



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112015020009-5 B1

(22) Data do Depósito: 13/02/2014

(45) Data de Concessão: 07/02/2023

(54) Título: GERENCIAMENTO DE EXIBIÇÃO PARA VÍDEO DE ALTA GAMA DINÂMICA

(51) Int.Cl.: H04N 9/67; H04N 5/20; G06T 5/00; H04N 19/46; H04N 9/68.

(30) Prioridade Unionista: 09/04/2013 US 61/810,104; 21/02/2013 US 61/767,380.

(73) Titular(es): DOLBY LABORATORIES LICENSING CORPORATION.

(72) Inventor(es): ROBIN ATKINS; TIMO KUNKEL; THADDEUS BEIER; TAO CHEN.

(86) Pedido PCT: PCT US2014016304 de 13/02/2014

(87) Publicação PCT: WO 2014/130343 de 28/08/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 20/08/2015

(57) Resumo: GERENCIAMENTO DE EXIBIÇÃO PARA VÍDEO DE ALTA GAMA DINÂMICA. A presente invenção refere-se a um processador de gerenciamento de exibição, que recebe uma imagem com gama dinâmica otimizada, que vai ser exibida em um monitor-alvo, que tem uma gama dinâmica diferente de um monitor de referência. A imagem de entrada é primeiro transformada em um espaço colorido IPT corrigido perceptivamente. Uma função de mapeamento não linear gera um primeiro sinal mapeado por tom por mapeamento da intensidade do sinal de entrada da gama dinâmica de referência na gama dinâmica desejada. O componente de intensidade (I) do primeiro sinal mapeado é aparada para manter os detalhes, e a saturação dos componentes coloridos (P e T) é ajustada para gerar uma segunda imagem de saída mapeada por tom. Uma função de mapeamento de escala de cores é aplicada à segunda imagem de saída mapeada por tom, para gerar uma imagem adequada para exibição no monitor-alvo. O encadeamento de gerenciamento de exibição pode ser também adaptado para ajustar os componentes de intensidade e coloridos da imagem exibida, de acordo com os modos de exibição definidos especialmente.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**GERENCIAMENTO DE EXIBIÇÃO PARA VÍDEO DE ALTA GAMA DINÂMICA**".

Referência Cruzada a Pedidos de Patentes Relacionados

[0001] Este pedido de patente reivindica a prioridade do pedido de patente provisório U.S. 61/767.380, depositado em 21 de fevereiro de 2013, e ao pedido de patente provisório U.S. 61/810.104, depositado em 9 de abril de 2013, ambos sendo incorporados por referência nas suas totalidades no presente relatório descritivo.

Tecnologia

[0002] A presente invenção refere-se, de uma maneira geral, a imagens. Mais particularmente, uma concretização da presente invenção se refere ao processo de gerenciamento de exibição de imagens com gama dinâmica alta ou otimizada.

Antecedentes

[0003] Como usado no presente relatório descritivo, o termo "gama dinâmica" (DR) pode se relacionar a uma capacidade do sistema psicovisual humano (HVS) em perceber uma gama de intensidade (por exemplo, luminância, luma) em uma imagem, por exemplo, de pontos escuros mais pretos (pretos) a pontos claros mais claros (brancos). Nesse sentido, DR se refere a uma intensidade "referida à cena". DR pode também se relacionar à capacidade de um dispositivo de exibição em sintetizar adequada ou aproximadamente uma gama de intensidade de uma amplitude particular. Nesse sentido, DR se refere a uma intensidade "referida à exibição". A menos que um sentido particular seja especificado explicitamente para que tenha importância particular em qualquer ponto na presente descrição, deve-se supor que o termo possa ser usado em qualquer sentido, por exemplo, intercambiavelmente.

[0004] Como usado no presente relatório descritivo, o termo alta

gama dinâmica (HDR) se refere a uma amplitude de DR que abrange algumas das 14 - 15 ordens de grandeza do sistema visual humano (HVS). Por exemplo, seres humanos bem adaptados com sentidos essencialmente normais (por exemplo, em ou mais de um sentido estatístico, biométrico ou oftalmológico) tem uma gama de intensidade que abrange cerca de 15 ordens de grandeza. Os seres humanos adaptados podem perceber as fontes de luz dimerizadas de poucas como alguns fótons. Ainda, esses mesmos seres humanos podem perceber a intensidade brilhante quase que dolorosa do meio-dia no deserto, mar ou neve (ou mesmo em uma olhada no sol, embora, brevemente para impedir dano). Esse alcance é, no entanto, disponível aos seres humanos "adaptados", por exemplo, aqueles cujo HVS tem um período de tempo para restauração e ajuste.

[0005] Comparativamente, a DR, pela qual um ser humano pode simultaneamente perceber uma amplitude extensa em gama de intensidades, pode ser um pouco truncada, em relação à HDR. Como usado no presente relatório descritivo, os termos gama dinâmica otimizada (EDR) ou gama dinâmica visual (VDR) pode se referir individual ou intercambiavelmente à DR que é percebível simultaneamente por um HVS. Como usado no presente relatório descritivo, EDR pode se referir a uma DR que abrange 5 a 6 ordens de grandeza. Desse modo, ainda que talvez um pouco mais estreita, em relação à HDR referida de cena real, a EDR, não obstante, representa uma grande amplitude de DR.

[0006] Na prática, as imagens compreendem um ou mais componentes de cor (por exemplo, luma Y e croma Cb e Cr), em que cada componente de cor é representado por uma precisão de N bits por pixel (por exemplo, $N = 8$). As imagens nas quais $N \leq 8$ (por exemplo, imagens JPEG de 24 bits coloridas) são consideradas imagens de uma gama dinâmica padronizada, enquanto que as imagens nas quais $N > 8$ podem ser consideradas imagens de gama dinâmica otimizada.

As imagens de EDR e HDR podem ser também armazenadas e distribuídas usando formatos de pontos flutuantes de alta precisão (por exemplo, 16 bits), tal como o formato de arquivo OpenEXR, desenvolvido pela Industrial Light and Magic.

[0007] Até bem recentemente, os monitores tinham uma DR significativamente mais estreita do que a HDR. A televisão (TV) e o aparelho de monitor de computador, que usam tubo de raio catódico (CRT) típico, visor de cristal líquido (LCD) com iluminação de luz traseira branca fluorescente constante ou tecnologia de tela de plasma, podem ser limitados nas suas capacidades de sintetização DR a aproximadamente três ordens de grandeza. Esses monitores convencionais tipificam, desse modo, uma baixa gama dinâmica (LDR), também referida como uma gama dinâmica padronizada (SDR), em relação à HDR ou EDR.

[0008] A maior parte dos monitores de computadores de mesa de consumidores suportam uma luminância de 200 a 300 cd/m^2 ou nits. As HDTVs da maior parte dos consumidores variam de 300 a 1.000 cd/m^2 . Na medida em que a disponibilidade do conteúdo de EDR cresce, devido aos avanços em ambos o equipamento de captura (por exemplo, câmeras) e monitores EDR (por exemplo, o monitor de referência profissional PRM-4200 da Dolby), o conteúdo de EDR pode ter a cor graduada nos monitores EDR que suportam várias gamas dinâmicas (por exemplo, de 1.000 nits a 5.000 nits ou mais). De modo similar, o conteúdo de EDR pode ser exibido em ambos os monitores SDR e monitores EDR com diferentes gamas dinâmicas do que o monitor usado para gradação de cor do conteúdo original. Como podem considerar os inventores nesse ponto, técnicas aperfeiçoadas para o gerenciamento de exibição de imagens EDR em monitores HDR são desejáveis para ambas uma compatibilidade de retorno e uma experiência imersiva superior.

[0009] As abordagens descritas nessa seção são abordagens que podem ser perseguidas, mas não necessariamente abordagens que tenham sido previamente elaboradas ou buscadas. Portanto, a menos que indicado de outro modo, não se deve considerar que quaisquer das abordagens descritas nesta seção se qualificam como técnica anterior meramente em virtude da inclusão delas nesta seção. De modo similar, os aspectos identificados com relação a uma ou mais abordagens foram reconhecidos como técnica anterior com base nesta seção, a menos que indicado de outro modo.

Breve Descrição dos Desenhos

[0010] Uma concretização da presente invenção é ilustrada por meio de exemplo, e não por meio de limitação, nas figuras dos desenhos em anexo, e nos quais os números de referência similares se referem a elementos similares, e em que:

[0011] as Figuras 1A - 1C ilustram processos exemplificativos para o gerenciamento de exibição de imagens EDR, de acordo com as concretizações da presente invenção;

[0012] a Figura 2 ilustra um processo exemplificativo para conversão de dados EDR de entrada de um espaço colorido RGB no espaço IPT-PQ, de acordo com uma concretização da presente invenção;

[0013] a Figura 3 ilustra um exemplo de uma função dinâmica de mapeamento não linear para imagens EDR de acordo com uma concretização da presente invenção;

[0014] a Figura 4 ilustra um processo exemplificativo para ajuste de saturação dos componentes de cor P e T em uma imagem IPT-PQ mapeada por tom, de acordo com uma concretização da presente invenção;

[0015] a Figura 5 ilustra funções de mapeamento exemplificativas para remapeamento de croma, de acordo com as possíveis concretizações da presente invenção; e

[0016] a Figura 6 ilustra uma implementação exemplificativa de preservação de detalhes em escalas múltiplas, de acordo com uma concretização da presente invenção.

Descrição de Concretizações Exemplificativas

[0017] O gerenciamento eficiente de exibição (por exemplo, mapeamento de tons e escala de cores) de imagens de gama dinâmica otimizada (EDR) é descrito no presente relatório descritivo. Na descrição apresentada a seguir, para fins explicativos, vários detalhes específicos são apresentados para proporcionar um entendimento completo da presente invenção. Vai ser evidente, no entanto, que a presente invenção possa ser praticada sem esses detalhes específicos. Em outros casos, estruturas e dispositivos bem conhecidos não são descritos detalhadamente, para evitar, desnecessariamente, oclusão, obscurecimento ou confusão da presente invenção.

Visão Geral

[0018] As concretizações exemplificativas descritas no presente relatório descritivo se referem ao gerenciamento de exibição eficiente de imagens EDR. Um processador de gerenciamento de exibição recebe uma imagem de entrada com gama dinâmica otimizada, para que seja exibida em um monitor desejado, que tem uma gama dinâmica diferente do que um monitor de referência. A imagem de entrada é primeiro transformada de um espaço colorido de entrada (por exemplo, RGB) em um espaço colorido IPT corrigido perceptivamente (IPT-PQ). Uma função de mapeamento não linear gera um primeiro sinal mapeado por tom por meio de mapeamento da intensidade do sinal de entrada da gama dinâmica de referência na gama dinâmica desejada. O componente de intensidade (I) do primeiro sinal mapeado por tom é estimulado a manter os detalhes usando mapeamento não estimulado, e a saturação dos componentes coloridos (P e T) é ajustada adequadamente para gerar uma segunda imagem de saída mapeada por tom.

