una imagen, la matriz 500 de control habilita para la escritura en secuencia cada fila de la serie aplicando V_{we} a cada interconexión 506 de línea de barrido en sucesión. 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 que el flujo de corriente a través de las interconexiones 508 de datos a través de los transistores aplique un potencial al accionador del conjunto obturador 502. Mientras la fila está habilitada para la escritura, se aplican de forma selectiva tensiones de datos V_d a las interconexiones 508 de datos. En implementaciones que proporcionan una escala analógica de grises, se varía la tensión de datos aplicada a cada interconexión 508 de datos en relación con el brillo deseado del píxel 501 situado en la intersección de la

interconexión 506 de línea de barrido habilitada para la escritura y la interconexión 508 de datos. En implementaciones que proporcionan esquema de control digital, se selecciona la tensión de datos para que sea o bien una tensión de magnitud relativamente baja (es decir, una tensión cercana a tierra) o que satisfaga o supere V_{at} (la tensión umbral de accionamiento). En respuesta a la aplicación de V_{at} a una interconexión 508 de datos, el accionador del correspondiente conjunto obturador 502 se acciona, abriendo el obturador de ese conjunto obturador 502. La tensión aplicada a la interconexión 508 de datos permanece almacenada en el condensador 512 del píxel aun después de que la matriz 500 de control deje de aplicar V_{we} a una fila. Por lo tanto, no es necesario aguardar ni mantener la tensión V_{we} en una fila durante periodos lo bastante largos como para que se accione el conjunto obturador 502; tal accionamiento puede proseguir después de que la tensión de habilitación de la escritura haya sido eliminada de la fila. La tensión en los condensadores 510 de una fila permanece sustancialmente almacenada hasta que se escribe una trama completa de vídeo y, en algunas implementaciones, hasta que se escriben nuevos datos en la fila.

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

En primer lugar, se forma una capa 550 de aberturas en un sustrato 504. Si el sustrato 504 es opaco, como el silicio, entonces el sustrato 504 sirve como capa 550 de aberturas y se forman agujeros 554 de abertura en el sustrato 504 practicando mediante ataque químico una serie de agujeros a través del sustrato 504. Si el sustrato 504 es transparente, como el vidrio, entonces la capa 550 de aberturas puede formarse por la deposición de una capa de bloqueo de la luz en el sustrato 504 y atacando químicamente la capa de bloqueo de la luz creando una serie de agujeros. En general, los agujeros 554 de abertura pueden ser de forma circular, elíptica, poligonal, serpentina o irregular. Si la capa de bloqueo de la luz está fabricada también de un material reflectante, como un metal, entonces la capa 550 de aberturas puede actuar como una superficie especular que vuelva a reciclar la luz no transmitida a una retroiluminación adjunta para una mayor eficiencia óptica. Las películas metálicas reflectantes apropiadas para proporcionar un reciclado de la luz pueden formarse mediante varias técnicas de deposición de vapor, incluyendo deposición catódica, evaporación, recubrimiento iónico, ablación por láser o deposición de vapor químico. Metales que son 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. Son suficientes grosores en el intervalo de 30 nm a 1000 nm.

En segundo lugar, se deposita una capa dieléctrica intermetálica a modo de estrato sobre la parte superior del metal de la capa 550 de aberturas.

En tercer lugar, una capa conductora es depositada y modelada sobre el sustrato. Esta capa conductora puede ser modelada en los trazos conductores de la interconexión 506 de línea de barrido. Cualquiera de los metales enumerados en lo que antecede, u óxidos conductores como el óxido de indio-estaño, pueden tener una resistividad suficientemente baja para esta aplicación. Una porción de la interconexión 506 de línea de barrido en cada píxel está situada de manera de formar la puerta de un transistor 510.

En cuarto lugar, se deposita otra capa dieléctrica intermetálica a modo de estrato sobre la parte superior de la primera capa de interconexiones conductoras, incluyendo la porción que forma la puerta del transistor 510. Dieléctricos intermetálicos suficientes para este fin incluyen SiO_2 , Si_3N_4 , and Al_2O_3 , con grosores en el intervalo de 30 nm a 1000 nm.

En quinto lugar, una capa de silicio amorfo es depositada encima del dieléctrico intermetálico y modelada formando las regiones de fuente, drenaje y canal de una capa activa de transistor de película delgada. Alternativamente, este material semiconductor puede ser silicio policristalino.

En sexto lugar, una segunda capa conductora es depositada y modelada encima del silicio amorfo. Esta capa conductora puede ser modelada en los trazos conductores de la interconexión 508 de datos. Pueden usarse los mismos metálicos y/u óxidos conductores enumerados en lo que antecede. También puede usarse porciones de la segunda capa conductora para formar contactos a las regiones de fuente y drenaje del transistor 510. Pueden construirse estructuras condensadoras, como el condensador 512, como placas formadas en las capas conductoras primera y segunda con material dieléctrico intermedio.

En séptimo lugar, se deposita un dieléctrico de pasivación sobre la parte superior de la segunda capa conductora.

En octavo lugar, se deposita una capa mecánica sacrificial sobre la parte superior de la capa de pasivación. Se abren orificios de interconexión al interior tanto de la capa sacrificial como de la capa de pasivación, de modo que las subsiguientes capas obturadoras MEMS puedan hacer contacto eléctrico y tener unión mecánica con las capas conductoras subyacentes.

En noveno lugar, una capa obturadora MEMS es depositada y modelada encima de la capa sacrificial. La capa obturadora MEMS está modelada con obturadores 502, así como con accionadores 503, y está anclada al sustrato 504 a través de orificios de interconexión que están modelados en el interior de la capa sacrificial. El patrón del obturador 502 se alinea con el patrón de los agujeros 554 de abertura que se formaron en la primera capa 550 de aberturas. La capa obturadora MEMS puede estar compuesta de un metal depositado, tal como Au, Cr o Ni, o de un semiconductor depositado, tal como silicio policristalino o silicio amorfo, con grosores en el intervalo de 300 nanómetros a 10 micrómetros.

En décimo lugar, se elimina la capa sacrificial, de modo que los componentes de la capa obturadora MEMS tengan libertad de movimiento en respuesta a tensiones que se apliquen en los accionadores 503.

En undécimo lugar, se revisten las paredes laterales de los electrodos accionadores 503 con un material dieléctrico para evitar cortocircuitos entre electrodos con tensiones opuestas.

Son posibles muchas variaciones al anterior proceso. Por ejemplo, puede combinarse la capa reflectante 550 de aberturas de la etapa 1 en la primera capa conductora. Se modelan huecos en esta capa conductora para proporcionar trazos eléctricamente conductores dentro de la capa, mientras la mayor parte del área del píxel permanece cubierta de metal reflectante. En otra realización, los terminales de fuente y de 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, el silicio semiconductor amorfo o policristalino se coloca inmediatamente debajo de las capas conductoras primera y segunda. En esta realización pueden modelarse orificios de interconexión en el dieléctrico intermetálico para poder crear contactos metálicos con la capa semiconductor subyacente.

La Figura 6 es un diagrama de una segunda matriz 600 de control adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización para direccionar una serie de píxeles 602. Los píxeles 602 de la matriz 600 de control prescinden del uso de un transistor y un condensador, incluidos en la matriz 500 de control, en favor de un diodo 604 de metal-aislante-metal ("MIM"). La matriz 600 de control incluye una interconexión 606 de línea de barrido para cada fila de píxeles 602 de la matriz 600 de control y una interconexión 607 de datos para cada columna de píxeles de la matriz 600 de control. Cada interconexión 606 de línea de barrido se conecta 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 se conecta eléctricamente a uno de los dos electrodos de un conjunto obturador 608, tal como el conjunto obturador 200, en el píxel 602.

En operación, el diodo MIM 604 actúa como un elemento de conmutación no lineal que evita que la corriente fluya hacia el conjunto obturador 609, a no ser que la tensión presentada entre la interconexión 606 de línea de barrido y la interconexión 607 de línea de datos supere una tensión umbral V_{diodo} . Por lo tanto, si los impulsos de tensión proporcionados por la interconexión 607 de línea de datos no superan V_{diodo} , tales impulsos de datos no afectarán el accionamiento de los conjuntos obturadores 608 conectados a lo largo de la línea de datos. Sin embargo, si se aplica una tensión de habilitación de la escritura V_{we} a la interconexión 606 de línea de barrido, de modo que aparezca una diferencia de tensión que supere V_{diodo} entre la interconexión 606 de línea de barrido y cualquiera de las varias interconexiones 607 de líneas de datos que cruzan la interconexión 606 de línea de barrido, entonces los obturadores en la intersección de esa interconexión 606 de línea de barrido y esas interconexiones 607 de líneas de datos recibirán su carga y pueden ser accionados. En implementaciones que proporcionan una escala analógica de grises, se varía la tensión de datos aplicada a cada interconexión 607 de datos en relación con el brillo deseado del píxel 602 situado en la intersección de la interconexión 606 de línea de barrido con habilitación de escritura y la interconexión 607 de datos. En implementaciones que proporcionan esquemas de control digital, se selecciona la tensión de datos para que o bien sea cercana a V_{we} (es decir, de modo que fluya poca corriente, o ninguna, a través del diodo 604) o lo suficientemente alta, de modo que $V_{\text{we}} - V_{\text{diodo}}$ satisfaga o supere V_{at} (la tensión umbral de accionamiento).

En otras implementaciones, el diodo MIM 604 puede ser colocado entre el conjunto obturador 608 y la interconexión 607 de línea de datos. El procedimiento de operación es el mismo que se ha descrito en lo que antecede. En otras implementaciones se emplean dos diodos MIM, cada uno conectado a una línea de barrido separada y adyacente. Un electrodo del conjunto obturador está conectado a cada uno de los diodos MIM en el lado opuesto de sus respectivas líneas de barrido, de modo que la tensión que aparece en el electrodo del obturador sea casi $\frac{1}{2}$ de la diferencia de tensión entre las dos líneas de barrido. De esta manera, es más fácil fijar el potencial de uno de los electrodos del accionador a un potencial conocido de cero o común.

Los dos electrodos del conjunto obturador 608 del píxel 602 tienen capacitancias significativamente diferentes con respecto al potencial de tierra o de chasis. De estos dos electrodos, el electrodo de mayor capacitancia está conectado preferentemente a la interconexión 606 de línea de barrido (opcionalmente, según se muestra, con un diodo conectado entre el obturador 608 y la interconexión 606 de línea de barrido), dado que la línea de barrido normalmente requiere cambios de tensión menores (con respecto a tierra) que los normalmente requeridos de la interconexión 607 de línea de datos. La interconexión 607 de datos se conecta eléctricamente al electrodo de menor capacitancia del conjunto obturador 608.

La Figura 7 es un diagrama de una tercera matriz 700 de control para controlar píxeles 702 que incorporan conjuntos obturadores 703 con accionadores tanto de apertura como de cierre, tales como los conjuntos obturadores 302 y 402. La matriz 700 de control incluye una interconexión 704 de línea de barrido por fila de píxeles 702 de la matriz 700 de control y dos interconexiones 706a y 706b de datos que direccionan cada columna de píxeles 702 en la matriz 700 de control. Una de las interconexiones de datos es una interconexión 706a de apertura del obturador y la otra interconexión de datos es una interconexión 706b de cierre del obturador.

Para píxel 702 dado en la matriz 700 de control, el píxel 702 incluye dos pares de transistores-condensadores, un par para cada interconexión 706a y 706b de datos que direcciona el píxel. Las puertas de ambos transistores del píxel 702 se acoplan eléctricamente a la interconexión 704 de línea de barrido correspondiente a la fila de la matriz

700 de control en la que el píxel 702 está situado. La fuente de uno de los transistores, el transistor 708a de apertura del obturador, se conecta eléctricamente a la interconexión 706a de datos de apertura del obturador de la columna en la que el píxel 702 está situado. El drenaje del transistor 708a de apertura del obturador se conecta, en paralelo, a un electrodo de uno de los condensadores, el condensador 710a de apertura del obturador, y a un electrodo del accionador de apertura del obturador del conjunto obturador 703 del píxel. El otro electrodo del condensador 710a de apertura del obturador se conecta eléctricamente a tierra o a una interconexión de polarización puesta a una tensión común entre los píxeles 702.

Asimismo, la fuente del otro transistor del píxel 702, el transistor 708b de cierre del obturador, se conecta eléctricamente a la interconexión 706b de datos de cierre del obturador de la columna en la que el píxel 702 está situado. El drenaje del transistor 708b de cierre del obturador se conecta eléctricamente, en paralelo, al otro de los condensadores del píxel, el condensador 710b de cierre del obturador, y a uno de los electrodos del accionador de cierre del obturador del conjunto obturador 703.

Tanto el accionador de apertura del obturador como el accionador de cierre del obturador del conjunto obturador 703 incluyen dos electrodos. Un electrodo de cada accionador tiene una capacitancia significativamente mayor que el otro. Los drenajes de los transistores de apertura del obturador y de cierre del obturador se conectan eléctricamente a los electrodos de menor capacitancia de sus correspondiente accionadores. La interconexión de tierra o polarización, si la hay, se conecta 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 pueden ser sustituidos con diodos MIM u otros elementos o conmutadores de circuitos no lineales. En otras implementaciones, los condensadores 710a y 710b pueden ser eliminados por completo, sustituyéndose su función por la capacitancia efectiva de los accionadores de apertura del obturador y de cierre del obturador.

En el caso en el que deban accionarse múltiples obturadores dentro de cada píxel, puede proporcionarse un par separado de interconexiones de datos de apertura del obturador y de interconexiones de datos de cierre del obturador, junto con transistores y condensadores asociados, para cada obturador dentro del píxel.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento 800 de direccionamiento de los píxeles 702 controlados por la matriz 700 de control de la Figura 7 para formar una trama de imagen. Las etapas ejecutadas para direccionar una sola trama de imagen se denominan colectivamente "ciclo de direccionamiento de tramas". El procedimiento comienza habilitando la escritura de la primera línea de barrido del dispositivo de visualización (etapa 802). Para hacerlo, la matriz 700 de control aplica V_{we} , (por ejemplo, +45 V para transistores nMOS o -45 V para transistores pMOS), a la interconexión 704 de línea de barrido de la matriz 700 de control correspondiente a la primera fila de la matriz de control y conecta a tierra las otras interconexiones 704 de líneas de barrido.

A continuación, la matriz 700 de control escribe datos a cada píxel 702 de la línea de barrido con escritura habilitada (desde el bloque de decisión 804 hasta la etapa 812). Los datos corresponden a los estados deseados de los conjuntos obturadores 703 de esos píxeles 702. Para facilitar la comprensión, en lo que sigue se describe el proceso de escritura de los datos (desde el bloque de decisión 804 hasta la etapa 812) en relación con un solo píxel 702 de una columna seleccionada en la línea de barrido con escritura habilitada. A la vez que se escriben datos en este único píxel 702, la matriz 700 de control también escribe datos de la misma manera en los restantes píxeles 702 de la línea de barrido con escritura habilitada.

Para escribir datos en un píxel 702 en la intersección de una columna seleccionada de la matriz 700 de control y la línea de barrido con escritura habilitada, se determina, en primer lugar, en el bloque de decisión 804, si el conjunto obturador 703 en cuestión ha de estar abierto o cerrado en la siguiente trama de imagen. Si el conjunto obturador 703 ha de estar abierto, la matriz 700 de control aplica una tensión de datos, V_d , a la interconexión 706a de apertura del obturador de la columna seleccionada (etapa 806). Se selecciona V_d para que eleve la tensión en los electrodos del accionador de apertura del obturador en el conjunto obturador 703 para que iguale o supere la tensión necesaria para el accionamiento, V_{at} . A aproximadamente la misma vez que la matriz 700 de control aplica V_d a la interconexión 706a de apertura del obturador de la columna seleccionada (etapa 806), la matriz 700 de control conecta a tierra la interconexión 706b de cierre del obturador de la columna (etapa 808).

En el bloque de decisión 804 se determina que el conjunto obturador 703 ha de estar cerrado, la matriz 700 de control aplica la tensión de datos V_d a la interconexión 706b de cierre del obturador (etapa 810) y conecta a tierra la interconexión 706a de apertura del obturador de la columna (etapa 812). Una vez que la tensión en los electrodos del accionador deseado crece hasta V_{at} , el accionador, si no estaba previamente en la posición deseada, se acciona (etapa 814), moviendo el obturador del conjunto obturador 703 a la posición deseada.

Una vez que se escriben los datos en los píxeles 702 de la línea de barrido en las etapas 806-812, la matriz 700 de control conecta a tierra la interconexión 704 de línea de barrido (etapa 814) y habilita la escritura en la siguiente línea de barrido (etapa 816). El proceso se repite hasta que se direccionan todos los píxeles 702 de la matriz 700 de control. En una implementación, antes de direccionar la primera línea de barrido de la matriz 700 de control, se desactiva la retroiluminación a la que está fijada la matriz de control. Acto seguido, una vez que todas las líneas de

barrido de la matriz 700 de control han sido direccionadas, vuelve a activarse la retroiluminación. Sincronizar la desactivación y la activación de la retroiluminación con el inicio y el final de un periodo durante el cual se direcciona una trama mejora la pureza del color de la imagen resultante, dado que la retroiluminación solo está activada cuando todos los píxeles ya están configurados en su estado correcto de imagen.

- 5 Se determina un evento de accionamiento observando las diferencias de tensión que aparecen entre el accionador de apertura del obturador y el accionador de cierre del obturador. Para un accionamiento coherente, generalmente se mantendrá cercana a cero, o al menos por debajo de cierta tensión de mantenimiento V_m , una de estas diferencias de tensión, mientras que el valor absoluto de la otra diferencia de tensión superará la tensión accionamiento. En coherencia con las condiciones de accionamiento descritas con respecto a las Figuras 2, 3 y 4, las polaridades de las tensiones aplicadas, tal como V_d , pueden ser negativas o positivas, y la tensión aplicada al potencial común (indicado como “tierra” en la Figura 7 o en la etapa 812), puede ser cualquier tensión, ya sea positiva o negativa.

- 15 En algunas implementaciones, resulta ventajoso invertir periódica u ocasionalmente el signo de las tensiones que aparecen en los accionadores del conjunto obturador 703 sin alterar de otro modo el procedimiento 800 de direccionamiento de los 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 mientras se invierte la polaridad de la tensión de datos, V_d . En otro caso, puede lograrse la inversión de la polaridad fijando la tensión común en $V_{común}$, siendo $V_{común}$ igual o mayor que V_{at} , y luego proporcionando una fuente de tensión tal que la tensión de datos alterne o bien entre $V_{común}$ y $2 * V_{at}$, o entre cero y $V_{común}$.

- 20 Pueden aplicarse a la matrices 500 y 600 de control un uso ventajoso similar de inversiones de polaridad y el uso de tensiones comunes distintas de cero.

- 25 Se traza el diagrama de flujo del procedimiento 800 para el caso en el que solo se escribe información digital en una trama de imagen, es decir, cuando se pretende que los obturadores estén o bien abiertos o cerrados. Puede emplearse un procedimiento similar de direccionamiento de tramas de imagen para la provisión de imágenes de una escala de grises construidas tras la carga de datos analógicos a través de las interconexiones 706a y 706b de datos. En este caso, se pretende que las tensiones intermedias produzcan únicamente aperturas parciales de los obturadores 703. Las tensiones aplicadas en los accionadores de apertura del obturador tenderán a mover los obturadores en direcciones opuestas al movimiento inducido por las tensiones en los accionadores de cierre del obturador. Sin embargo, existirán pares de tensiones complementarias que, cuando se apliquen simultáneamente en estos dos accionadores, darán como resultado estados controlados y predeterminados de apertura parcial del obturador.

- 35 La naturaleza complementaria de las tensiones suministradas ya sea a la interconexión 706a de apertura del obturador o a la interconexión 706b de cierre del obturador puede ser usada con ventaja si los componentes electrónicos de la fuente de tensión también se diseñan con la capacidad de reciclado de carga. Tomando como ejemplo el procedimiento 800, que está diseñado para la carga de información digital en la trama de imagen, las tensiones cargadas en las interconexiones en las etapas 806 u 810 son complementarias. Es decir, si se carga V_d en una de las interconexiones, entonces la otra interconexión normalmente está conectada a tierra. Entonces, cambiar el estado del conjunto obturador 703 (por ejemplo, de cerrado a abierto) es, conceptualmente, cuestión de transferir la carga almacenada en un accionador a su accionador opuesto. Si la energía perdida en cada una de estas transiciones es $Q * V_d$, siendo Q la carga almacenada en un accionador, pueden derivarse ahorros considerables de energía si la carga almacenada no se disipa simplemente como energía desperdiciada en los componentes electrónicos de la fuente de tensión en cada transición, sino que, en vez de ello, es reciclada para su uso en el otro accionador. Aunque un reciclado completo de la carga es difícil, hay disponibles procedimientos de reciclado parcial. Por ejemplo, el procedimiento 800 de direccionamiento de tramas puede proporcionar una etapa en la que las interconexiones 706a y 706b de líneas de datos estén cortocircuitadas entre sí dentro de los componentes electrónicos de la fuente de tensión durante un periodo breve entre las etapas 802 y 804. Durante el breve periodo en el que estas interconexiones están cortocircuitadas, compartirán la carga almacenada, de modo que al menos una fracción de la carga previa llega a estar disponible en cualquiera de las interconexiones de líneas de datos que haya de ser devuelta a su estado plenamente cargado.

