



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112015004116-7 B1



(22) Data do Depósito: 27/09/2013

(45) Data de Concessão: 11/10/2022

(54) Título: MÉTODO, APARELHO E SISTEMA PARA CODIFICAR E DECODIFICAR AS UNIDADES DE TRANSFORMAÇÃO DE UMA UNIDADE DE CODIFICAÇÃO

(51) Int.CI.: H04N 19/119; H04N 19/122; H04N 19/136; H04N 19/176; H04N 19/186; (...).

(52) CPC: H04N 19/119; H04N 19/122; H04N 19/136; H04N 19/176; H04N 19/186; (...).

(30) Prioridade Unionista: 28/09/2012 AU 2012232992.

(73) Titular(es): CANON KABUSHIKI KAISHA.

(72) Inventor(es): CHRISTOPHER JAMES ROSEWARNE; VOLODYMYR KOLESNIKOV.

(86) Pedido PCT: PCT AU2013001116 de 27/09/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/047693 de 03/04/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/02/2015

(57) Resumo: MÉTODO, APARELHO E SISTEMA PARA CODIFICAR E DECODIFICAR AS UNIDADES DE TRANSFORMAÇÃO DE UMA UNIDADE DE CODIFICAÇÃO. Trata-se de um método (1100) para decodificar, a partir de um fluxo de bits de vídeo, uma unidade de transformação que contém pelo menos uma matriz de coeficiente residual de croma associada a um único canal de croma. O método determina (1102) um tamanho da unidade de transformação relacionado a um nível hierárquico da unidade de transformação em uma unidade de codificação correspondente, e identifica (1104) um número máximo de transformadas inversas de acordo com o tamanho determinado. O método decodifica (1106) a partir do fluxo de bits de vídeo a pelo menos uma matriz de coeficiente residual de croma com o uso do número máximo identificado de transformadas, seleciona (1108) uma transformada inversa para as matrizes de coeficiente residual de croma decodificadas, sendo que a transformada inversa é selecionada a partir de um conjunto predeterminado de transformadas inversas, e aplica (1110) a transformada inversa selecionada a cada uma das matrizes de coeficiente residual de croma para decodificar amostras residuais de croma para o canal de croma da unidade de transformação. Um método de codificação similar também é revelado.

“MÉTODO, APARELHO E SISTEMA PARA CODIFICAR E DECODIFICAR AS UNIDADES DE TRANSFORMAÇÃO DE UMA UNIDADE DE CODIFICAÇÃO”

REFERÊNCIA A PEDIDOS RELACIONADOS

[0001] Este pedido reivindica o benefício sob 35 U.S.C. §119 da data de depósito do pedido de patente australiana nº 2012232992, depositado em 28 de setembro de 2012, incorporado no presente documento a título de referência em sua totalidade conforme completamente estabelecido no presente documento.

CAMPO DA TÉCNICA

[0002] A presente invenção refere-se geralmente ao processamento de sinal de vídeo digital e, em particular, a um método, aparelho e sistema para codificar e decodificar coeficientes residuais de uma unidade de transformação (TU), em que a unidade de transformação (TU) inclui uma ou mais unidades de transformação (TUs) e pode ser configurada para múltiplos formatos de croma, incluindo um formato de croma 4:2:2.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0003] Atualmente, existem muitos aplicativos para codificação de vídeo, incluindo aplicativos para transmissão e armazenamento de dados de vídeo. Muitos padrões de codificação de vídeo também foram desenvolvidos e outros se encontram atualmente em desenvolvimento. Os desenvolvimentos recentes na padronização de codificação de vídeo levaram à formação de um grupo chamado “Equipe Colaborativa Conjunta sobre Codificação de Vídeo” (JCT-VC). A Equipe Colaborativa Conjunta sobre Codificação de Vídeo (JCT-VC) inclui membros do Grupo de Estudos 16, Questão 6 (SG16/Q6) do Setor de Padronização de Telecomunicações (ITU-T) da União Internacional das Telecomunicações (ITU), conhecido como Grupo de Especialistas em Codificação de Vídeo (VCEG), e membros das Organizações Internacionais para Padronização/Comitê Técnico Conjunto da Comissão Eletrotécnica Internacional 1/Subcomitê 29/Grupo de Trabalho 11 (ISO/IEC JTC1/SC29/WG11), também conhecido como o Grupo de Especialistas em Imagens em Movimento (MPEG).