Uma função de mapeamento de escala de cores pode ser aplicada à segunda imagem de saída mapeada por tom, para gerar uma imagem adequada para exibição no monitor desejado. O encadeamento de gerenciamento de exibição pode ser também adaptado para ajustar os componentes de intensidade e coloridos da imagem exibida, de acordo com os modos de exibição especialmente definidos.

[0019] Nos casos nos quais a imagem de entrada é recebida em um formato de cor, no qual os componentes cromáticos estão em uma resolução espacial mais baixa do que a resolução de luma, então, nas concretizações exemplificativas, o processo de gerenciamento de exibição pode ser dividido em duas rotas, que podem ser executadas em paralelo. Uma rota opera em todos os componentes coloridos, mas na resolução mais baixa dos componentes cromáticos da imagem de entrada, enquanto que a segunda rota opera em dados relativos apenas à luminância, mas na resolução original (integral) do componente de luma.

Encadeamento de Processamento de Gerenciamento de Exibição Exemplificativo

[0020] A Figura 1A ilustra um processo exemplificativo para o gerenciamento de exibição de imagens EDR (também referidas como imagens HDR), de acordo com uma concretização da presente invenção. Como ilustrado na Figura 1A, um processador de vídeo (por exemplo, um decodificador, um monitor de imagem ou outro processador de imagem adequado) recebe a imagem EDR 102 e, opcionalmente, metadados associados 104 e 106. A imagem EDR 102 pode compreender parte de um quadro ou de um quadro integral de uma sequência de imagens, tal como um sinal de vídeo EDR. Como usado no presente relatório descritivo, o termo "metadados" se refere a quaisquer informações auxiliares, que são transmitidas como parte do fluxo de bits codificado e auxiliar que um decodificador sintetize uma

imagem decodificada. Esses metadados podem incluir, mas não são limitados a, informações de espaços coloridos ou de escalas de cores, parâmetros de exibição de referência, e parâmetros de sinais auxiliares, como aqueles descritos no presente relatório descritivo.

[0021] A imagem EDR 102 recebida pode ser em um formato de cores RGB ou em qualquer outro espaço de cores, tais como YCbCr, XYZ e assemelhados. A imagem recebida pode ter sido graduada em cor em um monitor EDR de referência, que pode ter diferentes gama dinâmica e características de escala de cores do que um monitor de exibição desejado. Como usado no presente relatório descritivo, o "gradação de cor" denota o processo de ajuste da cor de uma imagem ou vídeo, para corrigir artefatos coloridos e/ou combinar com a intenção do diretor.

[0022] A entrada EDR 102 pode também incluir metadados de exibição de fonte 104, relativos à exibição usada para gradação de cor da imagem, durante produção do programa. Por exemplo, esses metadados podem incluir a função de transferência eletro-óptica (EOTF), como definida pela Recomendação ITU-R BT.1866 (03/2011). A entrada EDR pode também incluir exibição de fonte adicional e metadados de conteúdo 106, tais como os brilhos mínimo e máximo da exibição de fonte ou de referência, os tons intermediários máximo, mínimo e médio dos dados, e a intensidade de luz ambiente durante gradação de cor. Por exemplo, os metadados para um monitor de referência podem incluir os seguintes parâmetros exemplificativos usados em produção:

Brilho mínimo do monitor de fonte, $S_{min} = 0,005$ nits;

Brilho máximo do monitor de fonte, $S_{max} = 4.000$ nits;

Luz ambiente, $S_{amb} = 10$ nits;

Gama, $S_{gamma} = 2,4$; e

Espaço colorido = DCI P3, Ponto branco = D65;

[0023] Os metadados para o monitor de referência precisam ser, tipicamente, transmitidos apenas uma vez; embora, os metadados para os dados de vídeo possam ser transmitidos em uma base por quadro, em uma base por cena, ou quando houver uma variação. Se não houver quaisquer metadados relacionados ao conteúdo de fonte, então, em algumas concretizações, esses dados podem ser extraídos por análise do conteúdo de vídeo de fonte.

O espaço colorido IPT-PQ

[0024] Em uma concretização preferida, o encadeamento de processamento é executado no que vai ser referido como o espaço colorido IPT-PQ; embora, etapas de processamento similares possam ser executadas em outros espaços coloridos, tais como RGB, YCbCr, XYZ, CIE-Lab E assemelhados. IPT, como descrito em "Development and testing of a color space (ipt) with improved hue uniformity", por F. Ebner e M.D. Fairchild, em Proc. 6th Color Imaging Conference: Color Science, Systems, and Applications, IS&T, Scottsdale, Arizona, Nov. 1998, pág. 8-13 (a ser referido como o artigo de Ebner), que é incorporado no presente relatório descritivo por referência na sua totalidade, é um modelo da diferença de cor entre os cones no sistema visual humano. Nesse sentido, é como os espaços coloridos YCbCr ou CIE-Lab; embora, tenha sido mostrado em alguns estudos científicos de como melhor imitar o processamento visual humano do que esses espaços. Como CIE-Lab, IPT é um espaço normalizado a alguma luminância de referência. Em uma concretização, a normalização é baseada na luminância máxima da exibição desejada.

[0025] O termo "PQ", como usado no presente relatório descritivo, se refere à quantização perceptiva. O sistema visual humano responde ao aumento dos níveis de luz em um modo muito não linear. Uma capacidade humana de perceber um estímulo é afetada pela luminância desse estímulo, pelo grau do estímulo, pela ou pelas frequências es-

paciais constituintes do estímulo, e pelo nível de luminância que os olhos adaptaram ao momento particular de visualização do estímulo. Em uma concretização preferida, uma função de quantificação perceptiva mapeia os níveis de cinza de entrada linear, para transmitir níveis de cinza que melhor se associam com os limiares de sensibilidade de contraste no sistema visual humano. Os exemplos das funções de mapeamento PQ são descritas no pedido de patente PCT PCT/US2012/068212 (a ser referido como o pedido de patente 212) intitulado "Perceptual luminance nonlinearity-based image data exchange across different display capabilities," por J. S. Miller et al., depositado em 6 de dezembro de 2012, e incorporado no presente relatório descritivo por referência na sua totalidade, em que um grau de estímulo fixo, para cada nível de luminância (isto é, o nível de estímulo), uma etapa de contraste visível mínimo, nesse nível de luminância, é selecionado de acordo com o nível de adaptação mais sensível e à frequência espacial mais sensível (de acordo com os modelos HVS). Em comparação com a curva gama tradicional, que representa a curva de resposta de um tubo de raios catódicos (CRT) físico, e pode ter, coincidentemente, uma similaridade muito ligeira com o modo pelo qual o sistema visual humano responde, uma curva PQ, como determinado pelo pedido de patente '212, imita a resposta visual real do sistema visual humano, usando um modelo funcional relativamente simples.

[0026] A tabela 1 descreve o cálculo da Curva Perceptiva EOTF, para converter valores de códigos de vídeo digitais em nível de luminância linear absoluta, em um ponto da exibição. Também é incluído o cálculo OETF inverso, para converter luminância linear absoluta em valores de códigos digitais.

Tabela 1

Definições das equações exemplificativas:

D = valor de código digital de curva perceptiva, número inteiro sem sinal legal SDI, 10 ou 12 bits

b = número de bits por componente na representação de sinais digitais, 10 ou 12

V = valor do sinal da curva perceptiva normalizada, $0 \leq V \leq 1$

Y = valor de luminância normalizada, $0 \leq Y \leq 1$

L = valor de luminância absoluta, $0 \leq L \leq 10,000 \text{ cd/m}^2$

Equações de decodificação EOFT exemplificativas:

$$V = \frac{D - 4 \cdot 2^{b-10}}{1015 \cdot 2^{b-10}}$$

$$Y = \left(\frac{\max[(V^{1/m} - c_1), 0]}{c_2 - c_1 V^{1/m}} \right)^{1/n} \quad (t1)$$

$$L = 10,000 \cdot Y$$

Equações de decodificação EOFT exemplificativas:

$$Y = \frac{L}{10,000}$$

$$V = \left(\frac{c_1 + c_2 Y^n}{1 + c_2 Y^n} \right)^m \quad (t2)$$

$$D = INT(1015 \cdot V \cdot 2^{b-10}) + 4 \cdot 2^{b-10} \quad (t3)$$

Constantes exemplificativas:

$$n = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} \approx 0.15930176$$

$$m = \frac{2523}{4096} \times 128 = 78.84375$$

$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} = 0.8359375$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 = 18.8515625$$

$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 = 18.6875$$

Notas:

1. O operador INT retorna o valor de 0 para as partes fracionárias na faixa de 0 a 0,4999... e +1 para as partes fracionárias na faixa de 0,5 a 0,9999..., isto é, giram em frações acima de 0,5.
2. Todas as constantes são definidas como múltiplos exatos de números racionais de 12 bits, para evitar as preocupações de arredondamento.
3. Os componentes de sinais R, G ou B vão ser computados do mesmo modo que o componente de sinal Y descrito acima.

[0027] A Figura 2 ilustra, em mais detalhes, um processo exemplificativo para a etapa de conversão de cor 110, de acordo com uma concretização. Como ilustrado na Figura 2, supondo um sinal EDR de entrada 102, que está em um primeiro espaço colorido (por exemplo, RGB), a etapa de transformação de espaço colorido 110 o traduz em um sinal 112 no espaço colorido IPT corrigido perceptivamente (IPT-PQ). Essa transformação de cor pode compreender as seguintes etapas:

a) (Etapa 210) Normalizar os valores de pixels do sinal de entrada 102 (por exemplo, 0 a 4.095) em valores de pixels com uma gama dinâmica entre 0 e 1.

b) (Etapa 215) Usar a EOFT (proporcionada pelos metadados - 104 - para reverter ou desfazer a conversão de exibição de fonte de valores de códigos em luminância. Por exemplo, se o sinal de entrada for codificado com gama, então, essa etapa aplica uma função de gama inversa. Se o sinal de entrada for codificado por PQ, de acordo com o pedido de patente PCT 212, então, essa etapa aplica uma função PQ inversa. Na prática, a etapa de normalização 21 e a codificação não linear inversa 215 pode ser executada por uso de tabelas de verificação unidimensionais pré-computadas (LUTs).

c) (Etapa 220) Converter a saída da etapa b) no espaço colorido LMS.

d) (Etapa 225) De acordo com o artigo de Ebner, a conversão de espaço colorido LMS em IPT tradicional compreende aplicar primeiro uma função de potência não linear aos dados LMS, e depois aplicar uma matriz de transformação linear. Ainda que se possa transformar os dados de LMS em IPT, e depois aplicar a função PQ para ficar no domínio IPT-PQ, em uma concretização preferida, na etapa 225 a função de potência tradicional para uma codificação não linear de LMS em IPT é substituída pela codificação não linear PQ. Por exemplo, os valores L, M e S não lineares são computados do mesmo modo que o sinal V na equação (t2), na qual o sinal Y é substituído pelos valores dos componentes L, M ou S lineares 222. Em algumas concretizações, uma versão normalizada de codificação PQ pode ser usada, em que a etapa da equação (t3) pode ser omitida e a gama de valores PQ de saída é entre 0 e 1.

e) (Etapa 230) Usando uma transformação linear LMS em IPT padronizada, a etapa 230 completa a conversão do sinal 222 no espaço colorido IPT.

f) (Etapa 235) Em algumas concretizações, o componente I da saída IPT-PQ pode ser também ajustado para considerar o efeito Helmholtz-Kohraush, com o que as cores saturadas parecem mais brilhantes do que uma cor branca com o mesmo valor de luminância. Supondo um pixel no espaço IPT, representado pelos valores I_i , P_i e T_i ,

fazer com que $CH_i = \sqrt{P_i^2 + T_i^2}$, então em uma concretização, a saída I' da etapa 235 pode ser expressa como:

$$I'_i = I_i + 0.202 CH_i \quad (1)$$

[0028] A gama do sinal IPT-PQ de saída 112 é de 0 a 1 para o componente I (correspondente a uma gama dinâmica entre 0 - 10.000 nits) e entre -1 e 1 para os componentes P e T.