- 50 La Figura 9 es otra matriz ilustrativa 900 de control adecuada para direccionar una serie de píxeles en el aparato 100 de visualización. La matriz 900 de control es similar a la matriz 700 de control. Es decir, la matriz 900 de control incluye una interconexión 904 de línea de barrido para cada fila de píxeles de la matriz 900 de control y dos interconexiones de datos, una interconexión 906a de apertura del obturador y una interconexión 906b de cierre del obturador, para cada columna de píxeles 902 en la matriz de control. Además, cada píxel de la matriz 900 de control incluye un transistor (u, opcionalmente, un diodo o un varistor) 908a de apertura del obturador, un transistor (u, opcionalmente, un diodo o un varistor) 908b de cierre del obturador, un condensador 910a de apertura del obturador, un accionador 910b de cierre del obturador y un conjunto obturador 912. El conjunto obturador es biestable, ya sea mecánica y/o eléctricamente. Sin embargo, la matriz 900 de control incluye una interconexión controlable adicional, una interconexión 914 de accionamiento global. La interconexión 914 de accionamiento global proporciona, de forma sustancialmente simultánea, aproximadamente la misma tensión (una “tensión común”) a los píxeles 902 en al

menos dos filas y dos columnas de la matriz 900 de control. En una implementación, la interconexión 914 de accionamiento global proporciona una tensión común a todos los píxeles 902 de la matriz 900 de control. El electrodo de mayor capacitancia de los accionadores de los conjuntos obturadores 912 de cada píxel 902 de la matriz 900 de control se conecta eléctricamente a la interconexión 914 de accionamiento global en lugar de a tierra.

- 5 La inclusión de la interconexión 914 de accionamiento global permite el accionamiento casi simultáneo de los píxeles 902 en múltiples filas de la matriz 900 de control. En consecuencia, todos los accionadores que se accionan para configurar una trama de imagen dada (por ejemplo, todos los obturadores que se mueven) pueden ser accionados al mismo tiempo, a diferencia de un procedimiento de accionamiento fila a fila, como se describe en el procedimiento 800. El uso de un procedimiento de accionamiento global desacopla temporalmente la escritura de datos a un píxel 902 del accionamiento del conjunto obturador 912 del píxel 902.

10 La característica de accionamiento global incorporada en la matriz 900 de control aprovecha la biestabilidad de los conjuntos obturadores 912 en la matriz 900 de control. Accionar un conjunto obturador eléctricamente biestable requiere que se satisfagan simultáneamente dos condiciones: que el valor absoluto de la tensión en un electrodo supere V_{at} mientras que el valor absoluto de la tensión en el otro electrodo sea menor que una tensión de mantenimiento V_m . Así, para la matriz 900 de control, cuando se aplica una tensión que supera V_m a un accionador de un conjunto obturador 912, aplicar V_{at} al conjunto obturador opuesto es insuficiente para hacer que el accionador se accione.

20 Por ejemplo, supongamos que el accionador de apertura del obturador de un conjunto obturador eléctricamente biestable tiene una V_{at} de 40 V. A la vez, la aplicación de una tensión de mantenimiento de 10 en los electrodos del accionador de cierre del obturador puede mantener el obturador del conjunto obturador en una posición cerrada incluso cuando se apliquen 60 V a los electrodos del accionador de apertura del obturador. Si se aplica un potencial de polarización de -10 V entre los electrodos de mayor capacitancia de todos los conjuntos obturadores y tierra a través de la interconexión común global mientras se aplica el potencial de tierra a uno de los electrodos de accionamiento, entonces puede aplicarse una tensión de datos de +40 V a los electrodos de menor capacitancia de los accionadores seleccionados en los conjuntos obturadores, produciendo con ello una diferencia de potencial de +50 V en esos accionadores sin hacer que los accionadores se accionen. Después, conectando a tierra la interconexión común global, la tensión en los electrodos de los accionadores seleccionados se reduce a +40 V mientras se elimina la tensión en el accionador opuesto. Dado +40 V sigue siendo igual a la tensión de accionamiento del accionador y ninguna tensión de mantenimiento mantiene el accionador opuesto en su posición, todos los accionadores seleccionados se mueven en concierto. Se describe otro ejemplo con mayor detalle más abajo en relación con la Figura 10.

25 La Figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento 1000 de direccionamiento una trama de imagen usando la matriz 900 de control de la Figura 9. El procedimiento se inicia poniendo la interconexión común global 914 a una tensión de mantenimiento V_m , por ejemplo, $\frac{1}{2} V_{at}$ (etapa 1001) con respecto a tierra. A continuación, la matriz 900 de control habilita para escritura la primera línea de barrido del dispositivo de visualización (etapa 1002). Para hacerlo, la matriz 900 de control aplica V_{we} , por ejemplo +45 V, a una primera interconexión 904 de línea de barrido en la matriz 900 de control y conecta a tierra las otras interconexiones 904 de líneas de barrido.

30 Acto seguido, la matriz 900 de control escribe datos en cada píxel 902 de la línea de barrido con escritura habilitada correspondientes a los estados deseados de esos píxeles en la siguiente trama de la imagen (desde el bloque de decisión 1004 hasta la etapa 1012). El proceso de escritura de datos se describe en lo que sigue en relación con un solo píxel 902 de una columna seleccionada de la línea de barrido con escritura habilitada. A la vez que se escriben datos en este único píxel 902, la matriz 900 de control también escribe datos de la misma manera en los píxeles restantes 902 de la línea de barrido con escritura habilitada.

35 Para escribir datos en un píxel 902, se determina, en el bloque de decisión 1004, si el obturador del conjunto obturador 912 del píxel 902 ha de estar en la posición abierta en la siguiente trama de imagen o en la posición cerrada. Si el obturador ha de estar en la posición abierta, la matriz 900 de control aplica una tensión de datos, V_d , a la interconexión de apertura del obturador de la columna seleccionada (etapa 1006). Se selecciona V_d de modo que, antes de la aplicación de una tensión de accionamiento global, V_{ag} , a la interconexión común global 914, la tensión en el accionador de apertura del obturador del píxel 902 siga siendo insuficiente para superar la polarización aplicada al accionador de cierre del obturador, pero tal que, después de la aplicación de V_{ag} a la interconexión común global 914, la tensión en los electrodos del accionador de apertura del obturador sea suficiente para que el accionador de apertura del obturador se accione. Por ejemplo, si V_{at} es igual a 40 V, V_m es igual a 20 V, y V_{ag} es igual a tierra, entonces se selecciona V_d para que sea mayor o igual que 40 V, pero menor que el potencial que superaría V_m . A la vez que la matriz 900 de control aplica V_d a la interconexión 906a de apertura del obturador de la columna seleccionada (etapa 1006), la matriz 900 de control conecta a tierra la interconexión 906b de cierre del obturador de la columna (etapa 1008).

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

Una vez que la matriz 900 de control escribe datos en los píxeles 902 de la línea de barrido con escritura habilitada en las etapas 1006-1012, la matriz 900 de control conecta a tierra la interconexión 904 de línea de barrido con habilitación de escritura en ese momento (etapa 1014) y habilita la escritura en la siguiente línea de barrido (etapa 1016). El proceso se repita hasta que todos los píxeles 902 de la matriz 900 de control son objeto de direccionamiento (véase el bloque de decisión 1015). Una vez que todos los píxeles de la matriz 900 de control son objeto de direccionamiento (véase el bloque de decisión 1015), la matriz 900 de control aplica la tensión común global V_{ag} a la interconexión común global (etapa 1018), resultando con ello un accionamiento global casi simultáneo de los conjuntos obturadores 912 de la matriz 900 de control. Así, para tales implementaciones, la interconexión común global sirve de interconexión de accionamiento global.

Como el procedimiento 800, el procedimiento 1000 también puede incluir la sincronización de la retroiluminación con el accionamiento del obturador. Sin embargo, usando el procedimiento de accionamiento global descrito en lo que antecede, la retroiluminación puede mantenerse activada un porcentaje mayor de tiempo que un dispositivo de visualización está en funcionamiento, proporcionando con ello una visualización más luminosa para el mismo nivel de la potencia de excitación de la retroiluminación. En una realización, la retroiluminación se sincroniza de tal modo que esté desactivada siempre que los obturadores de una fila de una matriz de control estén configurados para una trama de imagen mientras los obturadores de otras filas de la matriz de control estén configurados para una trama de imagen diferente. En matrices de control que no emplean accionamiento global, para cada trama de vídeo, se desactiva la retroiluminación durante todo el proceso de escritura de datos (aproximadamente entre 500 microsegundos y 5 milisegundos), mientras se acciona cada fila de píxeles cuando es objeto de direccionamiento. En cambio, en matrices de control que usan accionamiento global, la retroiluminación puede permanecer activada mientras tiene lugar el proceso de escritura de datos, porque ningún píxel cambia de estado hasta después de que se hayan escrito todos los datos. La retroiluminación solo se desactiva (si es que llega a desactivarse) durante el tiempo mucho más corto que comienza después de que se escriba en la última línea de barrido y que termina un tiempo suficiente después de que se aplique la tensión de accionamiento global para que los píxeles hayan cambiado de estado (aproximadamente entre 10 microsegundos y 500 microsegundos).

Se determina un evento de accionamiento en el procedimiento 1000 observando las diferencias de tensión que aparecen en el accionador de apertura del obturador y en el accionador de cierre del obturador. En coherencia con las condiciones de accionamiento descritas con respecto a las Figuras 2, 3 y 4, las polaridades de las tensiones aplicadas, tal como V_d , pueden ser negativas o positivas, y la tensión aplicada a la interconexión común global puede ser cualquier tensión, ya sea positiva o negativa.

En otras implementaciones es posible aplicar el procedimiento 1000 de la Figura 10 a una porción seleccionada de toda una serie de píxeles, dado que puede resultar ventajoso actualizar diferentes áreas o agrupaciones de filas y columnas en serie. En este caso, podrían encaminarse varias interconexiones diferentes 914 de accionamiento global a porciones seleccionadas de la serie para actualizar selectivamente y accionar diferentes porciones de la serie.

En algunas implementaciones resulta ventajoso invertir periódica u ocasionalmente el signo de las tensiones que aparecen en los accionadores del conjunto obturador 912 sin alterar de otro modo el procedimiento 1000 de direccionamiento de los píxeles. En un caso tal, puede lograrse la inversión de la polaridad invirtiendo los signos de la mayoría de los potenciales empleados en el procedimiento 1000, con excepción de la tensión de habilitación de la escritura. En otros casos pueden aplicarse tensiones similares a las usadas en el procedimiento 1000, pero con una lógica complementaria. La Tabla 1 muestra las diferencias entre las asignaciones de tensión nominal, según se describe en lo que antecede para el procedimiento 1000, y las tensiones que podrían aplicarse para lograr la inversión de la polaridad en los electrodos de los conjuntos obturadores. En el primer caso, denominado procedimiento 1 de inversión de la polaridad, las tensiones que aparecen en los electrodos accionadores simplemente se invierten en el signo. Por ejemplo, en vez de aplicar V_d al electrodo de apertura del obturador, se aplicaría $-V_d$. Sin embargo, para el caso en el que se empleen transistores nMOS para los transistores 908a y 908b, debería emplearse un desplazamiento de la tensión (desplazándose a la baja las tensiones de ambas puertas una cantidad V_d). Estos desplazamientos de la tensión de la puerta garantizan que los transistores nMOS funcionen correctamente con las nuevas tensiones de las interconexiones de datos.

Tabla 1

Acción: "Cerrar el obturador"	Procedimiento 1000	Procedimiento 1 de inversión de la polaridad	Procedimiento 2 de inversión de la polaridad
Tensión de fila no habilitada	tierra	$-V_d$	tierra
Tensión de escritura habilitada	V_{we}	$-V_d+V_{we}$	V_{we}
Tensión en la interconexión de cierre del obturador	V_d	$-V_d$	tierra

Acción: “Cerrar el obturador”	Procedimiento 1000	Procedimiento 1 de inversión de la polaridad	Procedimiento 2 de inversión de la polaridad
Tensión en la interconexión de apertura del obturador	tierra	tierra	V_d
Tensión de mantenimiento	V_m	$-V_m$	V_m
Tensión de accionamiento global	V_{ag} (cercana a tierra)	$-V_{ag}$ (cercana a tierra)	V_d

La Tabla 1 también muestra un segundo procedimiento, el procedimiento 2 de inversión de la polaridad, que permite el uso de tensiones similares (sin tener que invertir los signos de ningún controlador de interconexiones), pero que logra, no obstante, la inversión de la polaridad en todos los accionadores. Esto se consigue llevando la interconexión de accionamiento global hasta la tensión más elevada V_d en vez de hacia tierra, como en el procedimiento 1000, para mover los obturadores seleccionados. La secuencia de los cambios de tensión en el procedimiento 2 de inversión de la polaridad es similar a la del procedimiento 1000, salvo en que ahora se emplea una lógica complementaria en la etapa 1004 cuando se asignan tensiones a los accionadores de cada píxel. En este procedimiento 2, si el obturador ha de cerrarse, se subiría la interconexión de apertura del obturador hasta el potencial V_d , mientras que se conectaría a tierra la interconexión de cierre del obturador. En este ejemplo, después de que se sube la interconexión de accionamiento global desde su potencial de mantenimiento V_m hasta el potencial de accionamiento V_d , el potencial en el accionador de apertura del obturador sería cercano a cero (ciertamente, inferior a V_m), mientras que el potencial en el accionador de cierre del obturador sería $-V_d$, suficiente para accionar el obturador hasta la posición cerrada y con una polaridad que es la inversa de la que se aplicó en el procedimiento 1000. Asimismo, si, en la etapa 1004, el obturador ha de abrirse, entonces se subiría la interconexión de cierre del obturador hasta el potencial V_d mientras que la interconexión de apertura del obturador se conecta a tierra.

La matriz 900 de control puede alternar entre las tensiones usadas en el procedimiento 1000 y las usadas con los anteriores procedimientos de inversión de la polaridad en cada trama o de alguna otra forma periódica. Con el tiempo, los potenciales netos aplicados en los accionadores en los conjuntos obturadores 1408 por la interconexión 1406 de carga y la interconexión 1416 de accionamiento global tienen un promedio de aproximadamente 0 V.

También pueden aplicarse procedimientos de accionamiento similares a los del procedimiento 1000 a conjuntos obturadores de una sola cara o elásticos, tales como los conjuntos obturadores 502 de la matriz 500 de control. Tales aplicaciones de una sola cara serán ilustradas en lo que sigue en conjunción con la Figura 14.

La Figura 11 es un diagrama de otra matriz 1100 de control adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización. Como las matrices 700 y 900 de control, la matriz 1100 de control incluye a series of interconexiones 1104 de líneas de barrido, correspondiendo una interconexión 1104 de línea de barrido a cada fila de píxeles 1102 de la matriz 1100 de control. La matriz 1100 de control incluye una sola interconexión 1106 de datos para cada columna de píxeles 1102 de la matriz de control. Como tal, la matriz 1100 de control es adecuada para controlar conjuntos obturadores elásticos 1108, tales como el conjunto obturador 200. Como el accionador del conjunto obturador 200, los accionadores de los conjuntos obturadores 1108 de la matriz 1100 de control tienen un electrodo de mayor capacitancia y un electrodo de menor capacitancia.

Además de las interconexiones 1104 y 1106 de líneas de barrido y de datos, la matriz 1100 de control incluye una interconexión 1110 de carga (también marcada V(at)) y una interconexión 1112 de disparo de carga (también marcada C-T). La interconexión 1110 de carga y la interconexión 1112 de disparo de carga pueden ser compartidas entre todos los píxeles 1102 de la matriz 1100 de control, o por algún subconjunto de los mismos. Por ejemplo, cada columna de píxeles 1100 puede compartir una interconexión común 1110 de carga y una interconexión común 1112 de disparo de carga. La siguiente descripción da por sentada la incorporación de una interconexión 1110 de carga compartida globalmente y de una interconexión común 1112 de disparo de carga compartida globalmente.

Cada píxel 1102 de la matriz 1100 de control incluye dos transistores: un transistor conmutador 1114 de disparo de carga y un transistor conmutador 1116 de descarga. La puerta del transistor conmutador 1114 de disparo de carga está conectada eléctricamente a la interconexión 1112 de disparo de carga de la matriz 1100 de control. El drenaje del transistor conmutador 1114 de disparo de carga está conectado eléctricamente a la interconexión 1110 de carga. La interconexión 1110 de carga recibe una tensión de CC suficiente para accionar los accionadores del conjunto obturador 1108 en cada píxel 1102, en ausencia de aplicación de ninguna tensión de polarización a la interconexión 1004 de línea de barrido. La fuente del transistor conmutador 1114 de disparo de carga está conectada eléctricamente al electrodo de menor capacitancia del accionador del conjunto obturador 1108 en el píxel 1102 y al drenaje del transistor conmutador 1116 de descarga. La puerta del transistor conmutador 1116 de descarga está conectada eléctricamente a la interconexión 1106 de datos de la columna de la matriz 1100 de control en la que el píxel 1102 está situado. La fuente del transistor conmutador 1116 de descarga está conectada eléctricamente a la interconexión 1104 de línea de barrido de la fila de la matriz 1100 de control en la que el píxel 1102 está situado. El electrodo de mayor capacitancia del accionador del conjunto obturador 1108 también está conectado eléctricamente

a la interconexión 1104 de línea de barrido de la fila correspondiente al píxel. Alternativamente, el electrodo de mayor capacitancia puede ser conectado a un electrodo separado de tierra o común.

La Figura 12 es un diagrama de flujo de un procedimiento 1200 de direccionamiento de los píxeles incorporados en una matriz de control, tal como la matriz 1100 de control, según una realización ilustrativa de la invención. Al comienzo de un ciclo de direccionamiento de tramas, la matriz 1100 de control acciona todos los accionadores no accionados de los conjuntos obturadores 1108 incorporados en la matriz 1100 de control, de modo que todos los conjuntos obturadores 1108 estén colocados en la misma posición (abierta o cerrada) (etapas 1202-1204). Para hacerlo, la matriz 1100 de control aplica una tensión de disparo de carga, por ejemplo 45 V, a la interconexión 1112 de disparo de carga, activando los transistores conmutadores 1114 de disparo de carga de los píxeles (etapa 1202). Los electrodos de los accionadores incorporados en los conjuntos obturadores 1108 de los píxeles 1108 sirven de condensadores para almacenar la tensión V_{at} suministrada por la interconexión 1110 de carga, por ejemplo 40 V. La matriz 1100 de control sigue aplicando la tensión de disparo de carga (etapa 1202) durante un periodo de tiempo suficiente para que se accionen todos los accionadores, y, a continuación, la matriz 1100 de control conecta a tierra el transistor conmutador 1114 de disparo de carga (etapa 1204). La matriz 1100 de control aplica una tensión de polarización V_b , por ejemplo 10 V con respecto a tierra, a todas las interconexiones 1104 de líneas de barrido en la matriz 1100 de control (etapa 1206).

La matriz 1100 de control procede entonces al direccionamiento de cada píxel 1102 de la matriz de control, fila por fila (etapas 1208-1212). Para direccionar una fila particular, la matriz 1100 de control habilita la escritura de una primera línea de barrido conectando a tierra la correspondiente interconexión 1104 de línea de barrido (etapa 1208). Acto seguido, en el bloque de decisión 1210, la matriz 1100 de control determina para cada píxel 1102 de la fila con escritura habilitada si el píxel 1102 precisa ser sacado de su posición inicial en la trama. Por ejemplo, si, en la etapa 1202, se abren todos los obturadores, entonces, en el bloque de decisión 1210, se determina si ha de cerrarse cada píxel 1102 de la fila con escritura habilitada. Si ha de cerrarse un píxel 1102, la matriz 1100 de control aplica una tensión de datos, por ejemplo 5 V, a la interconexión 1106 de datos correspondiente a la columna en la que el píxel 1102 está situado (etapa 1212). Dado que la interconexión 1104 de línea de barrido para la fila con escritura habilitada está conectada a tierra (etapa 1208), la aplicación de la tensión de datos V_d a la interconexión 1106 de datos de la columna da como resultado una diferencia de potencial entre la puerta y la fuente del transistor conmutador 1116 de descarga de signo y magnitud correctos para abrir el canal del transistor 1116. Una vez que el canal del transistor 1116 está abierto, la carga almacenada en el accionador del conjunto obturador puede ser descargada a tierra a través de la interconexión 1004 de línea de barrido. Al disiparse la tensión almacenada en el accionador del conjunto obturador 1108, la fuerza o el resorte de reposición del conjunto obturador 1108 obligan al obturador a adoptar su posición relajada, cerrando el obturador. Si, en el bloque de decisión 1210, se determina que no es necesario cambio de estado alguno para un píxel 1102, se conecta a tierra la correspondiente interconexión 1106 de datos. Aunque en este ejemplo la posición relajada se define como la posición de cierre del obturador, pueden proporcionarse conjuntos obturadores alternativos en los que el estado relajado sea la posición de apertura del obturador. En estos casos alternativos, la aplicación de la tensión de datos V_d , en la etapa 1212, daría como resultado la apertura del obturador.