[0004] A Equipe Colaborativa Conjunta sobre Codificação de Vídeo (JCT-VC)

tem o objetivo de produzir um novo padrão de codificação de vídeo para superar significativamente um padrão de codificação de vídeo presentemente existente, conhecido como "H.264/MPEG-4 AVC". O próprio padrão H.264/MPEG-4 AVC é um aprimoramento nos padrões de codificação de vídeo anteriores, tais como, MPEG-4 e ITU-T H.263. O novo padrão de codificação de vídeo em desenvolvimento foi denominado "codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC)". A Equipe Colaborativa Conjunta sobre Codificação de Vídeo JCT-VC também considera os desafios de implantação que se originam da tecnologia proposta para a codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC) que cria dificuldades quando escalona implantações do padrão para operar em altas resoluções em tempo real ou altas taxas de quadro. Um desafio de implantação consiste na complexidade e tamanho da lógica usada para suportar múltiplos tamanhos de 'transformação' para transformar os dados de vídeo entre o domínio de frequência e o domínio espacial.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0005] Um objetivo da presente invenção consiste em superar substancialmente, ou pelo menos melhorar, uma ou mais desvantagens das disposições existentes.

[0006] De acordo com um aspecto da presente revelação, proporcionou-se um método de decodificação de uma unidade de transformação que contém coeficientes residuais de croma a partir de um fluxo de bits de vídeo, sendo que a unidade de transformação contém pelo menos uma matriz de coeficiente residual de croma associada a um único canal de croma, sendo que o método compreende: determinar um tamanho da unidade de transformação, sendo que o tamanho é relacionado a um nível hierárquico da unidade de transformação em uma unidade de codificação correspondente; identificar um número máximo de transformadas inversas, usadas para transformar pelo menos uma matriz de coeficiente residual de croma, de acordo com o tamanho determinado; decodificar a partir do fluxo de bits de vídeo pelo menos uma matriz de coeficiente residual de croma usando o número máximo identificado de transformadas para o canal de croma da unidade de transformação; selecionar uma transformada inversa para as matrizes de coeficiente residual de croma decodificadas, sendo que a transformada inversa é selecionada a partir de um

conjunto predeterminado de transformadas inversas; e aplicar a transformada inversa selecionada a cada uma das matrizes de coeficiente residual de croma para decodificar as amostras residuais de croma para o canal de croma da unidade de transformação.

[0007] De acordo com outro aspecto da presente revelação, proporcionou-se um método de codificação em um fluxo de bits de vídeo de uma unidade de transformação que contém amostras residuais de croma associadas a um único canal de croma, sendo que a unidade de transformação contém pelo menos uma matriz de amostra residual de croma, sendo que o método compreende: determinar um tamanho da unidade de transformação, sendo que o tamanho é relacionado a um nível hierárquico da unidade de transformação em uma unidade de codificação correspondente; identificar um número máximo de transformadas diretas predeterminadas, usadas para transformar pelo menos uma matriz de amostra residual de croma, de acordo com o tamanho determinado; selecionar uma transformada direta para as matrizes de amostra residual de croma, sendo que a transformada direta é selecionada a partir de um conjunto predeterminado de transformadas diretas; aplicar a transformada direta selecionada a cada uma das matrizes de amostra residual de croma para transformar pelo menos uma das matrizes de amostra residual de croma em uma matriz de coeficiente residual de croma correspondente para o canal de croma da unidade de transformação; e codificar as matrizes de coeficiente residual de croma para o canal de croma da unidade de transformação;

[0008] De preferência, o número máximo de transformadas é um ou dois. De maneira desejável, o número é dois e é aplicado em um formato de croma 4:2:2 a uma região de croma dimensionada 32x16 da unidade de transformação.

[0009] De maneira vantajosa, o número de transformadas é selecionado a partir do conjunto de uma, duas e quatro. Em uma implantação específica, o número é quatro e é aplicado em um formato de croma 4:4:4 a uma região de croma dimensionada 32x32 da unidade de transformação.

[0010] De preferência, aplica-se uma única varredura que cobre o número

identificado de transformadas. De maneira desejável, os coeficientes do número identificado de transformadas são intercalados.

