



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0722427-3 A2



(22) Data de Depósito: 30/04/2007
(43) Data da Publicação: 26/11/2013
(RPI 2238)

(51) Int.Cl.:
G09G 3/34

(54) Título: DISPOSITIVO MODULADOR DE LUZ

(30) Prioridade Unionista: 15/06/2006 US 11/454,162

(73) Titular(es): Qualcomm Mems Technologies, Inc.

(72) Inventor(es): Jeffrey Brian Sampsell

(86) Pedido Internacional: PCT US2007010499 de
30/04/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/145720 de
21/12/2007

(57) Resumo: DISPOSITIVO MODULADOR DE LUZ. Um dispositivo modulador de luz inclui um primeiro canal elétrico, um segundo canal elétrico eletricamente isolado do primeiro canal, um primeiro elemento de tela e um segundo elemento de tela. O primeiro elemento de tela está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude maior de que uma primeira voltagem de atuação e está num estado liberado, quando a diferença de voltagem tiver uma magnitude menor do que uma primeira voltagem de liberação. O segundo elemento de tela está num estado acionado, quando a diferença de voltagem tiver uma magnitude maior do que uma segunda voltagem de atuação e está num estado liberado, quando a diferença de voltagem tiver uma magnitude menor do que uma segunda voltagem de liberação. As voltagens de atuação são substancialmente iguais e as voltagens de liberação são diferentes ou as voltagens de atuação são diferentes e as voltagens de liberação são substancialmente iguais.

“Dispositivo Modulador de Luz”**Pedido Dividido do PI 0712548-8, depositado em 30/04/2007****Relatório Descritivo****Antecedentes da Invenção****Campo de Invenção**

5

O campo da invenção relaciona-se com sistemas microeletromecânicos (MEMS).

Descrição da Técnica Relacionada

Os sistemas microeletromecânicos (MEMS) incluem elementos atuadores e eletrônica micromecânicos. Os elementos de micromecânica podem ser criados usando deposição, corrosão e/ou outros processos de microusinagem que cauterizam partes de substratos e/ou camadas de materiais depositados ou que adicionam camadas para formar dispositivos elétricos e eletromecânicos. Um tipo de dispositivo MEMS é chamado um modulador interferométrico. Conforme aqui usado, o termo modulador interferométrico ou modulador interferométrico de luz refere-se a um dispositivo que absorve e/ou reflete luz seletivamente usando os princípios da interferência ótica. Em certas modalidades, um modulador interferométrico pode compreender um par de placas condutoras, uma ou ambas as quais podem ser transparentes e/ou refletivas no todo ou em parte e capazes de movimento relativo após aplicação de um sinal elétrico apropriado. Numa modalidade particular, uma placa pode compreender uma camada estacionária depositada sobre um substrato e a outra placa pode compreender uma membrana metálica separada da camada estacionária por um intervalo de ar. Como aqui descrito em mais detalhe, a posição de uma placa em relação à outra pode mudar a interferência ótica da luz incidente no modulador interferométrico. Esses dispositivos têm uma grande variedade de aplicações e seria benéfico na técnica utilizar e/ou modifi-

car as características destes tipos de dispositivos de forma que suas características pudessem ser exploradas para aperfeiçoar os produtos existentes e criar novos produtos que ainda não tivessem sido desenvolvidos.

5

Sumário da Invenção

O sistema, o método e os dispositivos da invenção têm, cada um, vários aspectos, nenhum único dos quais é somente responsável por seus atributos desejáveis. Sem limitar o âmbito desta invenção, suas características mais proeminentes serão, agora, brevemente discutidas. Depois de considerar esta discussão e particularmente depois de ler a seção intitulada "Descrição Detalhada de Certas Modalidades", entender-se-á como as características desta invenção proporcionam vantagens sobre outros dispositivos de tela.

Em certas modalidades, um dispositivo modulador de luz compreende um primeiro canal elétrico, um segundo canal elétrico eletricamente isolado do primeiro canal, um primeiro elemento de tela configurado para comunicar com o primeiro canal e o segundo canal e um segundo elemento de tela configurado para comunicar com o primeiro canal e o segundo canal. O primeiro elemento de tela está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude maior do que uma primeira voltagem de atuação. O primeiro elemento de tela está num estado liberado, quando a diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude menor do que uma primeira voltagem de liberação. O segundo elemento de tela está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude maior do que uma segunda voltagem de atuação. O segundo elemento de tela está num estado liberado, quando a diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude menor do que uma segunda voltagem de

liberação. A primeira voltagem de atuação é substancialmente igual à segunda voltagem de atuação e a primeira voltagem de liberação é diferente da segunda voltagem de liberação ou a primeira voltagem de atuação é diferente da segunda voltagem de atuação e a primeira
5 voltagem de liberação é substancialmente igual à segunda voltagem de liberação.

Em certas modalidades, um dispositivo modulador de luz compreende um primeiro meio para conduzir sinais elétricos, um segundo meio para conduzir sinais elétricos e um primeiro meio para
10 modular luz configurado para comunicar com o primeiro meio de condução e o segundo meio de condução. O segundo meio de condução está eletricamente isolado do primeiro meio de condução. O primeiro meio de modulação está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro meio de condução e o segundo meio de
15 condução tem uma magnitude maior do que uma primeira voltagem de atuação. O primeiro meio de modulação está num estado liberado, quando a diferença de voltagem entre o primeiro meio de condução e o segundo meio de condução tem uma magnitude menor do que uma primeira voltagem de liberação. O segundo meio de modulação é
20 configurado para comunicar com o primeiro meio de condução e o segundo meio de condução. O segundo meio de modulação está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro meio de condução e o segundo meio de condução tem uma magnitude maior do que uma segunda voltagem de atuação. O segundo meio de
25 modulação está num estado liberado, quando a diferença de voltagem entre o primeiro meio de condução e o segundo meio de condução tem uma magnitude menor do que uma segunda voltagem de liberação. A primeira voltagem de atuação é substancialmente igual à segunda voltagem de atuação e a primeira voltagem de liberação é diferente da
30 segunda voltagem de liberação ou a primeira voltagem de atuação é diferente da segunda voltagem de atuação e a primeira voltagem de

liberação é substancialmente igual à segunda voltagem de liberação.

Em certas modalidades, um método de modular a luz compreende proporcionar um primeiro elemento de tela configurado para comunicar com um primeiro canal e um segundo canal, proporcionar um segundo elemento de tela configurado para comunicar com o primeiro canal e o segundo canal e aplicar seletivamente voltagens aos primeiro e segundo canais para seletivamente acionar e liberar o primeiro elemento de tela e o segundo elemento de tela. O primeiro elemento de tela está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude maior do que uma primeira voltagem de atuação. O primeiro elemento de tela está num estado liberado, quando a diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude menor do que uma primeira voltagem de liberação. O segundo elemento de tela está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude maior do que uma segunda voltagem de atuação. O segundo elemento de tela está num estado liberado, quando a diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude menor do que uma segunda voltagem de liberação. A primeira voltagem de atuação é substancialmente igual à segunda voltagem de atuação e a primeira voltagem de liberação é diferente da segunda voltagem de liberação ou a primeira voltagem de atuação é diferente da segunda voltagem de atuação e a primeira voltagem de liberação é substancialmente igual à segunda voltagem de liberação.

Em certas modalidades, um método de exibição de imagens compreende proporcionar uma pluralidade de píxeis, acionando seletivamente os elementos de tela de um pixel para proporcionar uma primeira densidade de bits para uma primeira faixa de intensidades do pixel e acionar seletivamente os elementos de tela do pixel para proporcionar uma segunda densidade de bits para uma segunda faixa de

intensidades do pixel. Cada pixel compreende uma pluralidade de elementos de tela. A segunda faixa de intensidades é mais alta do que a primeira faixa de intensidades. A segunda densidade de bits é menor do que a primeira densidade de bits.

5 Em certas modalidades, um método de fabrico de um dispositivo modulador de luz compreende formar um primeiro canal elétrico, formar um segundo canal elétrico eletricamente isolado do primeiro canal, formar um primeiro elemento de tela configurado para comunicar com o primeiro canal e o segundo canal e formar um segun-
10 do elemento de tela configurado para comunicar com o primeiro canal e o segundo canal. O primeiro elemento de tela está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude maior do que uma primeira voltagem de atuação. O primeiro elemento de tela está num estado liberado,
15 quando a diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude menor do que uma primeira voltagem de liberação. O segundo elemento de tela está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude maior do que uma segunda voltagem de
20 atuação. O segundo elemento de tela está num estado liberado, quando a diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude menor do que uma segunda voltagem de liberação. A primeira voltagem de atuação é substancialmente igual à segunda voltagem de atuação e a primeira voltagem de liberação é diferente da
25 segunda voltagem de liberação ou a primeira voltagem de atuação é diferente da segunda voltagem de atuação e a primeira voltagem de liberação é substancialmente igual à segunda voltagem de liberação.

Breve Descrição dos Desenhos

30 A **Figura 1** é uma vista isométrica que representa uma parte de uma modalidade de uma tela de modulador interferométrico

em que uma camada refletiva móvel de um primeiro modulador interferométrico está numa posição relaxada e uma camada refletiva móvel de um segundo modulador interferométrico está numa posição acionada.

5 A **Figura 2** é um diagrama de bloco de sistema que ilustra uma modalidade de um dispositivo eletrônico que incorpora uma tela de modulador interferométrico de 3x3.

A **Figura 3** é um diagrama de posição de espelho móvel *versus* voltagem aplicada a uma modalidade exemplificativa de um modulador interferométrico da Figura 1.

10 A **Figura 4** é uma ilustração de um conjunto de voltagens de fila e coluna que pode ser usado para acionar uma tela de modulador interferométrico.

A **Figura 5A** ilustra uma moldura exemplificativa de dados de tela na tela de modulador interferométrico 3x3 da Figura 2.

15 A **Figura 5B** ilustra um diagrama de contagem de tempo exemplificativa para sinais de fila e coluna que podem ser usados para escrever a moldura da Figura 5 A.

20 As **Figuras 6A e 6B** são diagramas de bloco de sistema que ilustram uma modalidade de um dispositivo de tela visual que compreende uma pluralidade de moduladores interferométricos.

A **Figura 7A** é um corte transversal do dispositivo da Figura 1.

A **Figura 7B** é um corte transversal de uma modalidade alternativa de um modulador interferométrico.

25 A **Figura 7C** é um corte transversal de outra modalidade alternativa de um modulador interferométrico.

A **Figura 7D** é ainda um corte transversal de outra modalidade alternativa de um modulador interferométrico.

A **Figura 7E** é um corte transversal de uma modalidade alternativa adicional de um modulador interferométrico.

5 A **Figura 8** é um diagrama esquemático de uma modalidade de um modulador interferométrico monocromático.

A **Figura 9** é um diagrama esquemático de uma modalidade de um interferométrico modulador de escala cinzenta.

10 A **Figura 10** é um diagrama esquemático de uma modalidade de um modulador interferométrico de cor.

A **Figura 11** é um diagrama esquemático de uma modalidade de um modulador interferométrico em que as filas foram subdivididas em três subfilas.

15 A **Figura 12** é um diagrama esquemático de uma modalidade de um modulador interferométrico em que as filas foram subdivididas em três subfilas que são configuradas para comunicar com uma conexão de *driver* (acionamento) de fila comum.

20 A **Figura 13** é um diagrama de posição de espelho móvel *versus* voltagem positiva e negativa aplicada que ilustra uma modalidade exemplificativa de três moduladores interferométricos que tem janelas de estabilidade aninhadas.

A **Figura 14** é um diagrama de contagem de tempo que ilustra uma série de sinais de fila e coluna aplicados à fila superior da modalidade do conjunto ordenado da Figura 12 para produzir a disposição de tela ilustrada.

25

A **Figura 15** é um diagrama de fluxo que ilustra uma

modalidade de um método de direcionar um conjunto ordenado de modulador interferométrico.

A **Figura 16** é um diagrama esquemático de uma modalidade do modulador interferométrico em que as filas foram subdivididas em quatro subfilas e em que duas subfilas são configuradas para comunicar com uma conexão de *driver* de fila comum.

A **Figura 17** é um diagrama de posição de espelho móvel *versus* voltagem positiva aplicada que ilustra uma modalidade exemplificativa de dois moduladores interferométricos que têm janelas de estabilidade diferentes em que as voltagens de liberação são aproximadamente as mesmas, mas as voltagens de atuação são diferentes.

A **Figura 18** é um diagrama de posição de espelho móvel *versus* voltagem positiva aplicada que ilustra uma modalidade exemplificativa de dois moduladores interferométricos que têm janelas de estabilidade diferentes em que as voltagens de liberação são diferentes, mas as voltagens de atuação são aproximadamente as mesmas.

A **Figura 19** ilustra esquematicamente as etapas de quantificação e os níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da Figura 10.

A **Figura 20** é um quadro que ilustra as etapas de quantificação e níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da Figura 10.

A **Figura 21** ilustra esquematicamente as etapas de quantificação e os níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da Figura 16.

A **Figura 22** é um quadro que ilustra as etapas de quantificação e os níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da

Figura 16.

A **Figura 23** é um diagrama esquemático de outra modalidade do modulador interferométrico em que as filas foram subdivididas em quatro subfilas e em que duas subfilas são configuradas para
5 comunicar com uma conexão de *driver* de fila comum.

A **Figura 24** ilustra esquematicamente as etapas de quantificação e os níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da Figura 23.

A **Figura 25** é um quadro que ilustra as etapas de quantifi-
10 cação e os níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da Figura 23.

A **Figura 26** é um diagrama esquemático de uma modalidade do modulador interferométrico em que as filas foram subdivididas em cinco subfilas, em que duas subfilas são configuradas para comuni-
15 car com uma conexão de *driver* de fila comum e em que duas outras subfilas são configuradas para comunicar com outra conexão de *driver* de fila comum.

A **Figura 27** ilustra esquematicamente as etapas de quantificação e os níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da
20 Figura 26.

A **Figura 28** é um quadro que ilustra as etapas de quantificação e os níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da Figura 26.

A **Figura 29** é um diagrama esquemático parcial de uma
25 modalidade de um modulador interferométrico em que as filas foram subdivididas em seis subfilas, em que duas subfilas são configuradas para comunicar com uma conexão de *driver* de fila comum, em que

duas outras subfilas são configuradas para comunicar com outra conexão de *driver* de fila comum e em que as restantes duas subfilas são configuradas para comunicar ainda com outra conexão de *driver* de fila comum.

5 A **Figura 30** ilustra esquematicamente as etapas de quantificação e os níveis de quantificação proporcionados pelo esquema da Figura 29.

Descrição Detalhada

Das Modalidades Preferidas

10 A descrição detalhada seguinte é direcionada para certas modalidades específicas da invenção. Todavia, a invenção pode ser materializada de uma variedade de modos diferentes. Nesta descrição, é feita referência aos desenhos em que partes semelhantes são designadas com números semelhantes ao longo de dela. Como será evidente a
15 partir da descrição seguinte, as modalidades podem ser implementadas em qualquer dispositivo que seja configurado para exibir uma imagem, quer em movimento (por exemplo, vídeo) quer estacionária (por exemplo, imagem estacionária), quer textual ou pictórica. Mais particularmente, é tido em consideração que as modalidades podem ser imple-
20 mentadas ou associadas a uma variedade de dispositivos eletrônicos tais como, mas sem limitação, telefones móveis, dispositivos sem fios, assistentes de dados pessoais (PDAs), computadores manuais ou portáteis, receptores de GPS /navegadores, máquinas fotográficas, *players* de MP3, filmadoras, consoles de jogo, relógios de pulso, relógios,
25 calculadoras, monitores de televisão, telas planas, monitores de computador, telas de automóveis (por exemplo, tela de hodômetros etc.) controles e/ou telas de cabina de piloto, telas de visão de máquinas fotográficas (por exemplo, tela de uma máquina fotográfica de visão traseira num veículo), fotografias eletrônicas, *outdoors* ou sinais eletrô-

nicos, projetores, estruturas arquitetônicas, embalagem e estruturas estéticas (por exemplo, tela de imagens numa peça de joalheria). Dispositivos MEMS de estrutura semelhante àqueles aqui descritos podem ser também usados em aplicações que não sejam telas como em

5 dispositivos de comutação eletrônica.

É provido um conjunto de elementos de tela que tem voltagens de atuação que são substancialmente iguais e voltagens de liberação que são diferentes ou têm voltagens de liberação que são substancialmente iguais e voltagens de atuação que são diferentes. A

10 operação que usa estas janelas de histerese permite uma diminuição no número de canais elétricos, porque os elementos de tela podem compartilhar *drivers* comuns de fila e coluna. Em algumas modalidades, as áreas ativas óticas dos elementos de tela são pesadas para proporcionar profundidade intensificada de bits de faixa baixa. Em algumas modali-

15 dades, a relação das áreas óticamente ativas dos elementos de tela é 3, 7, 15, 31, 127 ou 255.

Uma modalidade de tela de modulador interferométrico que compreende um elemento interferométrico de tela MEMS é ilustrado na Figura 1. Nestes dispositivos, os píxeis estão num estado brilhante ou

20 escuro. No estado brilhante (“ligado” ou “aberto”), o elemento de tela reflete uma grande parte da luz visível incidente para o usuário. Quando no estado escuro (“desligado” ou “fechada”), o elemento de tela reflete pouca luz incidente visível para o usuário. Dependendo da modalidade, as propriedades refletância da luz dos estados “ligado” e

25 “desligado” podem ser invertidas. Os píxeis de MEMS podem ser configurados para refletir predominantemente em cores selecionadas, permitindo uma exibição de cor além de preto e branco.

A Figura 1 é uma vista isométrica que representa dois píxeis adjacentes numa série de píxeis de uma tela visual, em que cada

30 pixel compreende um modulador interferométrico MEMS. Em algumas

modalidades, uma tela de modulador interferométrico compreende um conjunto ordenado de filas/colunas destes moduladores interferométricos. Cada modulador interferométrico inclui um par de camadas refletivas posicionadas a uma distância variável e controlável de um ao outro para formar uma cavidade ótica ressonante com pelo menos uma dimensão variável. Numa modalidade, uma das camadas refletivas pode ser deslocada entre duas posições. Na primeira posição, aqui referida como posição relaxada, a camada refletiva móvel fica posicionada a uma distância relativamente grande de uma camada refletiva parcialmente fixa. Na segunda posição, aqui referida como posição acionada, a camada refletiva móvel fica posicionada mais proximamente adjacente à camada parcialmente refletiva. A luz incidente que se reflete a partir das duas camadas interfere construtiva ou destrutivamente dependendo da posição da camada refletiva móvel, produzindo um refletivo global refletivo ou não refletivo para cada pixel.

A parte representada do conjunto ordenado de píxeis na Figura 1 inclui dois moduladores interferométricos adjacentes 12a e 12b. No modulador interferométrico 12a da esquerda, uma camada refletiva móvel 14a é ilustrada numa posição relaxada a uma distância predeterminada a partir de uma pilha ótica 16a, que inclui uma camada parcialmente refletiva. No modulador interferométrico 12b à direita, a camada refletiva móvel 14b é ilustrada numa posição acionada adjacente à pilha ótica 16b.