En otras implementaciones es posible aplicar el procedimiento 1200 de la Figura 12 a una porción seleccionada de toda la serie de píxeles, dado que puede resultar ventajoso actualizar diferentes áreas o agrupaciones de filas y columnas en serie. En este caso, podrían encaminarse varias interconexiones diferentes 1112 de disparo de carga a porciones seleccionadas de la serie para actualizar selectivamente y accionar diferentes porciones de la serie.

Tal como se ha descrito en lo que antecede, para direccionar los píxeles 1102 en la matriz 1100 de control, la tensión de datos V_d puede ser significativamente inferior a la tensión de accionamiento V_{at} (por ejemplo, 5 V en vez de 40 V). Dado que la tensión de accionamiento V_{at} se aplica una vez por trama, mientras que la tensión de datos V_d puede ser aplicada a cada interconexión 1106 de datos tantas veces por trama como filas haya en la matriz 1100 de control, las matrices de control como la matriz 1100 de control pueden ahorrar una cantidad sustancial de energía en comparación con las matrices de control que requieren que una tensión de datos sea suficientemente alta como para servir también de tensión de accionamiento.

Para los píxeles 1102 en filas sin habilitación de escritura, la tensión de polarización V_b aplicada a sus correspondientes interconexiones 1104 de líneas de barrido mantiene el potencial en la fuente de sus transistores 1116 de descarga mayor que los potenciales en el terminal de puerta de sus transistores 1116 de descarga, incluso cuando se aplica una tensión de datos V_d a la interconexión 1106 de datos de sus correspondientes columnas. Se entenderá que la realización de la Figura 11 da por sentado el uso de transistores MOS de canal n. Son posibles otras realizaciones que empleen transistores de canal p, en cuyo caso se invertirían los signos relativos de los potenciales de polarización V_b y V_d .

En otras realizaciones, el transistor conmutador 1116 de descarga puede ser sustituido por un conjunto de dos o más transistores; por ejemplo, si hubiese de construirse la matriz 1100 de control usando tecnología CMOS estándar, el transistor conmutador de descarga podría comprender un par complementario de transistores nMOS y pMOS.

5 El procedimiento 1200 da por sentado que se escribe información digital en una trama de imagen; es decir, cuando se pretende que los obturadores estén o bien abiertos o cerrados. Sin embargo, usando el circuito de la matriz 1100 de control, también es posible escribir información analógica en los conjuntos obturadores 1108. En este caso, se proporciona la conexión a tierra de las interconexiones de líneas de barrido únicamente durante una cantidad de tiempo corta y fija y solo se aplican tensiones parciales a través de las interconexiones 1106 de líneas de datos. La aplicación de tensiones parciales al transistor conmutador 1116 de descarga, cuando opera en un modo de amplificación lineal, permite únicamente la descarga parcial del electrodo del conjunto obturador 1108 y, por lo tanto, una apertura parcial del obturador.

10 La matriz 1100 de control aplica selectivamente la tensión de datos a las restantes columnas de la matriz 1100 de control a la vez. Después de que todos los píxeles hayan logrado sus estados previstos (etapa 1214), la matriz 1100 de control reaplica V_b a la interconexión seleccionada de línea de barrido y selecciona una interconexión posterior de línea de barrido (etapa 1216). Después de que todas las líneas de barrido hayan sido objeto de direccionamiento, el proceso vuelve a empezar. Como en las matrices de control descritas previamente, la actividad de una retroiluminación adjunta puede sincronizarse con el direccionamiento de cada trama.

15 La Figura 13 es un diagrama de otra matriz 1300 de control adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización, según una realización ilustrativa de la invención. La matriz 1300 de control es similar a la matriz 1100 de control, aunque los píxeles 1302 de la matriz 1300 de control incluyen diodos 1304 de carga en vez de transistores conmutadores 1114 de disparo de carga, y la matriz 1300 de control carece de una interconexión 1112 de disparo de carga. Más en particular, la matriz 1300 de control incluye una interconexión 1306 de datos para cada columna de la matriz 1300 de control y una interconexión 1308 de línea de barrido para cada fila de la matriz 1300 de control, y un transistor 1309 de descarga. La matriz 1300 de control también incluye una interconexión 1310 de carga (también marcada $V(at)$), de forma similar a la incorporada en la matriz 1100 de control.

20 La matriz 1300 de control incluye una fuente de tensión de accionamiento conectada eléctricamente a la interconexión 1310 de carga. La fuente de tensión de accionamiento suministra impulsos de tensión al comienzo de cada ciclo de direccionamiento de tramas, permitiendo que fluya corriente a los conjuntos obturadores 1314 de los píxeles 1302 en la matriz 1300 de control y accionando con ello cualquier accionador no accionado en los conjuntos obturadores 1314. En consecuencia, tras el impulso de tensión, todos los píxeles 1302 de la matriz 1300 de control están en el mismo estado, abierto o cerrado. Tras el impulso de tensión, cuando el potencial de la interconexión 1310 de carga ha sido repuesto a cero, el diodo 1304 de carga evita que la tensión almacenada en los conjuntos obturadores 1314 se disipe a través de la interconexión 1310 de carga. La matriz 1300 de control puede ser controlada usando un procedimiento similar al procedimiento 1200 de direccionamiento de píxeles. En lugar de aplicar una tensión a la interconexión 1112 de disparo de carga en la etapa 1202, la fuente de tensión de accionamiento suministra un impulso de tensión que tiene una duración y una magnitud suficientes para abrir cualquier conjunto obturador cerrado.

25 Resulta preferible que el electrodo de mayor capacitancia de los conjuntos obturadores 1108 y 1314 esté conectado a las interconexiones 1104 y 1308 de líneas de barrido, mientras que el electrodo de menor capacitancia esté conectado, a través del transistor 1114 o a través del diodo 1304 a las interconexiones 1112 o 1310 de carga. Los cambios de tensión en los electrodos obturadores a través de las interconexiones de carga serán generalmente mayores en magnitud que los experimentados a través de las interconexiones de líneas de barrido.

30 La Figura 14 es un diagrama de una matriz 1400 de control adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización. La matriz 1400 de control incluye los componentes de la matriz 1300 de control, es decir, las interconexiones 1402 de líneas de barrido, las interconexiones 1404 de datos y una interconexión 1406 de carga. Los píxeles 1408 de la matriz 1400 de control incluyen un diodo 1410 de carga, un conjunto obturador 1412 y un transistor 1414 de descarga. La matriz 1400 de control también incluye una interconexión 1416 de accionamiento global para proporcionar el accionamiento global de los píxeles 1408 de la matriz 1400 de control, usando un procedimiento similar al descrito en relación con las Figuras 9 y 10. La matriz de control también incluye un condensador opcional 1418, que está conectado en paralelo con la fuente y el drenaje del transistor 1414 de descarga. El condensador contribuye a mantener una tensión estable en un electrodo del conjunto obturador 1412 pese a cambios de tensión que pudieran aplicarse al otro electrodo a través de la interconexión 1416 de accionamiento global. La interconexión 1416 es compartida entre los píxeles 1408 de múltiples filas y múltiples columnas de la serie.

35 La interconexión de accionamiento global, si se usa en un modo similar al procedimiento 2 de inversión de la polaridad de la Tabla 1, puede ser empleada para garantizar un modo de operación con un promedio de 0 V de CC, además de proporcionar una tensión umbral de accionamiento. Para lograr un promedio de 0 V de CC, la matriz de control alterna entre lógicas de control. En la primera lógica de control, similar a la empleada en los procedimientos 1000 y 1200 de direccionamiento de píxeles, al inicio de un ciclo de direccionamiento de tramas, la matriz 1400 de control abre los conjuntos obturadores 1412 de todos los píxeles de la matriz 1400 de control almacenando V_{at} en los electrodos del accionador del conjunto obturador 1412. La matriz 1400 de control aplica entonces una tensión de polarización para bloquear los conjuntos obturadores 1412 en el estado abierto. La matriz 1400 de control aplica una tensión de polarización, por ejemplo $\frac{1}{2} V_{at}$, que es mayor que V_m , a través de la interconexión 1416 de

accionamiento global. Después, para cambiar el estado de un conjunto obturador 1412, cuando se habilita para escritura la fila de píxeles 1408 en la que el conjunto obturador 1412 está situado, la matriz 1400 de control descarga la V_{at} almacenada en el conjunto obturador 1412. La tensión de mantenimiento mantiene el conjunto obturador 1412 abierto hasta que se conecta a tierra la interconexión 1416 de accionamiento global.

5 En la segunda lógica de control, que es similar al procedimiento 2 de inversión de la polaridad de la Tabla 1, en lugar de que la matriz de control cambie la tensión aplicada a la interconexión 1416 de accionamiento global de $\frac{1}{2} V_{at}$ a tierra, la matriz de control cambia la tensión aplicada a la interconexión 1416 de accionamiento global de $\frac{1}{2} V_{at}$ a V_{at} . Así, para liberar un obturador en un conjunto obturador 1412 dejándolo en su estado relajado, debe mantenerse la tensión aplicada a través del diodo 1410 de carga, no descargarse. Por lo tanto, en la segunda lógica de control, la
10 matriz 1400 de control descarga la V_{at} almacenada desde conjuntos obturadores que han de permanecer abiertos, no de los que se cierran. La matriz 1400 de control puede alternar entre las lógicas de control en cada trama o de alguna otra forma periódica. Con el tiempo, los potenciales netos aplicados en los accionadores en los conjuntos obturadores 1408 por la interconexión 1406 de carga y la interconexión 1416 de accionamiento global tienen un promedio de 0 V.

15 La Figura 15 es un diagrama de otra matriz 1500 de control adicional adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización, según una realización ilustrativa de la invención. La matriz 1500 de control es similar a la matriz 1100 de control de la Figura 11. La matriz 1500 de control incluye una interconexión 1502 de datos para cada columna de píxeles 1504 de la matriz 1500 de control y una interconexión 1506 de línea de barrido para cada fila de píxeles 1504 en la matriz 1500 de control. La matriz 1500 de control incluye una interconexión común 1508 de
20 disparo de carga y una interconexión común 1510 de carga. Los píxeles 1504 de la matriz 1500 de control incluyen cada uno un conjunto obturador elástico 1511, un transistor conmutador 1512 de disparo de carga y un transistor conmutador 1514 de descarga, tal como se describe en la Figura 11. La matriz 1500 de control también incorpora una interconexión 1516 de accionamiento global y su correspondiente funcionalidad, descrita en la Figura 9 en relación con la matriz 900 de control. La matriz 1500 de control también incorpora un condensador opcional 1517 de
25 estabilización de la tensión que está conectado en paralelo con la fuente y el drenaje del transistor conmutador 1514 de descarga.

Cada píxel 1504 de la matriz 1500 de control también incluye un tercer transistor, un transistor 1518 de habilitación de la escritura, y un condensador 1520 de almacenamiento de datos. La interconexión 1506 de línea de barrido para una fila de píxeles 1504 se conecta a las puertas del transistor 1518 de habilitación de la escritura incorporado en
30 cada píxel 1504 de la fila. Las interconexiones 1502 de datos para las columnas de la matriz 1500 de control se conectan eléctricamente a los terminales de fuente de los transistores 1518 de habilitación de la escritura de los píxeles 1504 de la columna. El drenaje de los transistores 1518 de habilitación de la escritura de cada píxel 1504 se conecta eléctricamente en paralelo al condensador 1520 de almacenamiento de datos y al terminal de puerta del transistor 1514 de disparo de descarga de los respectivos píxeles 1504.

35 La operación de la matriz 1500 de control incluye elementos en común con cada uno de los procedimientos 1000 y 1200. Al inicio de un ciclo de direccionamiento de tramas, se aplica una tensión a la interconexión 1508 de disparo de carga y a la interconexión 1510 de carga de la matriz 1500 de control para acumular un potencial, V_{at} , en un electrodo accionador del conjunto obturador 1511 de cada píxel 1504 de la matriz 1500 de control para abrir cualquier conjunto obturador 1511 cerrado. Estas etapas son similares a las llevadas a cabo en las etapas 1202 y
40 1204 de la Figura 12. A continuación, se habilita la escritura en cada fila en secuencia, salvo que, en vez de llevar a cabo la habilitación de la escritura como una conexión a tierra de las correspondientes interconexiones de líneas de barrido, como se hizo con respecto a las Figuras 11, 13 y 14, la matriz 1500 de control aplica una tensión de habilitación de la escritura V_{we} a la interconexión 1506 de línea de barrido correspondiente a cada fila. Mientras una fila particular de píxeles 1504 tiene habilitada la escritura, la matriz 1500 de control aplica una tensión de datos a
45 cada interconexión 1508 de datos de la matriz 1500 de control correspondiente a una columna que incorpora un píxel 1502 en la fila con habilitación de la escritura que ha de ser cerrado. La aplicación de V_{we} a la interconexión 1506 de línea de barrido para la fila con habilitación de la escritura activa los transistores 1518 de habilitación de la escritura de los píxeles 1504 en la correspondiente línea de barrido. Con ello, se permite que las tensiones aplicadas a las interconexiones 1502 de datos se almacenan en los condensadores 1520 de almacenamiento de datos de los
50 respectivos píxeles 1504.

Si la tensión almacenada en el condensador 1520 de almacenamiento de datos de un píxel 1504 es suficientemente mayor que la tierra, por ejemplo 5 V, el transistor conmutador 1514 de descarga se activa, permitiendo que la carga aplicada al correspondiente conjunto obturador 1511 a través del transistor conmutador 1514 de disparo de carga se descargue. Sin embargo, la descarga de la tensión mayor, V_{at} , almacenada en el conjunto obturador 1511, puede
55 llevar más tiempo del necesario para almacenar la relativamente pequeña tensión de datos en el condensador 1520 de almacenamiento de datos. Almacenando la tensión de datos en el condensador 1520 de almacenamiento de datos, la descarga y el proceso de accionamiento mecánico pueden continuar aun después de que la matriz 1500 de control conecte a tierra la interconexión 1506 de línea de barrido, aislando con ello la carga almacenada en el condensador 1520 de su correspondiente interconexión 1502 de datos. Por lo tanto, a diferencia del proceso de
60 descarga presentado por las matrices de control de las Figuras 11, 13 y 14, la matriz 1500 de control regula el conmutador 1514 de descarga (para controlar la aplicación de la tensión de accionamiento V_{at} en el conjunto

obturador 1511) por medio de una tensión de datos que se almacena en el condensador 1520, en vez de requerir comunicación en tiempo real con señales en la interconexión 1502 de datos.

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

A diferencia de los circuitos mostrados en las Figuras 11, 13 y 14, la carga de los electrodos del conjunto obturador 1511, cuando se descarga, no fluye hacia tierra por medio de la interconexión de línea de barrido que corresponde al píxel 1504. En vez de ello, la fuente del transistor conmutador 1514 de descarga está conectada a la interconexión 1522 de línea de barrido del píxel de la fila debajo del mismo. Cuando no tienen habilitada la escritura, las interconexiones 1522 de líneas de barrido de la matriz 1500 de control se mantienen en el potencial de la tierra o cercano al mismo; por ello, pueden funcionar como disipadores efectivos para corrientes de descarga en filas vecinas. La matriz 1500 de control también incluye la capacidad del accionamiento global, cuyo proceso o procedimiento es similar al descrito en la Figura 10. Los obturadores en los píxeles descargados 1504 se mantienen en su posición debido a la aplicación de una tensión de mantenimiento V_m , por ejemplo $\frac{1}{2} V_{at}$, a la interconexión 1516 de accionamiento global. Después de que todas las filas hayan sido objeto de direccionamiento, la matriz 1500 de control conecta a tierra la interconexión 1516 de accionamiento global, liberando con ello los obturadores de todos los conjuntos obturadores 1511 descargados de forma sustancialmente simultánea.

La Figura 16 es un diagrama de otra matriz 1600 de control adicional adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización, según una realización ilustrativa de la invención. La matriz 1600 de control es similar a la matriz 1500 de control de la Figura 15. La matriz 1600 de control incluye una interconexión 1602 de datos para cada columna de píxeles 1604 de la matriz 1600 de control, una interconexión 1606 de línea de barrido para cada fila de píxeles 1604 de la matriz 1600 de control. La matriz 1600 de control incluye una interconexión común 1608 de disparo de carga, una interconexión común 1610 de carga y una interconexión 1612 de accionamiento global. Los píxeles 1604 de la matriz 1600 de control incluyen cada uno un conjunto obturador elástico 1614, un transistor conmutador 1616 de disparo de carga, un transistor conmutador 1617 de descarga, un transistor 1618 de habilitación de la escritura y un condensador 1620 de almacenamiento de datos, según se describe en la Figura 15. La matriz 1600 de control también incluye una interconexión común 1622 de obturadores que es distinta de la interconexión 1612 de accionamiento global. Estas interconexiones 1612 y 1622 son compartidas entre píxeles 1604 en múltiples files y múltiples columnas de la serie.

En operación, la matriz 1600 de control lleva a cabo las mismas funciones que la matriz 1500 de control, pero por medios o procedimientos diferentes. Muy en particular, el procedimiento para la consecución del accionamiento global en la matriz 1600 de control es muy diferente del llevado a cabo en las matrices 900, 1400 o 1500 de control. En los procedimientos previos, la interconexión de accionamiento global estaba conectada a un electrodo del conjunto obturador y aplicarle una tensión de mantenimiento V_m impedía el accionamiento del obturador. Sin embargo, en la matriz 1600 de control, la interconexión 1612 de accionamiento global está conectada a la fuente del transistor conmutador 1617 de descarga. Mantener la interconexión 1612 de accionamiento global a un potencial significativamente por encima del de la interconexión común 1622 de obturadores impide la activación de ninguno de los transistores conmutadores 1617 de descarga, con independencia de qué carga esté almacenada en el condensador 1620. Se logra el accionamiento global en la matriz 1600 de control llevando el potencial de la interconexión 1612 de accionamiento global al mismo potencial que la interconexión común 1622 de obturadores, posibilitando que esos transistores conmutadores 1617 de descarga se activen dependiendo de si se ha almacenado o no una tensión de datos en el condensador 1620. Por lo tanto, la matriz 1600 de control no depende de la biestabilidad eléctrica del conjunto obturador 1614 para lograr el accionamiento global.

Aplicar tensiones parciales al condensador 1620 de almacenamiento de datos permite una activación parcial del transistor conmutador 1617 de descarga durante el tiempo que la interconexión 1612 de accionamiento global sea llevada a su potencial de accionamiento. De esta manera, se crea una tensión analógica en el conjunto obturador 1614 para proporcionar una escala analógica de grises.

En la matriz 1600 de control, a diferencia de la matriz 1500 de control, el electrodo de mayor capacitancia de los accionadores en los conjuntos obturadores 1614 se conecta eléctricamente a la interconexión común 1622 de obturadores, en lugar de a la interconexión 1612 de accionamiento global. En operación, la matriz de control alterna entre dos lógicas de control, según se ha descrito en relación con la matriz 1400 de control de la Figura 14. Sin embargo, para la matriz 1600 de control, cuando la matriz de control conmuta entre las lógicas de control, la matriz 1600 de control conmuta la tensión aplicada a la interconexión común 1622 de obturadores ya sea a tierra o a V_{at} , dependiendo de la lógica de control seleccionada, en lugar de conmutar a la tensión de accionamiento global aplicada a la interconexión de accionamiento global, como hace la matriz 1400 de control.

Como en la matriz 1300 de control de la Figura 13, un simple diodo y/o un diodo MIM pueden sustituir al transistor 1616 de disparo de carga para llevar a cabo la función de conmutación o de carga para cada píxel de la serie.

La Figura 17 es otra matriz 1700 adicional de control adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización, según una realización ilustrativa de la invención. La matriz 1700 de control controla una serie de píxeles 1702 que

incluyen conjuntos obturadores elásticos 1704. La matriz 1700 de control incluye preferentemente conjuntos obturadores que no son biestables, de modo que los conjuntos obturadores 1704 se controlen mejor de manera analógica. Es decir, la aplicación de una tensión particular al accionador de uno de los conjuntos obturadores 1704 da como resultado un desplazamiento incremental conocido del obturador.

5 La matriz 1700 de control incluye una interconexión 1706 de línea de barrido para cada fila de píxeles 1702 de la matriz 1700 de control y una interconexión 1708 de datos para cada columna de píxeles 1702 de la matriz 1700 de control. La matriz 1700 de control también incluye una interconexión 1710 de carga, una interconexión 1712 de disparo de carga y una interconexión 1714 de disparo de descarga. Estas interconexiones 1710, 1712 y 1714 son compartidas entre la totalidad o un subconjunto de los píxeles 1702 de la matriz 1700 de control. Cada píxel 1702 de la matriz 1700 de control incluye cuatro transistores, un transistor 1716 de disparo de carga, un transistor 1718 de escala de grises, un transistor 1720 de descarga y un transistor 1722 de habilitación de la escritura. La puerta del transistor 1716 de disparo de carga se conecta eléctricamente a la interconexión 1712 de disparo de carga. Su drenaje se conecta eléctricamente a la interconexión 1710 de carga y su fuente se conecta eléctricamente al transistor 1718 de escala de grises. La puerta del transistor 1718 de escala de grises se conecta eléctricamente, en paralelo, a un condensador 1724 de almacenamiento de datos y al transistor 1722 de habilitación de la escritura. La fuente del transistor 1718 de escala de grises se conecta eléctricamente al transistor 1720 de descarga. La puerta del transistor 1720 de descarga se conecta eléctricamente a la interconexión 1714 de descarga y su fuente se conecta a tierra. Con referencia nuevamente al transistor 1722 de habilitación de la escritura, su puerta se conecta eléctricamente a su correspondiente interconexión 1706 de línea de barrido, y su drenaje se conecta eléctricamente a su correspondiente interconexión 1708 de datos.