[0011] Em uma implantação, uma unidade de transformação que tem o tamanho de 4x8 é varrida usando um padrão de varredura de sub-bloco 4x4.

[0012] Em outra, o número de transformadas aplicado é determinado usando pelo menos um sinalizador de bloco de código. De maneira desejável, o número de transformadas aplicadas é determinado usando o número máximo identificado de transformadas e um valor de sinalizador de bloco codificado para cada transformação.

[0013] De acordo com outro aspecto da presente revelação, proporcionou-se um método de decodificação de uma unidade de transformação que contém amostras residuais de croma a partir de um fluxo de bits de vídeo, sendo que a unidade de transformação contém pelo menos uma matriz de coeficiente residual de croma associada a um único canal de croma em um formato de croma 4:2:2, sendo que o método compreende: determinar um nível hierárquico para a unidade de transformação dentro de uma unidade de codificação, a partir dos sinalizadores de transformação dividida presentes no fluxo de bits de vídeo, em que um tamanho de unidade de codificação varia a partir de uma unidade de codificação menor até uma unidade de codificação maior; determinar um tamanho de transformação da unidade de transformação para o único canal de croma, sendo que o tamanho de transformação é relacionado ao nível hierárquico determinado da unidade de transformação e ao tamanho de unidade de codificação; determinar uma pluralidade de valores de sinalizador de bloco codificados a partir do fluxo de bits de vídeo para um único canal de croma da unidade de transformação, em que a unidade de transformação tem uma pluralidade de matrizes de coeficiente residual de croma para um único canal de cor e cada valor de sinalizador de bloco codificado da pluralidade de valores de sinalizador de bloco codificados corresponde a uma matriz de coeficiente residual de croma das matrizes de coeficiente residual de croma; decodificar a partir do fluxo de bits de vídeo cada uma dentre uma pluralidade de matrizes de coeficiente residual de croma, de acordo com um valor de sinalizador de

bloco codificado correspondente da pluralidade de valores de sinalizador de bloco de codificação; selecionar uma transformada inversa ao quadrado para as matrizes de coeficiente residual de croma decodificadas, sendo que a transformada inversa ao quadrado é selecionada a partir de um conjunto predeterminado de transformadas inversas ao quadrado, de acordo com o tamanho de transformação determinado; e aplicar a transformada inversa ao quadrado selecionada a cada uma das matrizes de coeficiente residual de croma decodificadas para produzir as amostras residuais de croma para o canal de croma da unidade de transformação.

[0014] De acordo com outro aspecto da revelação, proporcionou-se um método de codificação de uma unidade de transformação que contém amostras residuais de croma em um fluxo de bits de vídeo, sendo que a unidade de transformação contém pelo menos uma matriz de coeficiente residual de croma associada a um único canal de croma em um formato de croma 4:2:2, sendo que o método compreende: codificar os sinalizadores de transformação dividida no fluxo de bits de vídeo com base em um nível hierárquico recebido para a unidade de transformação dentro de uma unidade de codificação, em que um tamanho de unidade de codificação varia a partir de uma unidade de codificação menor até uma unidade de codificação maior; receber um tamanho de transformação da unidade de transformação para o único canal de croma, sendo que o tamanho de transformação é relacionado ao nível hierárquico da unidade de transformação e ao tamanho de unidade de codificação; codificar uma pluralidade de valores de sinalizador de bloco codificados no fluxo de bits de vídeo para um único canal de croma da unidade de transformação, em que a unidade de transformação tem uma pluralidade de matrizes de coeficiente residual de croma para um único canal de cor e cada valor de sinalizador de bloco codificado da pluralidade de valores de sinalizador de bloco codificados corresponde a uma matriz de coeficiente residual de croma das matrizes de coeficiente residual de croma; selecionar uma transformada direta ao quadrado para as matrizes de coeficiente residual de croma, sendo que a transformada direta ao quadrado é selecionada a partir de um conjunto predeterminado de transformadas diretas ao quadrado, de acordo com o tamanho de transformação recebida; aplicar a

transformada direta ao quadrado selecionada a cada uma das matrizes de coeficiente residual de croma decodificadas para produzir as amostras residuais de croma para o canal de croma da unidade de transformação; e codificar no fluxo de bits de vídeo cada uma dentre a pluralidade de matrizes de coeficiente residual de croma, de acordo com um valor de sinalizador de bloco codificado correspondente da pluralidade de valores de sinalizador de bloco de codificação.