[0029] Em algumas concretizações, o encadeamento de transfor-

mação de cores completo (por exemplo, 110) pode ser computado usando um LUT 3D.

Mapeamento de Tons

[0030] Após a etapa de transformação de cores 110, a intensidade (i) do sinal 112 precisa ser mapeada para adequação às limitações do monitor-alvo. A Figura 3 ilustra um exemplo de uma função de mapeamento não linear 320, computada de acordo com uma concretização (por exemplo, etapa 115). O monitor-alvo pode ser um monitor EDR ou um monitor SDR. Se o monitor-alvo tiver as mesmas características que o monitor de produção de referência (ou de fonte), usado para processar (por exemplo, o grau de cor) da entrada 102, então nenhuma transformação é necessária. Esse mapeamento linear um para um é ilustrado na Figura 3 por mapeamento linear 310; no entanto, se o monitor-alvo tiver uma gama dinâmica, que é inferior ou superior à gama dinâmica do monitor de produção de referência, então, a etapa de processamento 115 vai mapear a gama dinâmica do sinal de entrada na gama dinâmica do monitor-alvo.

[0031] Na Figura 3, estabelecer que os limites 305-1 e 305-2 ilustram os níveis de brilho mínimo e máximo do sinal de entrada (Entrada EDR). Estabelecer também que 307-1 e 307-2 ilustrem os níveis de brilho mínimo e máximo do monitor-alvo.

[0032] Considerar uma entrada para o mapeamento de gama dinâmica de monitor de referência ilustrada pela função 320, a saída do mapeamento não linear (por exemplo, 320) se ajusta melhor dentro das limitações da gama dinâmica (por exemplo, 307-1 e 307-2) do monitor-alvo. Uma transformação de mapeamento não linear é descrita por A. Ballestad et al, no pedido de patente PCT com a identificação PCT/US2012/029189, depositado em 15 de março de 2012, intitulado "Method and apparatus for image data transformation", que é incorporado no presente relatório descritivo por referência na sua totalidade.

[0033] De acordo com o pedido de patente PCT 189 de Ballestad, uma função de transferência exemplificativa para mapeamento não linear 115 pode ser denotada como:

$$Y_{out} = \left(\frac{C_1 + C_2 Y_{in}^n}{1 + C_3 Y_{in}^m} \right)^m, \quad (2)$$

em que C_1 , C_2 e C_3 são constantes, Y_{in} é o valor de entrada para um canal colorido (por exemplo, o canal I), Y_{out} é o valor de saída para o canal colorido, e n e m são parâmetros. Essa função de transferência é um exemplo de uma função de curva de tons sigmoide parametrizada. Os parâmetros C_1 , C_2 e C_3 são determinados com base na definição de três pontos de ancoragem (por exemplo, 325-1, 325-2 e 325-3), que são, por sua vez definidos com base nas características de brilho do monitor de referência (ou de fonte), que são tipicamente extraídas dos metadados de entrada 106, e das características de brilho do monitor-alvo, que já são tipicamente conhecidas do processador executando o processo de gerenciamento de exibição.

[0034] Em uma concretização exemplificativa, a etapa 120 pode computar os parâmetros da curva de tons da equação 2, como se segue:

a) Computar a relação de fonte para alvo, S2tratio.

[0035] Estabelecer T_{min} e T_{max} como denotando os brilhos mínimo e máximo da exibição-alvo, representada com codificação PQ. Considerar também S_{min} e S_{max} como denotando os brilhos mínimo e máximo da exibição-alvo, também codificada por PQ, então, em uma concretização, a relação S2Tratio pode ser definida como:

$$S2Tratio = \sqrt{\frac{T_{max} - T_{min}}{S_{max} - S_{min}}}. \quad (3)$$

[0036] Sem perda de generalidade, em algumas concretizações, o valor da S2Tratio pode ser também ligado a nunca mais de um; isto é, o decodificador pode admitir que a exibição de referência é sempre tão

brilhante quando a exibição-alvo. Notar que se a S2Tratio for igual a 1, então, a etapa 115 pode ser pulada.

[0037] Sem perda de generalidade, estabelecer que a sequência de entrada seja caracterizada por três variáveis, que, em uma concretização exemplificativa, são indicadas pelas variáveis Crush, Clip e Mid, que indicam, respectivamente, o nível de preto mais baixo, o nível de branco mais alto e o nível de cinza médio da sequência de entrada. Os seus valores podem ser computados para cada quadro, uma parte de um quadro, ou para uma sequência de quadros em uma cena. Os valores desses parâmetros podem ser computados com base no fluxo de vídeo de entrada, ou podem ser parte dos metadados de entrada 106. Em uma concretização, esses parâmetros são calculados em uma base por cena. Como usado no presente relatório descritivo, os termos "cena" ou "disparo" denotam uma série de quadros capturados sequencialmente, que podem compartilhar as mesmas características de brilho total. Os cortes de cena podem ser determinados manualmente, ou podem ser também parte dos metadados de entrada. Por exemplo, um arranjo de Cuts[] pode definir os números de quadros de cortes de cena. Alternativamente, um parâmetro em cada quadro pode definir se o quadro representa o início de um corte de cena.

[0038] Supondo esses valores e o valor da S2Tratio, em uma concretização, pode-se computar os parâmetros de ajuste da curva de tons intermediários descritos a seguir.

[0039] A inclinação $\sqrt{\frac{1}{S2Tratio}}$ denota os contrastes de tons intermediários. É ajustada de acordo com o valor da S2Tratio, para manter a aparência de contraste. Pode-se visualizar como a inclinação de uma linha tangente à curva de mapeamento 320 próxima do ponto de ancoragem intermediário 352-2.

[0040] $Key = \frac{Mid-Crush}{Clip-Crush}$ é uma indicação de uma cena "escura" ou

"brilhante". As cenas de baixo Key (escuras) podem ser mapeadas ligeiramente mais brilhantes, e as cenas de alto Key (brilhantes) podem ser mapeadas ligeiramente mais escuras, para manter, respectivamente, os detalhes escuros e brilhantes.

[0041] $\text{Shift} = \text{Mid} * (1 - \text{S2Tratio}) * (2 * \text{Key})$ denota um grau pelo qual a imagem é escurecida.

[0042] Rolloff é, tipicamente, uma constante (por exemplo, 1/3) e representa a intensidade da transição entre os tons intermediários e partes mais luminosas / sombras. Um valor menor indica uma transição mais aguda e vai ter um efeito visual de um "recorte suave".

[0043] Estabelecer $\text{Min} = \max(\text{Crush} - \text{Shift}, \text{Tmin})$ e $\text{Max} = \min(\text{Clip} - \text{Shift}, \text{Tmax})$, então, em uma concretização, usando a notação MATLAB, os parâmetros da curva de tons do mapeamento não linear da equação 2 pode ser computado como ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2

$x1 = \text{Crush} \wedge (\text{Slope} / \text{Rolloff});$

$x2 = \text{Mid} \wedge (\text{Slope} / \text{Rolloff});$

$x3 = \text{Clip} \wedge (\text{Slope} / \text{Rolloff});$

$y1 = \text{Min} \wedge (1 / \text{Rolloff});$

$y2 = (\text{Mid} - \text{Shift}) \wedge (1 / \text{Rolloff});$

$y3 = \text{Max} \wedge (1 / \text{Rolloff});$

$\text{temp} = x3 * y3 * (x1 - x2) + x2 * y2 * (x3 - x1) + x1 * y1 * (x2 - x3);$

$c1 = (x2 * x3 * (y2 - y3) * y1 - x1 * x3 * (y1 - y3) * y2 + x1 * x2 * (y1 - y2) * y3) / \text{temp};$

$c2 = (-(x2 * y2 - x3 * y3) * y1 + (x1 * y1 - x3 * y3) * y2 - (x1 * y1 - x2 * y2) * y3) / \text{temp};$

$c3 = ((x3 - x2) * y1 - (x3 - x1) * y2 + (x2 - x1) * y3) / \text{temp};$

[0044] Considerando os parâmetros C_1 , C_2 e C_3 mencionados acima, em uma concretização, a saída 117 (I_m) da etapa de mapeamento de intensidade 115 pode ser computada como:

$$I_m = \left(\frac{C_1 + C_2 I_o^n}{1 + C_2 I_o^n} \right)^{\text{Rolloff}} \quad (4)$$

em que I_o indica o componente I do sinal IPT-PQ EDR 112.

Manutenção de detalhes em escalas múltiplas para o componente I

[0045] O operador de mapeamento de tom da equação 4 é referido, tipicamente, como um operador de mapeamento de tom global, uma vez que a mesma equação é aplicada a um quadro integral. Em uma concretização, o mapeamento de tom global pode ser seguido por um operador de mapeamento de tom de escalas múltiplas 125, que aperfeiçoa o contraste local. Um exemplo desse operador de mapeamento de tom local é descrito por Ballestad no pedido de patente PCT 189. Alternativamente, em outra concretização, a saída 117 da etapa de mapeamento de intensidade 115 pode ser seguida por uma técnica de mascaramento não estimulada, tal como aquela descrita em "Retaining local image information in gamut mapping algorithms" por P. Zolliker e K. Simon, IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 16, nº 3, março de 2007, pág. 664-672, incorporado por referência no presente relatório descritivo.

[0046] Uma vez que I_o denota a intensidade do sinal de entrada 112 e uma vez que I_m denota a intensidade da saída mapeada por to-
ma 117, então, de acordo com uma concretização, a intensidade da saída I_s 127 da etapa de manutenção de detalhes em escalas múltiplas 125 pode ser expressa como:

$$I_s = I_o - F((I_o - I_m), H), \quad (5)$$

em que $F(I, H)$ indica a aplicação à imagem I de um filtro separável com núcleo H . Em uma concretização exemplificativa, H compreende um filtro gaussiano 11x11 com $\sigma = 2$; embora, filtros alternativos possam ser também aplicados. Em algumas concretizações, dependendo das características do sinal de entrada, essa etapa pode ser também pulada.