Puede utilizarse la matriz 1700 de control para proporcionar una escala analógica de grises al aparato 100 de visualización. En operación, al inicio de un ciclo de direccionamiento de tramas, la matriz 1700 de control aplica una tensión a la interconexión 1714 de disparo de descarga, activando el transistor 1720 de descarga. Se descarga cualquier tensión almacenada en los accionadores de los conjuntos obturadores 1704 de los píxeles 1702, liberando los obturadores de los conjuntos obturadores 1704 dejándolos en sus posiciones de reposo. A continuación, la matriz 1700 de control conecta a tierra la interconexión 1714 de disparo de descarga. Subsiguientemente, la matriz 1700 de control, aplica en secuencia una tensión de habilitación de la escritura V_{we} a cada interconexión 1706 de línea de barrido, activando los transistores 1722 de habilitación de la escritura de los píxeles 1702 de cada fila correspondiente de la matriz 1700 de control. Al activarse el transistor 1722 de habilitación de la escritura para una fila dada, la matriz 1700 de control aplica impulsos de tensión a cada una de las interconexiones 1708 de datos para indicar el brillo deseado de cada píxel 1702 en la fila de píxeles 1702 con habilitación de la escritura. Una vez que se completa la secuencia de direccionamiento, la matriz de control aplica una tensión a la interconexión 1712 de disparo de carga, lo que activa el transistor 1716 de disparo de carga para que todos los electrodos puedan ser cargados y todos los píxeles puedan ser accionados simultáneamente.

35 El brillo de un píxel 1702 está determinado por la duración o la magnitud del impulso de tensión aplicado a su correspondiente interconexión 1708 de datos. Mientras se aplica el impulso de tensión a la interconexión 1708 de datos del píxel, fluye corriente a través del transistor 1722 de habilitación de la escritura, acumulando un potencial en el condensador 1724 de almacenamiento de datos. Se usa la tensión del condensador 1724 para controlar la apertura del canal conductor del transistor 1718 de escala de grises. Este canal permanece abierto mientras la tensión puerta-fuente supere cierta tensión umbral. En un momento dado durante el ciclo de carga, el potencial en el electrodo del conjunto obturador 1704 aumentará hasta igualar el potencial almacenado en el condensador 1724, momento en el que el transistor de escala de grises se desactivará. De esta manera, puede hacerse que la tensión de accionamiento almacenada en el conjunto obturador varíe en proporción a la tensión analógica almacenada en el condensador 1724. La tensión resultante en el electrodo provoca un desplazamiento incremental del obturador en el conjunto obturador 1704 proporcional a la tensión resultante. El obturador permanece desplazado de su posición de reposo hasta que la interconexión 1714 de disparo de descarga vuelva a ser energizada al final del ciclo de direccionamiento de tramas.

Como en la matriz 1300 de control de la Figura 13, un simple diodo y/o un diodo MIM pueden sustituir al transistor 1716 de disparo de carga para llevar a cabo la función de conmutación o de carga para cada píxel de la serie.

50 La Figura 18 es otra matriz 1800 adicional de control adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización, según una realización ilustrativa de la invención. La matriz 1800 de control controla una serie de píxeles 1802 que incluyen conjuntos obturadores 1804 de doble accionador (es decir, conjuntos obturadores con accionadores tanto de apertura del obturador como de cierre del obturador). Puede hacerse que los accionadores de los conjuntos obturadores 1804 sean eléctricamente biestables o mecánicamente biestables.

55 La matriz 1800 de control incluye una interconexión 1806 de línea de barrido para cada fila de píxeles 1802 de la matriz 1800 de control. La matriz 1800 de control también incluye dos interconexiones de datos, una interconexión 1808a de apertura del obturador y una interconexión 1808b de cierre del obturador para cada columna de píxeles 1802 en la matriz 1800 de control. La matriz 1800 de control incluye además una interconexión 1810 de carga, una interconexión 1812 de disparo de carga y una interconexión 1814 de accionamiento global. Estas interconexiones 1810, 1812 y 1814 son compartidas entre los píxeles 1802 de múltiples filas y múltiples columnas de la serie. En una

implementación (la descrita con más detalle en lo que sigue), las interconexiones 1810, 1812 y 1814 son compartidas entre todos los píxeles 1802 de la matriz 1800 de control.

Cada píxel 1802 de la matriz de control incluye un transistor 1816 de carga de apertura del obturador, un transistor 1818 de descarga de apertura del obturador, un transistor 1820 de carga de cierre del obturador y un transistor 1822 de descarga de cierre del obturador. La matriz de control también incorpora dos condensadores 1824 de estabilización de la tensión, que están conectados, de forma independiente cada uno, en paralelo con la fuente y el drenaje de los transistores 1818 y 1822 de descarga. Al inicio de cada ciclo de direccionamiento de tramas, la matriz 1800 de control aplica a la interconexión 1814 de accionamiento global una tensión de mantenimiento, V_m , por ejemplo 1/2 de la tensión necesaria para accionar los conjuntos obturadores, V_{at} . La tensión de mantenimiento bloquea los conjuntos obturadores 1804 en sus estados actuales hasta que se inicie un accionamiento global al final del ciclo de direccionamiento de tramas. Acto seguido, la matriz 1800 de control aplica una tensión a la interconexión 1812 de disparo de carga, activando los transistores 1816 y 1820 de apertura del obturador y de cierre del obturador de los píxeles 1802 en la matriz 1800 de control. La interconexión 1810 de carga, en una implementación, tiene una tensión de CC igual o mayor que V_{at} , por ejemplo 40 V.

A medida que cada fila de píxeles 1802 de la matriz 1800 de control es objeto de direccionamiento, la matriz 1800 de control habilita la escritura en una fila de píxeles 1802 conectando a tierra su correspondiente interconexión 1806 de línea de barrido. Acto seguido, la matriz 1800 de control aplica una tensión de datos, V_d , por ejemplo 5 V, ya sea a la interconexión 1808a de apertura del obturador o a la interconexión 1808b de cierre del obturador correspondiente a cada columna de píxeles 1802 en la matriz 1800 de control. Si se aplica V_d a la interconexión 1808b de cierre del obturador de una columna, se descarga la tensión acumulada en el accionador de cierre del obturador del correspondiente conjunto obturador 1804 a través del transistor 1822 de descarga de cierre del obturador. Asimismo, si se aplica V_d a la interconexión 1808a de apertura del obturador de una columna, se descarga la tensión acumulada en el accionador de apertura del obturador del correspondiente conjunto obturador 1804 a través del transistor 1818 de descarga de apertura del obturador. Generalmente, para garantizar el debido accionamiento, solo se permite que se descargue uno de los accionadores, ya sea el accionador de cierre del obturador o el accionador de apertura del obturador, para cualquier conjunto obturador dado de la serie.

Después de que todas las filas de píxeles 1802 hayan sido objeto de direccionamiento, la matriz 1800 de control acciona globalmente los píxeles 1802 cambiando el potencial en la interconexión 1814 de accionamiento global de V_m a tierra. El cambio de tensión libera los accionadores de su estado bloqueado, conmutando a su siguiente estado, si hace falta. Si la interconexión de accionamiento global hubiese de ser sustituida con una interconexión de tierra o común de tensión constante, es decir, si no se utiliza el procedimiento de accionamiento global con la matriz 1800 de control, entonces los condensadores 1824 de estabilización de la tensión pueden no ser necesarios.

Como en la matriz 1400 de control de la Figura 14, un simple diodo y/o un diodo MIM pueden sustituir tanto al transistor 1816 de carga de apertura del obturador como al transistor 1820 de carga de cierre del obturador.

Alternativamente, es posible aprovechar la naturaleza biestable del conjunto obturador 1804 y que una resistencia sustituya tanto al transistor 1816 de carga de apertura del obturador como al transistor 1820 de carga de cierre del obturador. Cuando se opera con una resistencia, se cuenta con el hecho de que la constante del tiempo de carga RC asociada con la resistencia y la capacitancia del accionador en el conjunto obturador 1804 puede ser mucho mayor en magnitud que el tiempo necesario para descargar el accionador a través ya sea del transistor 1818 de descarga de apertura del obturador o del transistor 1822 de descarga de cierre del obturador. En el intervalo de tiempo entre el momento en que se descarga el accionador del conjunto obturador 1804 a través de uno de los transistores de descarga y el momento en que el accionador vuelve a cargarse a través de la resistencia y la interconexión 1810 de carga, pueden establecerse las diferencias correctas de tensión en los accionadores del conjunto obturador 1804 y puede hacerse que el conjunto obturador se accione. Después de que cada uno de los accionadores de apertura y de cierre del conjunto obturador 1804 se haya recargado a través de la resistencia, no se volverá a accionar el conjunto obturador 1804, dado que cualquiera de los dos accionadores o ambos mantienen ahora efectivamente la tensión apropiada de mantenimiento; es decir, una tensión mayor que V_m .

La Figura 19 es otra matriz 1900 adicional de control adecuada para su inclusión en el aparato 100 de visualización, según una realización ilustrativa de la invención. La matriz 1900 de control controla una serie de píxeles 1902 que incluyen conjuntos obturadores 1904 de doble accionador (es decir, conjuntos obturadores con accionadores tanto de apertura del obturador como de cierre del obturador). Puede hacerse que los accionadores de los conjuntos obturadores 1904 sean eléctricamente biestables o mecánicamente biestables.

La matriz 1900 de control incluye una interconexión 1906 de línea de barrido para cada fila de píxeles 1902 de la matriz 1900 de control. La matriz 1900 de control también incluye dos interconexiones de datos, una interconexión 1908a de apertura del obturador y una interconexión 1908b de cierre del obturador para cada columna de píxeles 1902 en la matriz 1900 de control. La matriz 1900 de control incluye además una interconexión 1910 de carga, una interconexión 1912 de disparo de carga y una interconexión 1914 de accionamiento global y una interconexión común 1915 de obturadores. Estas interconexiones 1910, 1912, 1914 y 1915 son compartidas entre los píxeles 1902 de múltiples filas y múltiples columnas de la serie. En una implementación (la descrita con más detalle en lo que

sigue), las interconexiones 1910, 1912, 1914 y 1915 son compartidas entre todos los píxeles 1902 de la matriz 1900 de control.

5 Cada píxel 1902 de la matriz de control incluye un transistor 1916 de carga de apertura del obturador, un transistor 1918 de descarga de apertura del obturador, un transistor 1917 de habilitación de la escritura de apertura del obturador y un condensador 1919 de almacenamiento de datos, según se ha descrito en las Figuras 16 y 18. Cada píxel 1902 de la matriz de control incluye a transistor 1920 de carga de cierre del obturador, y un transistor 1922 de descarga de cierre del obturador, un transistor 1927 de habilitación de la escritura de cierre del obturador y un condensador 1929 de almacenamiento de datos.

10 Al inicio de cada ciclo de direccionamiento de tramas, la matriz 1900 de control aplica una tensión a la interconexión 1912 de disparo de carga, activando los transistores 1916 y 1920 de apertura del obturador y de cierre del obturador de los píxeles 1902 de la matriz 1900 de control. La interconexión 1910 de carga, en una implementación, tiene una tensión de CC igual o mayor que V_{at} , por ejemplo 40 V.

15 Acto seguido, cada fila es habilitada para la escritura en secuencia, tal como se ha descrito con respecto a la matriz 1500 de control de la Figura 15. Mientras está habilitada para la escritura una fila particular de píxeles 1902, la matriz 1900 de control aplica una tensión de datos ya sea a la interconexión 1908a de apertura del obturador o a la interconexión 1908b de cierre del obturador correspondientes a cada columna de píxeles 1902 de la matriz 1900 de control. La aplicación de V_{we} a la interconexión 1906 de línea de barrido para la fila con habilitación de escritura activa ambos transistores 1917 y 1927 de habilitación de la escritura de los píxeles 1902 de la correspondiente línea de barrido. Con ello, se permite que las tensiones aplicadas a las interconexiones 1908a y 1908b de datos se almacenen en los condensadores 1919 y 1929 de almacenamiento de datos de los respectivos píxeles 1902. Generalmente, para garantizar el debido accionamiento, solo se permite que se descargue uno de los accionadores, ya sea el accionador de cierre del obturador o el accionador de apertura del obturador, para cualquier conjunto obturador dado de la serie.

25 En la matriz 1900 de control la interconexión 1914 de accionamiento global está conectada a la fuente tanto del transistor conmutador 1918 de descarga de apertura del obturador como del transistor 1922 de descarga de cierre del obturador. Mantener la interconexión 1914 de accionamiento global a un potencial significativamente por encima del de la interconexión común 1915 de obturadores impide la activación de ninguno de los transistores conmutadores 1918 o 1922 de descarga, con independencia de qué carga esté almacenada en los condensadores 1919 o 1929. Se logra el accionamiento global en la matriz 1900 de control llevando el potencial de la interconexión 1914 de accionamiento global al mismo potencial que la interconexión común 1915 de obturadores, posibilitando que los transistores conmutadores 1918 o 1922 de descarga se activen dependiendo de si se ha almacenado o no una tensión de datos en cualquiera de los dos condensadores 1919 o 1920. Por lo tanto, la matriz 1900 de control no depende de la biestabilidad eléctrica del conjunto obturador 1904 para lograr el accionamiento global.

35 Aplicar tensiones parciales a los condensadores 1919 y 1921 de almacenamiento de datos permite una activación parcial de los transistores conmutadores 1918 y 1922 de descarga durante el tiempo que la interconexión 1914 de accionamiento global sea llevada a su potencial de accionamiento. De esta manera, se crea una tensión analógica en el conjunto obturador 1904 para proporcionar una escala analógica de grises.

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

40 Como en la matriz 1300 de control de la Figura 13, simples diodos MIM o varistores pueden sustituir al transistor 1616 de disparo de carga para llevar a cabo la función de conmutación o de carga para cada píxel de la serie. Además, como en la matriz 1800 de control de la Figura 18, es posible que una resistencia sustituya tanto al transistor 1916 de carga de apertura del obturador como al transistor 1920 de carga de cierre del obturador.

45 En general, cualquiera de las matrices 1100, 1300, 1400, 1500 o 1700 de control, que se ilustraron mediante el uso de conjuntos obturadores de accionamiento único o elásticos, puede ser adaptada con ventaja para ser usada con conjuntos obturadores de doble accionamiento, tal como el 1904, reproduciendo el circuito de control de forma especular para cada uno de los accionadores de apertura y de cierre. Según se muestra en el procedimiento 800 de la Figura 8, los datos suministrados a las interconexiones de apertura de datos y a las interconexiones de cierre de datos serán a menudo complementarios; es decir, si se suministra un "1" lógico a la interconexión de apertura de datos, entonces normalmente se suministrará un "0" lógico a la interconexión de cierre de datos. En implementaciones alternativas adicionales, las matrices de control pueden ser modificadas para sustituir los transistores con varistores.

55 En implementaciones alternativas, la matriz de control realiza un seguimiento de la posición anterior de cada píxel y solo aplica posiciones a las interconexiones de datos correspondientes a un píxel si el estado del píxel para la siguiente trama de imagen es diferente de la posición anterior. En otra realización alternativa, los píxeles incluyen conjuntos obturadores mecánicamente biestables en lugar de conjuntos obturadores solo biestables eléctricamente. En tal realización, los transistores de disparo de carga pueden ser sustituidos con resistencias y puede omitirse la interconexión de disparo de carga de la matriz de control, según se ha descrito en lo que antecede en relación con la

Figura 18. La lógica dual de control usada por la matriz 1400 de control también puede ser utilizada en otras implementaciones de la matriz 1800 de control.

Técnicas de escala de grises

Color secuencial por campos

5 El aparato 100 de visualización proporciona imágenes de vídeo de alta calidad usando una potencia relativamente baja. La eficiencia del rendimiento óptico de una fotoválvula basada en un obturador puede ser un orden de magnitud más elevada que la permitida por los dispositivos de visualización de cristal líquido, porque no hay necesidad alguna de polarizadores ni de filtros cromáticos en la producción de la imagen.

10 Sin el uso de filtros cromáticos, un procedimiento de producción de imágenes de vídeo en un dispositivo de visualización basado en obturadores es el uso de un color secuencial por campos. Los filtros cromáticos reducen la eficiencia óptica en >60% por la absorción en los filtros. Los dispositivos de visualización que, en cambio, utilizan el color secuencial por campos usan una retroiluminación que produce luz roja, verde y azul pura en una secuencia ordenada. Se genera una imagen separada para cada color. Cuando las imágenes de colores separados se alternan a frecuencias superiores a 50 Hz, el ojo humano hace un promedio de las imágenes, produciendo la percepción de una sola imagen con una gama amplia y continua de colores. Ahora pueden producirse retroiluminaciones eficientes que permiten una conmutación rápida entre colores puros ya sea a partir de fuentes de diodos emisores de luz (LED) o de fuentes electroluminiscentes.

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

20 La formación de imágenes precisa con color secuencial por campos puede mejorar mediante la sincronización entre la retroiluminación y el proceso de direccionamiento de los píxeles, especialmente por cuanto requiere un periodo de tiempo finito para conmutar o reponer cada píxel entre los estados requeridos de cada subtrama de color. Dependiendo de la matriz de control usada para direccionar y accionar los píxeles, si no se emplea la opción de accionamiento global, entonces puede ser preciso que el controlador de la imagen realice una pausa en cada fila o línea de barrido del dispositivo de visualización suficientemente larga para que completen la conmutación o el accionamiento mecánicos en cada fila. Si la retroiluminación hubiese de iluminar en general todo el dispositivo de visualización con un solo color mientras el controlador del dispositivo de visualización estaba conmutando estados, fila por fila, entre imágenes de 2 colores, el contraste resultante sería confuso.

25 Consideréense dos ejemplos que ilustran los tiempos de puesta a cero que pueden emplearse con la retroiluminación durante la reposición de una imagen entre colores en un dispositivo de visualización sincronizado. Si los obturadores requieren 20 microsegundos para accionarse o moverse entre los estados abierto y cerrado, si se accionan los obturadores fila a fila y si hay 100 filas, entonces se requerirían 2 milisegundos para completar el direccionamiento. Entonces la retroiluminación sincronizada podría estar desactivada durante esos 2 milisegundos. Obsérvese que si el dispositivo de visualización funciona con una frecuencia de tramas de 60 Hz con 3 colores por trama, entonces solo se permiten 5,6 mseg por subtrama de color y, en este ejemplo, la retroiluminación estaría desactivada un 36% del tiempo.

30 Alternativamente, cuando se usa un esquema de accionamiento global para conmutar entre subtramas de color, la misma reposición de la imagen requeriría únicamente 20 microsegundos para el movimiento simultáneo de todos los obturadores entre imágenes. Entonces se relajan sustancialmente los requisitos de velocidad de los obturadores. Si, durante la reposición del color, la retroiluminación hubiese de desactivarse hasta 100 microsegundos, el porcentaje del tiempo de iluminación a la frecuencia de tramas de 60 Hz sería entonces mayor del 98%. Suponiendo un tiempo de refresco de la imagen de 100 microsegundos, resulta entonces posible aumentar la frecuencia de tramas hasta 120 Hz sin ninguna pérdida sustancial de tiempo de iluminación. Usar una frecuencia de tramas de 120 Hz reduce sustancialmente aberraciones de imagen inducidas por el color secuencial por campos, tales como la descomposición cromática en imágenes de vídeo con movimiento rápido.

Escala de grises

35 El número de colores únicos disponibles en el dispositivo de visualización depende en parte de los niveles de la escala de grises que están disponibles dentro de cada una de las imágenes en tres colores. A los dispositivos de visualización de obturadores transversales son aplicables cuatro procedimientos principales de producción de una escala de grises y combinaciones de los mismos.

Escala analógica de grises

40 El primer procedimiento de producción de una escala de grises es un procedimiento analógico, por medio del cual se hace que los obturadores solo obstruyan parcialmente una abertura en proporción a la aplicación de una tensión de accionamiento parcial. Pueden diseñarse obturadores transversales de modo que el porcentaje de luz transmitida

sea proporcional a una tensión de accionamiento; por ejemplo, a través del control de la forma de los electrodos de accionamiento, según se ha descrito en lo que antecede en relación con la Figura 2.

5 Para una escala analógica de grises, el aparato de visualización está equipado con un convertidor digital-analógico, de modo que la tensión suministrada a los píxeles sea proporcional al nivel deseado de la escala de grises. Se mantiene la tensión proporcional de cada accionador en todo el periodo de una trama de imagen, de modo que se mantiene la posición proporcional del obturador en todo el periodo de iluminación. El uso opcional de un condensador colocado en paralelo con los accionadores de las Figuras 2 y 17 contribuye a garantizar que, aunque pueda fugarse parte de la carga del píxel durante el tiempo de iluminación, la tensión no cambie apreciablemente como para alterar la posición del obturador durante el periodo de iluminación.