[0015] Outros aspectos também são revelados.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0016] Pelo menos uma modalidade da presente invenção será descrita agora com referência aos seguintes desenhos, em que:

[0017] A Figura 1 é um diagrama de blocos esquemático que mostra um sistema de codificação e decodificação de vídeo;

[0018] As Figuras 2A e 2B formam um diagrama de blocos esquemático de um sistema de computador de propósito geral no qual um ou tanto o sistema de codificação como o sistema de decodificação de vídeo da Figura 1 podem ser praticados;

[0019] A Figura 3 é um diagrama de blocos esquemático que mostra módulos funcionais de um codificador de vídeo;

[0020] A Figura 4 é um diagrama de blocos esquemático que mostra módulos funcionais de um decodificador de vídeo;

[0021] As Figuras 5A e 5B ilustram esquematicamente os formatos de croma que representam os dados de quadro;

[0022] A Figura 6A é uma representação esquemática de uma árvore de transformação exemplificativa de uma unidade de codificação;

[0023] A Figura 6B é uma representação esquemática da árvore de transformação exemplificativa disposta em uma grade de amostra de luma;

[0024] A Figura 6C é uma representação esquemática da árvore de transformação exemplificativa disposta em uma grade de amostra de croma;

[0025] A Figura 7 é uma ilustração esquemática de uma estrutura de dados que representa um canal de luma da árvore de transformação exemplificativa;

[0026] A Figura 8 ilustra uma estrutura de dados que representa um canal de croma da árvore de transformação exemplificativa;

[0027] As Figuras 9A e 9B mostram esquematicamente uma estrutura de fluxo de bits que codifica a árvore de transformação exemplificativa;

[0028] As Figuras 9C e 9D mostram esquematicamente uma estrutura de fluxo de bits alternativa que codifica a árvore de transformação exemplificativa;

[0029] A Figura 10 é um fluxograma esquemático que mostra um método para codificar a árvore de transformação exemplificativa;

[0030] A Figura 11 é um fluxograma esquemático que mostra um método para decodificar a árvore de transformação exemplificativa; e

[0031] As Figuras 12A a 12C mostram esquematicamente os padrões de varredura residuais de uma unidade de transformação 4x8.

DESCRIÇÃO DETALHADA QUE INCLUI O MELHOR MODO

[0032] Onde a referência é feita, em qualquer um ou mais dos desenhos anexos, às etapas e/ou recursos que têm as mesmas referências numéricas, essas etapas e/ou recursos têm, para os propósitos desta descrição, as mesmas funções ou operações, exceto se a intenção contrária surgir.

[0033] A Figura 1 é um diagrama de blocos esquemático que mostra módulos de função de um sistema de codificação e decodificação de vídeo 100 que pode utilizar técnicas para codificar elementos de sintaxe representativos da subdivisão inferida das unidades de transformação em múltiplas transformações para um canal de croma. O sistema 100 inclui um dispositivo de origem 110 e um dispositivo de destino 130. Um canal de comunicação 120 é usado para comunicar as informações de vídeo codificadas a partir do dispositivo de origem 110 para o dispositivo de destino 130. Em alguns casos, o dispositivo de origem 110 e o dispositivo de destino 130 podem compreender os respectivos aparelhos de telefone celular, em cujo caso, o canal de comunicação 120 é um canal sem fio. Em outros casos, o dispositivo de origem 110 e o dispositivo de destino 130 podem compreender equipamento de videoconferência, em cujo caso, o canal de comunicação 120 é tipicamente um canal com fio, tal como, uma conexão com a internet. Além disso, o dispositivo de

origem 110 e o dispositivo de destino 130 podem compreender qualquer um dentre uma ampla faixa de dispositivos, incluindo dispositivos que suportam transmissões de televisão aéreas, aplicativos de televisão a cabo, aplicativos de vídeo de internet e incluindo aplicativos onde o vídeo codificado é capturado em algum meio de armazenamento ou um servidor de arquivo.