[0047] Em algumas concretizações, o processo de manutenção de detalhes da equação 5 pode ser otimizado ainda mais por emprego de um filtro detector de borda adicional, para reduzir halos potenciais em torno das bordas de alto contraste, incluindo estruturas de documentos e legendas. Em uma concretização, admitir que:

$$I_B = F((I_O - I_M), H_B), \quad (6)$$

e

$$I_E = F((I_O - I_M), H_E), \quad (7)$$

indicam, respectivamente, as saídas de um filtro passa-baixos (lpf) com núcleo H_B e um filtro detector de borda com núcleo H_E . Tendo em vista que a saída I_E pode ser limitada dentro da gama $[0,1]$, a etapa de manutenção de detalhes em escalas múltiplas 125 pode ser expressa como:

$$I_S = I_O - ((1 - I_E)I_B + I_E(I_O - I_M)) \quad (8)$$

[0048] Em comparação com a equação 5, quando uma borda aguda é detectada, então I_S fica mais próximo do sinal mapeado por tom original do que o sinal filtrado em filtro passa-baixos.

[0049] Em algumas concretizações, pesos adicionais também podem ser aplicados, como em:

$$I_S = I_O - (w_1(1 - I_E)I_B + w_2I_E(I_O - I_M)) \quad (9)$$

em que w_1 e w_2 são pesos dependentes de implementações. Em outra concretização, supondo uma constante a e um limiar de detecção de borda T_e , a saída da etapa de manutenção em escalas múltiplas 125 pode ser expressa como:

$$I_S = \begin{cases} I_O - ((1 - a)I_B + a(I_O - I_M)) & \text{if } I_E \geq T_e \\ I_O - I_B & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

[0050] Por exemplo, de acordo com a equação 10, para $a = 1$, se nenhuma borda for detectada, a saída I_S é determinada de acordo com

a equação 5; embora, quando uma borda aguda é detectada, então $I_s = I_m$.

[0051] Em uma concretização, o filtro LPF é um filtro gaussiano, e o filtro detector de borda pode ser um filtro separável com coeficientes originários da consideração da primeira derivada do filtro LPF. No entanto, qualquer filtro detector de borda pode ser aplicado. Por aplicação de filtros passa-baixos e detector de borda separáveis, em uma concretização, as operações de filtragem em filtro passa-baixos, detecção de borda na direção horizontal e detecção de borda na direção vertical podem ser aplicadas em paralelo para uso vantajoso de arquiteturas paralelas (como em um circuito integrado FGPA ou personalizado), que pode integrar circuitos separados para todos esses filtros. Essa implementação exemplificativa é ilustrada na Figura 6, em que:

Entrada D0' corresponde a I_0 ;

Entrada D0'' corresponde a I_m ;

Saída D0''' corresponde a I_s ;

Filter0 corresponde ao filtro passa-baixos (LPF);

Filter1 e Filter2 correspondem aos filtros detectores de borda horizontais e verticais;

ABS() indica a função de valor absoluto; e

MS_weight e MS_edge_weight são parâmetros ajustáveis na gama [0,1], (por exemplo, MS_weight = 0,0 e MS_edge_weight = 1,0).

[0052] Para um N de profundidade de bit determinada, admitir que max_value indica o valor máximo $2^N - 1$. Admitindo que dx e dy indicam as saídas dos filtros de borda Filter1 e Filter2, então, em uma concretização, o valor de alfa pode ser computado como:

$$\begin{aligned} dx &= dx \div \text{max_value} \\ dy &= dy \div \text{max_value} \\ \text{alfa} &= \text{MAX}(0, \text{MIN}(1, (\text{ABS}(dx) + \text{ABS}(dy)) * \text{ms_edge_weight} + (\text{ms_weight}))) \end{aligned}$$

[0053] Então, a saída pode ser computada como:

$$d0[x, y] = D0'[x, y] - d[x,y] * \alpha - v[x, y] * (1.0 - \alpha)$$

$$D0''[x, y] = \text{CLIP3}(0, \text{max_value}, d0),$$

em que $d[x,y]$ indica a imagem da diferença $I_D - I_{\text{ppd}}$, $v[x, y]$ indica a saída do LPF (por exemplo, I_B), e a função $\text{CLIP3}(a, b, x)$ indica que o valor de x é limitado entre um valor inferior a e um valor superior b .

Ajuste de Saturação

[0054] Em um sinal IPT, P e T são apenas as intensidades relativas das diferenças de cor, comparadas com a intensidade I. Uma vez que as etapas 115 e 125 modificaram o componente colorido I, os componentes coloridos P e T precisam ser ajustados para manter a tonalidade e a saturação. Um exemplo desse processo 130 é ilustrado na Figura 4.

[0055] Como ilustrado na Figura 4, parâmetros para reforçar a coloração e a saturação podem ser computados com base na entrada original no espaço IPT-PQ 112 e na saída mapeada por tom 127. Esses parâmetros são comparados em um nível por pixel e o mesmo fator de escala (S) é aplicado a ambos os componentes coloridos P e T. Em uma concretização exemplificativa, considerar que os reforços de coloração são determinados por uso das funções de mapeamento linear:

$$\text{CEDR} = k_1 I_0 + k_2, \quad (11)$$

$$\text{CMapped} = k_1 I_S + k_2,$$

em que k_1 e k_2 são constantes baseadas em dados psicofísicos. Por exemplo, em uma concretização, $k_1 = 0.5$ e $k_2 = 1.0$. Na equação 6, CEDR 412 indica a saída da etapa 410-1 e CMapped 414 indica a saída da etapa 410-2. Então, um fator de escala de ajuste de saturação 422 pode ser determinado como:

$$S = \frac{I_S + \text{CEDR}}{I_0 + \text{CMapped}}. \quad (12)$$

[0056] Dados S e os componentes coloridos P_0 e T_0 originais do sinal 112, os componentes P_S e T_S resaturados da saída mapeada por tom 132 podem ser computados como:

$$P_S = P_0 * S, \text{ e} \quad (13)$$

$$T_S = T_0 * S.$$

[0057] Em algumas concretizações, pode ser benéfico determinar o reforço de coloração, $CMapped$, com base no sinal mapeado por tom original 117 (I_m), em vez do sinal intensificado 127 (I_S), então $CMapped = k_1 I_m + k_2$ e

$$S = \frac{I_m + CDR}{I_0 + CMapped}. \quad (14)$$

[0058] Em uma concretização alternativa, a etapa de ajuste de saturação pode ser parte da etapa de transformação de cor 110. Em uma concretização exemplificativa, após a correção para o efeito Helholtz-Kohrausch 235, ilustrado pela equação 1, pode-se aplicar o seguinte fator de escala de croma:

$$S = \frac{1}{L'} + 0.5, \quad (15)$$

$$P_i = P_i S, \quad (16)$$

$$T_i = T_i S. \quad (17)$$

Mapeador de Escala de Cores 3D LUT

[0059] As etapas de processamento de mapeamento de tom e reforço de saturação podem resultar em cores fora da escala de cores de exibição desejada. Uma tabela de consulta de escala de cores 3D (LUT) 140 pode ser computada e aplicada ao sinal de vídeo 132, para ajustar a escala de cores. Como parte da correção de escala de cores 135, o sinal pode ser também retransformado em outro espaço de cores (por exemplo, RGB), e pode ser corrigido por gama, para gerar o

sinal EDR final 145, para exibição no monitor-alvo e/ou em outro processamento posterior.

Ajustes de luminância e de cor

[0060] Em algumas concretizações, pode ser desejável ajustar (por exemplo, reforçar) os valores de luminância ou croma do sinal de entrada fora daqueles valores considerados como representando o desejo original do diretor. Por exemplo, muitas televisões comerciais incorporam modos de imagens, tais como, "intenso", "esportivo" ou "cinema", com ajustes preestabelecidos de parâmetros de exibição, que otimizam a experiência dos usuário para o conteúdo específico. Em uma concretização, os parâmetros de reforço de luminância podem ser ajustados em função dos parâmetros de ajuste de curva de tons intermediário, por exemplo, os parâmetros *Slope*, *Shift*, *Min* e *Shift*, discutidos acima.

[0061] Considerar que $Slope_{Pref} = Shift_{Pref} = Min_{Pref} = Max_{Pref} = 1$ denotem os parâmetros usuais de reforço de luminância, quando nenhum reforço de luminância é necessário. Se um reforço ou alteração do sinal é desejado, esses quatro parâmetros podem ser ajustados. Por exemplo, sem limitação, em uma concretização, esses valores podem ser estabelecidos como:

$$Slope_{Pref} = 0,8 ;$$

$$Shift_{Pref} = 0,005;$$

$$Min_{Pref} = 0,0001 ;$$

$$Max_{Pref} = 1,0.$$

[0062] Então, os parâmetros *Slope*, *Shift*, *Min*, and *Shift* correspondentes, usados para calcular os parâmetros de curvas de tons 120 da equação 4 são ajustados como se segue:

$$Slope = Slope * Slope_{Pref};$$

$$Shift = Shift * Shift_{Pref};$$

$$Min = Min * Min_{Pref}; \text{ e}$$

$$Max = Max / Max_{Pref}$$

[0063] A aplicação desses ajustes em *Min*, *Max*, *Slope* e *Shift* muda a gama de mapeamento original. Portanto, para recolocar a gama de mapeamento naquela original por exemplo, min/max de EDR e min/max de exibição), como definido dos metadados de exibição e conteúdo 106, a equação apresentada a seguir é executada, após I_m na equação 4 ter sido computado.

$$I_m = \left(\frac{I_m - Min}{Max - Min} \right) \cdot \left(Max \cdot Max_{Pref} - \frac{Min}{Min_{Pref}} \right) + \frac{Min}{Min_{Pref}}$$

[0064] O croma pode ser também ajustado. Dadas as saídas P_s e T_s da equação 8 (por exemplo, o sinal 132), os componentes coloridos (P_s , T_s) podem ser transformados em valores de (croma, tom) usando transformações euclidianas em polares. Depois, é possível ajustar os valores de croma (C_{in}) (saturação, coloração) por aplicação de funções de mapeamento lineares ou não lineares. Os exemplos dessas funções de mapeamento são ilustradas na Figura 5.

[0065] Sem limitação, a Figura 5 ilustra três concretizações exemplificativas para uma função de mapeamento de croma. Considerar que $C_{out} = F(C_{in})$ ilustre a função entrada - saída de ajuste de cromático. Em uma primeira concretização 505:

$$C_{out} = C_{in},$$

[0066] por conseguinte, nenhuma ajuste de cromático é feito. Em uma segunda concretização 510,

$$C_{out} = C_{in}^\gamma,$$

[0067] em que γ é uma constante. Finalmente, em uma terceira

concretização 515, o croma pode ser expresso como a saída de uma função não linear, descrita por relações de entrada e saída em forma de canelura ou sigmoide.

[0068] Em algumas concretizações, a função de mapeamento de croma pode ser modulada como uma função de tom. Nessa concretização, certas regiões cromáticas (por exemplo, tons de céu, grama ou pele) podem ser tratadas diferentemente de outras. Em algumas concretizações, a função de mapeamento de croma pode ser também modulada em função da intensidade (I). Em algumas concretizações, os valores de croma podem ser também reduzidos para criar uma imagem dessaturada para um efeito especial (por exemplo, sépia ou sensação de filme antigo).