10 La escala analógica de grises tiene la ventaja de requerir solo 1 obturador en movimiento por píxel y la configuración de solo 1 trama de imagen durante el periodo de iluminación de cada color. Por lo tanto, las frecuencias de datos y las velocidades de direccionamiento para la escala analógica de grises son las menos exigentes entre todos los procedimientos alternativos de escala de grises.

Escala de grises por división de tiempo

15 Con el debido diseño del obturador transversal, puede lograrse una conmutación de baja tensión que es rápida. Pueden construirse conjuntos obturadores movidos transversalmente, tales como, por ejemplo, los representados en la Figura 2, que tienen tiempos de accionamiento en el intervalo de 3 microsegundos a 100 microsegundos. Tan rápido accionamiento posibilita la implementación de una escala de grises por división de tiempo, en la que el contraste se consigue controlando los tiempos de activación o los ciclos de trabajo relativos de los obturadores accionados. Puede implementarse una escala de grises por división de tiempo usando una codificación digital de la escala de grises, porque las matrices de control que incorporan conjuntos obturadores biestables reconocen dos estados de accionamiento de los obturadores: activado o desactivado. Se consigue la escala de grises controlando la longitud de tiempo que un obturador está abierto.

25 Los tiempos de conmutación pueden apreciarse suponiendo el caso de una frecuencia de tramas de 60 Hz con color secuencial por campos. Se asignan 5,6 mseg a cada subtrama de color. Si el intervalo de tiempo disponible hubiese de dividirse en 63 segmentos (escala de grises de bits por color), entonces el menor incremento de tiempo de activación para cada imagen, conocido como el tiempo del bit menos significativo (LSB), sería de 88 microsegundos. Si hubiese de construirse y mostrarse una imagen para el tiempo del bit LSB usando un esquema de accionamiento global, entonces sería preciso que el accionamiento de todos los obturadores se completase en significativamente menos de los 88 microsegundos del tiempo LSB. Si el dispositivo de visualización es objeto de direccionamiento fila a fila, entonces el tiempo disponible para reponer cada fila es considerablemente menor. Para un dispositivo de visualización con 100 filas, el tiempo disponible de accionamiento puede ser inferior a 0,5 microsegundos por fila. Son posibles varios algoritmos controladores para relajar los intervalos de tiempo requeridos para direccionar los obturadores en un esquema por filas (véase, por ejemplo, N. A. Clark et. al., *Ferroelectrics*, v. 46, p. 97 (2000)), pero, en cualquier caso, el tiempo requerido para el accionamiento de los obturadores en el ejemplo de la escala de grises de 6 bits es considerablemente inferior a 20 microsegundos.

40 Lograr múltiples bits de una escala de grises mediante el uso de la multiplexación por división de tiempo requiere una potencia significativa en la circuitería de direccionamiento, dado que la energía perdida en el ciclo de accionamiento es $\frac{1}{2} CV^2$ para cada píxel en el transcurso de cada ciclo de refresco o de direccionamiento en el esquema de control (C es la capacitancia del píxel más los electrodos de control y V es la tensión de accionamiento). Los diagramas de circuito de las Figuras 11 y 13-19 reducen los requisitos de potencia desacoplando y reduciendo las tensiones de direccionamiento (las tensiones requeridas en las líneas de barrido y las líneas de datos) de las tensiones de accionamiento (las tensiones requeridas para mover un obturador).

Escala de grises por división de área

45 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 accionadores por píxel. Un esquema binario de división de tiempo de 6 bits (63 ranuras de tiempo requeridas) puede reducirse a un esquema de tiempo de 5 bits (31 ranuras de tiempo requeridas) añadiendo la disponibilidad de un bit adicional de la 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. Asimismo, si hay disponibles 4 obturadores (con áreas desiguales) por píxel, entonces el número de bits de tiempo requeridos puede reducirse a 3, siendo el resultado, aun así, 64 niveles efectivos de la escala de grises por color.

Escala de grises por iluminación

55 Otro procedimiento que puede relajar los requisitos de velocidad y/o de superficie para las anteriores técnicas de escalas de grises es el uso de una escala de grises por iluminación. El contraste logrado a través de la iluminación de la imagen en color puede regularse o dársele niveles de gris más finos por medio de una intensidad alterada desde la retroiluminación. Si la retroiluminación es capaz de una respuesta rápida (como ocurre en el caso de la

retroiluminación LED), entonces puede lograrse contraste ya sea alterando el brillo de la retroiluminación o la duración de su iluminación.

Consideremos un ejemplo en el que se supone que la matriz de control utiliza un esquema de accionamiento global y que la escala de grises por división de tiempo se consigue mediante la construcción y la presentación de imágenes de distintos tiempos de bit iluminadas diferentes longitudes de tiempo. Tómese, por ejemplo, un esquema binario de codificación de tiempo de 4 bits logrado dividiendo la trama de color en 15 ranuras de tiempo. La imagen que se construye para el tiempo más corto (LSB) debería mantenerse durante 1/15 del tiempo disponible de trama. Para expandir hasta un esquema de codificación de 5 bits se podría, en el dominio temporal, dividir la trama de color en 31 ranuras de tiempo, requiriendo el doble de velocidad de direccionamiento. Alternativamente, podrían asignarse solamente 16 ranuras de tiempo y asignar a una de estas ranuras de tiempo una imagen que se ilumine con solo 1/2 del brillo o por una retroiluminación que emita destellos durante un periodo de activación de solo 1/31 del tiempo de la trama. Pueden añadirse hasta 3 bits adicionales de escala de grises encima de un esquema de codificación por división de tiempo de 4 bits añadiendo estas imágenes de corta duración acompañadas por iluminación parcial. Si se asignan los bits de iluminación parcial al menor de los segmentos de tiempo, el resultado será una pérdida insignificante del brillo medio proyectado.

Esquemas híbridos de escala de grises

Los cuatro medios principales de escala de grises son la escala analógica de grises, la escala de grises por división de tiempos, la escala de grises por división de área y la escala de grises por iluminación. Deberá entenderse que pueden construirse esquemas de control útiles mediante combinaciones de cualesquiera de los procedimientos anteriores; por ejemplo, combinando el uso de la división de tiempo, la división de área y el uso de iluminación parcial. También hay disponibles divisiones adicionales de la escala de grises mediante técnicas de interpolación, también denominadas difuminado. El difuminado en el dominio temporal incluye la inserción de bits LSB de tiempo solo en una serie alterna de tramas de color. El difuminado en el dominio espacial, también denominado medios tonos, implica el control o la apertura de una fracción especificada de píxeles vecinos para producir zonas localizadas con solo brillo parcial.

Para proporcionar una comprensión general de la invención, se describirán ahora realizaciones ilustrativas adicionales, incluyendo dispositivos portátiles de mano y procedimientos para su fabricación. Sin embargo, una persona con un dominio normal de la técnica entenderá que los sistemas y los procedimientos descritos en el presente documento pueden adaptarse o modificarse según sea apropiado para la aplicación que se esté abordando y que los sistemas y los procedimientos descritos en el presente documento pueden emplearse en otras aplicaciones adecuadas y que tales adiciones y modificaciones añadidas no deberán apartarse del ámbito de la presente invención.

Más en particular, los sistemas y los procedimientos descritos en el presente documento incluyen, entre otros, dispositivos portátiles de mano y procedimientos para fabricar dispositivos portátiles de mano que incluyan paneles de visualización de baja potencia y muy iluminados con suficiente resolución para proporcionar una interfaz visual de usuario con imágenes visualmente diferenciadas susceptibles de ser vistas con múltiples condiciones de iluminación ambiental. Más en particular, los sistemas y los procedimientos descritos en el presente documento incluyen, en ciertas realizaciones, dispositivos portátiles de mano que incluyen dispositivos de visualización que comprenden un panel MEMS de visualización que tiene una capa fotomoduladora. La capa fotomoduladora incluye elementos de píxeles organizados para proporcionar una resolución operativa de visualización para pantallas de cualquier tamaño, incluyendo pantallas de solo 6 mm por 6 mm y menores, dependiendo de la aplicación. En particular, en una realización, la capa fotomoduladora incluye un dispositivo de visualización formado de un panel de visualización que tiene varios obturadores amovibles transversalmente dispuestos en una matriz de elementos de píxeles. La matriz es de aproximadamente 25,4 mm de anchura por 25,4 mm de longitud, con 120 columnas y 120 filas, proporcionando, por ello, aproximadamente 14.400 píxeles distribuidos homogéneamente dentro del panel de visualización de 25,4 mm por 25,4 mm. Opcionalmente, podría proporcionarse una retroiluminación que dirija luz a través de la capa fotomoduladora para que los obturadores de movimiento transversal puedan modular la luz generada para crear una imagen en el panel de visualización. Un controlador del dispositivo de visualización MEMS puede acoplarse al panel de visualización MEMS para excitar el dispositivo de visualización para crear imágenes. Opcionalmente, el controlador del dispositivo de visualización MEMS proporciona múltiples modos de operación para excitar el dispositivo de visualización MEMS en un modo adaptado y la aplicación y las condiciones. La alta eficiencia de potencia óptica del panel de visualización MEMS puede ser aprovechada por el controlador de visualización MEMS que, en una realización, configura dinámicamente el modo de apertura del panel de visualización en función de la potencia disponible y de las demandas de la aplicación. El uso eficiente de la potencia y el control de los dispositivos descritos en el presente documento permiten una funcionalidad adicional, tal como Wi-Fi y vídeo a todo color, que, si no, puede requerir más energía de la que puede proporcionar la fuente de energía incorporada durante cualquier cantidad práctica de tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) de visualización que comprende:
 - un sustrato transparente (504);
 - una serie de píxeles (501) que incluye una pluralidad de fotomoduladores MEMS (502; 1904) correspondientes a respectivos píxeles de la serie; y
 - una matriz (500) de control formada sobre el sustrato y conectada a la pluralidad de fotomoduladores MEMS que incluye, para un correspondiente píxel de la serie:
 - un primer conmutador (1917);
 - un primer accionador (302) controlado por el primer conmutador para hacer que un correspondiente fotomodulador se ponga en un primer estado;
 - una primera interconexión (1908a) de datos para suministrar una tensión para controlar el primer conmutador;
 - un segundo accionador (304) acoplado al fotomodulador para hacer que el correspondiente fotomodulador se ponga en un segundo estado;
 - una segunda interconexión (1908b) de datos para suministrar una tensión para controlar el segundo accionador.
2. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que el conmutador comprende un transistor (1917).
3. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que el conmutador comprende un diodo.
4. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que el conmutador comprende un varistor.
5. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que el conmutador está configurado para regular un potencial eléctrico aplicado al primer accionador.
6. El aparato de visualización de la reivindicación 5 en el que la matriz de control comprende, para el píxel, un segundo conmutador (1927) configurado para regular un potencial eléctrico aplicado al segundo accionador.
7. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que la matriz de control comprende, para el píxel, una interconexión (1906) de habilitación de la escritura y una interconexión (1910) de tensión de accionamiento.
8. El aparato de visualización de la reivindicación 7 en el que la interconexión de habilitación de la escritura está dispuesta para recibir una tensión de habilitación de la escritura.
9. El aparato de visualización de la reivindicación 7 en el que el píxel comprende un primer condensador (1919) correspondiente a la primera interconexión de datos y un segundo condensador (1929) correspondiente a la segunda interconexión de datos.
10. El aparato de visualización de la reivindicación 7 en el que el píxel comprende una primera resistencia correspondiente a la primera interconexión de datos y una segunda resistencia correspondiente a la segunda interconexión de datos.
11. El aparato de visualización de la reivindicación 9 en el que el conmutador está conectado eléctricamente a la primera interconexión de datos, al primer condensador y a la interconexión de tensión de accionamiento y, para el píxel, la matriz de control comprende un segundo conmutador en comunicación eléctrica con la segunda interconexión de datos, el segundo condensador y la interconexión de tensión de accionamiento.
12. El aparato de visualización de la reivindicación 11 en el que, en respuesta a la aplicación de una tensión al conmutador por parte de la primera interconexión de datos, el conmutador facilita la descarga del primer condensador, accionando con ello el correspondiente fotomodulador MEMS.
13. El aparato de visualización de la reivindicación 11 en el que, en respuesta a la aplicación de una tensión al segundo conmutador por parte de la segunda interconexión de datos, el segundo conmutador facilita la descarga del segundo condensador, accionando con ello el correspondiente fotomodulador MEMS.
14. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que la matriz de control comprende un circuito (1914) de accionamiento global para iniciar el accionamiento sustancialmente simultáneo de una pluralidad de los varios fotomoduladores MEMS.
15. El aparato de visualización de la reivindicación 11 en el que, en respuesta a la aplicación de una tensión al conmutador por parte de la primera interconexión de datos, el conmutador facilita la carga del primer condensador, accionando con ello el correspondiente fotomodulador MEMS.

16. El aparato de visualización de la reivindicación 11 en el que, en respuesta a la aplicación de una tensión al segundo conmutador por parte de la segunda interconexión de datos, el segundo conmutador facilita la carga del segundo condensador, accionando con ello el correspondiente fotomodulador MEMS.
- 5 17. El aparato de visualización de la reivindicación 7 que comprende una fuente de tensión de accionamiento conectada eléctricamente a la interconexión de tensión de accionamiento y una fuente de tensión de datos conectada eléctricamente al menos una de la primera interconexión de datos y a la segunda interconexión de datos, en el que la fuente de tensión de accionamiento produce una tensión de mayor magnitud que la producida por la fuente de tensión de datos.
- 10 18. El aparato de visualización de la reivindicación 17 en el que la fuente de tensión de accionamiento emite una tensión que tiene una magnitud al menos aproximadamente 5 veces mayor que la emitida por la fuente de tensión de datos.
19. El aparato de visualización de la reivindicación 7 en el que:
una pluralidad de píxeles en la serie de píxeles están dispuestos en una línea de barrido, y los píxeles de la línea de barrido comparten una interconexión común (1906) de habilitación de la escritura.
- 15 20. El aparato de visualización de la reivindicación 7 en el que los píxeles de la serie están dispuestos en columnas de píxeles y los píxeles de una columna particular de las columnas de píxeles comparten al menos una de una primera interconexión común de datos y una segunda interconexión de datos.
21. El aparato de visualización de la reivindicación 19 en el que el píxel incluye un elemento (1919) de memoria para almacenar una instrucción de movimiento del fotomodulador MEMS.
- 20 22. El aparato de visualización de la reivindicación 21 en el que el elemento de memoria comprende un condensador.
23. El aparato de visualización de la reivindicación 21 en el que el elemento de memoria comprende un circuito SRAM y un circuito DRAM.
- 25 24. El aparato de visualización de la reivindicación 21 en el que la aplicación de una tensión de habilitación de la escritura a la interconexión de habilitación de la escritura prepara el elemento de memoria para almacenar la instrucción de movimiento del fotomodulador MEMS.
- 30 25. El aparato de visualización de la reivindicación 24 en el que la matriz de control comprende una interconexión (1914) de accionamiento global que inicia la ejecución sustancialmente simultánea de instrucciones de movimiento del fotomodulador MEMS almacenadas en elementos de memoria de una pluralidad de píxeles en la serie de píxeles.
26. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que el fotomodulador MEMS comprende un conjunto obturador.
27. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que el primer accionador comprende un accionador de apertura del obturador y el segundo accionador comprende un accionador de cierre del obturador.
- 35 28. El aparato de visualización de la reivindicación 1 en el que el primer accionador y el segundo accionador mueven un obturador incorporado en el conjunto obturador sustancialmente en un plano paralelo al sustrato.
29. Un procedimiento de formación de una imagen en un aparato de visualización según cualquier reivindicación precedente que comprende:
seleccionar una línea de barrido del dispositivo de visualización, incluyendo la línea de barrido una
40 pluralidad de píxeles;
para un píxel de la línea de barrido seleccionada, aplicar una tensión de datos a una de dicha primera interconexión de datos y de dicha segunda interconexión de datos conectadas eléctricamente al píxel, controlando con ello un correspondiente conmutador para regular selectivamente una tensión en uno de
entre dicho primer accionador y dicho segundo accionador, permitiendo con ello que uno de entre el primer
45 accionador y el segundo accionador cambie el estado del correspondiente fotomodulador MEMS;
dirigir la luz hacia la pluralidad de píxeles para formar una imagen.