[0034] Conforme ilustrado, o dispositivo de origem 110 inclui uma fonte de vídeo 112, um codificador de vídeo 114 e um transmissor 116. A fonte de vídeo 112 compreende tipicamente uma fonte de dados de quadro de vídeo capturados, tal como, um sensor de imageamento, uma sequência de vídeo previamente capturada armazenada em um meio de gravação não transitório, ou uma alimentação de vídeo a partir de um sensor de imageamento remoto. Os exemplos de dispositivos de origem 110 que podem incluir um sensor de imageamento como a fonte de vídeo 112 incluem smartphones, câmeras de vídeo e câmeras de vídeo de rede. O codificador de vídeo 114 converte os dados de quadro capturados a partir da fonte de vídeo 112 em dados de vídeo codificados e será adicionalmente descrito com referência à Figura 3. Os dados de vídeo codificados são tipicamente transmitidos pelo transmissor 116 através do canal de comunicação 120 como informações de vídeo codificadas. Também é possível que os dados de vídeo codificados sejam armazenados em algum dispositivo de armazenamento, tal como, uma memória “Flash” ou uma unidade de disco rígido, até serem posteriormente transmitidos através do canal de comunicação 120.

[0035] O dispositivo de destino 130 inclui um receptor 132, um decodificador de vídeo 134 e um dispositivo de exibição 136. O receptor 132 recebe informações de vídeo codificadas a partir do canal de comunicação 120 e passa os dados de vídeo recebidos para o decodificador de vídeo 134. O decodificador de vídeo 134, então, emite os dados de quadro decodificados para o dispositivo de exibição 136. Os exemplos do dispositivo de exibição 136 incluem um tubo de raios catódicos, uma tela de cristal líquido, tal como, em smartphones, computadores tablet, monitores de computador ou em aparelhos de televisão independentes. Também é possível que a funcionalidade de cada um dentre o dispositivo de origem 110 e o dispositivo de

destino 130 seja incorporada em um único dispositivo.

[0036] Não obstante os dispositivos exemplificativos mencionados acima, cada um dentre o dispositivo de origem 110 e o dispositivo de destino 130 pode ser configurado em um sistema de computação de propósito geral, tipicamente, através de uma combinação de componentes de hardware e software. A Figura 2A ilustra tal sistema de computador 200, que inclui: um módulo de computador 201; dispositivos de entrada, tal como, um teclado 202, um dispositivo de ponteiro do mouse 203, um digitalizador 226, uma câmera 227, que pode ser configurada como a fonte de vídeo 112, e um microfone 280; e dispositivos de saída que incluem uma impressora 215, um dispositivo de exibição 214, que pode ser configurado como o dispositivo de exibição 136, e alto-falantes 217. Um dispositivo transceptor de Modulador-Demodulador externo (Modem) 216 pode ser usado pelo módulo de computador 201 para comunicação com e a partir de uma rede de comunicações 220 através de uma conexão 221. A rede de comunicações 220, que pode representar o canal de comunicação 120, pode ser uma rede de longa distância (WAN), tal como, a Internet, uma rede de telecomunicações celulares, ou uma WAN privada. Onde a conexão 221 for uma linha de telefone, o modem 216 pode ser um modem de “conexão discada” tradicional. De maneira alternativa, onde a conexão 221 for uma conexão de alta capacidade (por exemplo, cabo), o modem 216 pode ser um modem de banda larga. Um modem sem fio também pode ser usado para a conexão sem fio com a rede de comunicações 220. O dispositivo transceptor 216 pode proporcionar a funcionalidade do transmissor 116 e do receptor 132 e o canal de comunicação 120 pode ser incorporado na conexão 221.

[0037] O módulo de computador 201 inclui tipicamente pelo menos uma unidade de processador 205 e uma unidade de memória 206. Por exemplo, a unidade de memória 206 pode ter memória de acesso aleatório semicondutora (RAM) e memória somente leitura semicondutora (ROM). O módulo de computador 201 também inclui inúmeras interfaces de entrada/saída (I/O) que incluem: uma interface de áudio-vídeo 207 que se acopla à exibição de vídeo 214, alto-falantes 217 e microfone 280; uma interface I/O 213 que se acopla ao teclado 202, mouse 203,