[0069] Após ajustes de croma, os valores transformados (croma, tom) são reconvertidos nos valores (P, T) usando transformações polares em euclidianas usuais, e o restante do processo de gerenciamento de exibição continua. Em algumas concretizações, os ajustes de luma e croma podem ser pré-computados e combinados, alternativamente, com outros LUTs 3D do encadeamento de gerenciamento de exibição.

[0070] O ajuste dos parâmetros de luminância e croma é bastante dependente das capacidades e das características de exibição da exibição-alvo. Em algumas concretizações, o fabricante e o modelo da TV em questão podem ser disponibilizados ao decodificador ou ao processador de gerenciamento de exibição (DM) por meio de informações auxiliares, tais como EDID (Dados de Identificação de Exibição Estendidos) da TV. Essas informações podem ser usadas para consultar as capacidades do monitor por uso de uma base de dados local ou remota (por exemplo, por meio de uma conexão de Internet ou outra similar), e, desse modo, proporcionar os parâmetros de reforço pré-computados e otimizados para o monitor-alvo. Alternativamente, se nenhuma informação específica estiver disponível, o decodificador po-

de proporcionar ao usuário uma seleção de modos de exibição alternativos e permitir que o usuário selecione o seu modo particularmente preferido.

[0071] Em algumas concretizações, quando LUTs 3D otimizadas estão então disponíveis para gerenciamento de exibição EDR para um monitor-alvo, um decodificador (STB) pode aplicar os processos descritos no presente relatório descritivo, para comparar novas LUTs, com base em um conjunto de funções paramétricas, que podem ser pré-armazenadas no STB e nos parâmetros de exibição desejados. Por conexão de uma nova TV, um usuário pode esperar uns poucos segundos até que novas LUTs sejam computadas; no entanto, os resultados podem ser armazenados na memória do dispositivo, para que sejam reutilizados posteriormente.

Mapeamento de Tons para Sinais com cor Subamostrada

[0072] Em algumas concretizações, o sinal EDR 102 pode ser recebido em um formato de croma subamostrado (por exemplo, YCbCr 4:2:0). Além do mais, o sinal RGB EDR de saída 145 pode também precisar ser convertido em um formato específico diferente do RGB 4:4:4 (por exemplo, YCbCr 4:2:0). Ainda que o processo de gerenciamento de exibição de 100A (Figura 1A) possa ser facilmente modificado para acomodar transformação de cor de pré- ou pós-processamento, amostragem por interpolação de cores, ou amostragem em sequências nas entradas e saídas de resolução integral (por exemplo, no sinal 102, antes da etapa de RGB em IPT-PQ 110, ou no sinal RGB 145), pode ser mais eficiente do ponto de vista computacional para execução de algumas das operações de gerenciamento de exibição em sinais de resolução reduzida. Os exemplos dessas concretizações são discutidos a seguir.

[0073] A Figura 1B ilustra um processo exemplificativo 100B para o gerenciamento de exibição de imagens EDR, de acordo com uma

concretização alternativa da presente invenção. Sem limitação, em um exemplo, considerar o sinal EDR recebido 102 como sendo um sinal YCbCr 4:2:0, e considerar a saída desejada 160 como sendo um sinal YCbCr 4:2:0 EDR. Processamento similar também pode ser aplicado a outros formatos de cor com croma subamostrada, tal como YCbCr 4:2:2 e assemelhados.

[0074] Como ilustrado em 100B, o processamento de entrada pode ser dividido em duas rotas separadas; o processamento do componente Y 102Y a uma resolução integral (luma), e o processamento de um sinal RGB 107 na resolução de croma (por exemplo, a 1/4 da resolução para os sinais 4:2:0). O conversor de cor 105 amostra em sequências a entrada Y e então a converte o componente de entrada Y amostrado em sequências e os componentes de entrada CbCr originais em sinal RGB (4:4:4) 107, com resolução espacial igual à resolução croma original. O conversor de cor 110B transforma o sinal de resolução integral 102Y em um sinal quantificado perceptivamente (PQ) 112B. Como discutido acima, na etapa de processamento RGB em IPT-PQ 100 (consultar a Figura 2), o componente Y de entrada 102 pode ser também linearizado e normalizado por gama (por exemplo, na gama 0, 1), antes de aplicar a função PQ no componente Y.

[0075] Considerando os novos sinais 107 e 112b, o processamento no sinal 107 é conduzido como em 100A, exceto que a etapa de manutenção de detalhes em escalas múltiplas 125 é então aplicado, após a etapa de saturação e ajuste 130. Em virtude do sinal 132 ser então 1/4º da resolução do sinal original 102, uma etapa de amostragem por interpolação 150 amostra por interpolação a saída do mapeador de escala de cores 135 em um sinal de resolução integral 152, que é usado como a entrada mapeada por tom (I_m) da etapa de manutenção de detalhes em escalas múltiplas 125. O sinal 112B é usado como o sinal original I_o (consultar as equações 5 - 10). Notar que o

processo de mapeamento de escala de cores 135 pode gerar, diretamente, um sinal no espaço colorido (Y-PQ)CbCr (4:4:4). A EDR de saída 160 é em formato YCbCr (4:2:0) e compreende dois sinais: o componente croma 137-CbCr computado pelo mapeador de escala de cores 135 mais o sinal de luma 157. O sinal de luma 157 pode ser gerado por correção gama 155 da saída do processo de manutenção de detalhes em escalas múltiplas 127. A decodificação PQ e a codificação gama 155 podem utilizar os parâmetros EOFT 152 (por exemplo, gama, Min e Max) da exibição-alvo (não mostrada).

[0076] A Figura 1C ilustra uma concretização alternativa, que paraleliza as operações em escala múltipla e de amostragem em sequências de luma, para aperfeiçoar ainda mais a eficiência de encadeamento de pixels e reduzir os requisitos de memória. Nesse exemplo, o encadeamento de resolução integral (Y) opera em resolução integral, mas requer menos operações por pixel. Em comparação, o encadeamento RGB 4:4:4 tem mais operações por pixel, mas opera a um 1/4º da resolução de pixel de luma original. A Figura 1C é mais passível de implementações de hardware em paralelo.

[0077] Em comparação com 100B, 100C adiciona uma etapa de mapeamento de intensidade adicional 115b para a saída I_o 112B do conversor de cor 110b; embora, elimine a necessidade para o processo de amostragem por interpolação 150 em 100B. A etapa de mapeamento de intensidade 115B pode usar os parâmetros de curvas de tons computados na etapa 120. Em algumas concretizações (não mostradas), a entrada no mapeamento de intensidade 115B pode ser o sinal 102Y em vez do sinal 112B.

Implementação do Sistema Computadorizado Exemplificativo

[0078] As concretizações da presente invenção podem ser implementadas com um sistema computadorizado, sistemas configurados em conjunto de circuitos e componentes eletrônicos, um dispositivo de

circuito integrado (IC), tal como um microcontrolador, um arranjo de circuitos de campo programável (PLD), um processador de tempo discreto ou sinal digital (DSP), um IC para aplicação específica (ASIC), e/ou um aparelho que inclui um ou mais desses sistemas, dispositivos ou componentes. O computador e/ou o IC pode(m) conduzir, controlar ou executar instruções relativas ao gerenciamento de exibição e à exibição de imagens com gama dinâmica otimizada, tais como aquelas descritas no presente relatório descritivo. O computador e/ou o IC pode(m) computar qualquer um de vários parâmetros ou valores que se referem aos processos de gerenciamento de exibição descritos no presente relatório descritivo. As concretizações de imagem e vídeo podem ser implementadas em hardware, software, programação em hardware e várias de suas combinações.

[0079] Algumas das implementações da invenção compreendem processos computadorizados, que executam instruções de software que fazem com que os processadores executem um processo da invenção. Por exemplo, um ou mais processadores em um monitor, um codificador, um decodificador, um transcodificador ou assemelhados podem implementar processos relativos ao gerenciamento de exibição de imagens EDR, como descrito acima, por execução de instruções de software em uma memória de programa acessível aos processadores. A invenção pode ser também proporcionada na forma de um produto de programa. O produto de programa pode compreender qualquer meio não transitório, que conduza um conjunto de sinais legíveis por computador, compreendendo instruções que, quando executadas por um processador de dados, fazem com que o processador de dados execute um processo da invenção. Os produtos de programas de acordo com a invenção podem ser em qualquer uma de várias formas. O produto de programa pode compreender, por exemplo, meios físicos, tais como meios de armazenamento de dados magnéticos, unida-

des de discos rígidos, meios de armazenamento de dados ópticos incluindo CD ROMs, DVDs, meios de armazenamento de dados eletrônicos incluindo ROMs, RAM instantânea ou assemelhados. Os sinais legíveis por computador no produto de programa podem ser opcionalmente comprimidos ou codificados.

[0080] Quando um componente (por exemplo, um módulo de software, um processador, uma montagem, um dispositivo, um circuito, etc.) é referido acima, a menos que indicado de outro modo, a referência a esse componente (incluindo uma referência a um "meio") deve ser interpretada como incluindo, como equivalentes desse componente, qualquer componente que execute a função do componente descrito (por exemplo, que é funcionalmente equivalente), incluindo os componentes que não são estruturalmente equivalentes à estrutura descrita, que executa a função nas concretizações exemplificativas ilustradas da invenção.

Equivalentes, Extensões, Alternativas e Diversos

[0081] As concretizações exemplificativas que se referem ao gerenciamento de exibição eficiente de imagens EDR são, desse modo, descritas. No relatório descritivo precedente, as concretizações da presente invenção foram descritas com referência aos detalhes específicos, que podem variar de implementação em implementação. Desse modo, a indicação única e exclusiva delas é a invenção, e os requerentes pretendem que seja na invenção, é o conjunto de reivindicações que se origina desse pedido de patente, na forma específica na qual essas reivindicações se originam, incluindo qualquer correção subsequente. Quaisquer definições expressamente apresentadas no presente relatório descritivo, para os termos contidos nessas reivindicações, vão governar o significado desses termos usados nas reivindicações. Por conseguinte, nenhuma limitação, elemento, propriedade, aspecto, vantagem ou atributo, que não seja indicado expressamente em uma

reivindicação, vai limitar o âmbito dessa reivindicação de algum modo. O relatório descritivo e os desenhos são, conseqüentemente, para que sejam considerados em um sentido ilustrativo e não em um sentido limitante.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para o gerenciamento de exibição de imagens com um processador, o método caracterizado pelo fato de que compreende:

acessar uma imagem de entrada (102) em um primeiro espaço colorido com uma primeira gama dinâmica otimizada (EDR);

aplicar uma etapa de transformação de cor (110) à imagem de entrada, para determinar uma primeira imagem de saída (112) em um espaço colorido IPT corrigido perceptivamente (ITP-PQ), em que a transformação de cor do primeiro espaço colorido para o espaço IPT-PQ é baseada, pelo menos em parte, na aplicação de uma função de quantificação perceptiva (PQ) não linear a uma função da imagem de entrada;

aplicar uma função de mapeamento de tom não linear (115) a um componente de intensidade (I) da primeira imagem de saída (112), para determinar um componente de intensidade de uma primeira imagem mapeada por tom (117) com uma segunda gama dinâmica, a segunda gama dinâmica sendo diferente da primeira gama dinâmica otimizada;

aplicar uma função de manutenção de detalhes (125) para gerar um componente de intensidade de uma segunda imagem de saída (127), em resposta aos componentes de intensidade da primeira imagem de saída (112) e da primeira imagem mapeada por tom (117);

aplicar uma função de ajuste de saturação (130) aos componentes coloridos (P, T) da segunda imagem de saída (127), para gerar os componentes coloridos de uma segunda imagem mapeada por tom (132), em que a função de ajuste de saturação é determinada pelo componente de intensidade da primeira imagem de saída (112) e pelo componente de intensidade da segunda imagem de saída (127) ou da primeira imagem mapeada por tom (117); e

aplicar uma função de mapeamento de escala de cores (135) à segunda imagem mapeada por tom (132), para gerar uma terceira imagem de saída (145).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro espaço colorido compreende o espaço colorido RGB, e aplicar a etapa de transformação de cor (110) compreende ainda:

remover qualquer codificação não linear (215) da imagem de entrada (102), para gerar um sinal RGB linear (217);

converter o sinal RGB linear (217) em um sinal colorido LMS (222); e

aplicar a função de quantificação perceptiva (PQ) não linear e uma matriz de transformação ao sinal colorido LMS, para gerar um sinal de espaço colorido IPT-PQ (232).