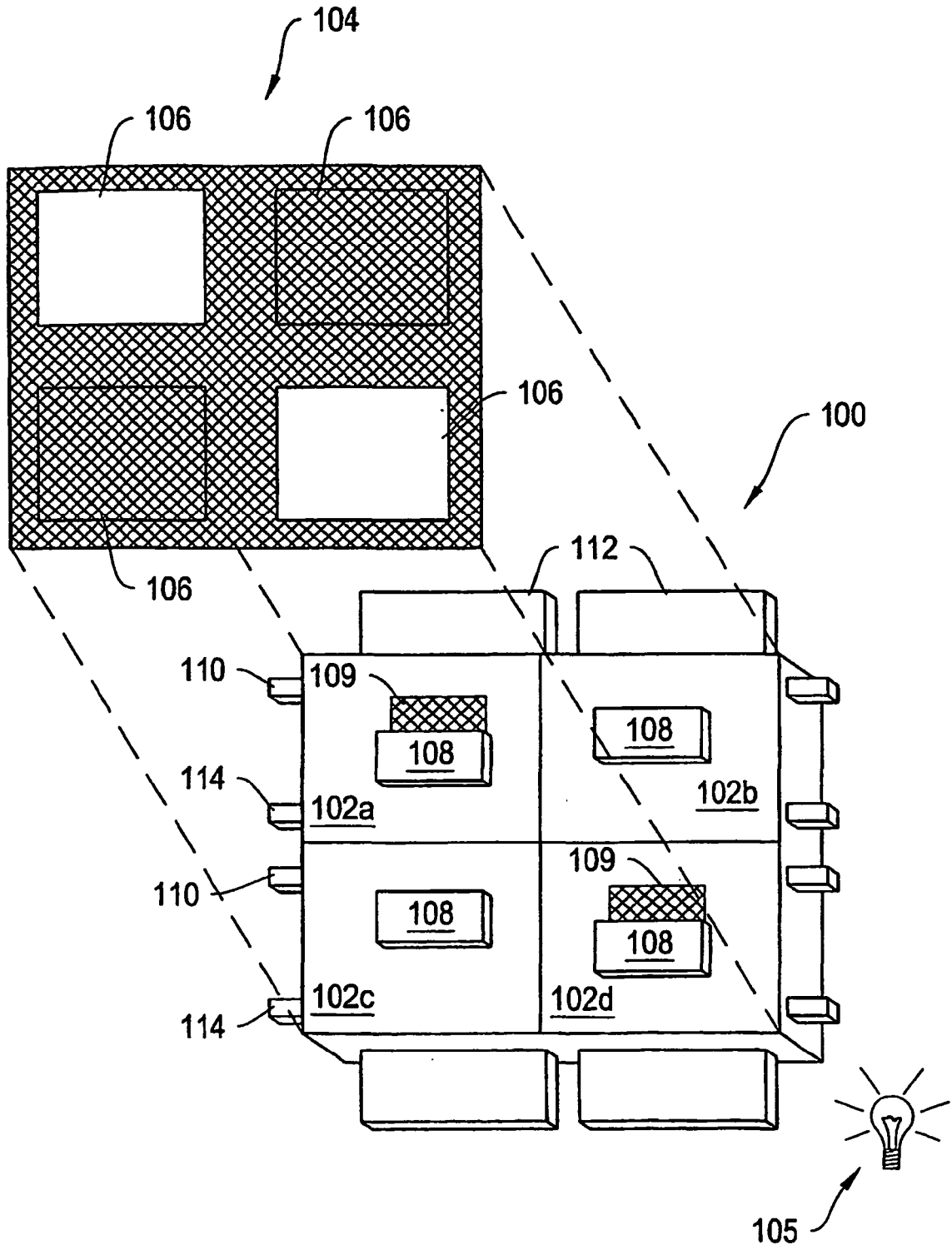


Figura 1A

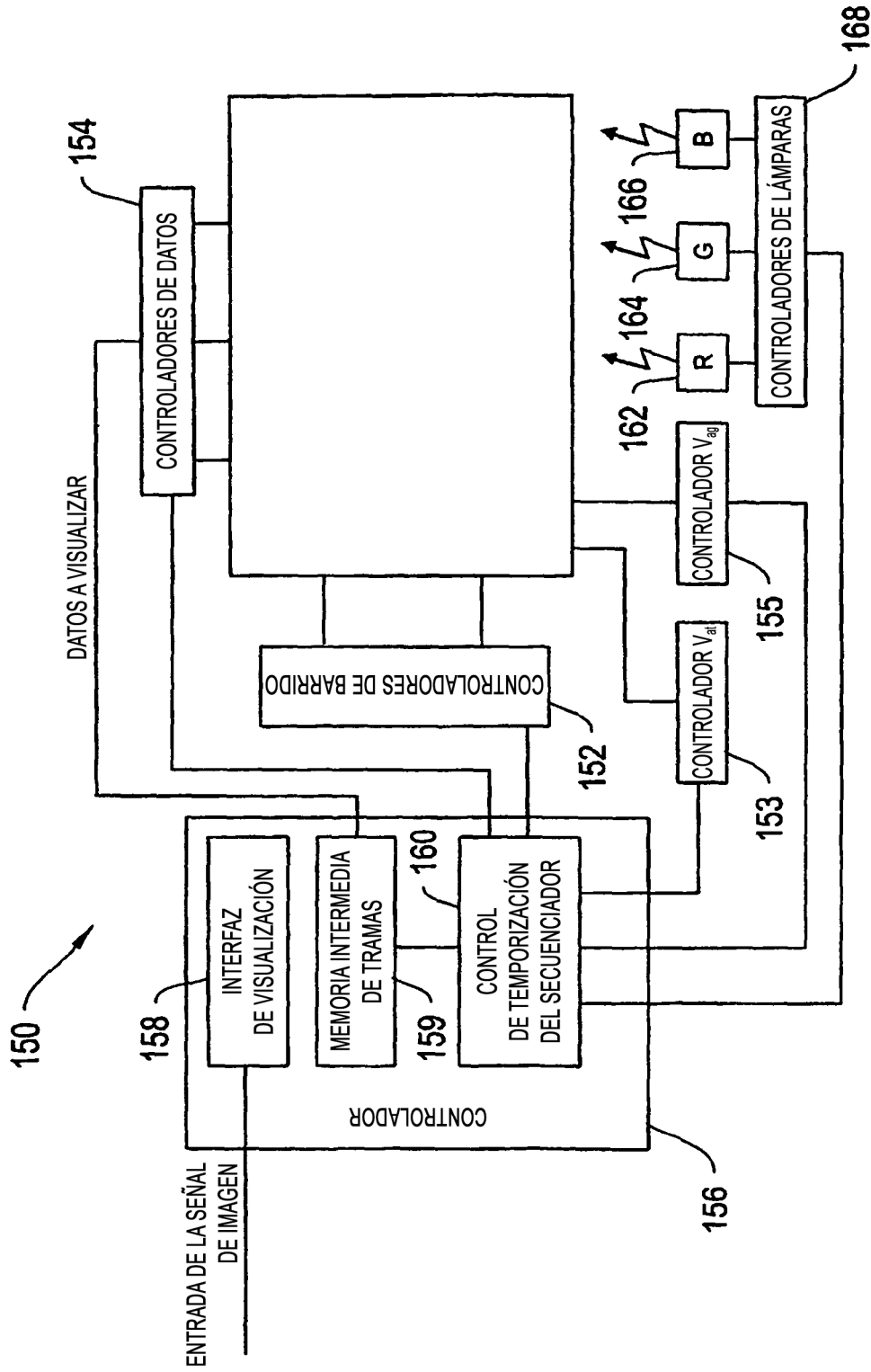


Figura 1B

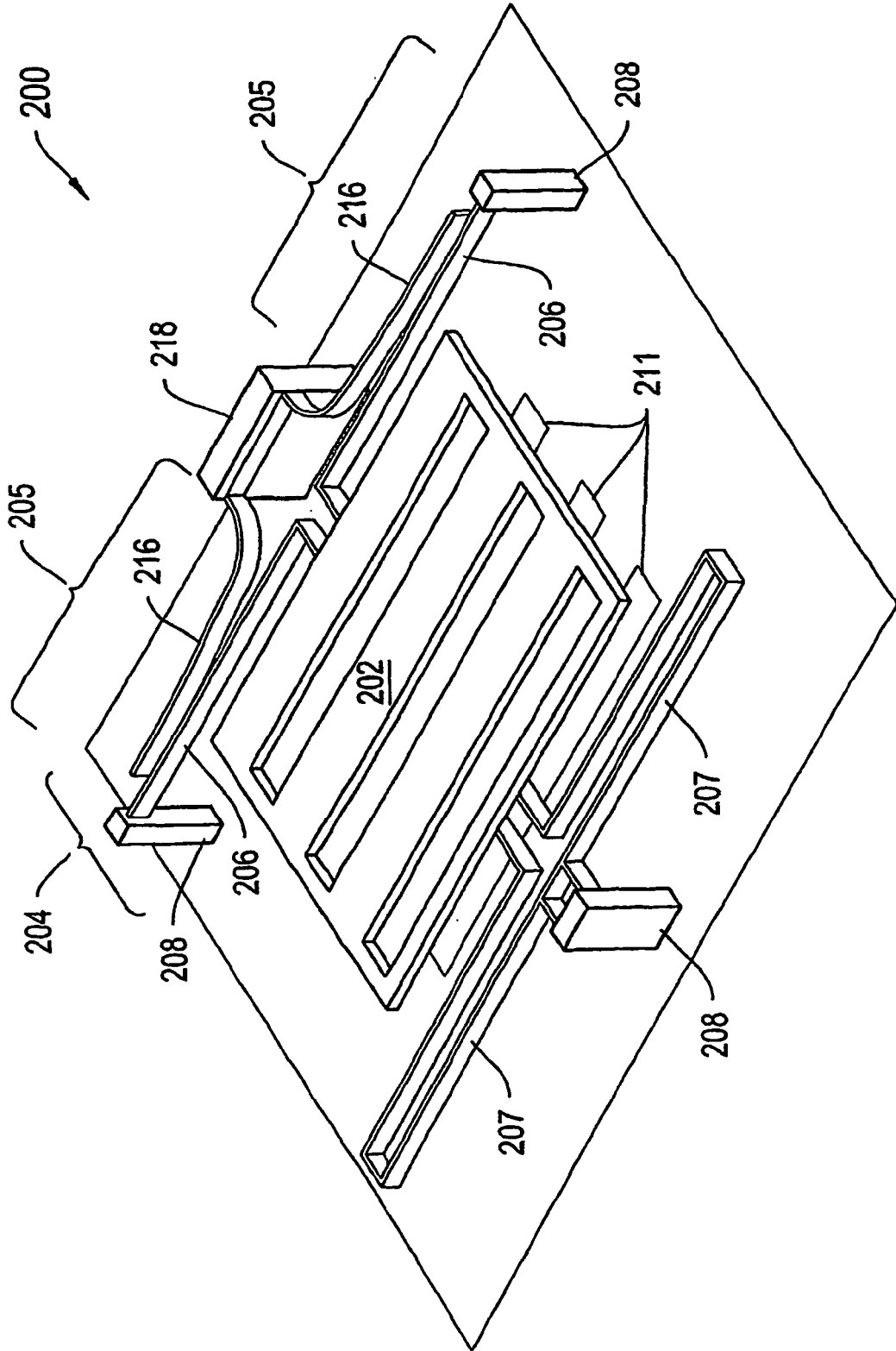


Figura 2

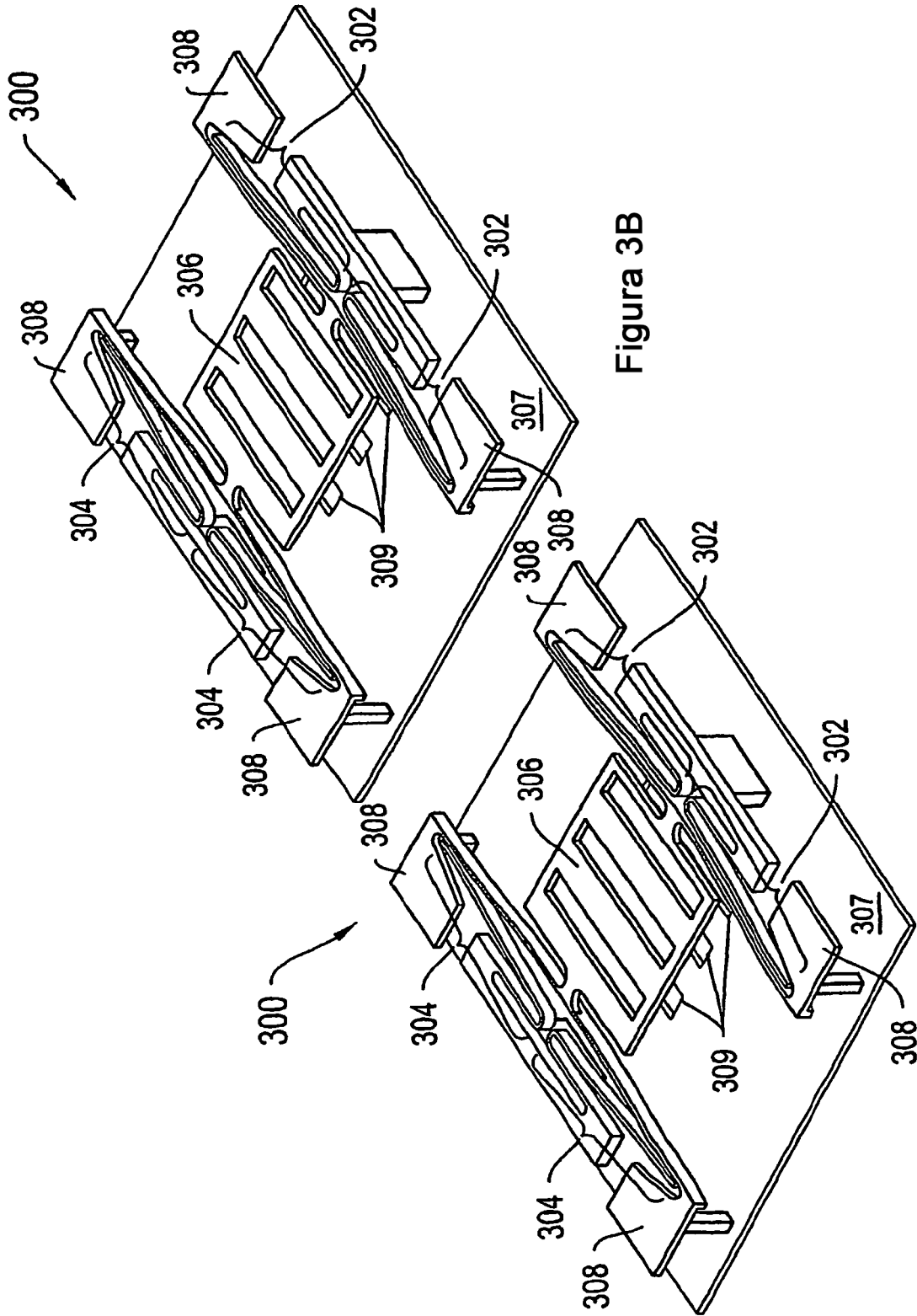


Figura 3B

Figura 3A

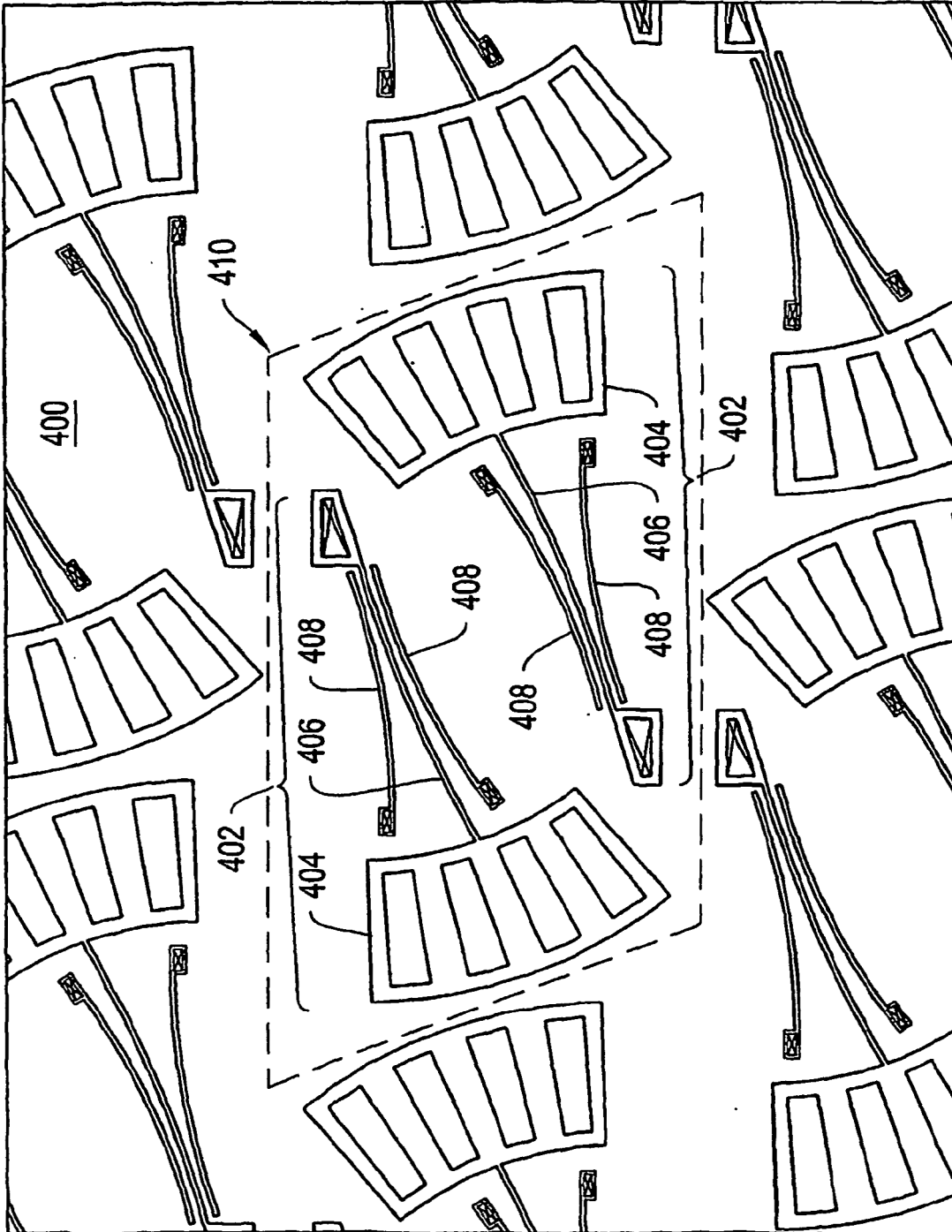


Figura 4

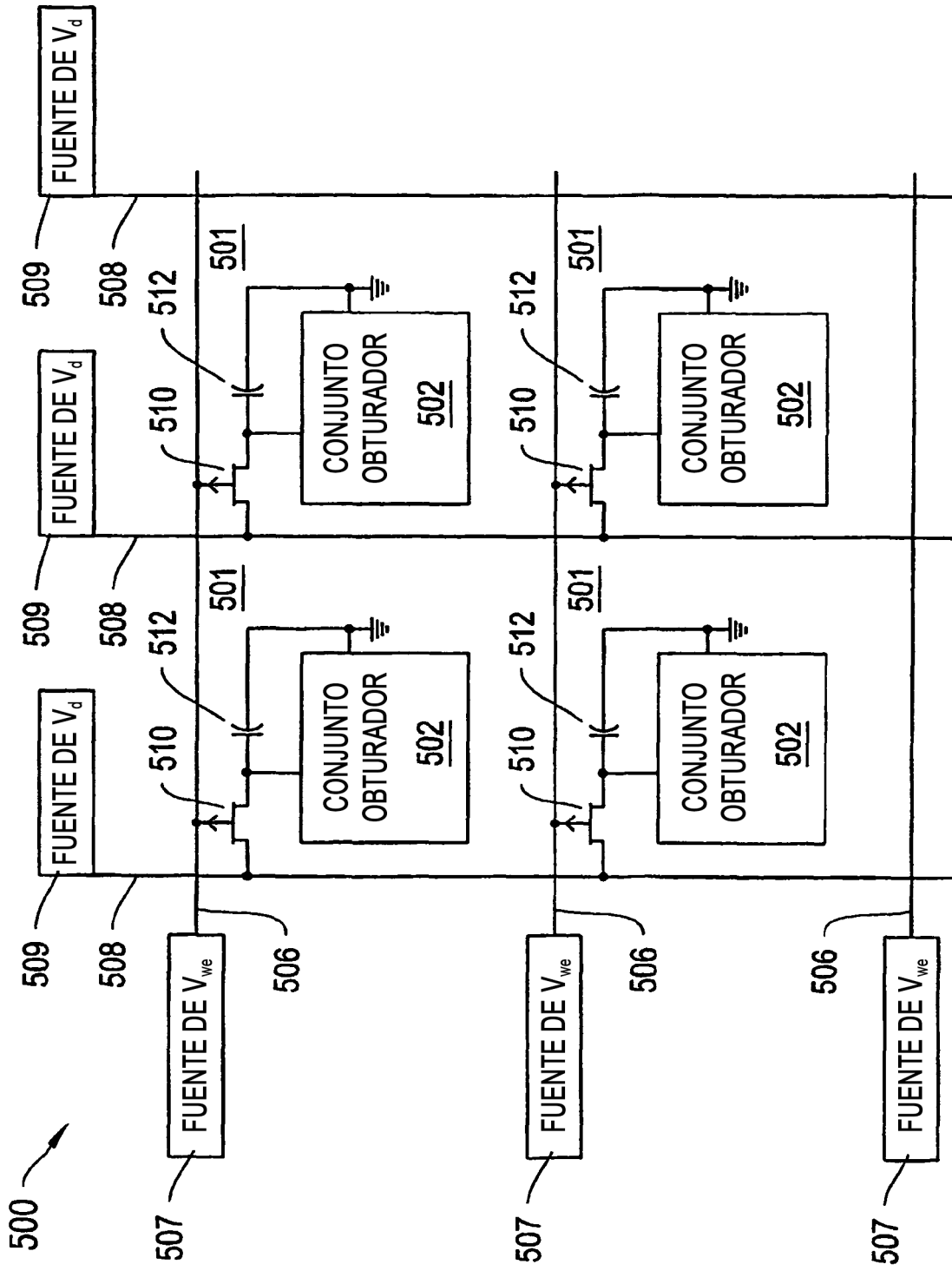