As pilhas óticas 16a e 16b (coletivamente chamadas de pilha ótica 16), conforme aqui referenciado, compreendem tipicamente várias camadas fundidas, que podem incluir uma camada de eletrodo, tal como óxido de índio estanho (ITO), uma camada parcialmente refletiva, tal como cromo, e um dielétrico transparente. A pilha ótica 16 é, deste modo, eletricamente condutiva, parcialmente transparente e parcialmente refletiva e pode ser fabricada, por exemplo, depositando uma ou mais das camadas acima sobre um substrato transparente 20.

A camada parcialmente refletiva pode ser formada a partir de uma variedade de materiais que são parcialmente refletivos tais como vários metais, semicondutores e dielétricos. A camada parcialmente refletiva pode ser formada de uma ou mais camadas de materiais e cada uma das camadas pode ser formada de um material único ou uma combinação de materiais.

Nalgumas modalidades, as camadas da pilha ótica 16 são moldadas em tiras paralelas e podem formar elétrodos de fila num dispositivo de exibição tal como descrito ainda abaixo. As camadas refletivas móveis 14a, 14b podem ser formadas como uma série de tiras paralelas de uma camada ou camadas de metal depositadas (ortogonais aos elétrodos de fila de 16a, 16b) depositados sobre a parte superior das hastes 18 e um material sacrificatório interveniente depositado entre as camadas refletivas móveis 14a, 14b ficam separadas das pilhas óticas 16a, 16b por um intervalo definido 19. Um material altamente condutivo e refletivo tal como alumínio pode ser usado para as camadas refletivas 14 e estas tiras podem formar elétrodos de coluna num dispositivo de exibição.

Sem voltagem aplicada, a cavidade 19 permanece entre a camada refletiva móvel 14a e a pilha ótica 16a, com a camada refletiva móvel 14a num estado mecanicamente relaxado, tal como ilustrado pelo pixel 12a na Figura 1. Todavia, quando uma diferença de potencial for aplicada a uma fila e coluna selecionada, o capacitor formado na interseção dos elétrodos de fila e coluna no pixel correspondente fica carregado e as forças eletrostáticas puxam os elétrodos em conjunto. Se a voltagem for suficientemente alta, a camada refletiva móvel 14 é deformada e é forçada contra a pilha ótica 16. Uma camada dielétrica (não ilustrada nesta Figura) dentro da pilha ótica 16 pode impedir o curto-circuito e controla a distância de separação entre as camadas 14 e 16, como ilustrado pelo pixel 12b à direita na Figura 1. O comporta-

mento é o mesmo não importando a polaridade da diferença de potencial aplicada. Deste modo, a atuação da fila/coluna que pode controlar os estados refletivos *versus* os estados de pixel não refletivos é análoga de muitas formas àquelas usadas em tecnologias de tela LCD convencional e outras.

As Figuras de 2 até 5B ilustram um processo e sistema exemplificativos por uso de um conjunto ordenado de moduladores interferométricos numa aplicação de tela.

A Figura 2 é um diagrama de bloco de sistema que ilustra uma modalidade de um dispositivo eletrônico que pode incorporar aspectos da invenção. Na modalidade exemplificativa, o dispositivo eletrônico inclui um processador 21 que pode ser qualquer microprocessador de uso geral de chip único ou múltiplo tal como um ARM, Pentium®, Pentium II®, Pentium III®, Pentium IV®, Pentium® Profissional, um 8051, um MIPS®, um Power PC®, um ALPHA® ou qualquer microprocessador de finalidade especial tal como um processador de sinal digital, microcontrolador ou um conjunto ordenado de portão programável. Como é convencional na técnica, o processador 21 pode ser configurado para executar um ou mais módulos de software. Além de executar um sistema operacional, o processador pode ser configurado para executar um ou mais aplicativos de software, incluindo um navegador de rede, um aplicativo de telefone, um programa de e-mail ou qualquer outro aplicativo de software.

Numa modalidade, o processador 21 está também configurado para comunicar com um *driver* de conjunto ordenado 22. Numa modalidade, o *driver* do conjunto ordenado 22 inclui um circuito de *driver* de fila 24 e um circuito de *driver* de coluna 26 que fornece sinais para um conjunto ordenado de tela ou painel 30. A seção reta do conjunto ordenado ilustrado na Figura 1 é mostrado pelas linhas 1-1 na Figura 2. Para moduladores interferométricos MEMS, o protocolo de

atuação de fila/coluna pode aproveitar-se de uma propriedade de histerese destes dispositivos ilustrados na Figura 3. Pode exigir, por exemplo, uma diferença de potencial de 10 volt para ocasionar que uma camada móvel se deforme do estado relaxado para o estado acionado.

5 Todavia, quando a voltagem for reduzida a partir desse valor, a camada móvel mantém o seu estado, à medida que a voltagem cai abaixo de 10 volts. Na modalidade exemplificativa da Figura 3, a camada móvel não relaxa completamente até que a voltagem caia abaixo de 2 volts. Deste modo, existe uma janela de voltagem aplicada, mais ou menos de 3 a 7

10 V no exemplo ilustrado na Figura 3, dentro de que o dispositivo é estável quer no estado relaxado quer acionado. Isto é aqui referido como a "janela de histerese" ou "janela de estabilidade". Para um conjunto ordenado de tela tendo as características de histerese da Figura 3, o protocolo de atuação de fila/coluna pode ser projetado de tal

15 modo que durante o *strobing* da str fila, os píxeis na fila *strobed* que devem ser acionados são expostos a uma diferença de voltagem de cerca de 10 volts e os píxeis que devem ser relaxados são expostos a uma diferença de voltagem de perto de zero volts. Depois do *stroke*, os píxeis são expostos a uma diferença de voltagem de estado estacionário de

20 cerca de 5 volts de tal modo que permanecem em qualquer estado em que a fila estroboscópica os ponha. Depois de ser escrito, cada pixel vê uma diferença de potencial dentro da "janela de estabilidade" de 3-7 volts neste exemplo. Esta característica torna o projeto de pixel ilustrado na Figura 1 estável sob as mesmas condições de voltagem aplicada

25 num estado acionado ou relaxado pré-existente. Visto que cada pixel do modulador interferométrico, quer no estado acionado quer relaxado, é essencialmente um capacitor formado pelas camadas refletivas fixas e móveis, este estado estável pode ser mantido numa voltagem dentro da janela de histerese com quase nenhuma dissipação de energia. Essen-

30 cialmente nenhuma corrente flui para o pixel, se o potencial aplicado for fixo.

Em aplicações típicas, uma moldura de tela pode ser criada sustentando o conjunto de elétrodos de coluna de acordo com o conjunto desejado de píxeis acionados na primeira fila. Um pulso de fila é então aplicado no elétrodo da fila 1, acionando os píxeis corresponden-
5 tes às linhas da coluna sustentada. O conjunto afirmado de elétrodos de coluna é então mudado para corresponder ao conjunto pretendido de píxeis acionados na segunda fila. Um pulso é, então, aplicado ao elétrodo da fila 2, acionando os píxeis apropriados na fila 2 de acordo com os elétrodos de coluna sustentados. Os píxeis da fila 1 são inalterados pelo pulso da fila 2 e permanecem no estado em que foram
10 ajustados durante pulso da fila 1. Isto pode ser repetido para a série inteira de filas de um modo seqüencial para produzir a moldura. Geralmente, as molduras são refrescadas e/ou atualizadas com novos dados de tela repetindo continuamente este processo num número
15 desejado de molduras por segundo. Uma ampla variedade de protocolos para acionamento de elétrodos de fila e coluna de conjuntos ordenados de píxeis para produzir molduras de tela é também bem conhecida e pode ser usada em conjunto com a presente invenção.

As Figuras 4, 5A e 5B ilustram um protocolo de atuação
20 possível para criar uma moldura de tela sobre o conjunto ordenado de 3x3 da Figura 2. A Figura 4 ilustra um conjunto possível de níveis de voltagem de coluna e fila que pode ser usado para píxeis que exibem as curvas de histerese da Figura 3. Na modalidade da Figura 4, acionar um pixel envolve colocar a coluna apropriada para $-V_{bias}$ e a fila apropriada para $+\Delta V$, o que pode corresponder a -5 volts e +5 volts, respecti-
25 vamente. O relaxamento do pixel é realizado colocando a coluna apropriada para $+V_{bias}$ e a fila apropriada para o mesmo $+\Delta V$, produzindo uma diferença de potencial de zero volt através do pixel. Naquelas filas em que a voltagem de fila é amnatida a zero volts, os píxeis são
30 estáveis em qualquer estado em que eles estavam originalmente, não importando se a coluna está em $+V_{bias}$, ou $-V_{bias}$. Como está também

ilustrado na Figura 4, será observado que podem ser usadas voltagens de polaridade oposta daquelas acima descritas, por exemplo, acionar um pixel pode envolver ajustar a coluna apropriada para $+V_{bias}$ e a fila apropriada para $-\Delta V$. Nesta modalidade, a liberação do pixel é realizada

5 ajustando a coluna apropriada para $-V_{bias}$ e a fila apropriada para o mesmo $-\Delta V$, produzindo uma diferença de potencial de zero volt através do pixel.

A Figura 5B é um diagrama de contagem de tempo que mostra uma série de sinais de fila e de coluna aplicados ao conjunto

10 ordenado de 3x3 da Figura 2 que resultará na disposição de tela ilustrada na Figura 5A, onde os píxeis acionados são não refletivos. Antes de escrever a moldura ilustrada na Figura 5A, os píxeis podem estar em qualquer estado e, neste exemplo, todas as filas estão a 0 volts e todas as colunas estão a +5 volts. Com estas voltagens aplicadas, todos os

15 píxeis são estáveis em seus estados acionados existentes ou relaxados.

Na moldura da Figura 5A, os píxeis (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) e (3,3) estão acionados. Para realizar isto, durante um “tempo de linha” para a fila 1, as colunas 1 e 2 são fixadas em -5 volts e a coluna 3 é fixada em +5 volts. Isto não muda o estado de nenhuns píxeis, porque

20 todos os píxeis permanecem na janela de estabilidade de 3-7 volts. A fila 1 é então *strobed* com um pulso que vai de 0 até 5 volts e de volta para zero. Isto aciona os píxeis (1,1) e (1,2) e relaxa o pixel (1,3). Nenhuns outros píxeis no conjunto ordenado são afetados. Para ajustar a fila 2 como desejado, a coluna 2 é fixada em -5 volts e as

25 colunas 1 e 3 são fixadas em +5 volts. Os mesmos *strokes* aplicados à fila 2 acionarão, então, o pixel (2,2) e relaxarão os píxeis (2,1) e (2,3). Novamente, nenhuns outros píxeis do conjunto ordenado são afetados. A fila 3 é ajustada de modo semelhante ajustando as colunas 2 e 3 a -5 volts e a coluna 1 a +5 volts. O *stroke* da fila 3 ajusta os píxeis da fila 3

30 conforme mostrado na Figura 5A. Depois de escrever a moldura, os potenciais de fila são zero e os potenciais de coluna podem permanecer

em +5 ou -5 volts e a tela fica, então, estável na disposição da Figura 5A. Será observado que o mesmo procedimento pode ser empregado para conjuntos ordenados de dúzias ou centenas de filas e colunas. Será também observado que a contagem de tempo, a seqüência e os níveis de voltagens usados para realizar a atuação de fila e coluna podem ser extensamente variados dentro dos princípios gerais esboçados acima e o exemplo acima é apenas exemplificativo e pode ser usado qualquer método de atuação de voltagem com os sistemas e métodos aqui descritos.

As Figuras 6A e 6B são diagramas de bloco de sistema que ilustram uma modalidade de um dispositivo de tela 40. O dispositivo de tela 40 pode ser, por exemplo, um telefone celular ou móvel. Todavia, os mesmos componentes do dispositivo de tela 40 ou ligeiras variações dos mesmos são também ilustrativos de vários tipos de dispositivos de tela tais como televisões e *players* de mídia portáteis.

O dispositivo de tela 40 inclui um alojamento 41, uma tela 30, uma antena 43, um altofalante 44, um dispositivo de *input* 48 e um microfone 46. O alojamento 41 é geralmente formado a partir de qualquer de uma variedade de processos de fabricos como que são bem conhecidos daqueles de capacidade na técnica, incluindo moldagem por injeção e formação de vácuo. Além disso, o alojamento 41 pode ser feito a partir de qualquer de uma variedade de materiais, incluindo, mas sem limitação,, plástico, metal, vidro, borracha e cerâmica ou uma combinação dos mesmos. Numa modalidade, o alojamento 41 inclui partes removíveis (não mostradas) que podem ser intercambiadas com outras partes removíveis de cor diferente ou contendo logotipos, retratos ou símbolos diferentes.

A tela 30 do dispositivo de tela exemplificativo 40 pode ser qualquer de uma variedade de telas, incluindo uma tela bi-estável, como aqui descrito. Em outras modalidades, a tela 30 inclui uma tela

de painel plano, tal como plasma, EL, OLED, STN LCD ou TFT LCD, como descrito acima, ou uma tela de painel não plano, tal como um CRT ou outro dispositivo de tubo, conforme é bem conhecido daquelas pessoas de capacidade na técnica. Todavia, para propósitos de descrição da presente modalidade, a tela 30 inclui uma tela de modulador interferométrico, conforme aqui descrito.

Os componentes de uma modalidade do dispositivo de tela exemplificativo 40 são esquematicamente ilustrados na Figura 6B. O dispositivo de tela exemplificativo ilustrado 40 inclui um alojamento 41 e pode incluir componentes adicionais pelo menos parcialmente nele inclusos. Por exemplo, numa modalidade, o dispositivo de tela exemplificativo 40 inclui uma interface de rede 27 que inclui uma antena 43, que está acoplada a um transceptor 47. O transceptor 47 é conectado a um processador 21, que é conectado a hardware condicionante 52. O hardware condicionante 52 pode ser configurado para condicionar um sinal (por exemplo, para filtrar um sinal). O hardware condicionante 52 é conectado a um altofalante 45 e um microfone 46. O processador 21 é também conectado a um dispositivo de entrada 48 e um controlador de *driver* 29. O controlador de *driver* 29 está acoplado a um *buffer* de moldura 28 e a um *driver* do conjunto ordenado 22, que, por sua vez, está acoplado a um conjunto ordenado de tela 30. Uma fonte de energia 50 fornece energia para todos os componentes como exigido pelo projeto do dispositivo de tela exemplificativo particular 40.

A interface de rede 27 inclui a antena 43 e o transceptor 47 de forma que o dispositivo de tela exemplificativo 40 pode comunicar com um ou mais dispositivos numa rede. Numa modalidade, a interface de rede 27 pode ter também algumas capacidades de processamento para aliviar os requisitos do processador 21. A antena 43 é qualquer antena conhecida daquelas pessoas de capacidade na técnica para transmitir e receber sinais. Numa modalidade, a antena transmite e recebe sinais RF de acordo com o padrão IEEE 802.11, incluindo IEEE

802.11 (a), (b) ou (g). Noutra modalidade, a antena transmite e recebe sinais RF de acordo com o padrão BLUETOOTH. No caso de um telefone celular, a antena é projetada para receber CDMA, GSM, AMPS ou outros sinais conhecidos que são usados para comunicar dentro de uma rede sem fios de telefones celulares. O transceptor 47 pré-processa os sinais recebidos a partir da antena 43 de forma que podem ser recebidos e ainda manipulados pelo processador 21. O transceptor 47 também processa sinais recebidos a partir do processador 21, de maneira que podem ser transmitidos a partir do dispositivo de tela exemplificativo 40 via antena 43.

Numa modalidade alternativa, o transceptor 47 pode ser substituído por um receptor. Ainda noutra modalidade alternativa, a interface de rede 27 pode ser substituída por uma fonte de imagem, que pode armazenar ou gerar dados de imagem a serem enviados para o processador 21. Por exemplo, a fonte de imagem pode ser um vídeodisco digital (DVD) ou um *drive* de disco rígido que contém dados de imagem ou um módulo de software que gera dados de imagem.

O processador 21 controla geralmente a operação global do dispositivo de tela exemplificativo 40. O processador 21 recebe dados, tais como dados comprimidos de imagem a partir da interface de rede 27 ou uma fonte de imagem e processa os dados em dados de imagem brutos ou num formato que é prontamente processado em dados de imagem brutos. O processador 21 envia, então, os dados processados para o controlador de *driver* 29 ou para o *buffer* de moldura 28 para armazenamento. Os dados brutos referem-se tipicamente às informações que identificam as características de imagem em cada localização dentro de uma imagem. Por exemplo, essas características de imagem podem incluir cor, saturação e nível de escala de cinzento.

Numa modalidade, o processador 21 inclui um microcontrolador, CPU ou unidade de lógica para controlar a operação do dispositi-

vo de tela exemplificativo 40. O hardware condicionante 52 inclui geralmente amplificadores e filtros para transmitir sinais para o altofalante 45 e para receber sinais a partir do microfone 46. O hardware condicionante 52 pode ser de componentes discretos dentro do dispositivo de tela exemplificativo 40 ou pode ser incorporado no processador 21 ou outros componentes.

O controlador de *driver* 29 toma os dados de imagem brutos gerados pelo processador 21 diretamente do processador 21 ou do *buffer* de moldura 28 e reformata apropriadamente os dados de imagem brutos para transmissão a alta velocidade para o *driver* do conjunto ordenado 22. Especificamente, o controlador de *driver* 29 reformata os dados de imagem brutos num fluxo de dados tendo um formato semelhante a quadriculação, de tal forma que ele tem uma ordem de tempo adequada para escanear através do conjunto ordenado de tela 30. Então, o controlador de *driver* 29 envia as informações formatadas para o *driver* do conjunto ordenado 22. Embora um controlador de *driver* 29, tal como um controlador de LCD, esteja freqüentemente associado ao processador de sistema 21 como um Circuito Integrado *stand-alone* (IC), esses controladores podem ser implementados de muitas formas. Eles podem ser embutidos no processador 21 como hardware, embutidos no processador 21 como software ou completamente integrados em hardware com o *driver* de conjunto ordenado 22.

Tipicamente, o *driver* de conjunto ordenado 22 recebe as informações formatadas a partir do controlador de *driver* 29 e reformata os dados de vídeo num conjunto paralelo de formas de onda que são aplicadas muitas vezes por segundo às centenas e às vezes milhares de *leads* a partir da matriz de píxeis x-y da tela.

Numa modalidade, o controlador de *driver* 29, o *driver* do conjunto ordenado 22 e o conjunto ordenado de tela 30 são apropriados para qualquer dos tipos de telas aqui descritas. Por exemplo, numa

modalidade, o controlador de *driver* 29 é um controlador de tela convencional ou um controlador de tela bi-estável (por exemplo, um controlador de modulador interferométrico). Em outra modalidade, o *driver* de ordem 22 é um *driver* convencional ou um *driver* de tela bi-estável (por exemplo, uma tela de modulador interferométrico). Numa modalidade, um controlador de driver 29 é integrado com o driver do conjunto ordenado 22. Essa modalidade é comum em sistemas altamente integrados tais como telefones celulares, relógios e outras telas de pequena área. Ainda noutra modalidade, o conjunto ordenado de tela 30 é um conjunto ordenado de tela típico ou um conjunto ordenado de tela bi-estável (por exemplo, uma tela que inclui um conjunto ordenado de moduladores interferométricos).