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que compreende ainda ajustar a intensidade (I) do sinal de espaço colorido IPT-PQ (232), para gerar um sinal IPT-PQ ajustado (112), em que a etapa de ajuste é conduzida, pelo menos em parte, por aplicação da função:

$$I'_i = I_i + d * CH_i$$

em que d é uma constante, e especificados os valores I_i , P_i e T_i de um pixel do sinal colorido IPT-PQ (232), $CH_i = \sqrt{P_i^2 + T_i^2}$ e I'_i indica um valor de intensidade do sinal IPT-PQ ajustado (112).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a função de mapeamento de tom não linear (115) é expressa como uma função de curva de tom sigmoide parametrizada, em que os parâmetros da função de curva de tom sigmoide são determinados com base nas características de uma exibição-fonte e em uma exibição-alvo.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que as características da exibição-fonte compreendem um valor de brilho mínimo e um valor de brilho máximo para a exibição-fonte.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que as características da exibição-alvo compreendem um valor de brilho mínimo e um valor de brilho máximo para a exibição-alvo.

7. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que as características da exibição-fonte são acessadas pelos metadados da exibição-fonte recebidos (104).

8. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a função de curva de tom sigmoide é expressa como:

$$I_m = \left(\frac{C_1 + C_2 I_o^n}{1 + C_3 I_o^n} \right)^{\text{Rolloff}}$$

em que C_1 , C_2 , C_3 e Rolloff são constantes definindo os parâmetros da função não linear de mapeamento de tom, e para uma entrada I_o , I_m é um valor de saída correspondente.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que as constantes C_1 , C_2 e C_3 são determinadas, pelo menos em parte, em uma ou mais características de valores cinzentos da imagem de entrada (102).

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que as características do valor cinzento do sinal de entrada (102) são acessadas por metadados de conteúdo (106), e compreendem um valor de luminância mínimo (Crush), um valor de luminância máximo (Clip) e um valor de luminância de tom intermediário (Mid).

11. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que as constantes C_1 , C_2 e C_3 são determinadas, pelo

menos em parte, com base em um ou mais parâmetros de ajuste de curva de tom intermediários.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a aplicação da função de manutenção compreende ainda computar

$$I_s = I_o - F((I_o - I_m), H),$$

em que $F(I, H)$ indica a aplicação a uma imagem I de um filtro com núcleo H , I_o indica valores de pixels de intensidade da primeira imagem de saída (112), I_m indica os valores de pixels de intensidade da primeira imagem de saída mapeada por tom (117), e I_s indica os valores de pixels de intensidade da segunda imagem de saída (127).

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o núcleo H compreende um filtro gaussiano 11x11 com um desvio-padrão igual a 2.

14. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o núcleo H compreende um filtro passa-baixos.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

aplicar um filtro detector de borda ao sinal $I_o - I_m$ para obter uma imagem de saída de borda; e

gerar o sinal I_s em resposta a ambas a saída do filtro passa-baixos e a imagem de saída de borda.

16. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que aplicar a função de ajuste de saturação (130) compreende aplicar um fator de escala aos componentes coloridos da primeira imagem de saída (112) por uma constante de fator de escala, que é determinada em resposta aos valores de pixels de intensidade da primeira imagem de saída (112) e aos valores de pixels de

intensidade da segunda imagem de saída (127) ou da primeira imagem mapeada por tom (117).

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a constante de fator de escala (S) compreende computar:

$$S = \frac{I_s * CEDR}{I_o * CMapped}$$

em que *CEDR* é uma variável determinada como uma função linear da intensidade (I_o) do primeira imagem de saída (112), e *CMapped* é uma variável determinada como uma função linear da intensidade (I_s) da segunda imagem de saída (127).

18. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que os parâmetros da função de curva de tom sigmoide de mapeamento de tom não linear são ajustados para reforçar a intensidade da luminância da primeira imagem mapeada por tom.

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que reforçar a intensidade da luminância compreende ainda:

computar um primeiro conjunto de parâmetros de curva de tons de ajuste intermediários, para determinar uma gama de mapeamento da função de mapeamento de tom, sem qualquer reforço de luminância;

aplicar um fator de escala ao primeiro conjunto de parâmetros de curva de tons de ajuste intermediários, em resposta a um conjunto de parâmetros de curva de tons de ajuste intermediários desejados para obter um segundo conjunto de parâmetros de curva de tom de ajuste intermediário;

determinar os parâmetros da função de mapeamento de tom, com base no segundo conjunto de parâmetros de curva de tons de ajuste intermediários;

aplicar a função de mapeamento de tom à intensidade do primeira imagem de saída para determinar uma imagem mapeada por tom intermediário; e

ajustar a intensidade do sinal mapeado por tom intermediário para determinar o primeiro sinal mapeado por tom.

20. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda ajustar os componentes coloridos da segunda imagem mapeada por tom (132), em que a etapa de ajuste compreende:

converter os valores de pixels coloridos (P_s , T_s) da segunda imagem mapeada por tom em valor de pixels (*croma*, *tom*), usando uma transformação de coordenadas euclidianas em polares;

mapear os valores de pixels (*croma*, *tom*) aos valores ajustados (*croma*, *tom*) usando uma função de mapeamento; e

converter os valores ajustados (*croma*, *tom*) nos valores coloridos ajustados (P_s , T_s), usando uma transformação de coordenadas polares em euclidianas.

21. Método para o gerenciamento de exibição de imagens com um processador, o método caracterizado pelo fato de que compreende:

acessar uma imagem de entrada (102) em um primeiro espaço colorido (YCbCr) com uma primeira gama dinâmica otimizada (EDR), em que a imagem de entrada compreende um componente luma, a uma resolução espacial de luma, e um ou mais componentes cromáticos, a uma resolução espacial de croma, em que a resolução espacial de croma é inferior à resolução espacial de luma;

aplicar uma ou mais etapas de transformação de cor (107, 110A) à imagem de entrada, para determinar uma primeira imagem de saída (112A), com uma resolução espacial igual à resolução espacial de croma da imagem de entrada e em um espaço colorido IPT

corrigido perceptivamente (IPT-PQ), em que a transformação de cor do primeiro espaço colorido para o espaço IPT-PQ é baseada, pelo menos em parte, na aplicação de uma função de quantificação perceptiva (PQ) não linear a uma função da imagem de entrada;

aplicar uma função de mapeamento de tom não linear (115) a um componente de intensidade (I) da primeira imagem de saída (112A), para determinar um componente de intensidade de uma primeira imagem mapeada por tom (117) com uma segunda gama dinâmica, a segunda gama dinâmica sendo diferente da primeira gama dinâmica otimizada;

aplicar uma função de ajuste de saturação (130) aos componentes coloridos (P, T) da primeira imagem mapeada por tom (117), para gerar os componentes coloridos de uma segunda imagem mapeada por tom (132), em que a função de ajuste de saturação é determinada pelo componente de intensidade da primeira imagem de saída (112A) e pelo componente de intensidade da primeira imagem mapeada por tom (117);

aplicar uma função de mapeamento de escala de cores (135) à segunda imagem mapeada por tom (132), para gerar uma terceira imagem de saída ;

aplicar uma função de quantificação perceptiva (PQ) não linear ao componente de luminância (102Y) da imagem de entrada (102), para gerar uma segunda imagem de saída com resolução espacial igual à resolução espacial de luma da imagem de entrada;

aplicar uma função de manutenção de detalhes (125) para gerar um componente de intensidade de uma quarta imagem de saída (127), em resposta aos componentes de intensidade da terceira imagem de saída (137-YPQ) e da segunda imagem de saída (112B); e

gerar uma imagem de saída final em resposta à quarta imagem de saída e aos componentes cromáticos da terceira imagem

de saída.

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que compreende ainda aumentar o fator de escala do componente de intensidade da terceira imagem de saída, para equiparação com a resolução espacial da segunda imagem de saída (112B).