Figura 5A

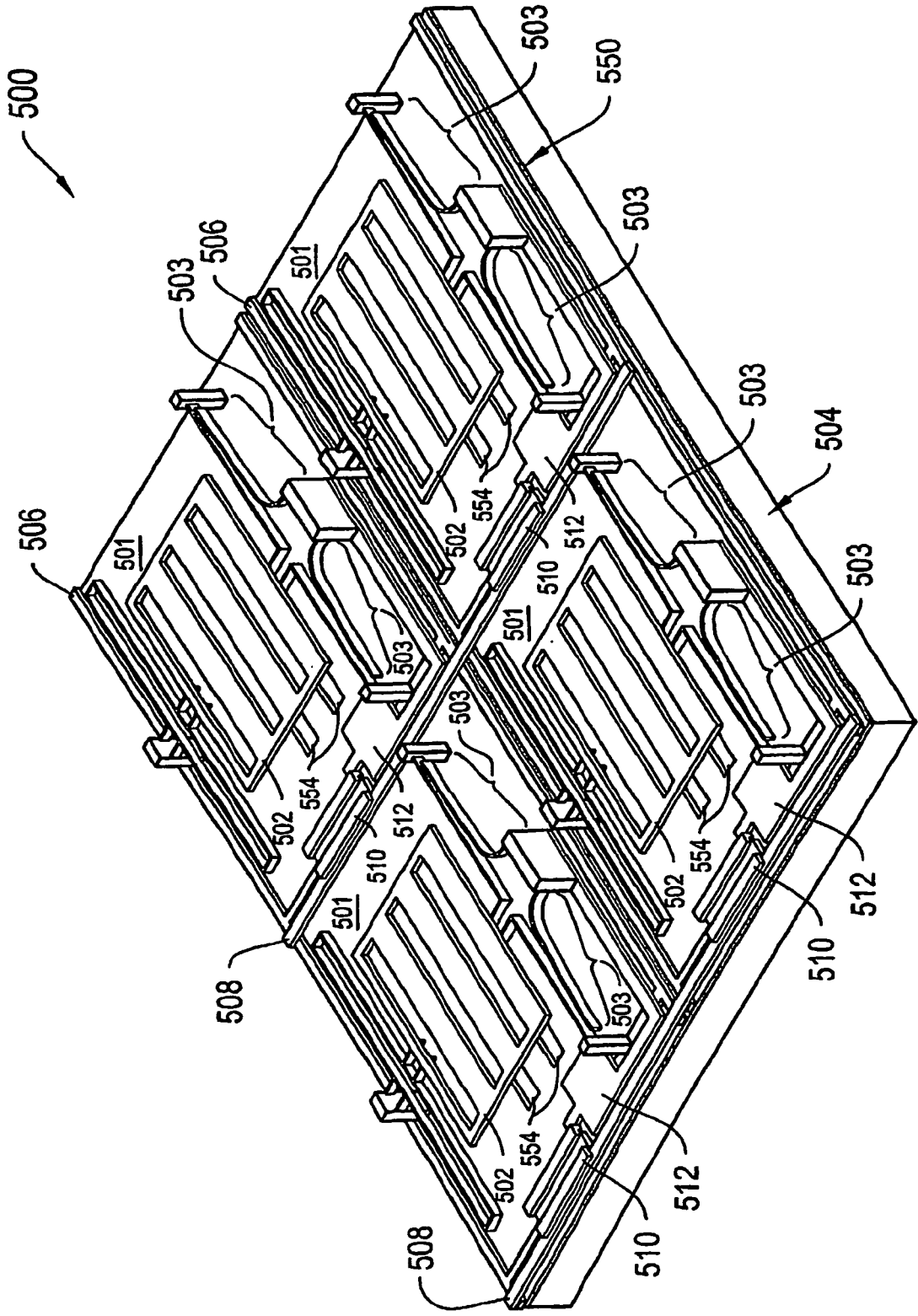


Figura 5B

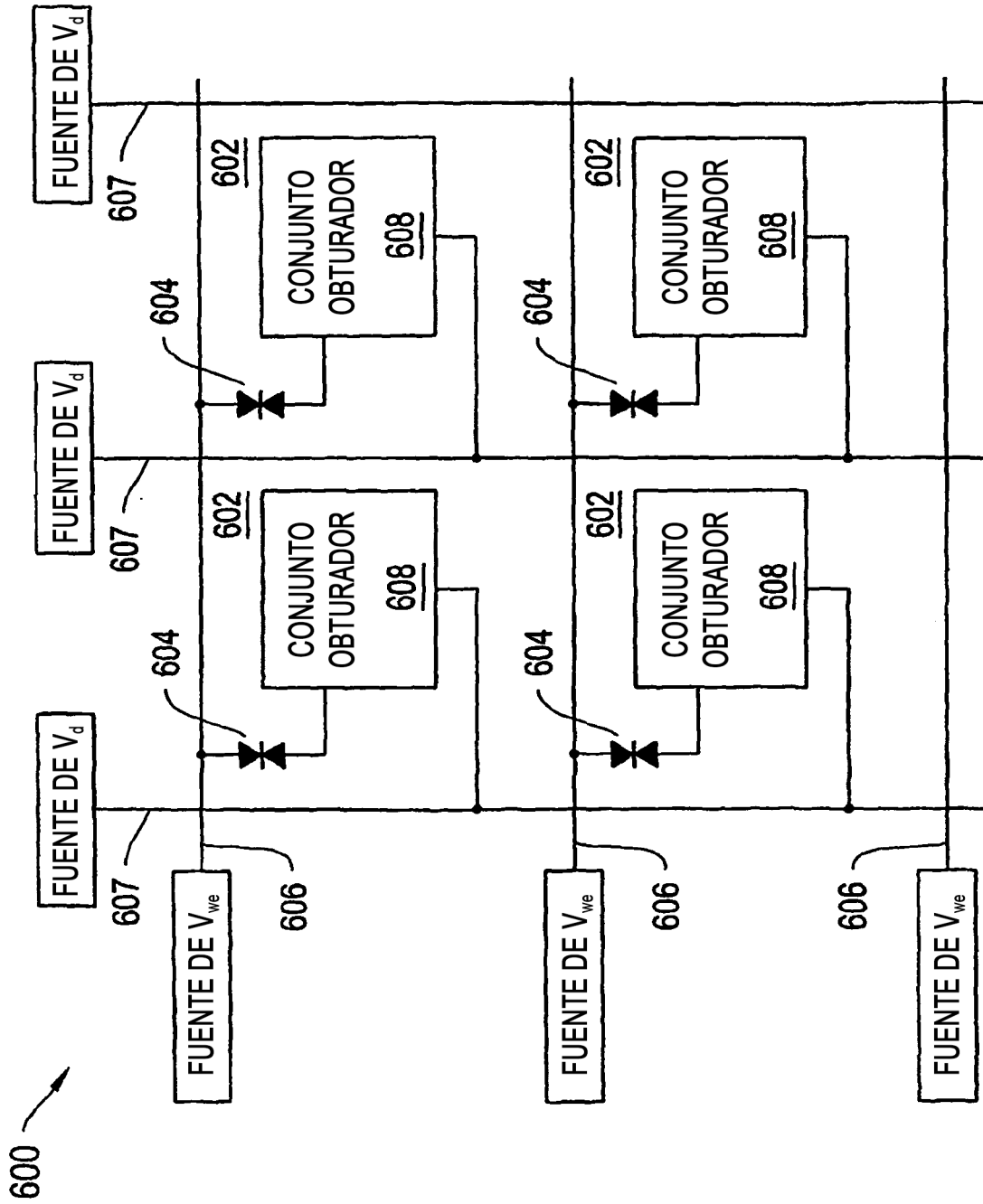


Figura 6

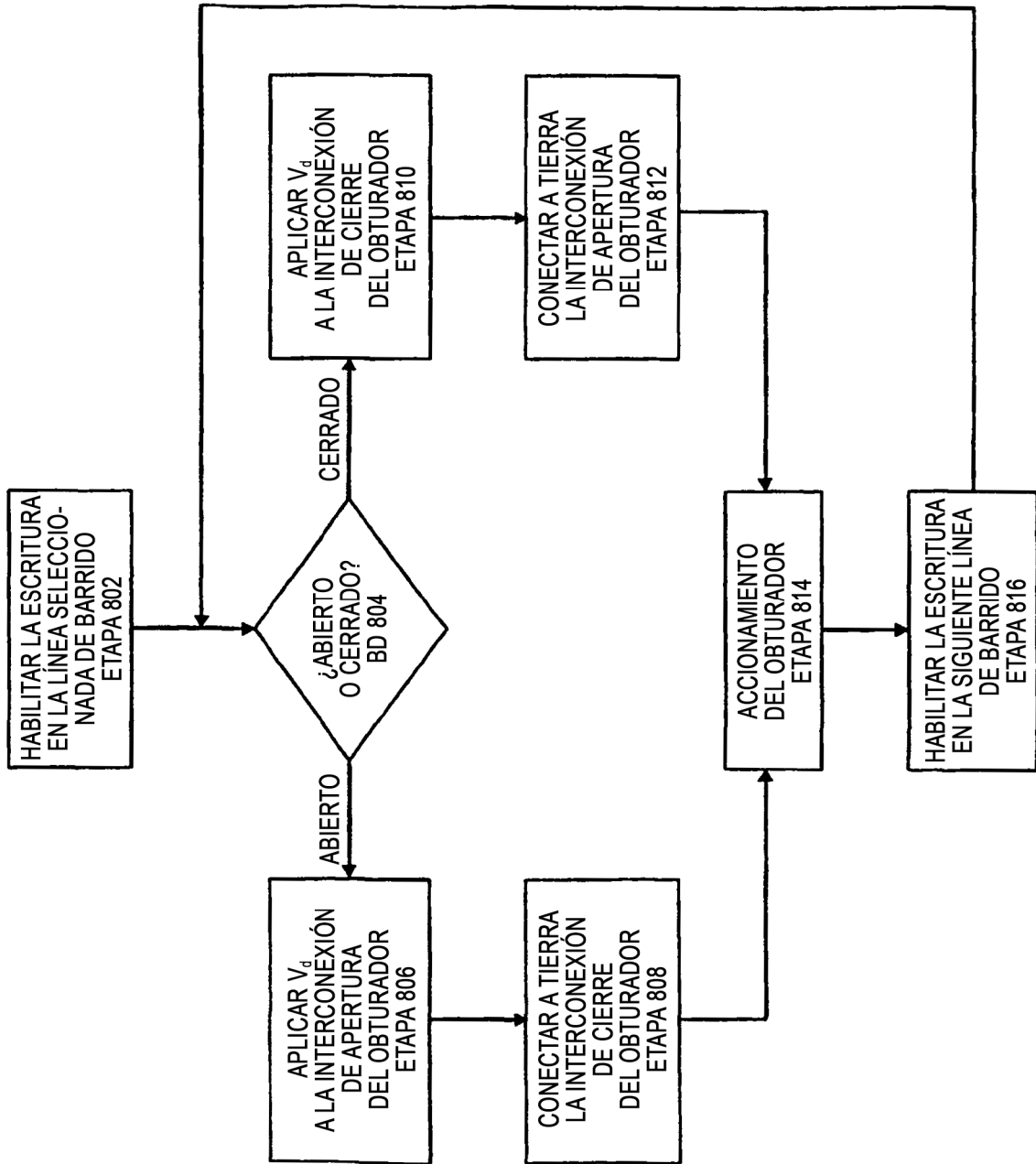


Figura 8

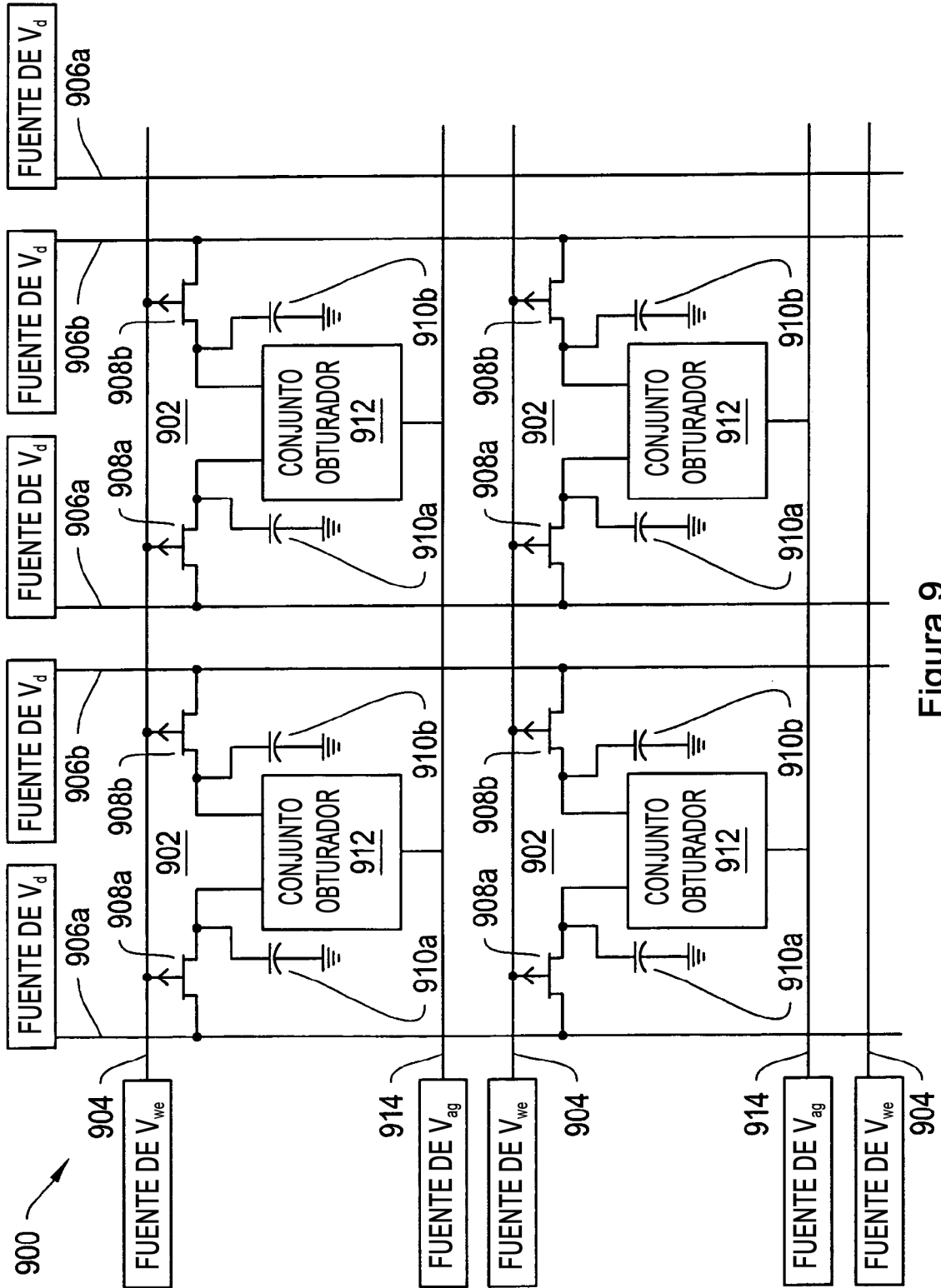


Figura 9

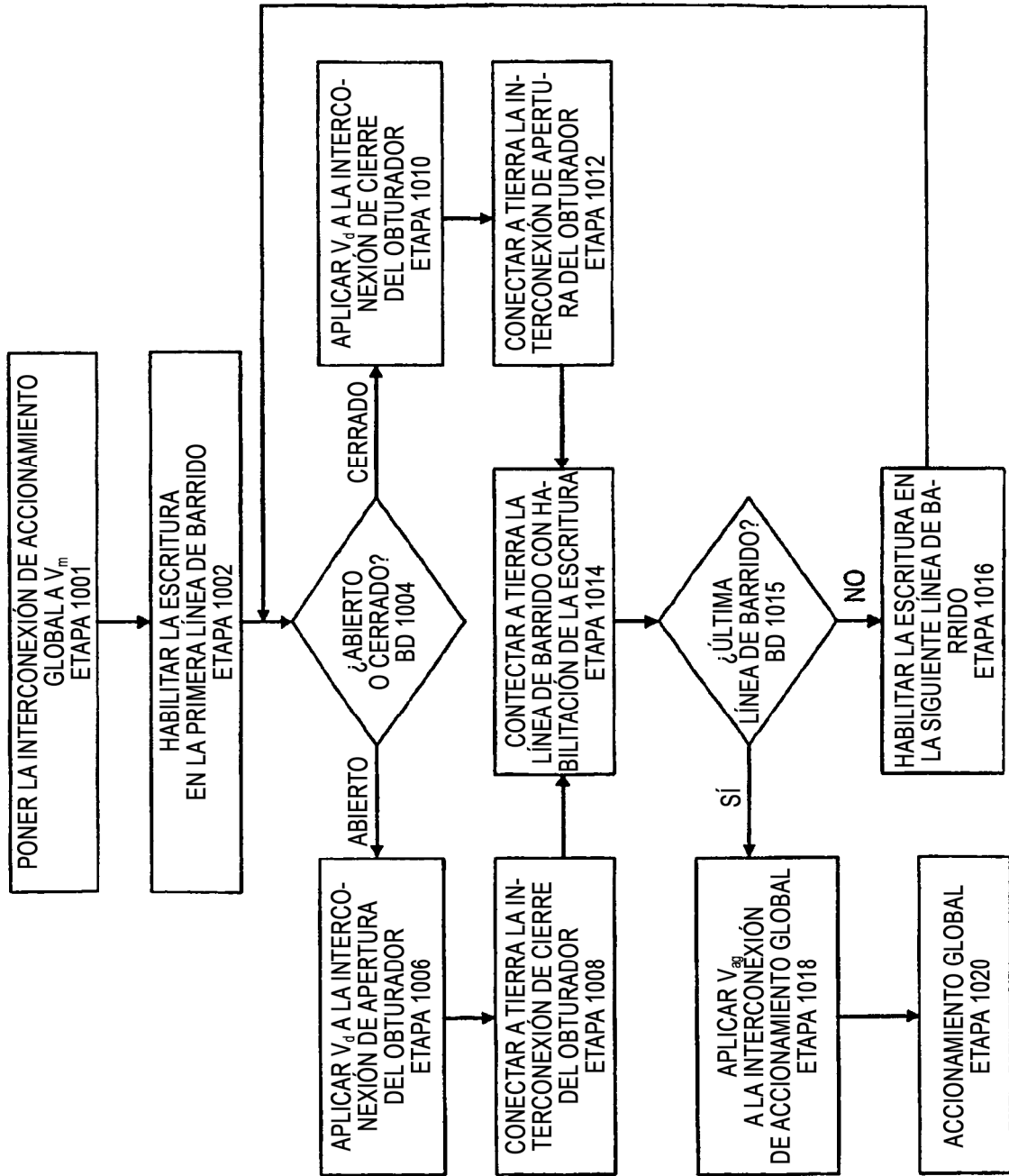


Figura 10

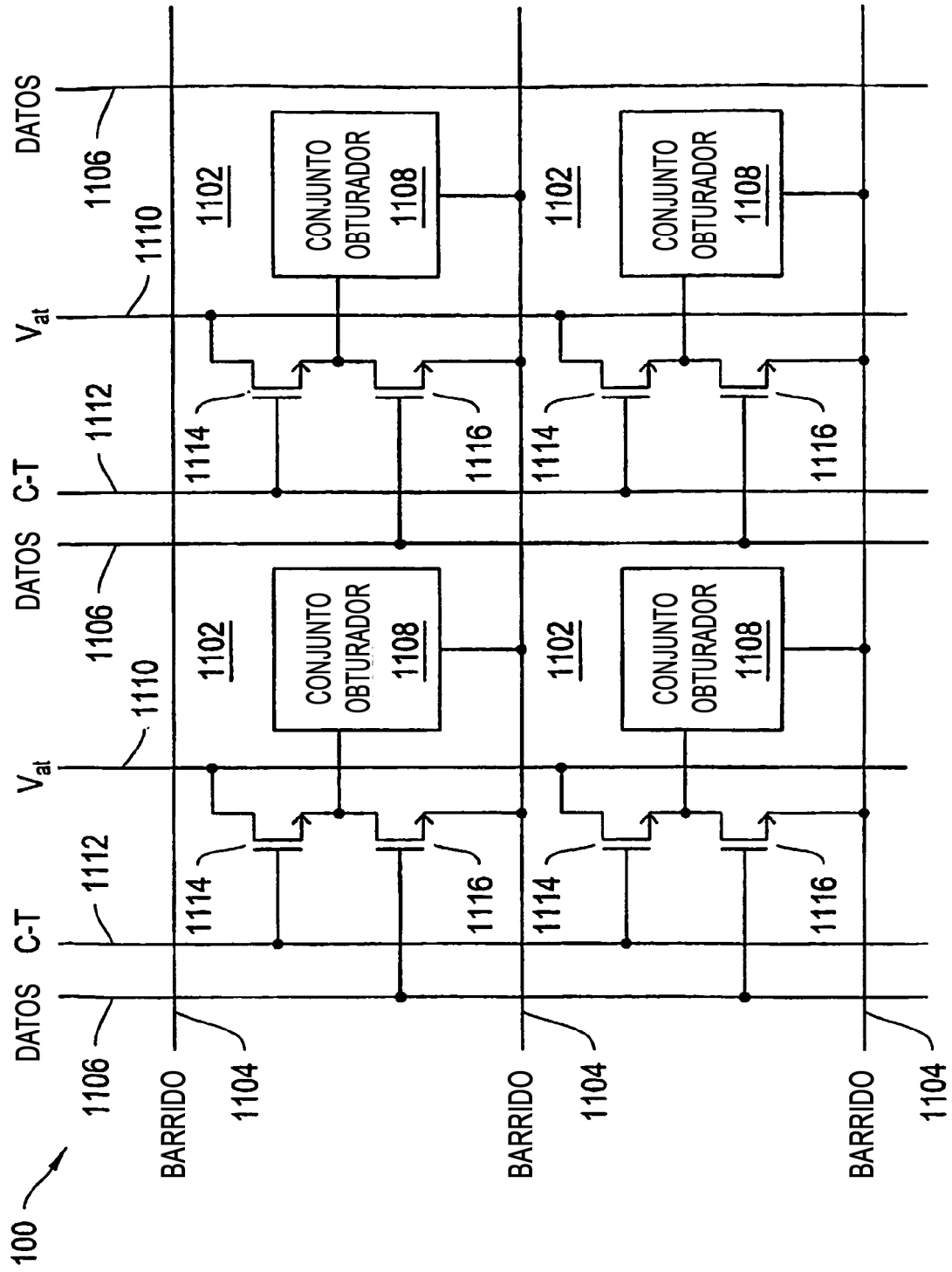


Figura 11