O dispositivo de entrada 48 permite que o usuário controle a operação do dispositivo de tela exemplificativo 40. Numa modalidade, dispositivo de entrada 48 inclui um teclado, tal como um teclado QWERTY ou um teclado de telefone, um botão, um comutador, uma tela sensível ao toque, ou uma membrana sensível à pressão ou ao calor. Numa modalidade, o microfone 46 é um dispositivo de entrada para o dispositivo de tela exemplificativo 40. Quando o microfone 46 é usado para introduzir dados no dispositivo, podem ser providos comandos de voz pelo usuário por controlar operações do dispositivo de tela exemplificativo 40.

A alimentação de energia 50 pode incluir uma variedade de dispositivos de armazenamento de energia conforme é bem conhecido na técnica. Por exemplo, numa modalidade, o suprimento de energia 50 é uma bateria recarregável, tal como uma bateria de níquel-cádmio ou uma bateria de íons de lítio. Noutra modalidade, o suprimento de energia 50 é uma fonte de energia renovável, um capacitor ou uma célula solar, incluindo uma célula solar de plástico e uma tinta de célula solar. Noutra modalidade, o suprimento de energia 50 é configu-

rado para receber energia a partir de uma tomada de parede.

Nalgumas modalidades, a programabilidade dos controles reside, como descrito acima, num controlador de driver que pode ficar localizado em vários lugares no sistema de tela eletrônico. Em algumas modalidades, a programabilidade dos controles reside no driver do conjunto ordenado 22. Aquelas pessoas de capacidade na técnica reconhecerão que as otimizações acima descritas podem ser realizadas em qualquer número de componentes de software e/ou de hardware e em várias configurações.

Os detalhes da estrutura de moduladores interferométricos que operam conforme os princípios descritos acima podem variar extensamente. Por exemplo, as Figuras 7A-7E ilustram cinco modalidades diferentes da camada refletiva móvel 14 e suas estruturas de suporte. A Figura 7A é uma seção reta da modalidade da Figura 1, em que uma tira de material de metal 14 é depositada sobre suportes que se estendem ortogonalmente 18. Na Figura 7B, a camada refletiva móvel 14 é ligada a suportes somente nos cantos, sobre os cabos 32. Na Figura 7C, a camada refletiva móvel 14 é suspensa a partir de uma camada deformável 34, que pode compreender um metal flexível. A camada deformável 34 conecta-se, direta ou indiretamente, ao substrato 20 em torno do perímetro da camada deformável 34. Estas conexões são aqui chamadas de hastes de suporte. A modalidade ilustrada na Figura 7D tem plugues de haste de suporte 42 sobre os quais a camada deformável 34 repousa. A camada refletiva móvel 14 permanece suspensa sobre a cavidade, como nas Figuras 7A-7C, mas a camada deformável 34 não forma as hastes de apoio enchendo orifícios entre a camada deformável 34 e a pilha ótica 16. Em vez disso, as hastes de apoio são formadas de um material de planarização, que é usado para formar plugues de haste de suporte 42. A modalidade ilustrada na Figura 7E é baseada na modalidade mostrada na Figura 7D, mas pode

ser também adaptada para trabalhar com qualquer das modalidades ilustradas nas Figuras 7A-7C, assim como também modalidades adicionais não mostradas. Na modalidade mostrada na Figura 7E, foi usada uma camada extra de metal ou outro material condutivo para
5 formar uma estrutura de barramento 44. Isto permite o roteamento do sinal ao longo da parte posterior dos moduladores interferométricos, eliminando vários elétrodos que poderiam de outra forma ter de ser formados sobre o substrato 20.

Em modalidades como aquelas mostradas na Figura 7, os
10 moduladores interferométricos funcionam como dispositivos de visão direta, em que as imagens são vistas a partir do lado da frente do substrato transparente 20, o lado oposto àquele sobre o qual o modulador é disposto. Nestas modalidades, a camada refletiva 14 protege
15 oticamente as partes do modulador interferométrico sobre o lado da camada refletiva oposto ao substrato 20, incluindo a camada deformável 34. Isto permite que as áreas protegidas sejam configuradas e operadas sem afetar negativamente a qualidade da imagem. Esta blindagem permite a estrutura de barramento 44 na Figura 7E, que
20 proporciona a capacidade de separar as propriedades óticas do modulador das propriedades eletromecânicas do modulador, tais como endereçamento e os movimentos que resultam daquele endereçamento. Esta arquitetura de modulador separável permite que o projeto e os materiais estruturais usados para os aspectos eletromecânicos e os aspectos
25 óticos do modulador sejam selecionados e funcionem independentemente uns dos outros. Além disso, as modalidades mostradas nas Figuras 7C-7E têm benefícios adicionais que derivam do desacoplamento das propriedades óticas da camada refletiva 14 a partir de suas propriedades mecânicas, que são realizadas pela camada deformável 34. Isto
30 permite que o projeto e os materiais estruturais usados para a camada refletiva 14 sejam aperfeiçoados com respeito às propriedades óticas e o projeto e os materiais estruturais usados para a camada deformável 34

sejam aperfeiçoados com respeito às propriedades mecânicas desejadas.

A Figura 8 ilustra uma modalidade de uma tela monocromática incluindo um modulador interferométrico por pixel, sendo o estado “ligado” ou “desligado” do modulador ajustado com base no valor de um bit de dados por pixel. O pixel é configurado para comunicar com um canal de coluna e um canal de fila. Uma imagem em escala cinzenta pode incluir vários bits de dados por pixel. Por exemplo, uma tela de escala cinzenta “de 3 bits” inclui três bits de dados por pixel que correspondem a uma de oito (2^3) sombras de cinzas que podem ser atribuídas a cada pixel. O pixel é configurado para comunicar com um canal de coluna e três canais de fila. A Figura 9 ilustra uma modalidade exemplificativa de uma tela para exibição de uma imagem de escala de cinza de 3 bits incluindo três moduladores interferométricos 91, 92, 93 para cada pixel 90. Para obter as oito sombras, os três moduladores 91, 92, 93 refletem a luz de acordo com uma relação de dimensões variadas. Numa dessas modalidades, cada um dos moduladores interferométricos 91, 92, 93 inclui espelhos tendo uma área de superfície refletiva que varia de acordo com a relação de 4:2:1. A parte refletiva de um espelho ou modulador pode ser chamada de “subtendendo” uma parte do pixel. Por exemplo, o espelho com uma área de superfície de um na modalidade 4:2:1 subtende mais ou menos $1/7$ do pixel. Uma sombra particular num pixel é obtida por ajuste de cada modulador para um estado “ligado” ou “desligado” com base no valor binário de um bit correspondente dos três bits de dados.

A Figura 10 ilustra uma modalidade de uma tela de cor tendo o pixel 100 que funciona de modo semelhante ao pixel 90 de escala cinzenta da Figura 9, exceto que o pixel 100 inclui um grupo de moduladores interferométricos vermelhos 101, 102, 103, moduladores interferométricos verdes 104, 105, 106 e moduladores interferométricos azuis 107, 108, 109. Por exemplo, o pixel 100 responde a um sinal de 9

bits em que três grupos de 3 bits cada correspondem às três cores. Como outro exemplo, numa tela de cor de 12 bits, quatro dos doze bits correspondem a cada uma das dezesseis intensidades vermelhas, verdes e azuis que são produzidas por moduladores interferométricos
5 vermelhos, verdes ou azuis.

Essas telas de escala cinza ou de cor têm mais elementos de tela para endereçamento têm mais elementos de exibição para endereçamento do que uma tela monocromática. A fim de endereçar estes elementos de tela para essas modalidades de telas cinza ou de cor, o
10 número de conexões de canais (ou “conexões de *driver*” ou “linhas de endereçamento” ou “*leads*”) para o controle da tela tipicamente aumenta. Por exemplo, a Figura 11 ilustra uma modalidade de uma tela de escala de cinzas de 3 bits em que os píxeis estão numa configuração de 3x3 com cada uma das três filas subdivididas em três subfilas de
15 moduladores. Essa modalidade tem nove conexões de *driver* de fila e três conexões de *driver* de coluna para um total de doze conexões de *driver* em lugar das seis conexões de *driver* usadas para uma tela monocromática de 3x3. Uma forma de reduzir o número de conexões de *driver* é configurar um grupo de moduladores para comunicar com
20 um canal de fila única, por exemplo (como representado na Figura 12), as três subfilas na modalidade de escala de cinza de 3 bits discutida acima e direcionar o grupo com um sinal que muda o estado de um subconjunto selecionado do grupo.

Em certas modalidades, os moduladores interferométricos
25 de cada uma das subfilas podem ter voltagens de atuação e de liberação variadas para capacitar um grupo de subfilas que é configurado para comunicar com um canal de fila única a ser individualmente endereçado. A Figura 13 é um diagrama de posição de espelho móvel *versus* a voltagem positiva e negativa aplicada que ilustra uma modalidade
30 exemplificativa de três moduladores interferométricos que tem janelas

de estabilidade aninhadas. Como aqui usado, o termo “aninhado” é para significar diferenças exploráveis em ambas as voltagens de atuação e voltagens de liberação. A janela de histerese aninhada mais interna, indicada pelos traços 802, tem voltagens de atuação e liberação com magnitudes de 8 volts e 4 volts, respectivamente. Esta janela de histerese fica aninhada na janela de histerese indicada pelos traços 804 e fica aninhada na janela de histerese indicada pelos traços 806. A janela de histerese aninhada a seguir, indicada pelos traços 804, tem voltagens de atuação e liberação tendo magnitudes de 10 volts e 2 volts, respectivamente. Esta janela de histerese fica aninhada na janela de histerese indicada pelos traços 806. A janela de histerese externa, indicada pelos traços 806, tem voltagens de atuação e liberação tendo magnitudes de 12 volts e 0 volts, respectivamente.

A janela de histerese dos moduladores associados com cada subfila pode ser selecionada variando a geometria e/ou os materiais dos moduladores. Em particular, a largura (diferença entre as voltagens de atuação e liberação), a localização (os valores absolutos das voltagens de atuação e liberação) e os valores relativos das voltagens de atuação e liberação podem ser selecionados variando as propriedades geométricas e os materiais dos moduladores. As propriedades variadas podem incluir, por exemplo, a distância entre os suportes de espelhos móveis, a massa associada ao espelho móvel em relação à constante de mola, a espessura, a resistência tênsil ou a dureza do espelho e/ou as camadas ou mecanismo que desloca o espelho e a constante dielétrica e/ou a espessura de uma camada dielétrica entre o eletrodo estacionário e o eletrodo móvel. Mais detalhes da seleção das propriedades de histerese dos moduladores interferométricos são descritos no Pedido de Patente 11/193.012, intitulado “*Method and Device for Selective Adjustment of Hysteresis Window*”, (*Método e Dispositivo de Ajuste Seletivo de Janela de Histerese*), depositado em 27 de setembro de 2004, aqui incorpora-

do por referência na sua totalidade.

Numa modalidade em que os moduladores de cada uma das subfilas têm janelas de histerese de estabilidade que estão aninhadas dentro umas das outras, os moduladores interferométricos são dispo-
5 tos como na Figura 12. Na modalidade ilustrada, as janelas de estabilidade são aninhadas a partir do exterior para o interior, tal como as janelas representadas na Figura 13, a partir da subfila superior para a subfila inferior. A Figura 14 é um diagrama de contagem de tempo exemplificativo que ilustra uma série de sinais de fila e coluna aplicados
10 à fila superior (Fila 1) dessa modalidade para produzir a disposição de tela ilustrada na Fila 1 da Figura 12. Em geral, o regime de voltagem positiva e o regime de voltagem negativa são substancialmente equivalentes um ao outro, como mostrado na Figura 13. Embora aqui descritos e ilustrados em termos do regime de voltagem positiva, em certas
15 modalidades, os moduladores interferométricos podem ser operados de modo semelhante no regime de voltagem negativa. Os pulsos da fila diminuem de magnitude a partir da esquerda para a direita, correspondendo às subfilas a partir de cima até abaixo. Esta magnitude decrescente dos pulsos é selecionada para endereçar apenas aqueles modula-
20 dores em subfilas que têm menores voltagens de atuação e de maior liberação. Por exemplo, na modalidade ilustrada, são aplicados potenciais de +6 e -6 volts aos pulsos de colunas e são aplicados pulsos de filas de +6, +4 e +2 volts às filas.

Os pulsos da Figura 14 ajustam o estado da Fila 1 da tela
25 àquele representado na Figura 12 como se segue. Para o primeiro tempo de linha para a Fila 1, Coluna 1, é aplicado um potencial de Coluna 1 de -6 volts em conjunto com um pulso de fila de +6 volts, produzindo uma diferença de 12 volts através dos moduladores da Fila 1, Coluna 1, para ajustar o estado dos moduladores de cada uma das
30 subfilas da Fila 1, Coluna 1 na posição acionada como ilustrado ao

longo da parte inferior da Figura 14. O potencial da Coluna 1 permanece em -6 para os tempos de linha da Fila 1 para continuar a ajustar o estado de cada um dos elementos nas subfilas da Fila 1, Coluna 1 para a posição acionada. Na Coluna 2, é aplicado um potencial da Coluna 2 de +6 volts em conjunto com o pulso de fila a +6 volts no primeiro tempo de linha, produzindo uma diferença de zero volt através dos moduladores da Fila 1, Coluna 2, para liberar todos os moduladores nas subfilas na Fila 1, Coluna 2. Durante o tempo da segunda linha para Fila 1, é aplicado um potencial da Coluna 2 de -6 volts em conjunto com um pulso de fila de +4 volts, produzindo uma diferença de 10 volts através dos moduladores de Fila 1, Coluna 2, para acionar as duas subfilas inferiores da Fila 1, Coluna 2. Durante o terceiro tempo de fila para a Fila 1, é aplicado um potencial de Coluna 2 a +6 volts em conjunto com um pulso de fila de +2 volts, produzindo uma diferença de 4 volts através dos moduladores de Fila 1, Coluna 2, para liberar o modulador na subfila inferior da Fila 1, Coluna 2. Na Coluna 3, é aplicado um potencial de Coluna 3 de -6 volts em conjunto com o pulso de fila a +6 volts no primeiro tempo de linha, produzindo uma diferença de 12- volt através dos moduladores da Fila 1, Coluna 3, para acionar todos os moduladores nas subfilas na Fila 1, Coluna 3. Durante o segundo tempo de linha para a Fila 1, é aplicado um potencial de Coluna 3 de +6 volts em conjunto com um pulso de fila de +4 volts, produzindo uma diferença de 2- volt através dos moduladores da Fila 1, Coluna 3, para liberar as duas subfilas inferiores da Fila 1, Coluna 3. Durante o terceiro tempo de fila para a Fila 1, é aplicado um potencial de Coluna 3 a -6 volts em conjunto com o pulso de fila de +2 volts, produzindo uma diferença de 8 volts através dos moduladores da Fila 1, Coluna 3, para acionar o modulador na subfila inferior da Fila 1, Coluna 3.

A Figura 15 é um diagrama de fluxo que ilustra uma modalidade de um método 850 de atualização de uma modalidade de

uma tela conforme representado na Figura 12. O método 850 começa num bloco 852 em que o *driver* 22 da Figura 2 recebe o valor de dados de imagem para uma subfila. Numa modalidade, o *driver* 22 recebe o valor de dados de um *buffer* de moldura. A seguir, num bloco 854, o

5 *driver* 22 aplica um *strobe* de fila a todas as subfilas de moduladores interferométricos em conjunto com um potencial de coluna que corresponde ao valor de dados de imagem. Deslocando para o bloco 856, o *driver* 22 recebe os dados para a próxima subfila. A seguir, no bloco 860, os atos dos blocos 854 e 856 são repetidos para cada uma das

10 subfilas. Numa modalidade, os atos dos blocos 854 e 856 ocorrem pelo menos parcialmente de modo concorrente.

Pelo menos um aspecto da presente invenção é a constatação de que os artefatos de quantificação são mais visíveis para o usuário em regiões de intensidade baixa do que em regiões de intensidade

15 alta, porque a mudança percentual entre níveis de quantificação é maior em intensidades mais baixas. Por exemplo, num sistema de 7 bits ($2^7 = 128$ níveis de quantificação), a mudança de intensidade a partir do nível 100 para o nível 101 é de 1%. A maioria dos usuários não consegue discernir mudanças de intensidade abaixo de mais ou

20 menos 4%, então transições em ou abaixo deste nível de quantificação parecem suaves. Todavia, a mudança a partir do nível 10 para o nível 11 é de 10%, uma mudança de intensidade que é facilmente vista pela maioria dos usuários. Portanto, em níveis de quantificação de intensidade baixa, a quantificação de dados analógicos em etapas de quantifi-

25 cação digitalizadas discretas é claramente vista como um artefato. A abordagem mais direta para este problema é digitalizar a densidades de bits mais altas. Por exemplo, em vez de ser digitalizado para 7 através da faixa de intensidade, o sinal dado é digitalizado para 10 ($2^{10} = 1.024$ níveis de quantificação) através da faixa de intensidade, de forma que os

30 níveis de quantificação analógicos que teriam caído ao redor do nível 10 na configuração de 128 níveis caem em torno do nível 80 na configura-

ção de 1.024 níveis. A transição a partir do nível 80 para o nível 81 é de mais ou menos 1,2% e iria então, ser indiscernível para o usuário. Todavia, esses aumentos na densidade de bits do sistema podem levar a maior complexidade e custo do sistema (por exemplo, o número de conexões de *driver* aumentaria de mais ou menos 38% a partir de 24 numa tela de 3x3 de escala de cinzas de 7 bits para 33 numa tela de 3x3 de escala de cinzas de 10 bits).

Em sistemas baseados em modulador interferométrico, estes temas de complexidade tendem a impactar o custo e a complexidade de circuitos de *driver* integrados e o custo e a complexidade dos próprios sistemas. Foram descritos vários métodos de esquema de *drivers* para telas complexas de modulador interferométrico que reduziram a complexidade de *driver* e custo às custas de impor limitações operacionais adicionais e tolerâncias de fabrico mais apertadas nos sistemas de modulador interferométrico. Muitos destes esquemas de *drivers* envolvem também somar ciclos de endereçamento adicionais ao modulador interferométrico. Estes ciclos adicionais tendem a reduzir a altura de moldura máxima e capacidade de velocidade do modulador interferométrico ou exigem o desenvolvimento de tecnologia adicional do modulador interferométrico, a fim de manter a taxa de moldura de níveis prévios. Muitas destas soluções e melhorias são desperdícios no sentido que diminuem a dimensão da etapa de quantificação ao longo de toda a faixa do sinal digitalizado, embora não haja necessidade de diminuir a dimensão da etapa na extremidade de alta intensidade da faixa de sinal (por exemplo, pelo menos acima das etapas de quantificação desde mais ou menos 30 a 31, que é somente de 3,3%).

A Figura 16 é um diagrama esquemático de uma modalidade de um pixel de modulador interferométrico de cor 160. Na modalidade ilustrada na Figura 16, o modulador interferométrico 101 da Figura 10 foi particionado ou substituído por dois moduladores interfe-

rométricos 161, 162 (ou “elementos de tela”) dispostos em duas subfilas que são configuradas para comunicar com um canal de fila comum. Na Figura 10, o modulador 101 subtende mais ou menos $4/7$ da área da primeira coluna. Quando particionado como na Figura 16, o modulador 161 subtende cerca de metade ($7/14$) da primeira coluna e o modulador 162 subtende mais ou menos $1/14$ da primeira coluna. O primeiro elemento de tela 161 tem uma primeira área oticamente ativa e o segundo elemento de tela 162 tem uma segunda área oticamente ativa. Em certas modalidades, a relação da primeira área oticamente ativa para a segunda área oticamente ativa é aproximadamente igual a um inteiro para um (por exemplo, 7 para 1, $7:1$, $7/1$). Em algumas modalidades, o inteiro é 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10. Em algumas modalidades, o inteiro é 3, 7, 15, 31, 63, 127, 255 ou qualquer número $2^n - 1$ onde n é um inteiro maior ou igual a 2.