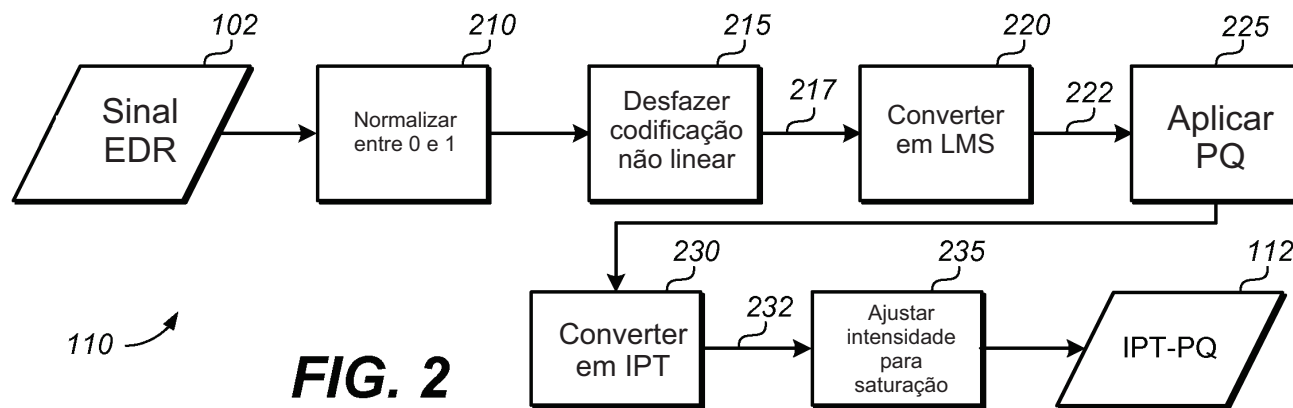
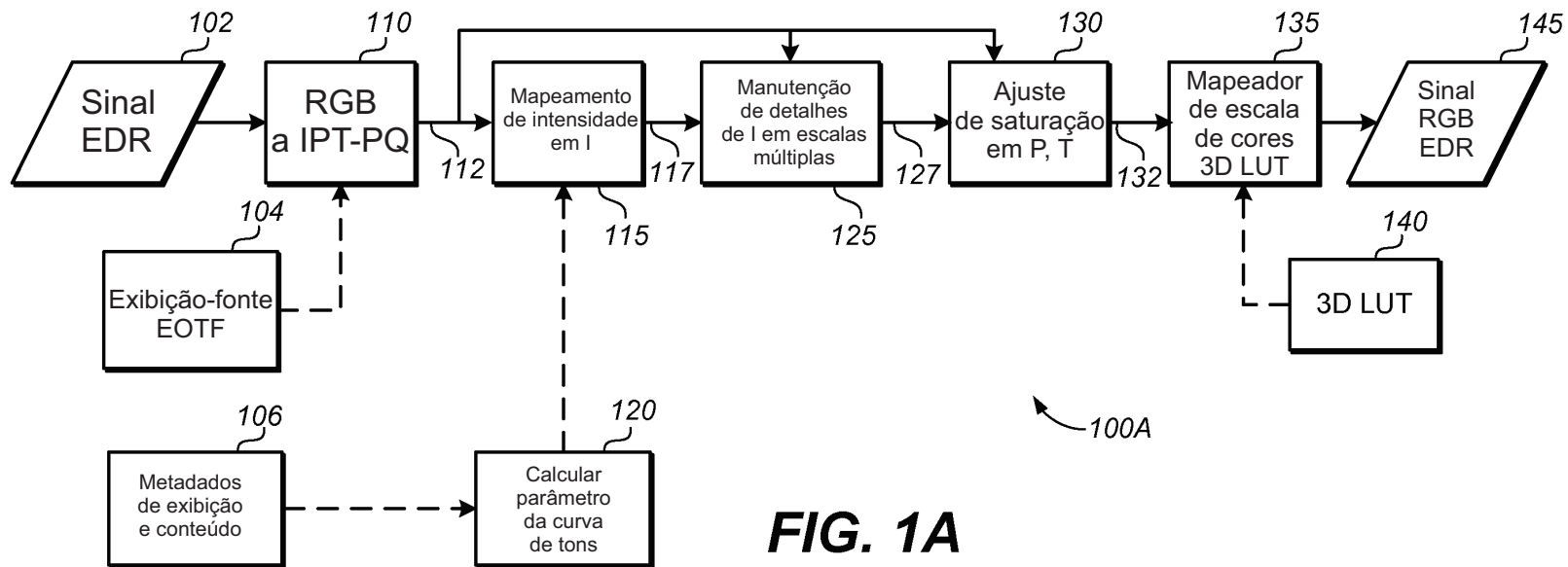
23. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

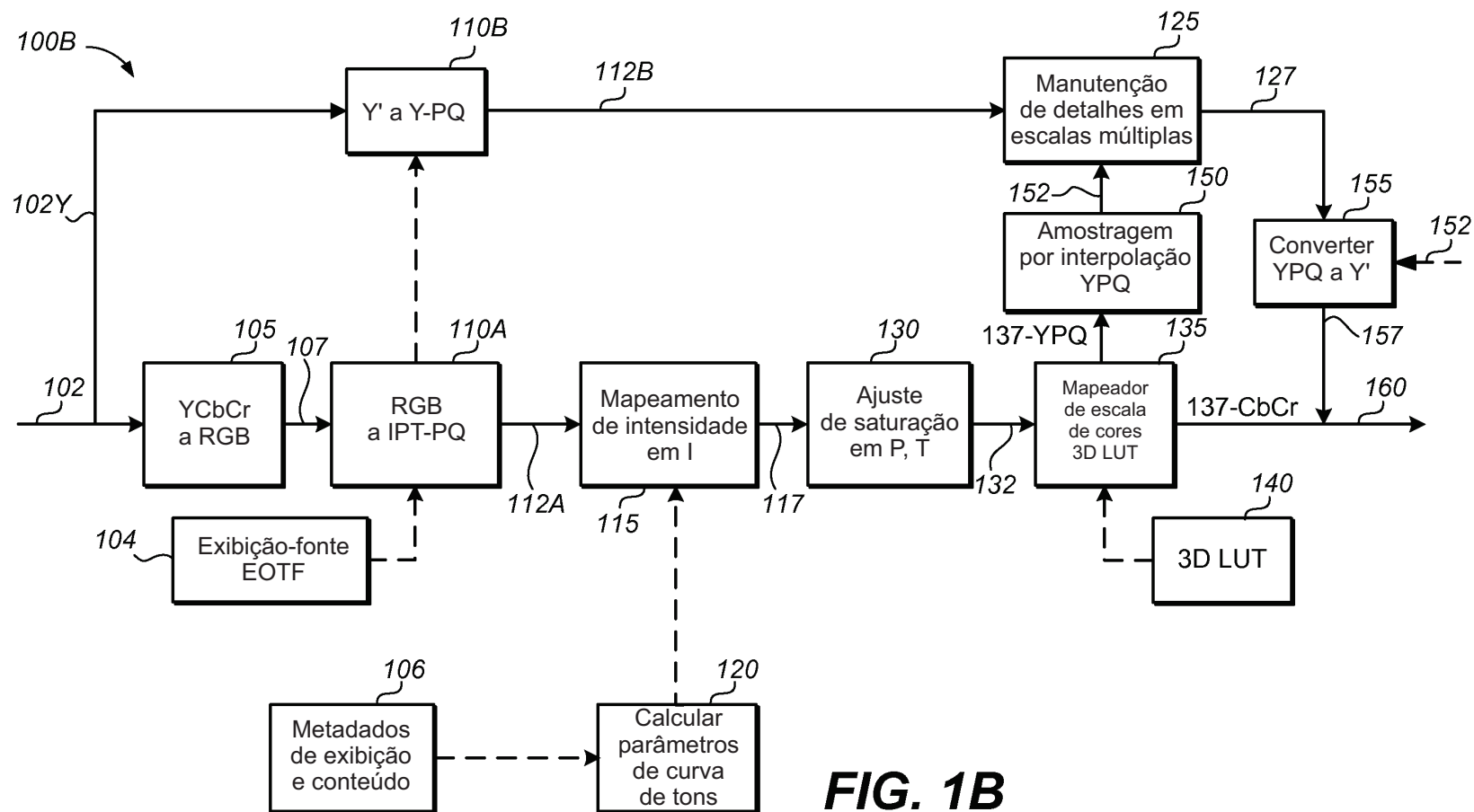
aplicar uma segunda função de mapeamento de tom não linear (115B) à segunda imagem de saída (112B) ou ao componente de luma (102Y) da imagem de entrada (102), para determinar um componente de intensidade de uma terceira imagem mapeada por tom (117B) com a segunda gama dinâmica; e

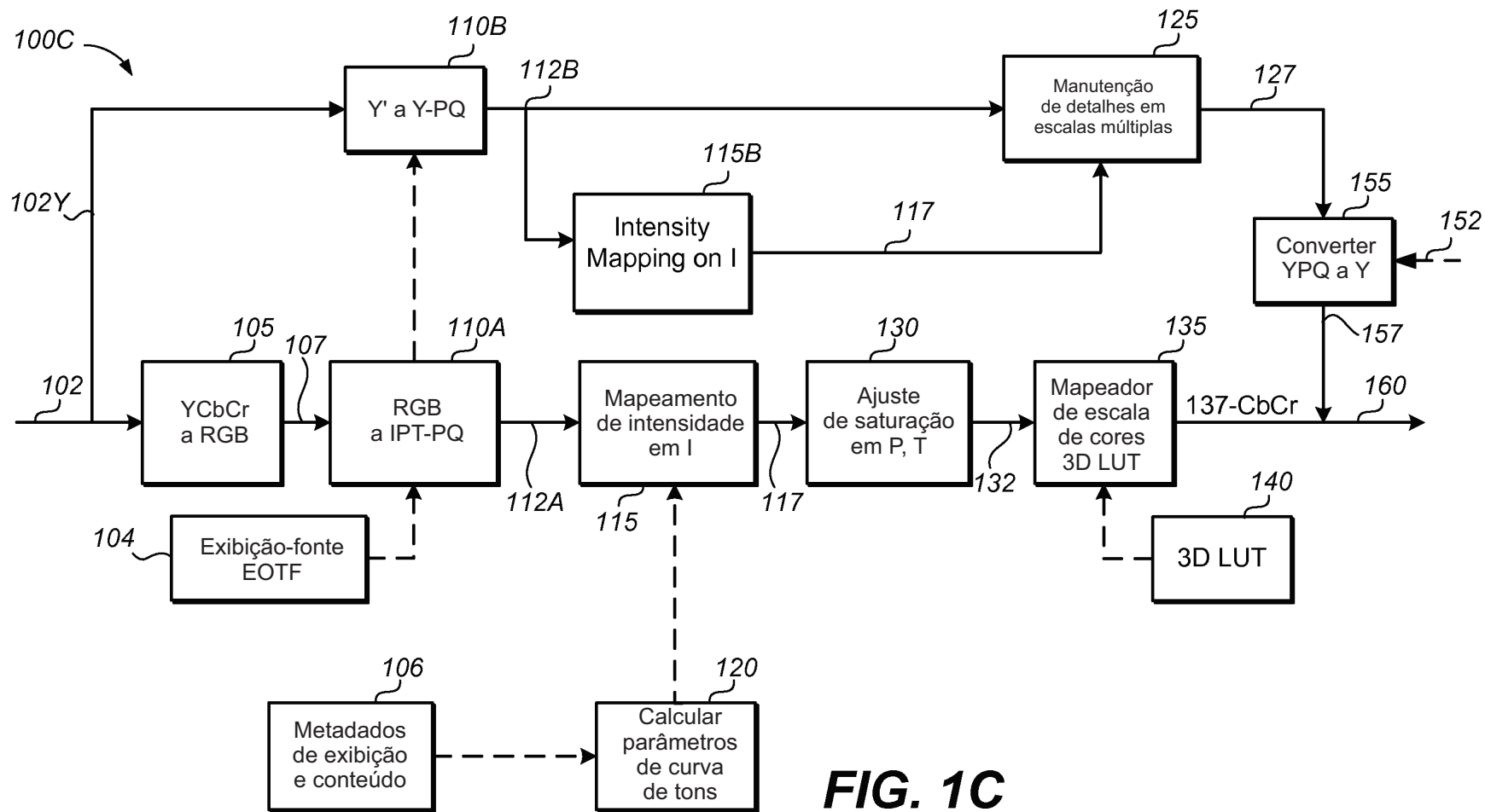
aplicar a função de manutenção de detalhes (125) para gerar um componente de intensidade da quarta imagem de saída (127), em resposta ao componente de intensidade da terceira imagem mapeada por tom (117B) e da segunda imagem de saída (112B).

24. Aparelho, caracterizado pelo fato de que compreende um processador, que é configurado para executar qualquer um dos métodos como definidos nas reivindicações 1 a 23.

25. Meio de armazenamento legível por computador não transitório, caracterizado pelo fato de que tem armazenado nele uma instrução executável por computador, para conduzir um Método como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 23.