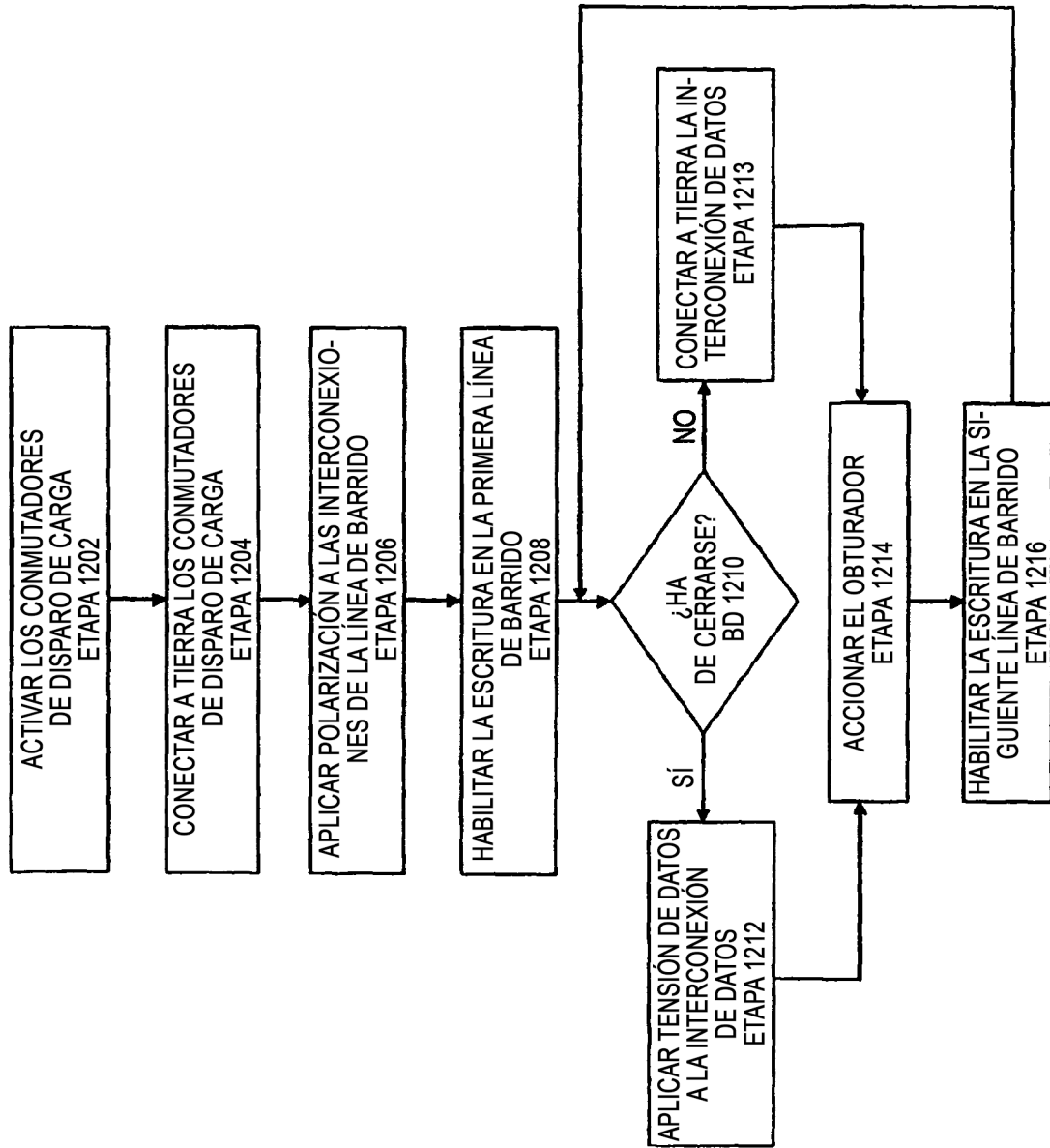


Figura 12

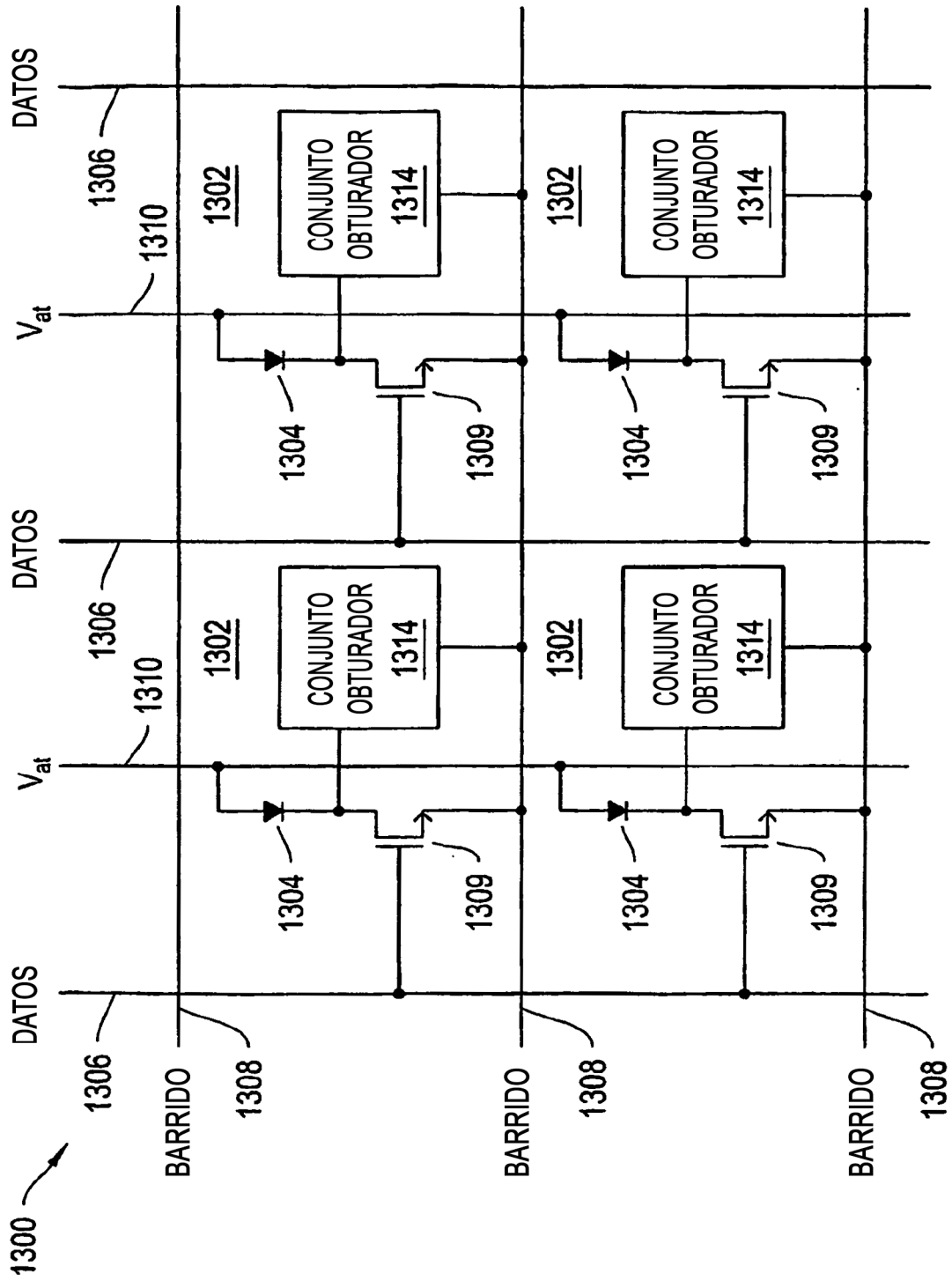


Figura 13

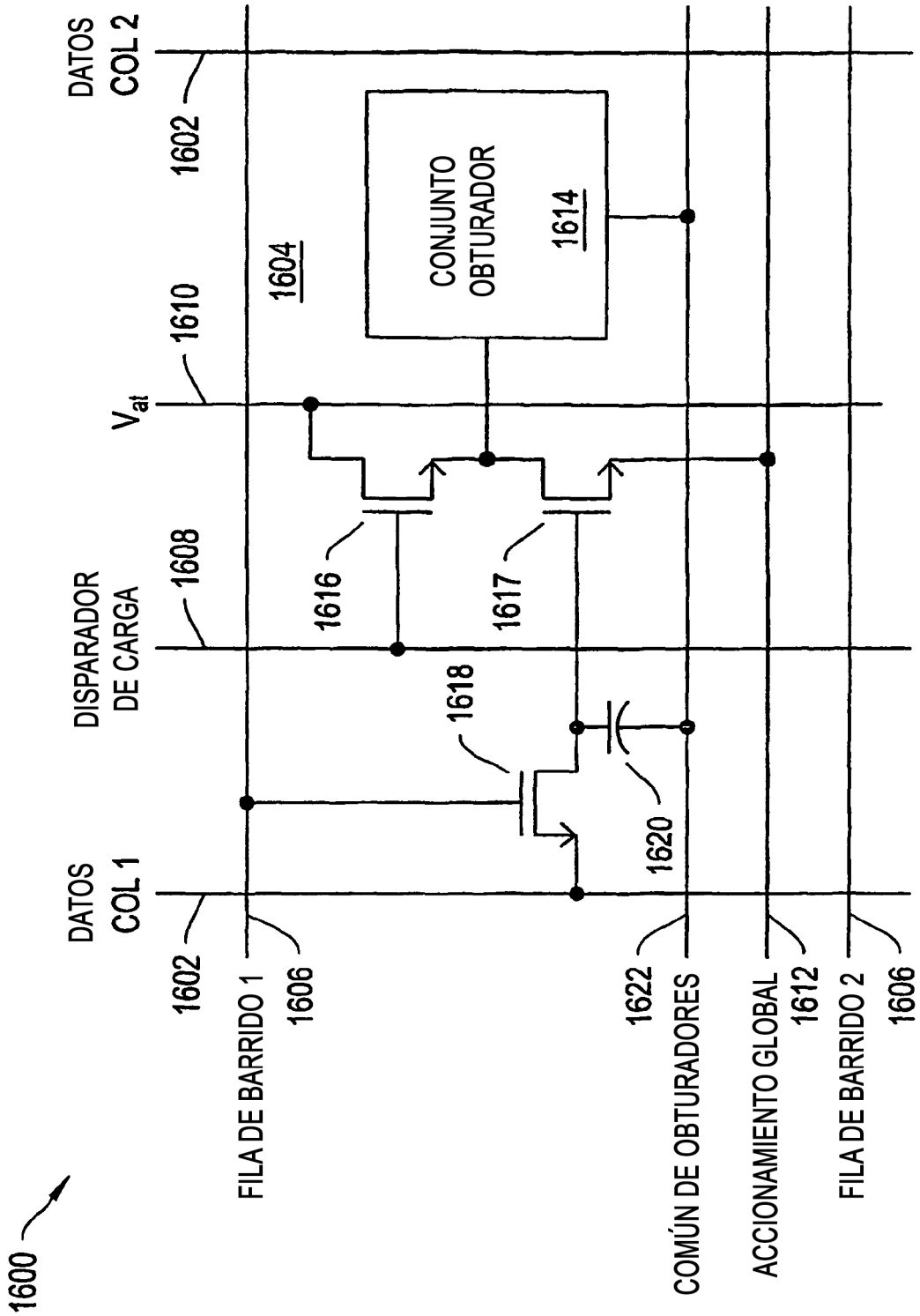


Figura 16

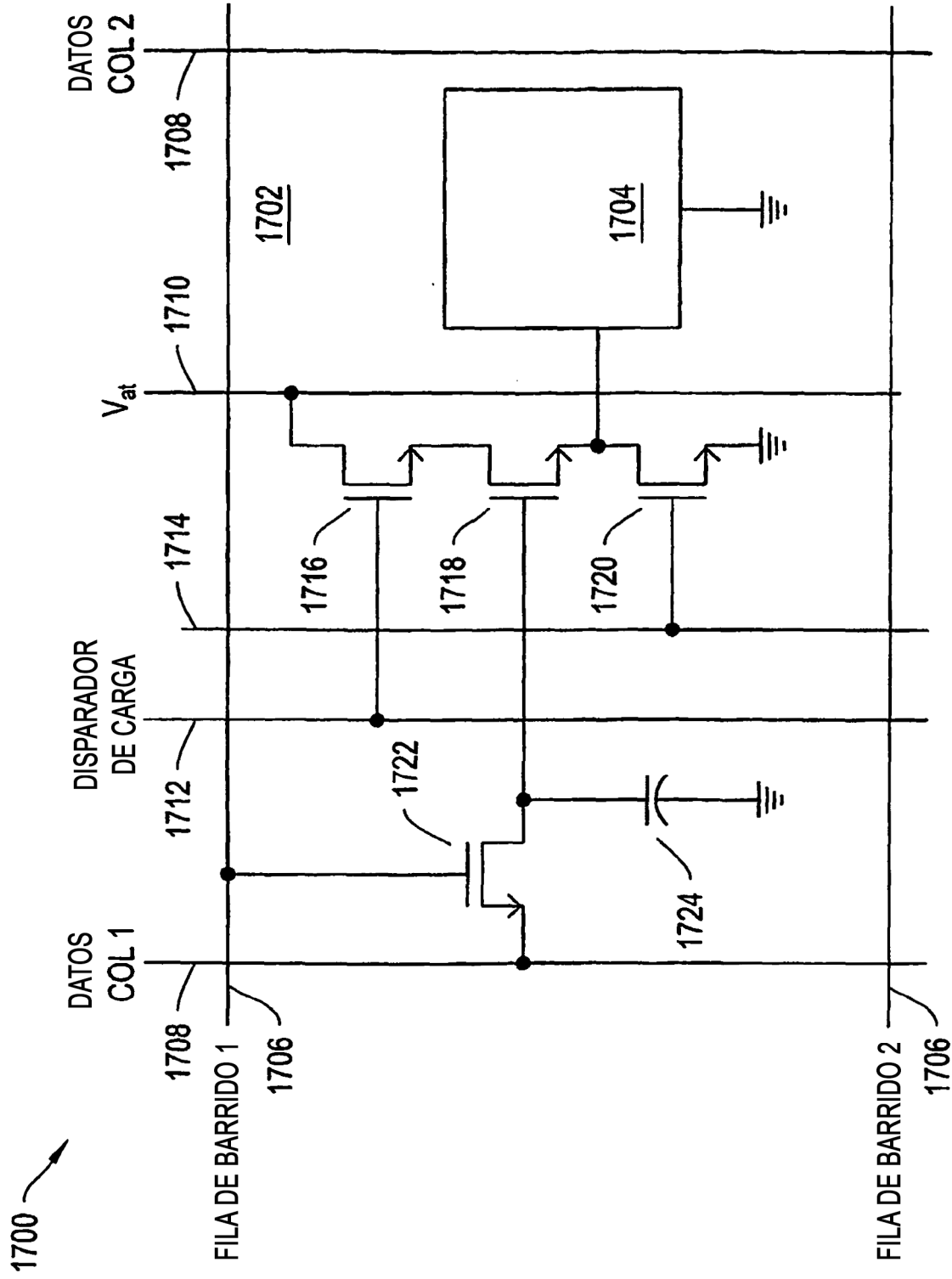


Figura 17

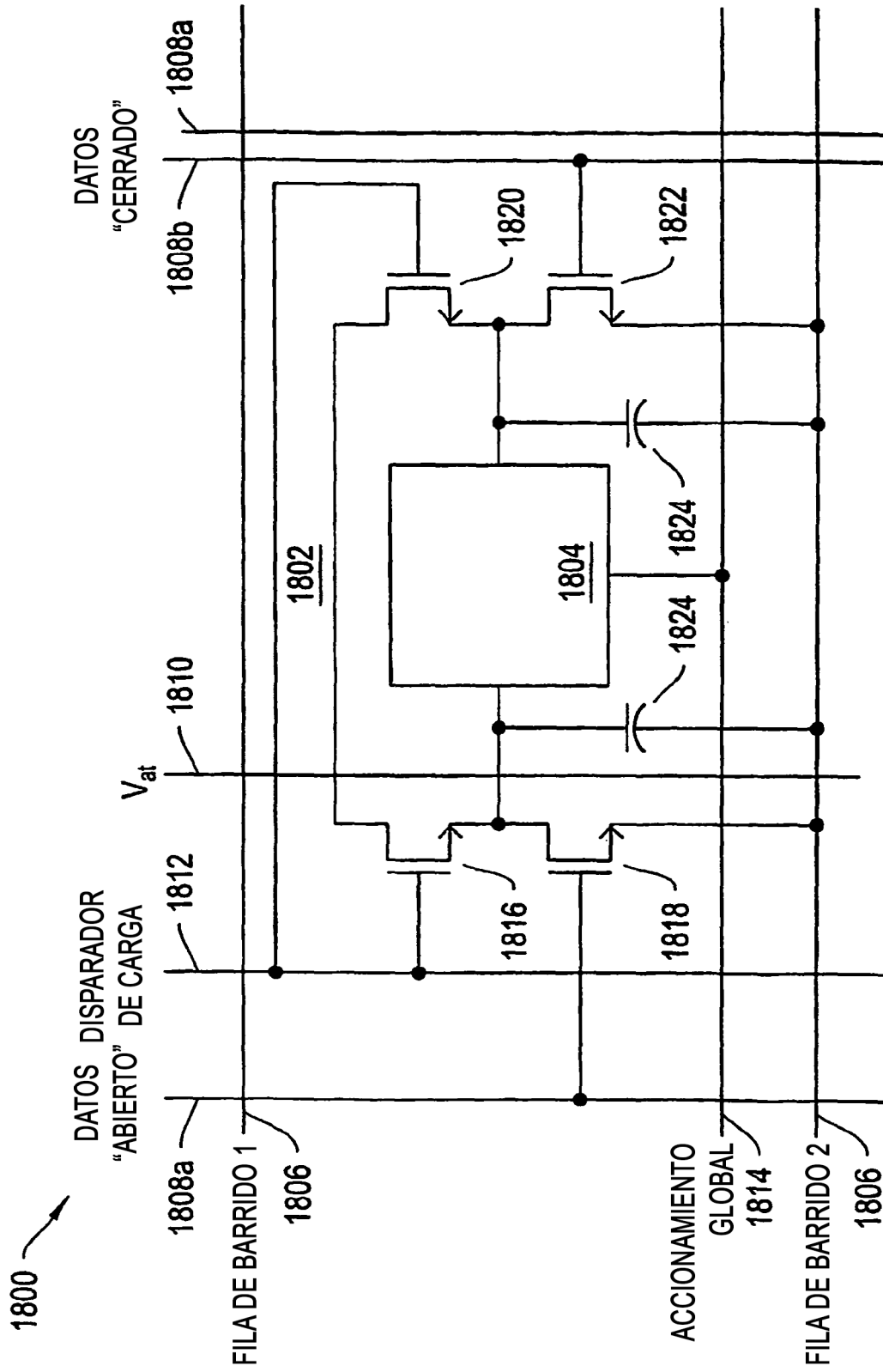


Figura 18

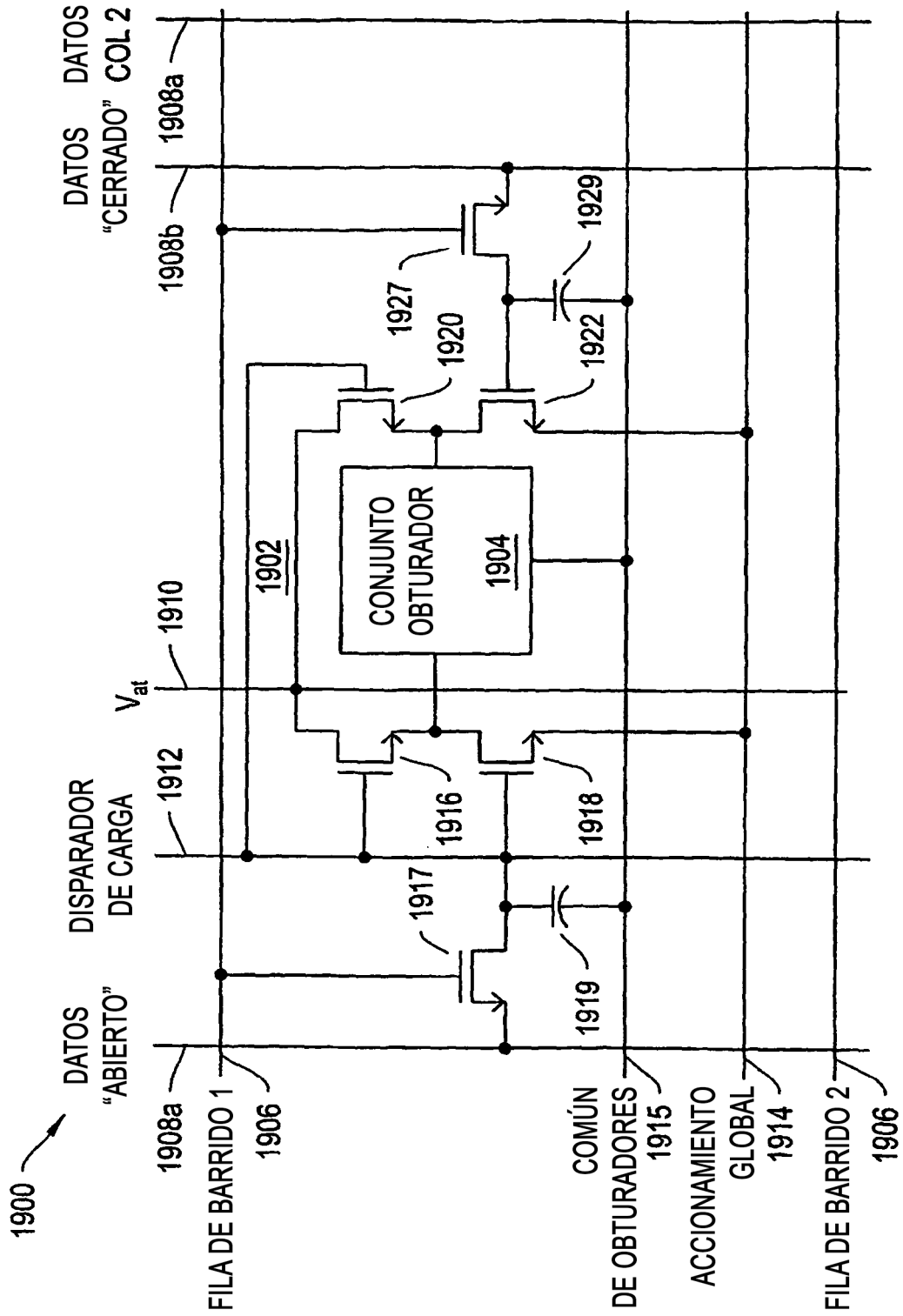


Figura 19