Quando ambos os moduladores 161, 162 são acionados em conjunto, a função do pixel 160 é inalterada a partir do pixel 100 esquematicamente representado na Figura 10. Embora a Figura 16 represente uma modalidade que particiona os moduladores 101, 104 e 107 na Figura 10, esse particionamento pode ser também apropriado para telas de escalas de cinza (por exemplo, particionando o modulador 91 representado na Figura 9).

Conforme aqui usados, os termos “divididos”, “particionado” e “substituído” em relação à pluralidade de moduladores interferométricos ou espelhos de várias modalidades não exigem que seja realmente criado um modulador interferométrico ou espelho maior e, depois, particionado em moduladores interferométricos ou espelhos pequenos. Ao invés, os termos são usadas para comparar as estruturas relativas a partir de configurações previamente descritas. Por exemplo, os moduladores 161 e 162 na Figura 16 são tipicamente formados independentemente um do outro, ao invés de terem sido formados como um modu-

lador único 101 conforme representado na Figura 10, e, depois, particionados em moduladores pequenos. Além disso, a criação independente é preferível em algumas modalidades para permitir o ajuste individual das curvas de histerese aos moduladores 161, 162, conforme descrito acima.

A Figura 17 é um diagrama da posição do modulador *versus* a voltagem positiva aplicada que ilustra uma modalidade exemplificativa de dois moduladores interferométricos (por exemplo, os dois moduladores 161, 162 ilustrados na Figura 16) que têm janelas de histerese de estabilidade da curva histerese em que as voltagens de atuação são diferentes, mas as voltagens de liberação são aproximadamente as mesmas. Os traços 810 representam o *loop* de histerese do modulador 161 e os traços 808 representam o *loop* de histerese do modulador 162. Em certas modalidades, as voltagens de liberação dos dois moduladores 161, 162 são consideradas como sendo substancialmente iguais umas às outras, quando quaisquer diferenças entre as respectivas voltagens de liberação não são usadas seletivamente para liberar um dos moduladores e não o outro. O *loop* de histerese representado pelos traços 808 tem uma voltagem de atuação de cerca de 9 volts e uma voltagem de liberação de cerca de 1 volt. O *loop* de histerese representado pelos traços 810 tem uma voltagem de atuação de cerca de 15 volts e tem uma voltagem de liberação de cerca de 1 volt. Como as voltagens de liberação do *loop* de histerese da Figura 17 não são exploravelmente diferentes umas das outras (isto é, não existe nenhuma voltagem que possa ser confiantemente aplicada para liberar um modulador e não o outro modulador), os *loops* de histerese da Figura 17 não podem ser ditos estarem “aninhados” conforme aqui definido.

A Figura 18 é um diagrama de posição de modulador *versus* voltagem positiva aplicada que ilustra outra modalidade exemplificativa

de dois moduladores interferométricos (por exemplo, os dois moduladores 161, 162 ilustrados na Figura 16) que têm janelas de estabilidade diferentes em que as voltagens de liberação são diferentes, mas as voltagens de atuação são aproximadamente as mesmas. Os traços 814 representam o *loop* de histerese do modulador 161 e os traços 812 representam o *loop* de histerese do modulador 162. Em certas modalidades, as voltagens de atuação dos dois moduladores 161, 162 são consideradas serem substancialmente iguais umas às outras, quando quaisquer diferenças entre as respectivas voltagens de atuação não são usadas seletivamente para acionar um dos moduladores e não o outro modulador. O *loop* de histerese representado pelos traços 812 tem uma voltagem de atuação de cerca de 15 volts e uma voltagem de liberação de cerca de 6 volts. O *loop* de histerese representado pelos traços 814 tem uma voltagem de atuação de cerca de 15 volts, mas tem uma voltagem de liberação de cerca de 1 volt. Como as voltagens de atuação do *loop* de histerese da Figura 18 não são exploravelmente diferentes umas das outras (isto é, não existe nenhuma voltagem que possa ser confiantemente aplicada para acionar um modulador e não o outro modulador), estes *loops* de histerese não podem ser ditos estarem “aninhados”, conforme aqui definido.

Diferentemente da modalidade descrita acima em que se pretende que sejam usadas janelas de histerese tanto para acionar seletivamente como liberar seletivamente os moduladores em voltagens diferentes, as modalidades exemplificativas representadas nas Figuras 16-18 proporcionam vantagens de fabricação adicionais. As voltagens de atuação e as voltagens de liberação de cada um dos *loops* de histerese aninhados da Figura 13 são aproximados umas das outras. Por exemplo, a voltagem de liberação para o *loop* 804 é de mais ou menos 2 volts e a voltagem de liberação para o *loop* 802 é de cerca de 4 volts. Deste modo, a fim de liberar seletivamente o modulador representado

pelo *loop* 802, mas para não liberar seletivamente o modulador representado pelo *loop* 804, a voltagem aplicada estaria entre 2 e 4 volts, de preferência em torno de 3 volts. Esta precisão de voltagem pode apresentar problemas, se as tolerâncias de fabrico dos moduladores que liberam em 2 volts e 4 volts não forem suficientemente precisas. Por exemplo, se o modulador representado pelo *loop* 802 foi fabricado de tal modo que a sua voltagem de liberação era de 3,5 volts e o modulador representado pelo *loop* 804 foi fabricado de tal modo que a sua voltagem de liberação era de 2,5 volts, a janela de tolerância para a voltagem aplicada encolheria consideravelmente. voltagem aplicada pode variar também com tolerâncias de fabrico tais que uma aplicação de 3 volts nomodulador possa resultar realmente numa diferença de voltagem através do modulador mais próxima de 2,5 volts. Deste modo, uma voltagem aplicada aos moduladores para liberar o modulador representado pelo *loop* 802 pode liberar inadvertidamente também o modulador representado pelo *loop* 804. As tolerâncias de fabrico para cada uma das três subfilas representadas na Figura 13 precisariam ser altamente precisas, visto que existem seis voltagens de atuação e de liberação precisas que precisariam de ser alcançadas a fim de diferencialmente acionar e liberar com precisão cada um dos três moduladores. Em contraste, os dois moduladores representados pelos *loops* de histerese na Figura 17 ou na Figura 18 exigem apenas três voltagens, representadas pelas linhas A, B e C, para acionar e liberar diferencialmente os dois moduladores. Além disso, como o diferencial de tamanho entre o modulador 161 e o modulador 162 é grande, as voltagens para atuação e/ou liberação podem ser vantajosamente menos precisas do que as voltagens para a configuração representada na Figura 13.

A Figura 19 ilustra esquematicamente os níveis de quantificação providos pelo esquema da Figura 10. Nenhum dos moduladores está no estado "ligado" no nível 0 e todos os moduladores estão no

estado “ligado” no nível 7. Alguns dos moduladores estão no estado “ligado” nos níveis de 1 até 6, proporcionando quantidades variadas de intensidade. A densidade de bits em faixas de baixa intensidade é a mesma que a densidade de bits em faixas de intensidades altas. Por exemplo, conforme mostrado na Figura 20 para o pixel 100 da Figura 10, a diferença de intensidade entre etapas de quantificação seqüenciais para intensidades abaixo do nível 4 (por exemplo, diferença de intensidade de um) é a mesma que a diferença de intensidade entre etapas de quantificação seqüenciais para nível de intensidade acima 4 (por exemplo, diferença de intensidade de um).

Os dois moduladores 161, 162 da Figura 16 tendo as curvas de histerese 810, 808 da Figura 17 são usados em certas modalidades para proporcionar uma densidade de bits mais elevada em faixas de intensidade mais baixas do que em faixas de intensidades mais altas. Por exemplo, na seqüência de níveis desde 0 até 7 que pode ser provida para cada coluna (por exemplo, conforme representado na Figura 20), o modulador 161 é acionado ou colocado num estado “ligado” apenas para níveis 4 e acima. Deste modo, para todas as etapas de quantificação abaixo do nível 4, a voltagem do *drive* de atuação nos moduladores 161, 162 pode ser reduzida de forma que apenas o modulador 162 seja seletivamente acionado. Visto que este modulador 162 tem um espelho com preferencialmente cerca de metade do peso ótico do espelho do modulador 164, os moduladores 162, 164 e 163 têm pesos na relação 1:2:4, respectivamente e podem ser usados para gerar oito etapas de quantificação abaixo do nível de quantificação 4, conforme ilustrado na Figura 21. As etapas de quantificação abaixo do nível 4 são ilustradas na Figura 22. De modo semelhante, os dois moduladores 161, 162 da Figura 16 tendo as curvas de histerese 814, 812 da Figura 18 são usados em certas outras modalidades para proporcionar uma densidade de bits mais elevada em faixas de intensi-

dades mais baixas do que em faixas de intensidades mais elevadas.

Com referência de novo à Figura 16, quando os espelhos 164, 163, 162, 161 subtendam o pixel numa relação de 2:4:1:7, respectivamente, o número de etapas de quantificação seqüenciais é mais do que dobrado na parte mais baixa da faixa de intensidades de exibição, que é a parte da faixa de quantificação mais carecida de melhor quantificação. Por exemplo, comparando as Figuras 20 e 22, o número de etapas de quantificação seqüenciais para intensidades abaixo do nível 4 (isto é, oito) na Figura 22 é mais do que o dobro do número de etapas de quantificação seqüenciais para nível de intensidades acima de 4 (isto é, três) quer na Figura 20 quer na Figura 22. Isto é, em lugar de acionar e liberar três moduladores para alcançar sete etapas de quantificação, quatro das quais estão abaixo do quarto nível de quantificação, conforme representado nas Figuras 19 e 20, quatro moduladores são acionados e liberados para proporcionar onze etapas de quantificação, oito das quais estão abaixo do quarto nível de quantificação, como representado nas Figuras 21 e 22. Conforme aqui usado, o termo “etapa de quantificação” refere-se à mudança de uma quantidade de intensidade para a próxima quantidade de intensidade e o termo “nível de quantificação” refere-se à mudança de uma profundidade de bit para a próxima profundidade de bit. Por exemplo, a mudança de intensidade de um modulador para o próximo na fila superior da Figura 21 é uma etapa de quantificação, mas não um nível de quantificação, enquanto a mudança de intensidade a partir de um modulador para o próximo modulador na fila inferior da Figura 21 é tanto uma etapa de quantificação quanto um nível de quantificação. Será observado que o efeito é muito mais pronunciado em profundidades de bit maiores do que 3 bits.

A Figura 23 é um diagrama esquemático de uma modalidade de um pixel de modulador interferométrico de cor 230. Embora a Figura 23 represente uma modalidade de partição dos moduladores

102, 105 e 108 na Figura 10, esse particionamento pode ser também apropriado para telas de escala de cinzas (por exemplo, particionando o modulador 92 representado na Figura 9). Na modalidade ilustrada na Figura 23, o modulador 104 foi dividido em dois moduladores 232, 233 (ou “elementos de tela”) dispostos em subfilas que são configuradas para comunicar com um canal de fila comum. Na Figura 10, o modulador 102 subtende cerca de $2/7$ da área da primeira coluna. Quando particionado como na Figura 23, o modulador 232 subtende mais ou menos $3/14$ da primeira coluna e o modulador 233 subtende aproximadamente $1/14$ da primeira coluna. Quando ambos os moduladores 232, 233 são dirigidos em conjunto, a função do pixel 200 é inalterada a partir do pixel 100 esquematicamente representado na Figura 10. Os *loops* de histerese para os moduladores 232, 233 podem compartilhar uma voltagem de atuação comum ou uma voltagem de liberação comum conforme exibido nas Figuras 17 e 18.

Quando os moduladores 234, 233, 232, 231 subtendem o pixel numa relação de 2:1:3:8, respectivamente, o número de etapas de quantificação seqüenciais (isto é, dois) é dobrado abaixo de nível 2 da faixa de quantificação de tela, que é uma fração da parte da faixa de quantificação mais carecida de melhor quantificação. Em lugar de acionar e liberar quatro moduladores para proporcionar onze etapas de quantificação, oito das quais são abaixo do quarto nível de quantificação, conforme representado nas Figuras 21 e 22, quatro moduladores são acionados e liberados para prover onze etapas de quantificação, seis das quais são abaixo do quarto nível de quantificação, como representado nas Figuras 24 e 25. Como o esquema ilustrado na Figura 16 proporciona etapas de quantificação mais finas entre o nível 2 e o nível 4, o particionamento do espelho 101 da Figura 10 é preferível ao particionamento do espelho 104 da Figura 10.

Mesmo a quantificação mais fina pode ser criada por

particionamento tanto do espelho 101 como do espelho 104 representado na Figura 10, segundo ilustrado pelo diagrama esquemático na Figura 26. Conforme mostrado nas Figuras 27 e 28, esse esquema resulta em 17 etapas de quantificação, 12 das quais são abaixo do quarto nível de quantificação. Para outro exemplo da diferença entre uma “etapa de quantificação” e um “nível de quantificação, a mudança de intensidade a partir do segundo modulador da esquerda na fila superior da Figura 27 para o terceiro modulador da esquerda na fila superior da Figura 27 é uma etapa de quantificação, enquanto a mudança de intensidade a partir do primeiro modulador da esquerda na fila superior da Figura 27 para o quinto modulador da esquerda na fila superior da Figura 27 é um nível de quantificação.

Podem ser alcançada uma quantificação ainda mais fina por particionamento de todos os três espelhos 101, 104 e 107 na Figura 10, segundo ilustrado pelo diagrama esquemático na Figura 29. Conforme mostrado na Figura 30, essa configuração resulta em 26 etapas de quantificação, 18 das quais são abaixo do quarto nível de quantificação. Deste modo, enquanto mantem apenas seis totais leads para um pixel de cor, o número de etapas de quantificação aumenta vantajosamente desde 7 até 26, a maioria das quais estão na região de baixa intensidade mais carecida de quantificação mais fina. Esta configuração reduz drasticamente o espaçamento do nível de quantificação em baixas intensidades, a faixa de tela onde está mais carecido, sem aumentar o número de linhas de endereço a partir do *driver* IC.

Várias modalidades específicas foram descritas acima. Embora a invenção tenha sido descrita com referência a estas modalidades específicas, pretende-se que as descrições sejam ilustrativas da invenção e não se pretende que sejam limitativas. Várias modificações e aplicações podem ocorrer àquelas pessoas qualificadas na técnica sem sair do âmbito verdadeiro da invenção conforme definida nas Reivindi-

cações anexadas.

“Dispositivo Modulador de Luz”

Reivindicações

1 – Dispositivo Modulador de Luz, caracterizado por que compreende:

5 um primeiro conduto elétrico;

 um segundo conduto elétrico eletricamente isolado do primeiro conduto elétrico; e

 um pixel que inclui uma pluralidade de elementos de exibição incluindo:

10 um primeiro elemento de exibição em comunicação com o primeiro conduto elétrico e o segundo conduto elétrico; e

 um segundo elemento de exibição em comunicação com o primeiro conduto elétrico e o segundo conduto elétrico,

15 em que o pixel inclui faixas de alta intensidade e faixas de baixa intensidade, em que a densidade de bits do pixel nas faixas de baixa intensidade é mais alta do que a densidade de bits do pixel nas faixas de alta intensidade.

2 – Dispositivo Modulador de Luz, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o pixel tem uma pluralidade de níveis de quantização incluindo cada um pelo menos um etapa de quantização, incluindo a pluralidade de níveis de quantização:

 uma primeira pluralidade de níveis de quantização; e

 uma segunda pluralidade de níveis de quantização abaixo da primeira pluralidade de níveis de quantização,

em que a segunda pluralidade de níveis de quantização inclui mais etapas de quantização do que a primeira pluralidade de níveis de quantização.

5 **3 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com a Reivindicação 2, **caracterizado** por que mudanças de intensidade entre ditas etapas de quantização sequenciais na segunda pluralidade de níveis de quantização são menos do que 4% e são indiscerníveis pelo sistema visual humano.

10 **4 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com a Reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** por que o pixel tem uma pluralidade de etapas de quantização, em que o pixel tem mudanças de intensidade entre ditas etapas de quantização sequenciais em faixas de baixa intensidade que são menos do que 4% e são indiscerníveis pelo sistema visual humano.

15 **5 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com qualquer das Reivindicações 1-4, **caracterizado** por que cada um da pluralidade de elementos de exibição inclui um modulador interferométrico.

6 – Dispositivo Modulador de Luz, de acordo com qualquer uma das Reivindicações 1-5, **caracterizado** por que a pluralidade de elementos de exibição inclui pelo menos quatro elementos de exibição.

20 **7 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com qualquer uma das Reivindicações 1-6, **caracterizado** por que o primeiro elemento de exibição tem uma primeira área opticamente ativa e o segundo elemento de exibição tem uma segunda área opticamente ativa e por que uma relação da primeira área opticamente ativa para a segunda área opticamente ativa é um inteiro para um.

25

8 – Dispositivo Modulador de Luz, de acordo com a Reivindicação 7, **caracterizado** por que o inteiro da relação da primeira área opticamente ativa para a segunda área opticamente ativa é 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,

10, 15, 31, 63, 127, 255, ou 2^n-1 onde n é um inteiro maior ou igual a 2.

5 **9 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com qualquer uma das Reivindicações 1-8, **caracterizado** por que o primeiro elemento de exibição tem uma primeira área opticamente ativa e o segundo elemento de exibição tem uma segunda área opticamente ativa menor do que a primeira área opticamente ativa, sendo o primeiro elemento de exibição configurado para estar num estado acionado apenas quando o segundo elemento de exibição estiver num estado acionado.

10 **10 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com qualquer uma das Reivindicações 1-8, **caracterizado** por que inclui ainda:

 um terceiro conduto elétrico eletricamente isolado a partir do primeiro conduto elétrico e do segundo conduto elétrico; e

15 um quarto conduto elétrico eletricamente isolado a partir do primeiro conduto elétrico, do segundo conduto elétrico e do terceiro conduto elétrico,

 em que a pluralidade de elementos de exibição inclui ainda:

20 um terceiro elemento de exibição em comunicação com o primeiro conduto elétrico e o terceiro conduto elétrico e tendo uma terceira área opticamente ativa diferente da primeira e da segunda áreas opticamente ativas; e

25 um quarto elemento de exibição em comunicação elétrica com o primeiro conduto elétrico e ou o terceiro conduto elétrico ou o quarto conduto elétrico e tendo uma quarta área opticamente ativa diferente da primeira, da segunda e da terceira áreas opticamente ativas.

11 – Dispositivo Modulador de Luz, de acordo com a Reivindicação 10, **caracterizado** por que a quarta área opticamente ativa é maior do que a terceira área opticamente ativa.

5 **12 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com a Reivindicação 10 ou 11, **caracterizado** por que o quarto elemento de exibição está em comunicação com o primeiro conduto elétrico e o terceiro conduto elétrico e por que o quarto elemento de exibição é configurado para estar num estado acionado apenas quando o terceiro elemento de exibição estiver num estado acionado.