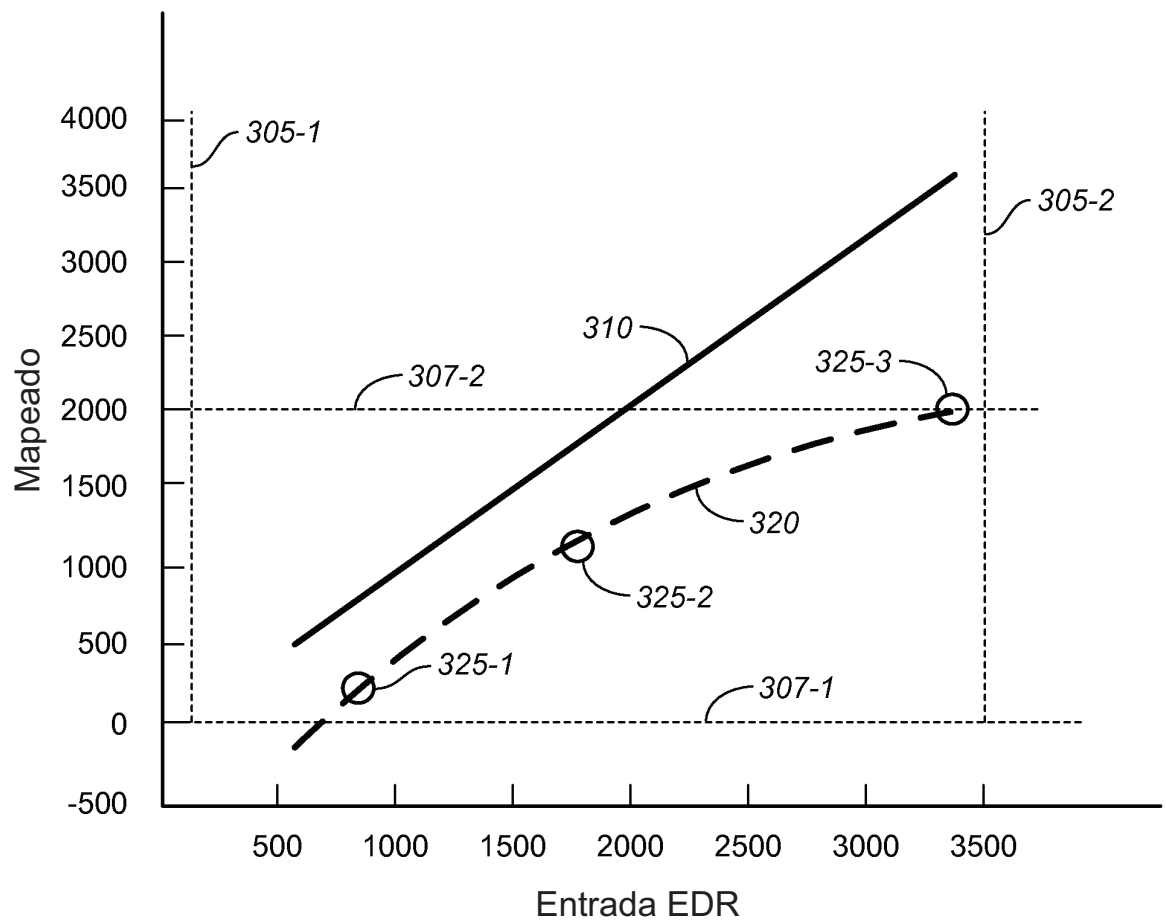






3/6

FIG. 1C

**FIG. 3**

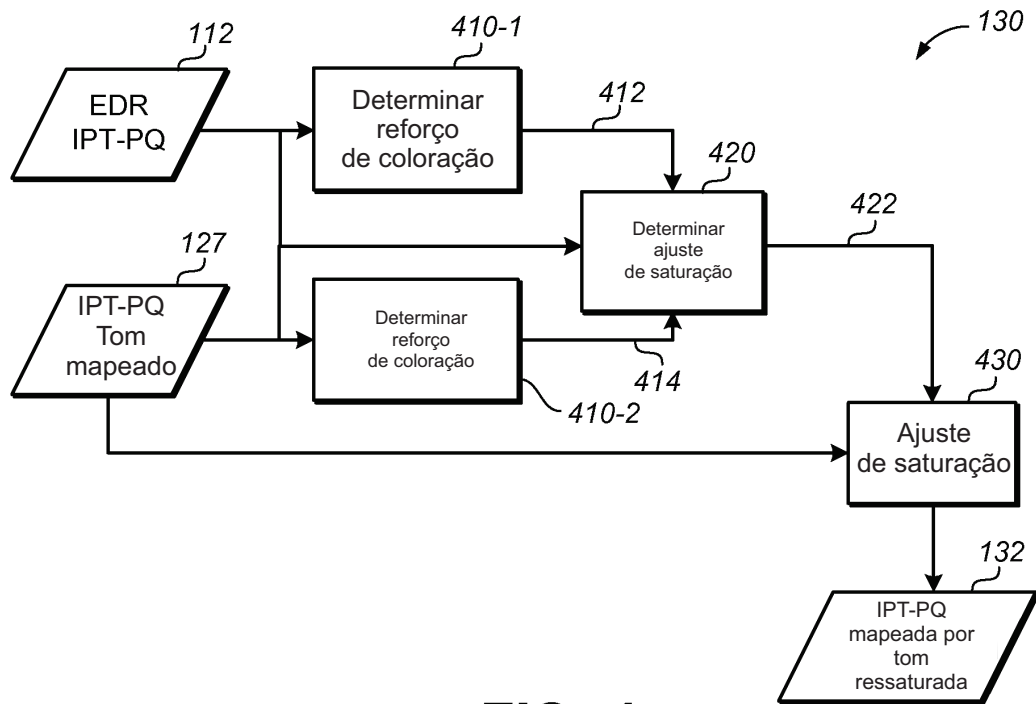


FIG. 4

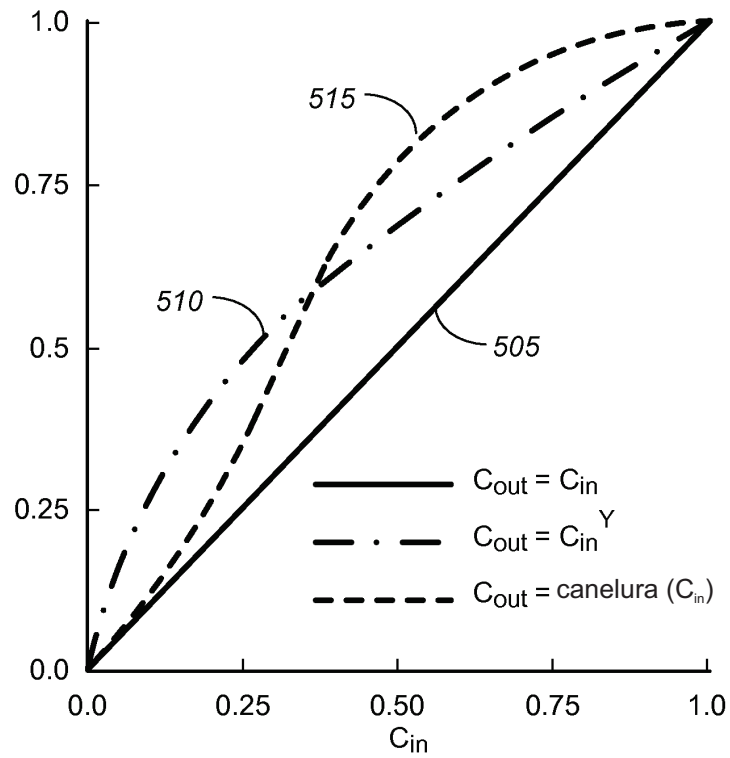
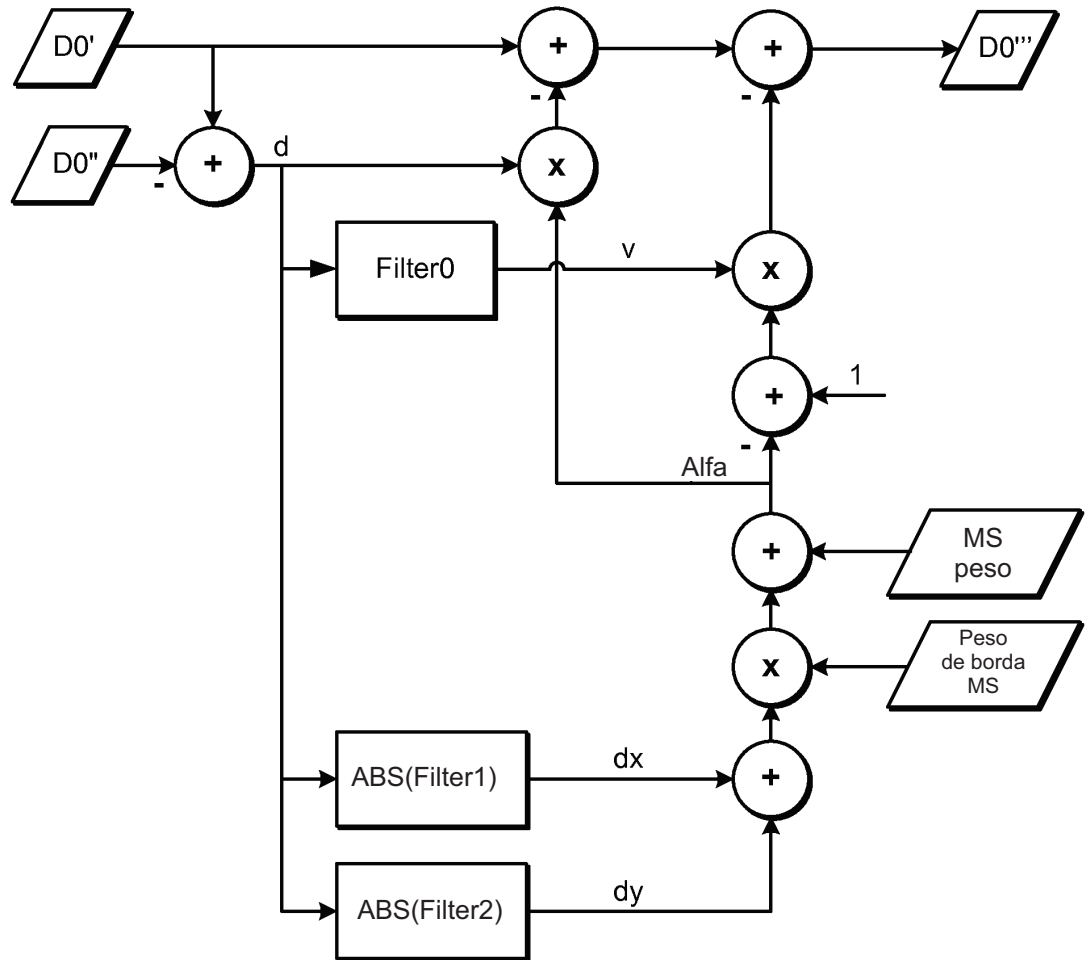


FIG. 5

**FIG. 6**