10 **13 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com qualquer uma das Reivindicações 1-8, **caracterizado** por que inclui ainda:

um terceiro conduto elétrico eletricamente isolado a partir do primeiro conduto elétrico e do segundo conduto elétrico; e

15 um quarto conduto elétrico eletricamente isolado a partir do primeiro conduto elétrico, do segundo conduto elétrico e do terceiro conduto elétrico,

em que a pluralidade de elementos de exibição inclui ainda:

um terceiro elemento de exibição em comunicação com o primeiro conduto elétrico e o terceiro conduto elétrico; e

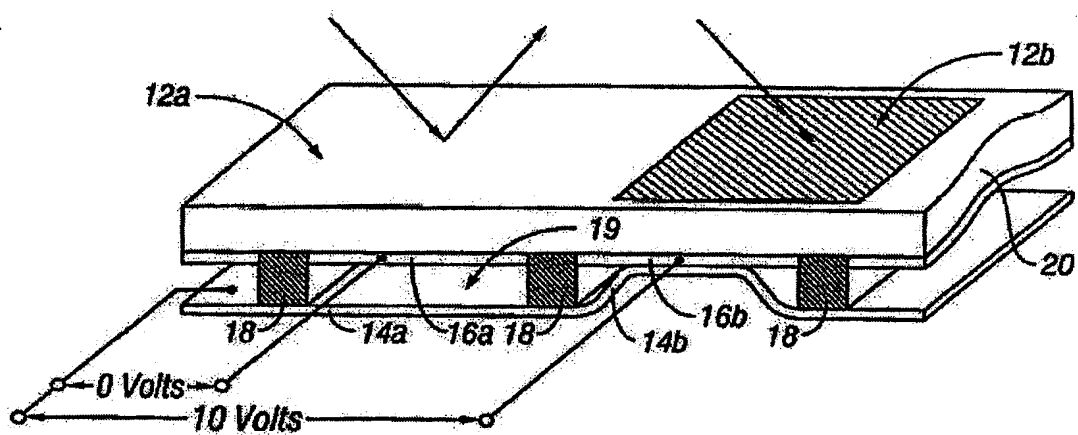
20 um quarto elemento de exibição em comunicação elétrica com o primeiro conduto elétrico e ou o terceiro conduto elétrico ou o quarto conduto elétrico.

25 **14 – Dispositivo Modulador de Luz**, de acordo com a Reivindicação 13, **caracterizado** por que o terceiro elemento de exibição tem uma terceira área opticamente ativa e por que o quarto elemento de exibição tem uma quarta área opticamente ativa maior do que a terceira área

opticamente ativa.

15 – Dispositivo Modulador de Luz, de acordo com a Reivindicação 13 ou 14, **caracterizado** por que o quarto elemento de exibição está em comunicação com o primeiro conduto elétrico e o terceiro conduto elétrico e por que o quarto elemento de exibição é configurado para
5 estar num estado acionado apenas quando o terceiro elemento de exibição estiver num estado acionado.

1/29

**Figura 1**

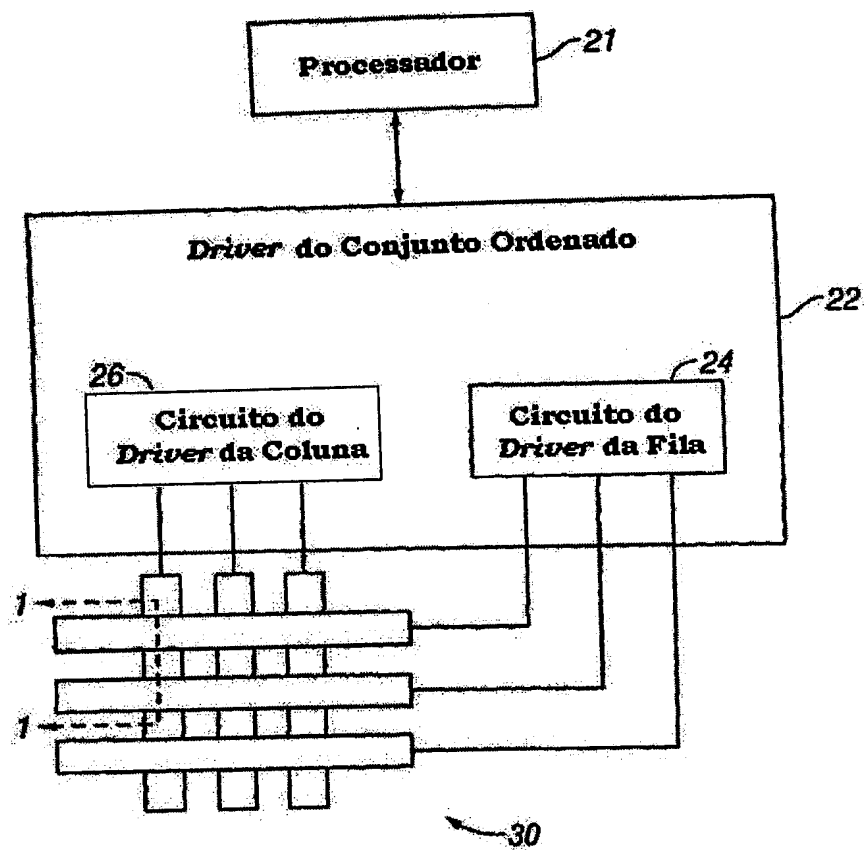


Figura 2

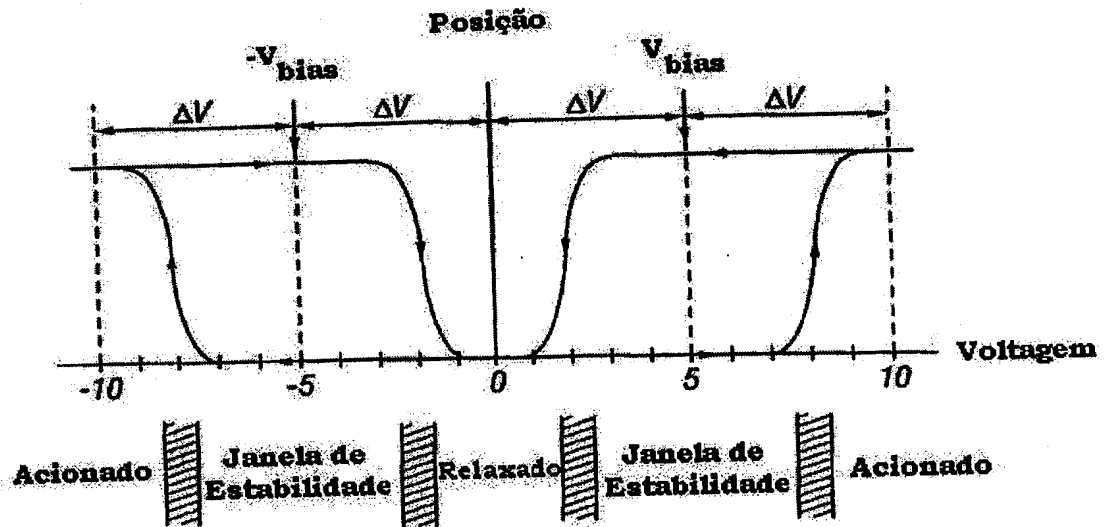


Figura 3

Visuais de Saída da Coluna

Sinais de
Saída da Fila

	$+V_{bias}$	$-V_{bias}$
0	Estável	Estável
$+\Delta V$	Relax	Acionar
$-\Delta V$	Acionar	Relax

Figura 4

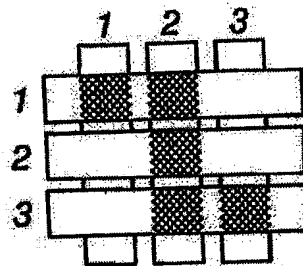


Figura 5A

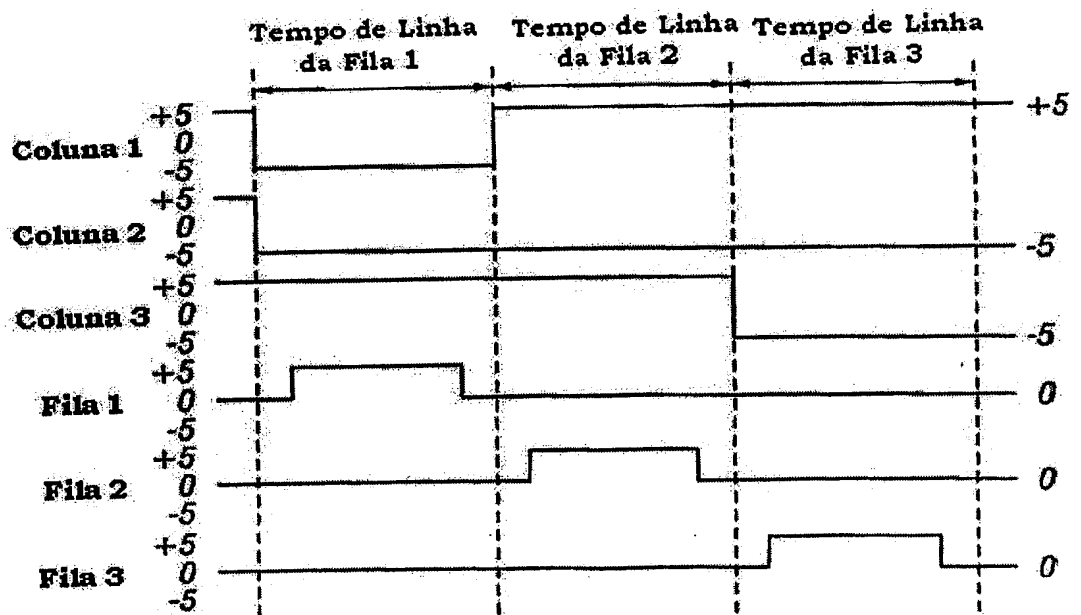


Figura 5B

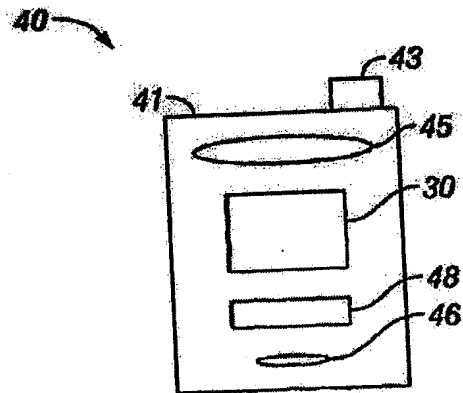


Figura 6A

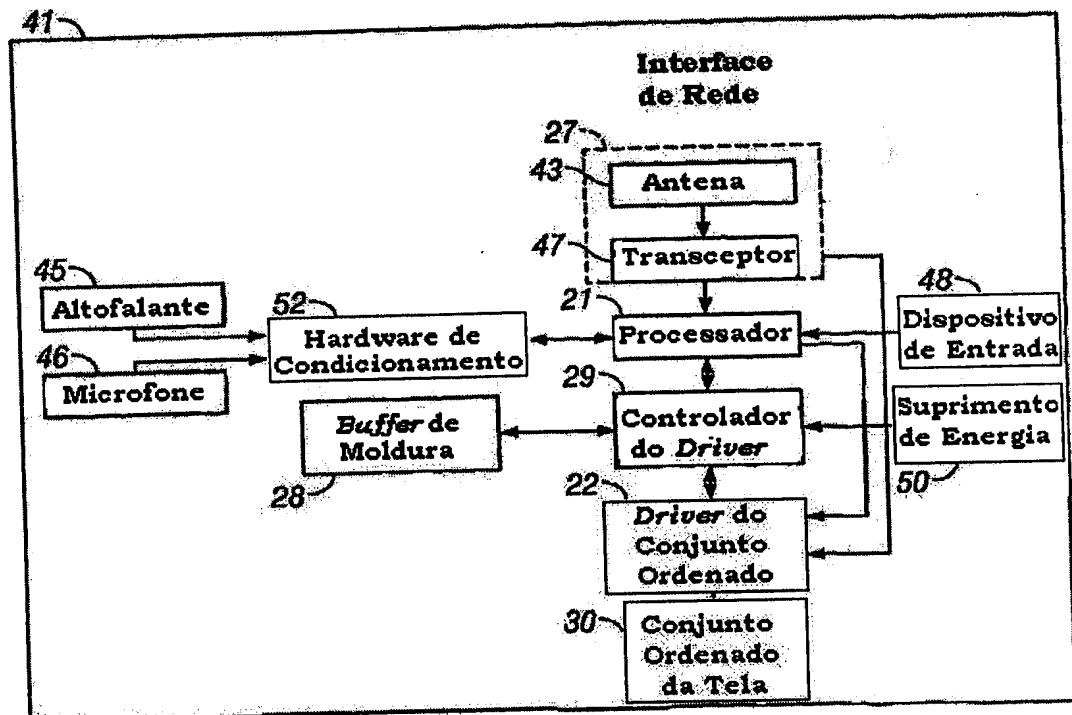


Figura 6B

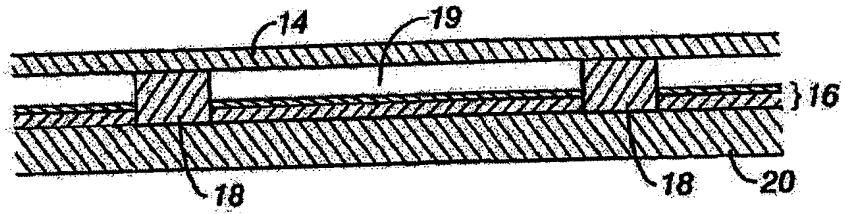


Figura 7A

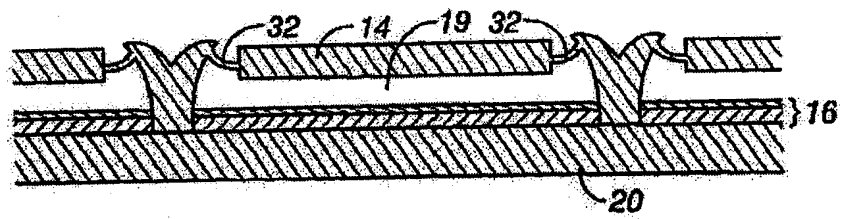


Figura 7B

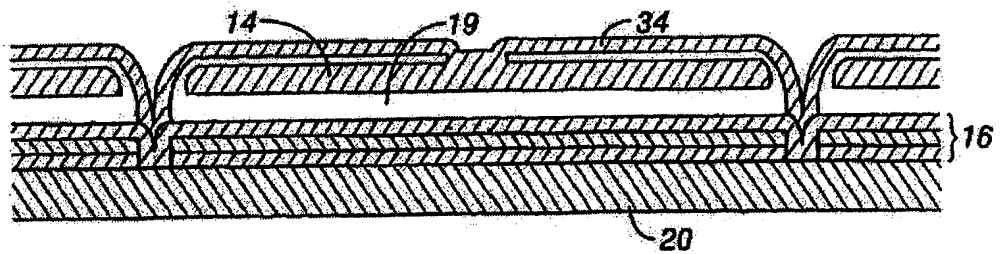


Figura 7C

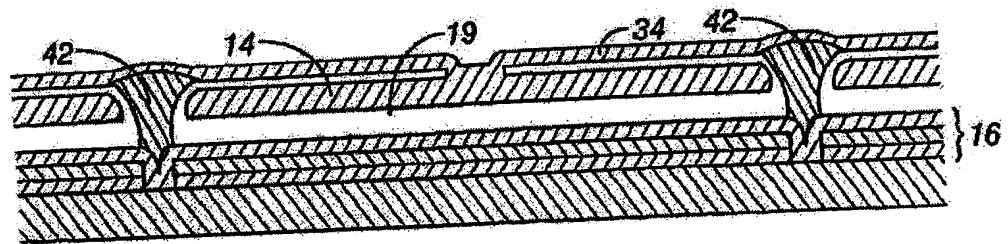


Figura 7D

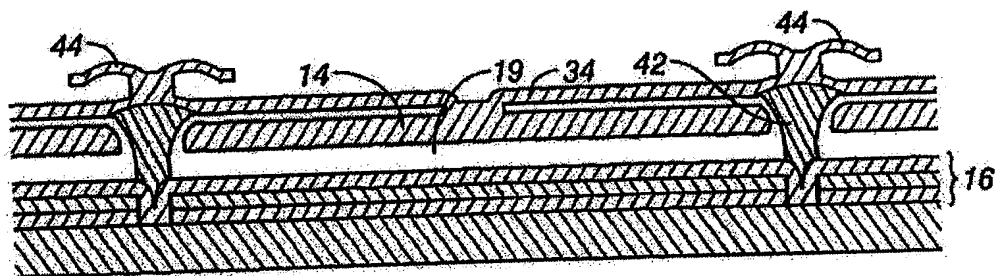


Figura 7E

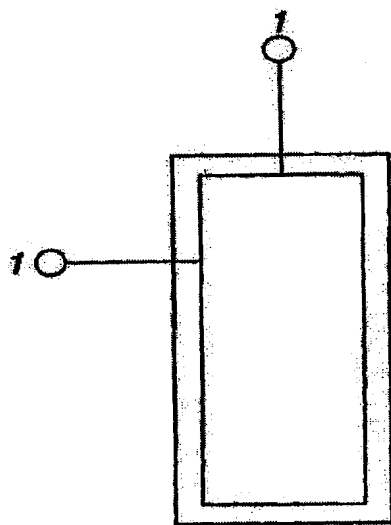


Figura 8

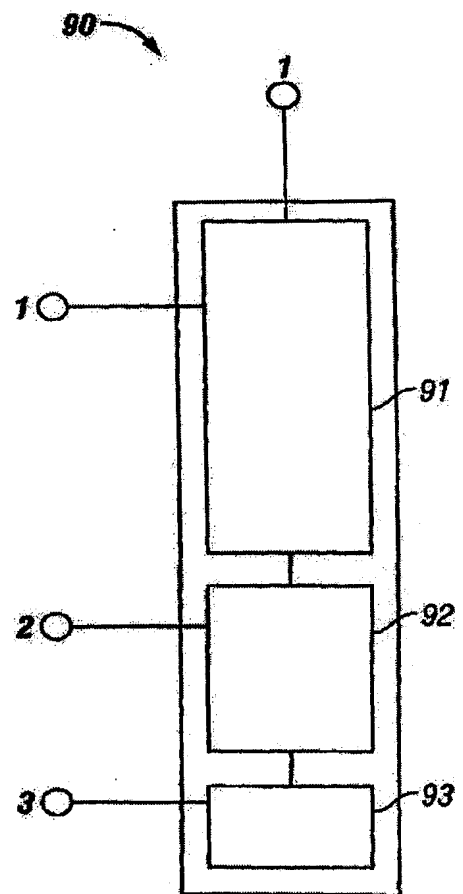


Figura 9

9/29

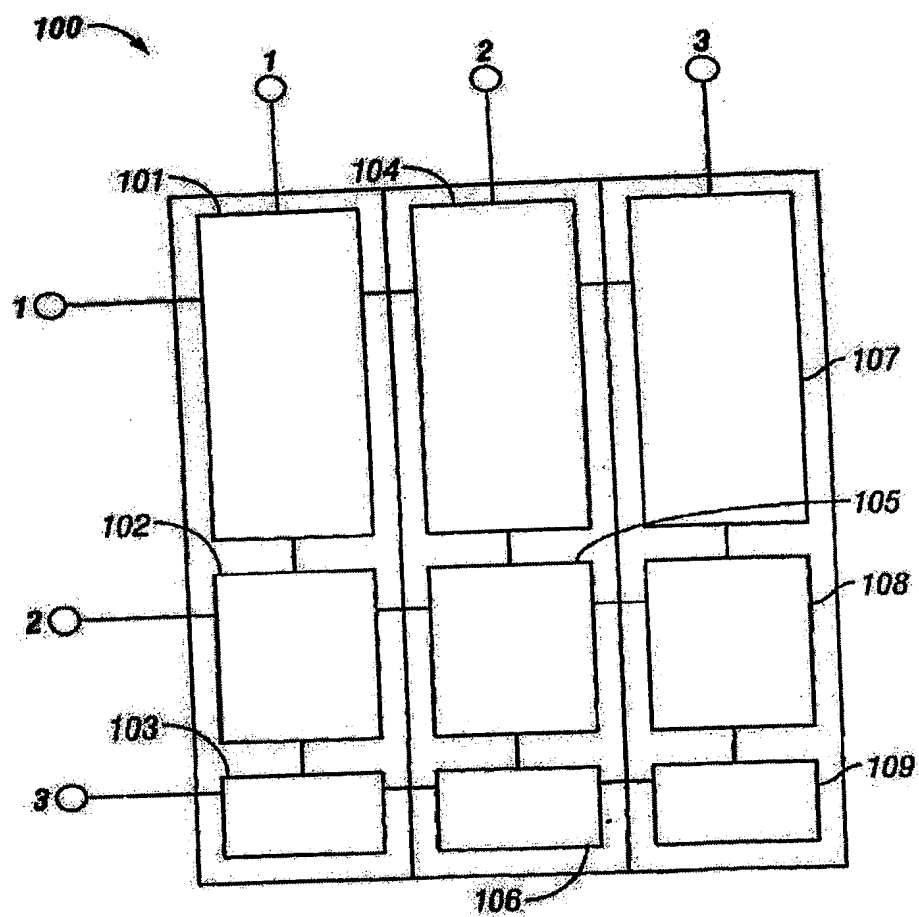


Figura 10

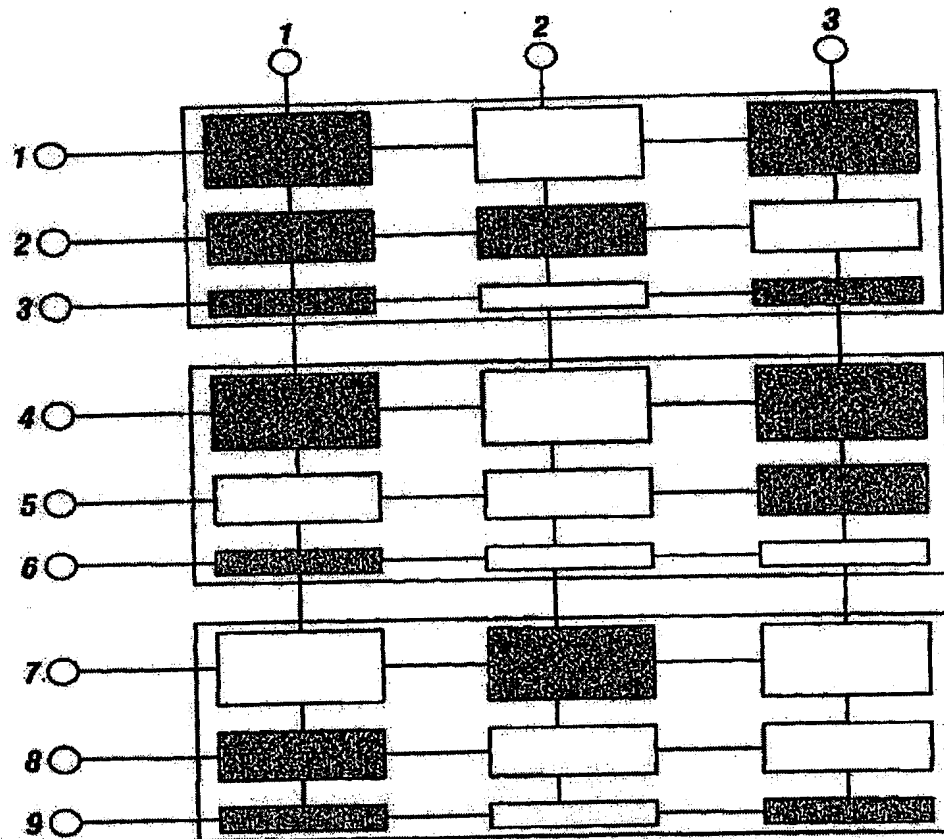
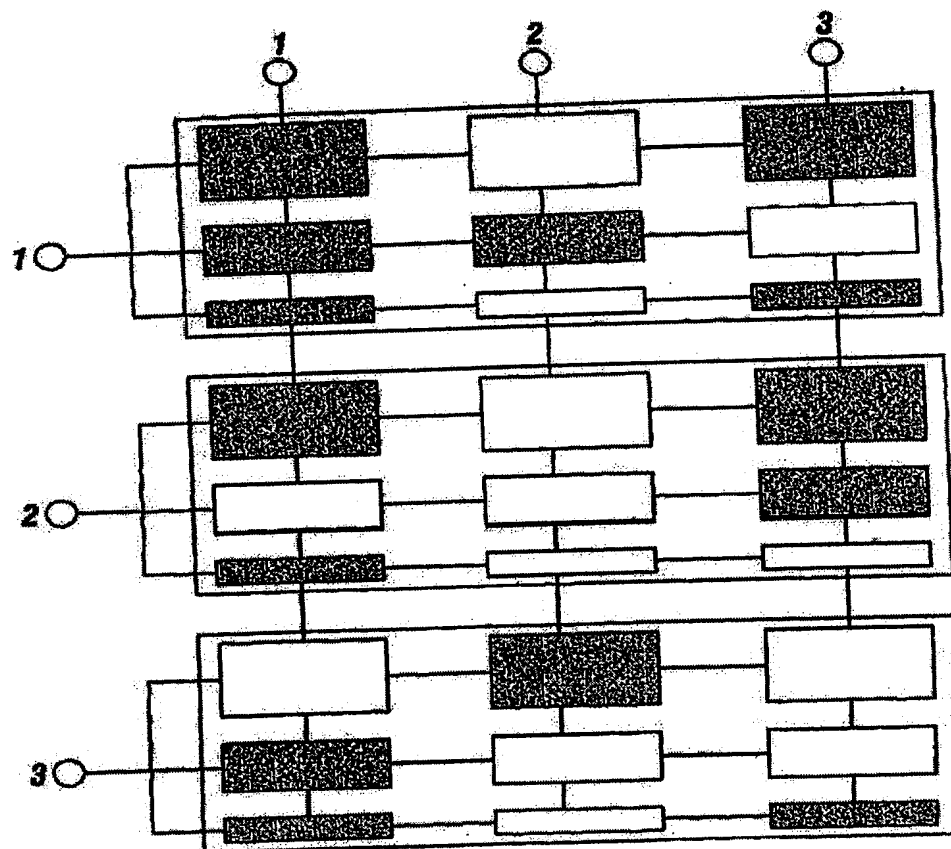


Figura 11

**Figura 12**

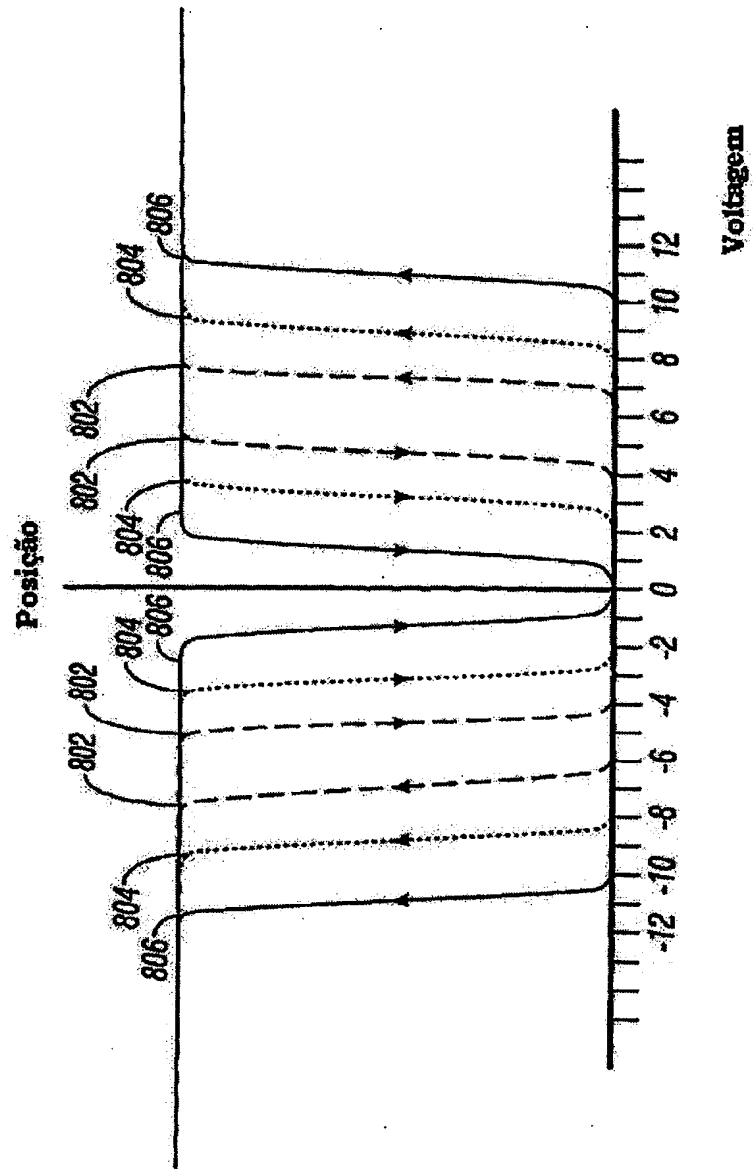


Figura 13

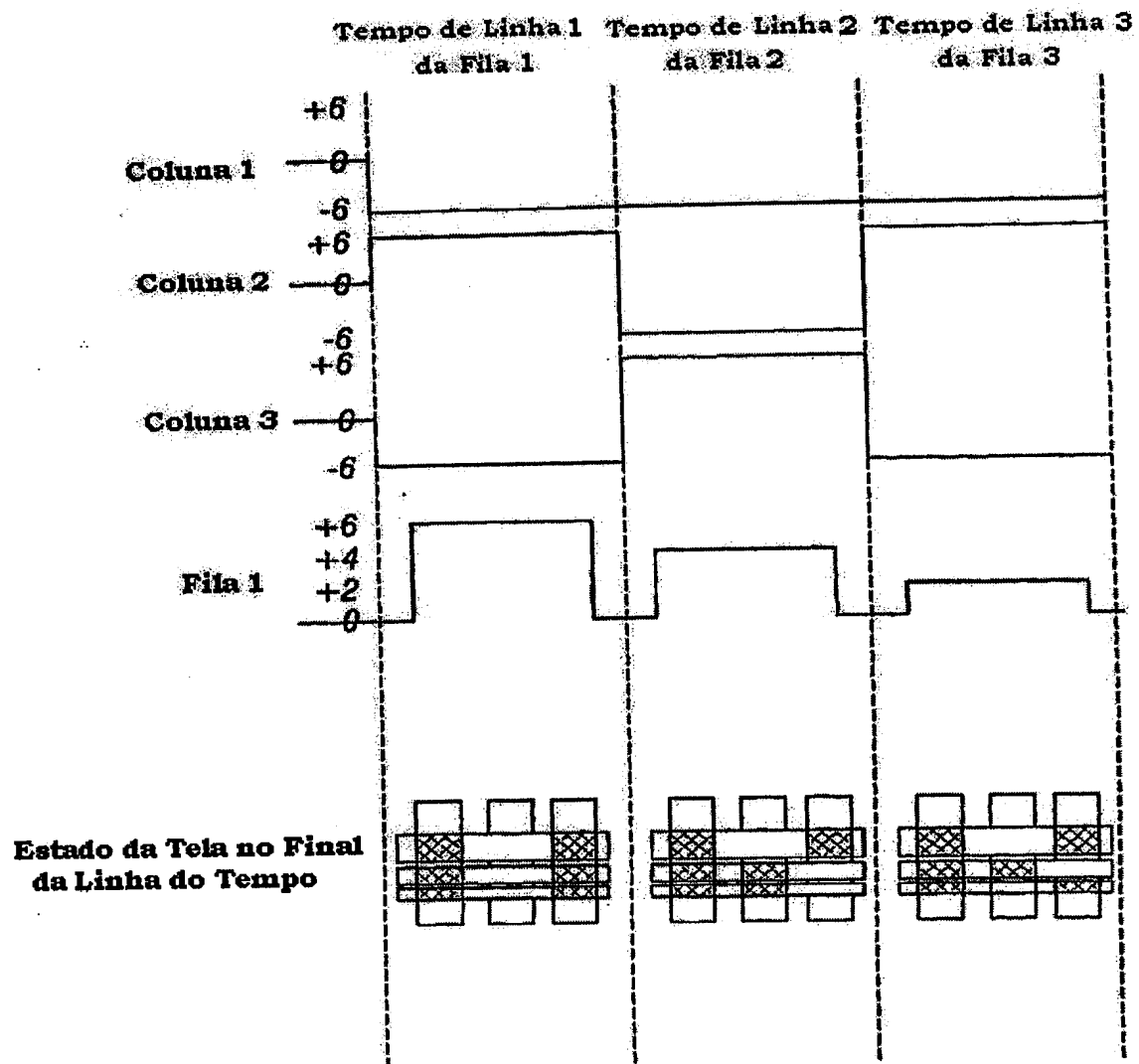
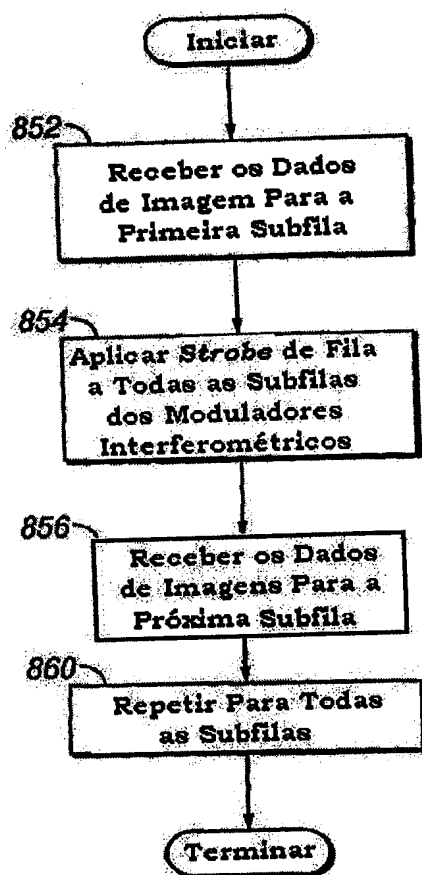
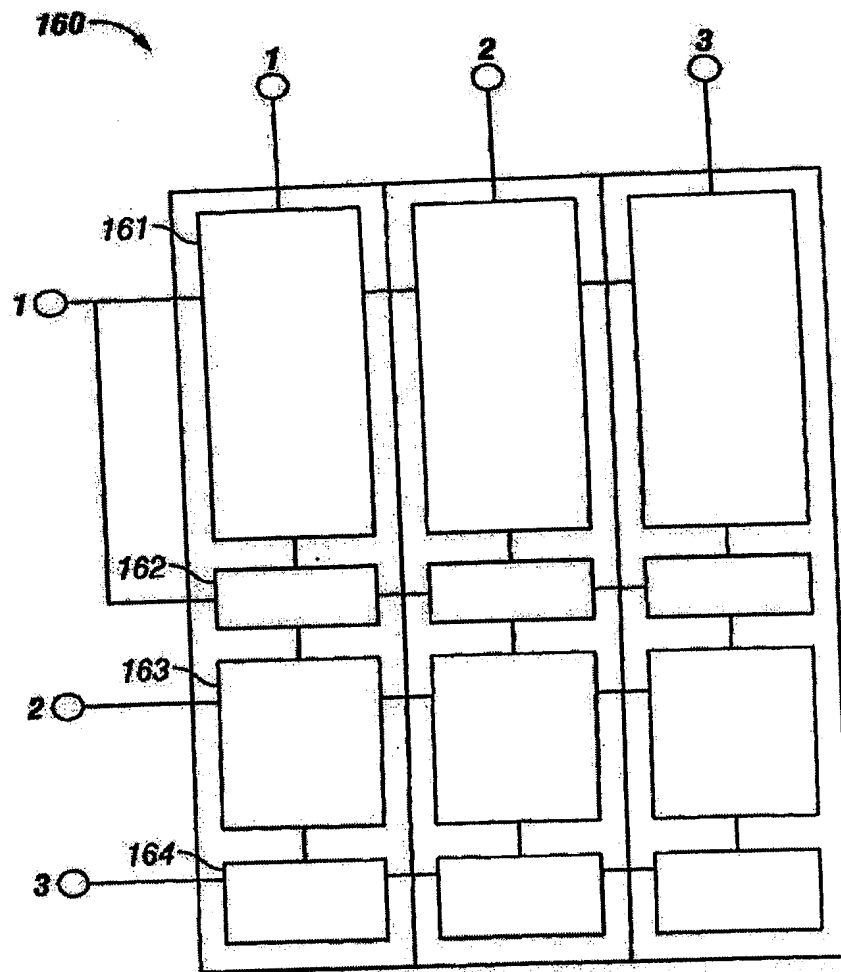


Figura 14

850 →

**Figura 15**

**Figura 16**

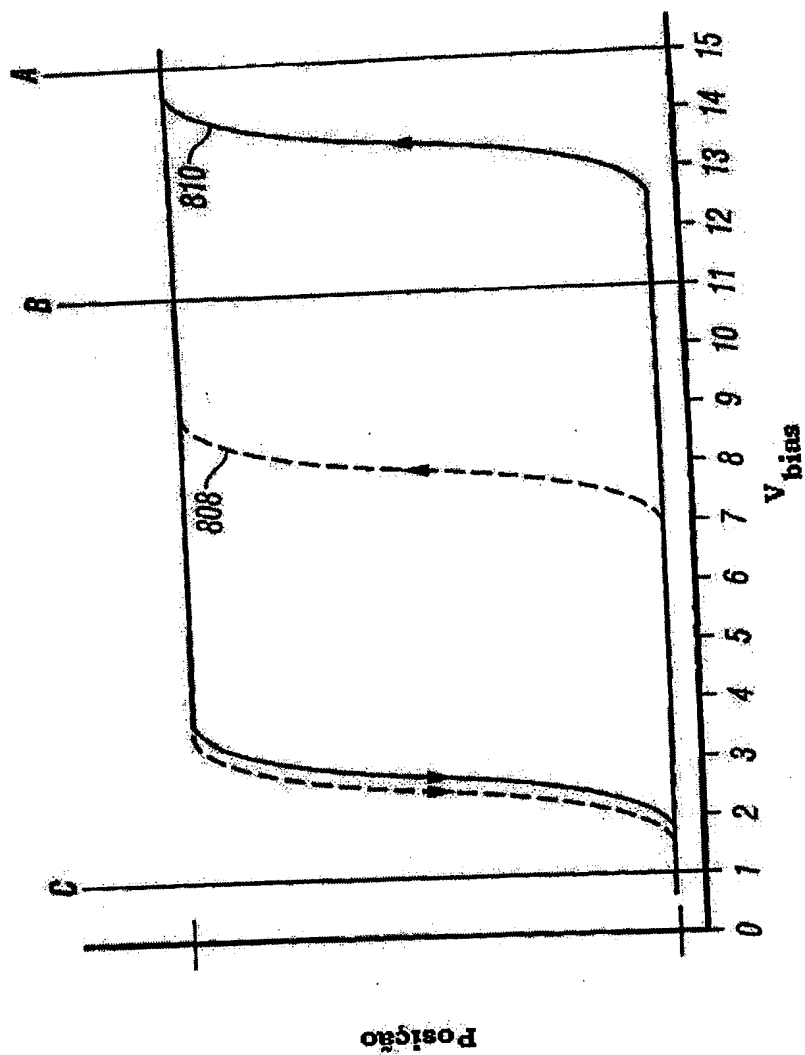


Figura 17

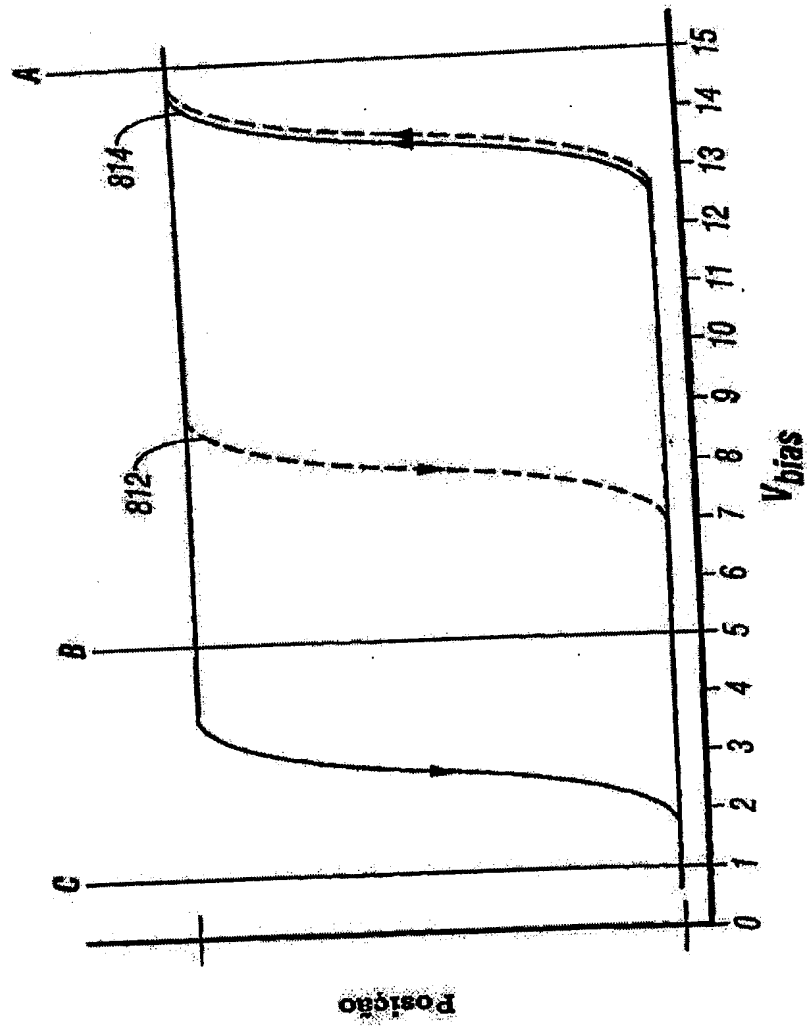


Figura 18

0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Figura 19

19/29

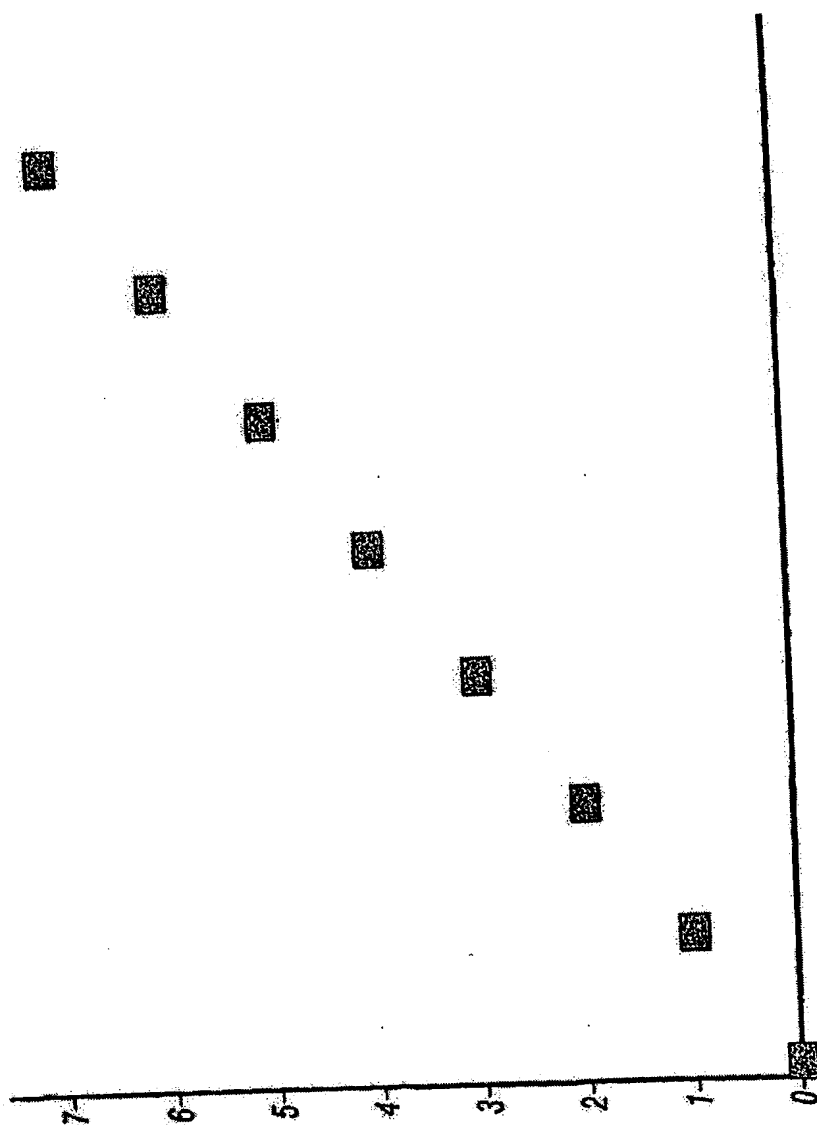


Figura 20

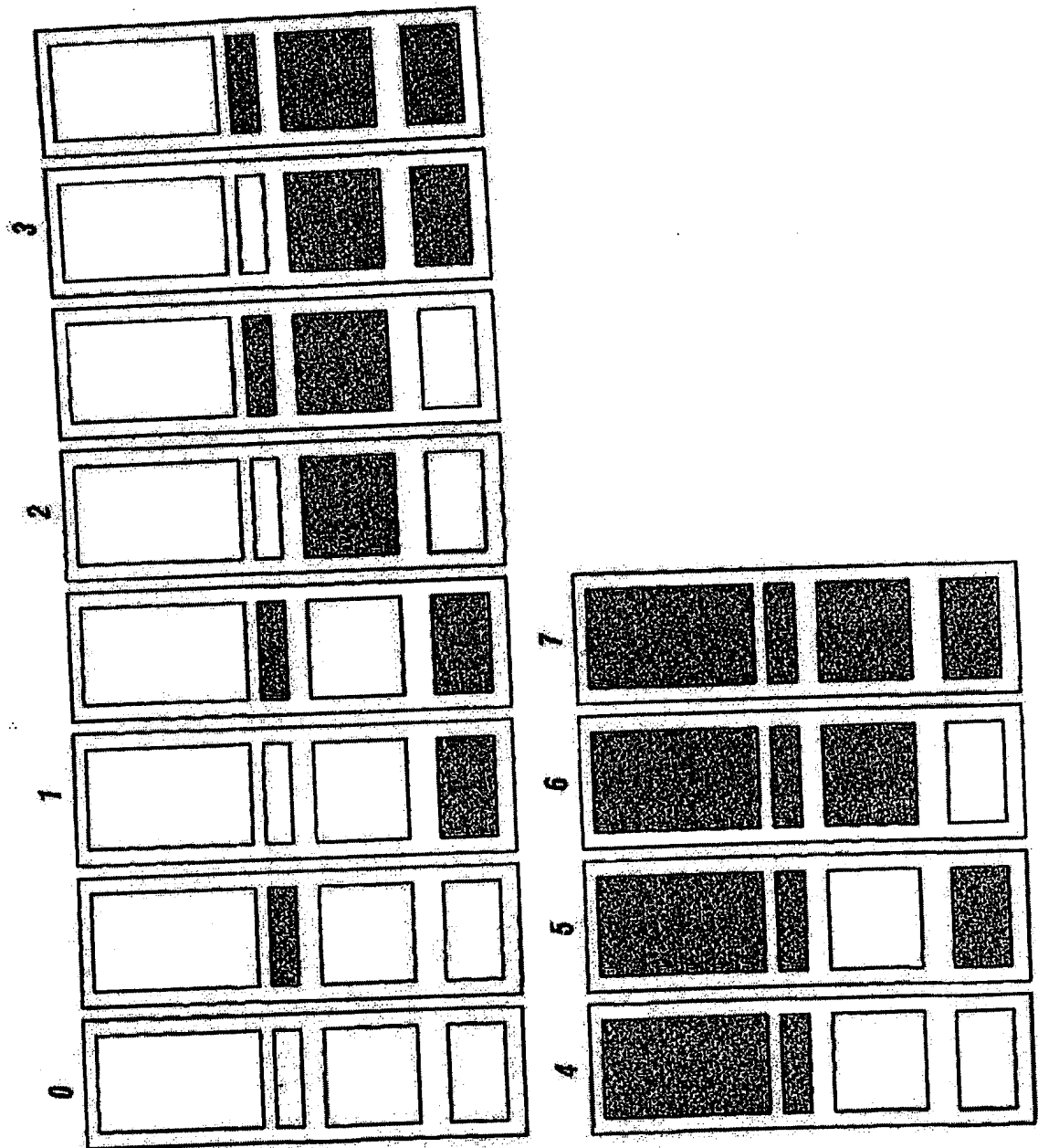


Figure 21

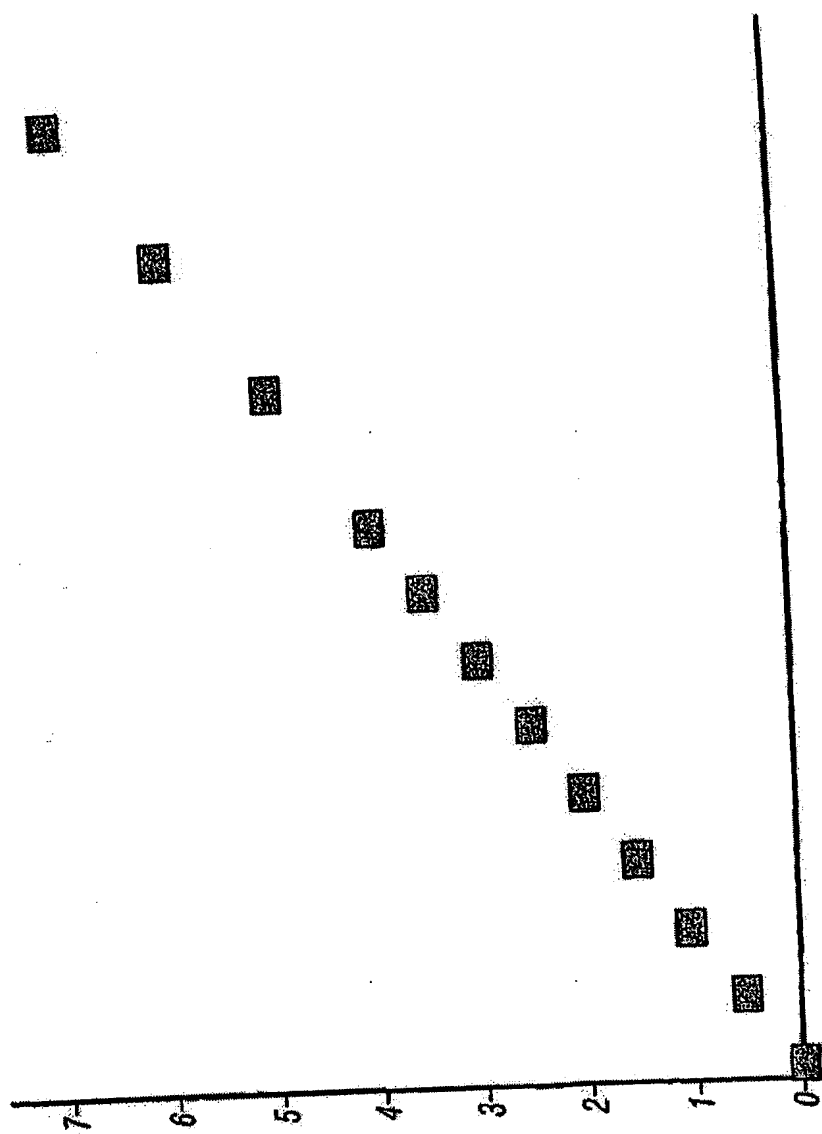
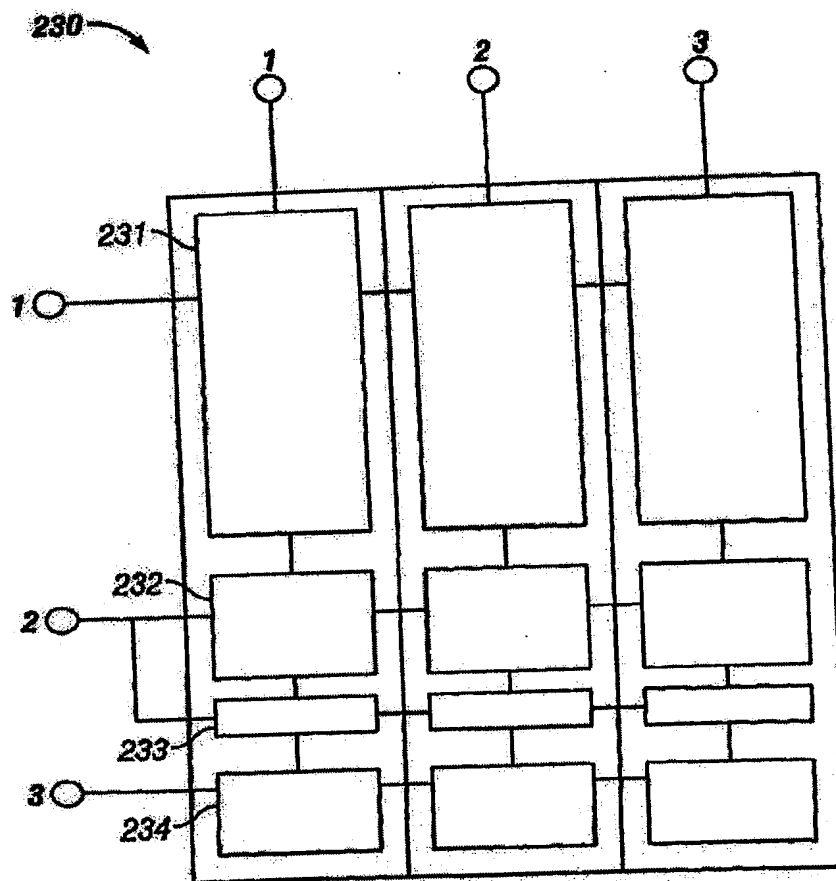


Figura 22

**Figura 23**

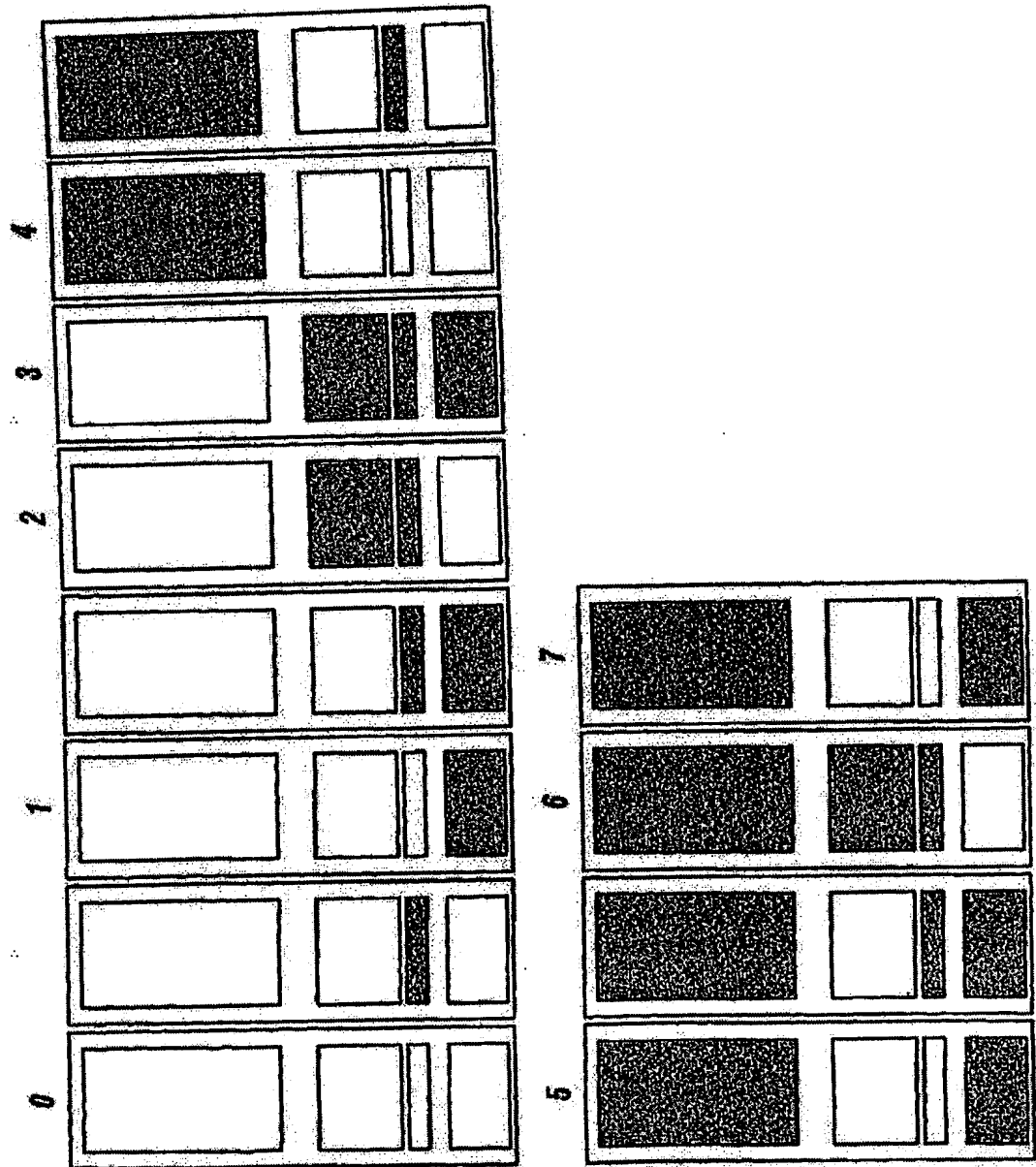
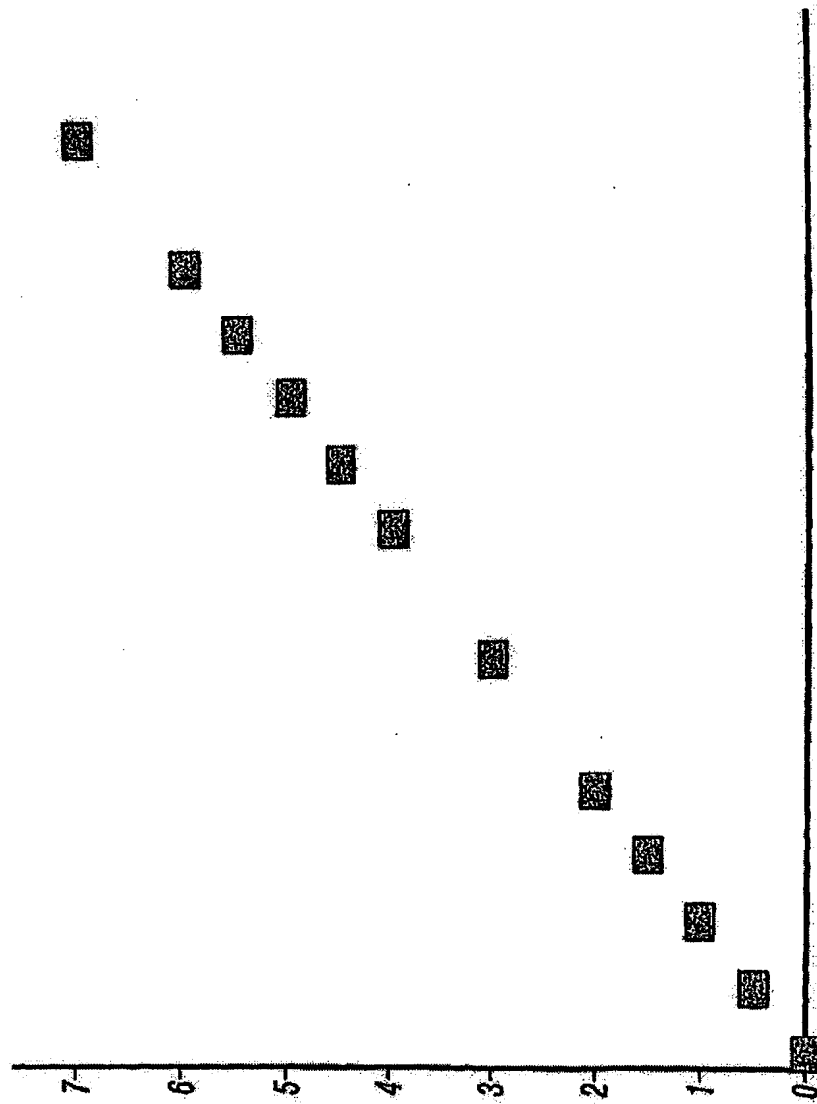
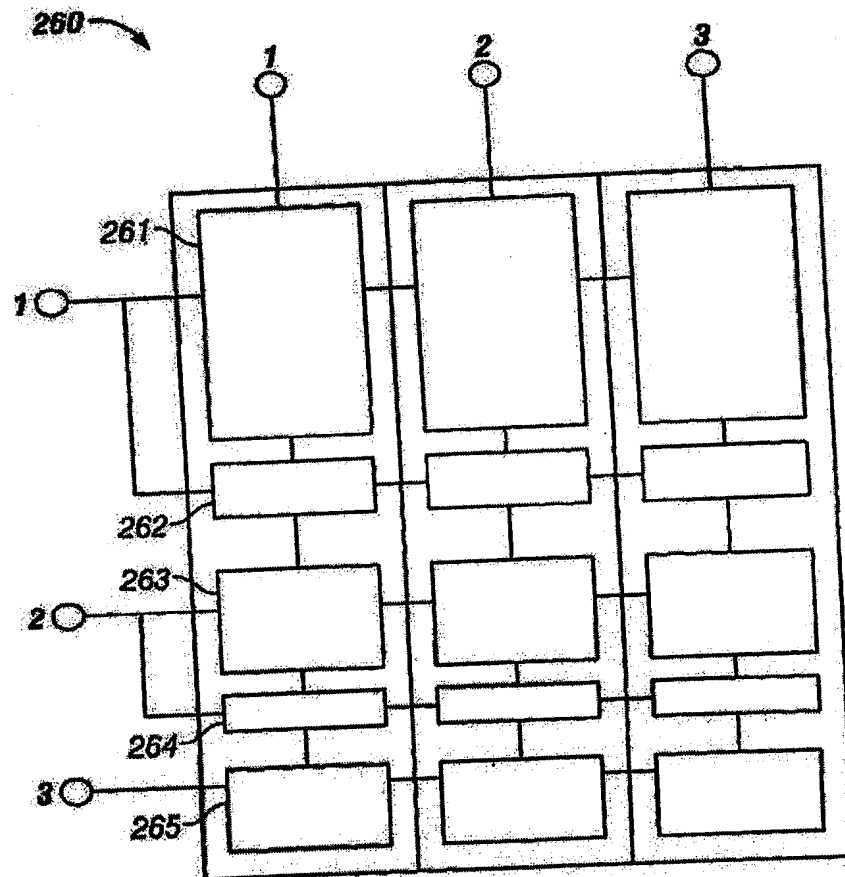


Figura 24

**Figura 25**

**Figura 26**

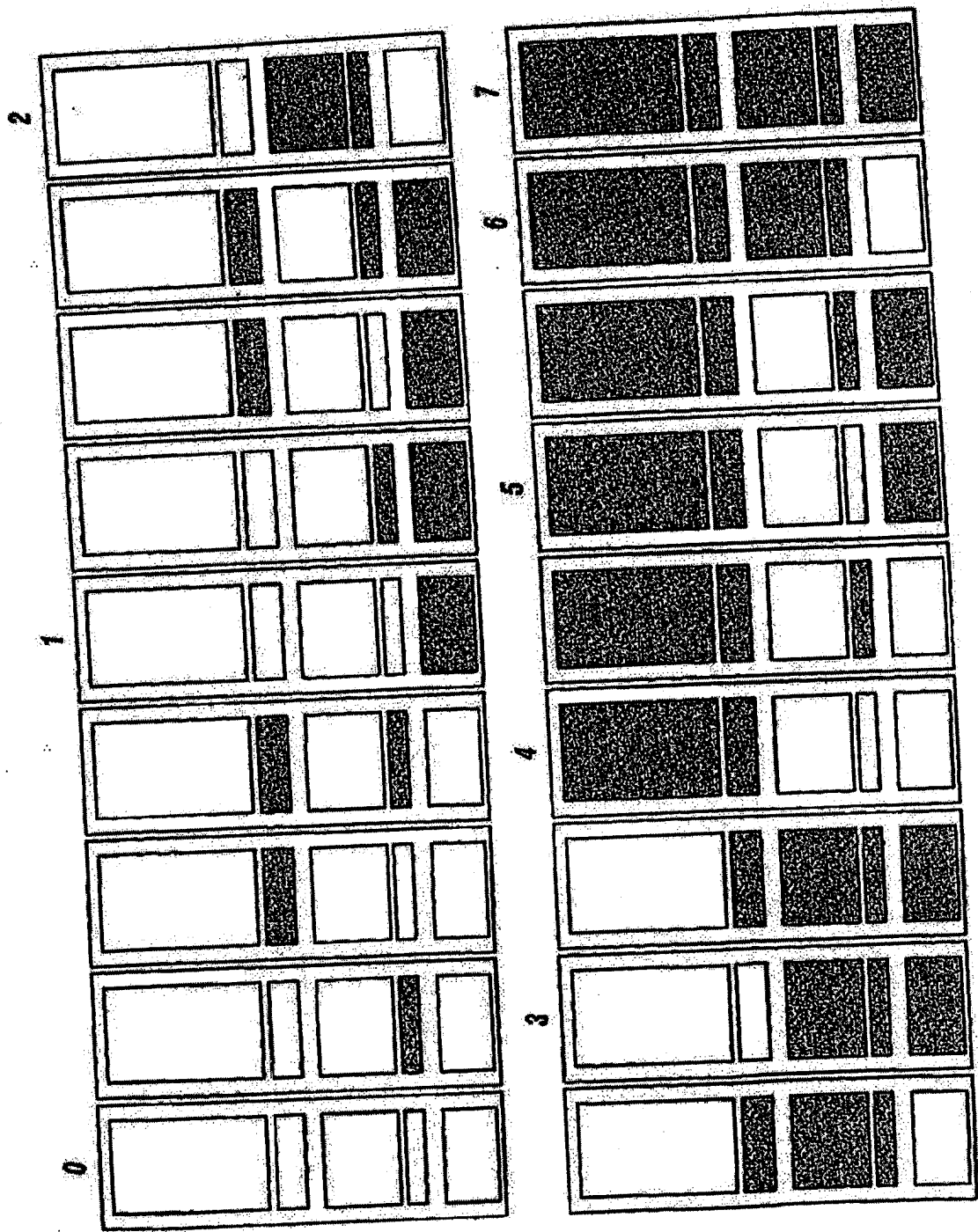


Figura 27

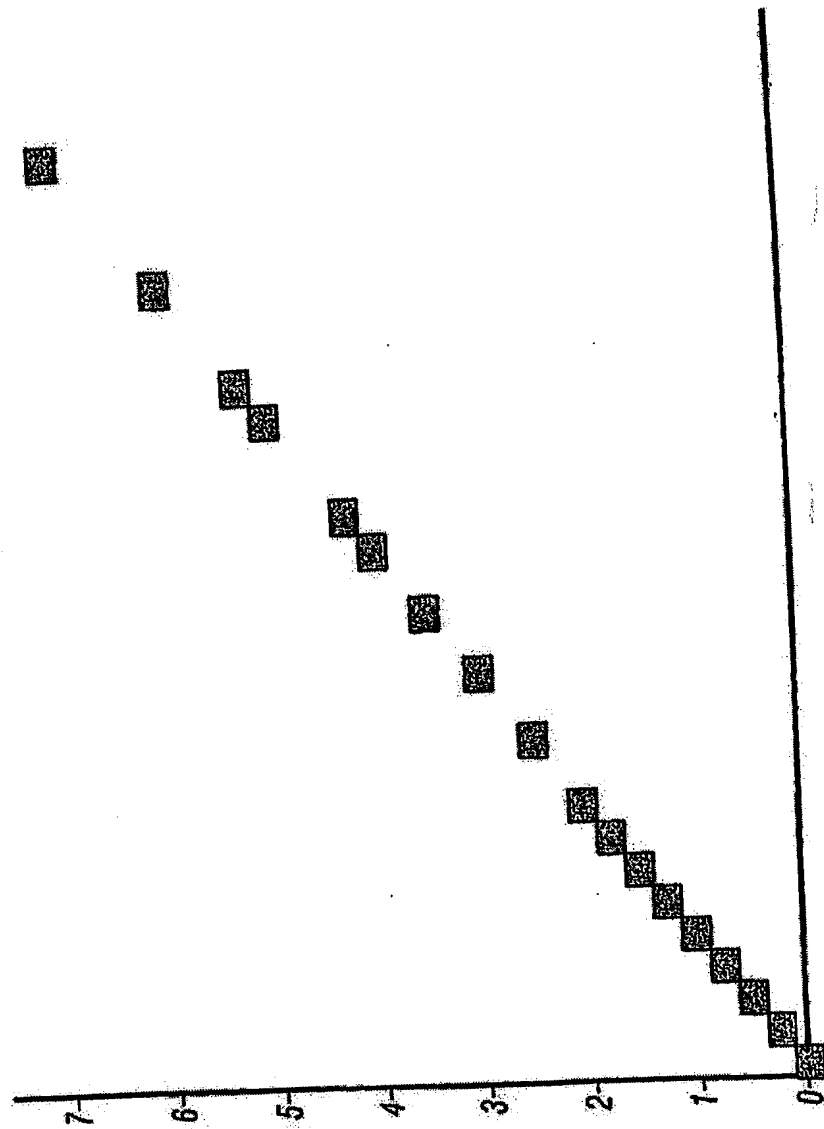
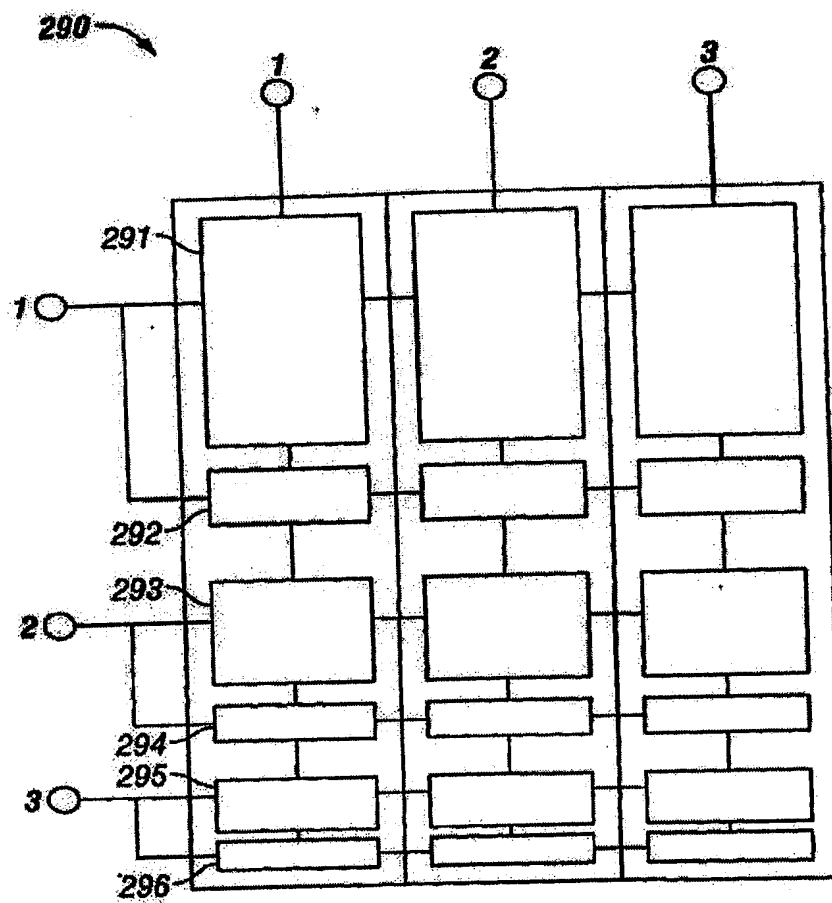


Figura 28

**Figura 29**

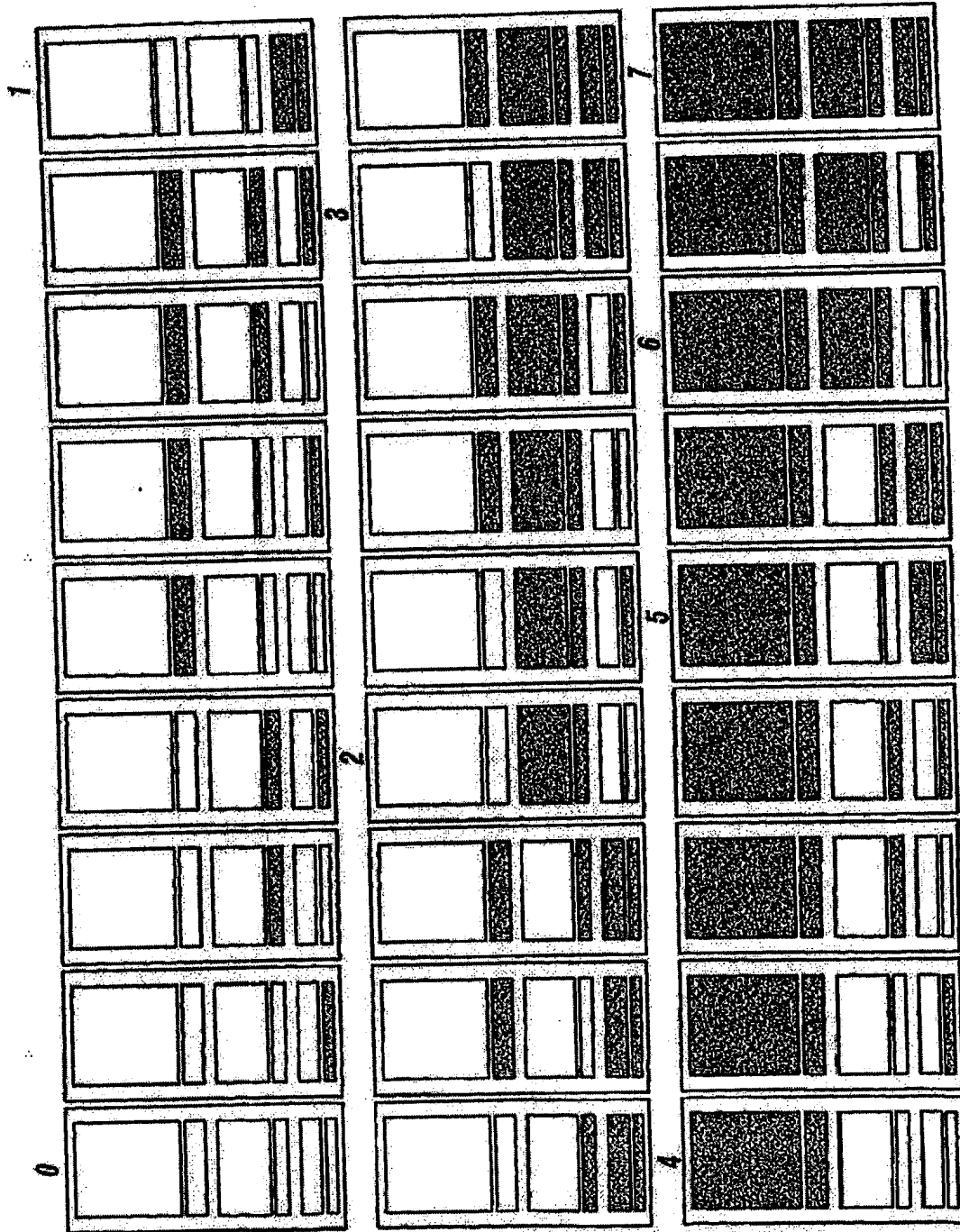


Figura 30

“Dispositivo Modulador de Luz”

Resumo

Um dispositivo modulador de luz inclui um primeiro canal elétrico, um segundo canal elétrico eletricamente isolado do primeiro canal, um primeiro elemento de tela e um segundo elemento de tela. O primeiro elemento de tela está num estado acionado, quando uma diferença de voltagem entre o primeiro canal e o segundo canal tem uma magnitude maior de que uma primeira voltagem de atuação e está num estado liberado, quando a diferença de voltagem tiver uma magnitude menor do que uma primeira voltagem de liberação. O segundo elemento de tela está num estado acionado, quando a diferença de voltagem tiver uma magnitude maior do que uma segunda voltagem de atuação e está num estado liberado, quando a diferença de voltagem tiver uma magnitude menor do que uma segunda voltagem de liberação. As voltagens de atuação são substancialmente iguais e as voltagens de liberação são diferentes ou as voltagens de atuação são diferentes e as voltagens de liberação são substancialmente iguais.