digitalizador 226, câmera 227 e, opcionalmente, um joystick ou outro dispositivo de interface humana (não ilustrado); e uma interface 208 para o modem externo 216 e a impressora 215. Em algumas implantações, o modem 216 pode ser incorporado dentro do módulo de computador 201, por exemplo, dentro da interface 208. O módulo de computador 201 também tem uma interface de rede local 211, que permite o acoplamento do sistema de computador 200 através de uma conexão 223 a uma rede de comunicações de área local 222, conhecida como uma Rede de Área Local (LAN). Conforme ilustrado na Figura 2A, a rede de comunicações local 222 também pode se acoplar à rede ampla 220 através de uma conexão 224, que pode incluir, tipicamente, um autodenominado dispositivo de “firewall” ou dispositivo de funcionalidade similar. A interface de rede local 211 pode compreender um cartão de circuito de EthernetTM, uma disposição sem fio BluetoothTM ou uma disposição sem fio IEEE 802.11; entretanto, inúmeros outros tipos de interfaces podem ser praticados para a interface 211. A interface de rede local 211 também pode proporcionar a funcionalidade do transmissor 116 e do receptor 132 e o canal de comunicação 120 também pode ser incorporado na rede de comunicações local 222.

[0038] As interfaces I/O 208 e 213 podem proporcionar uma ou tanto a conectividade serial como paralela, sendo que a primeira é tipicamente implantada de acordo com os padrões Universal Serial Bus (USB) e tem conectores USB correspondentes (não ilustrados). Os dispositivos de armazenamento 209 são fornecidos e incluem, tipicamente, uma unidade de disco rígido (HDD) 210. Outros dispositivos de armazenamento, tais como, uma unidade de disquete e uma unidade de fita magnética (não ilustradas) também podem ser usados. Uma unidade de disco óptico 212 é tipicamente fornecida para atuar como uma fonte de dados não volátil. Os dispositivos de memória portáteis, tais como, discos ópticos (por exemplo, CD-ROM, DVD, Blu-ray DiscTM), USB-RAM, discos rígidos externos portáteis, e disquetes, por exemplo, podem ser usados, como as fontes apropriadas de dados para o sistema de computador 200. Tipicamente, qualquer um dentre a HDD 210, unidade óptica 212, redes 220 e 222 também pode ser configurado para operar como a fonte de vídeo 112, ou como um destino para os dados de vídeo

decodificados a serem armazenados para reprodução através da tela 214.

[0039] Os componentes 205 a 213 do módulo de computador 201 se comunicam, tipicamente, através de um barramento interconectado 204 e de uma maneira que resulta em um modo de operação convencional do sistema de computador 200 conhecido para aqueles versados na técnica relevante. Por exemplo, o processador 205 é acoplado ao barramento de sistema 204 usando uma conexão 218. Igualmente, a memória 206 e a unidade de disco óptico 212 são acopladas ao barramento de sistema 204 por conexões 219. Os exemplos de computadores em que as disposições descritas podem ser praticadas incluem PC's IBM e Sun SPARCstations, Apple MacTM compatíveis ou sistemas de computador similares.

[0040] Onde apropriado ou desejado, o codificador de vídeo 114 e o decodificador de vídeo 134, assim como, os métodos descritos abaixo, podem ser implantados usando o sistema de computador 200 em que o codificador de vídeo 114, o decodificador de vídeo 134 e os processos das Figuras 10 a 13, a serem descritos, podem ser implantados como um ou mais programas aplicativos de software 233 executáveis dentro do sistema de computador 200. Em particular, o codificador de vídeo 114, o decodificador de vídeo 134 e as etapas dos métodos descritos são efetuadas pelas instruções 231 (consulte a Figura 2B) no software 233 que são realizadas dentro do sistema de computador 200. As instruções de software 231 podem ser formadas como um ou mais módulos de código, cada um para realizar uma ou mais tarefas particulares. O software também pode ser dividido em duas partes separadas, em que uma primeira parte e os módulos de código correspondentes realizam os métodos descritos e uma segunda parte e os módulos de código correspondentes gerenciam uma interface de usuário entre a primeira parte e o usuário.

[0041] O software pode ser armazenado em um meio legível por computador, que inclui os dispositivos de armazenamento descritos abaixo, por exemplo. O software é carregado no sistema de computador 200 a partir do meio legível por computador e, então, executado pelo sistema de computador 200. Um meio legível

por computador que tem tal programa de software ou computador gravado no meio legível por computador é um produto de programa de computador. O uso do produto de programa de computador no sistema de computador 200 efetua, de preferência, um aparelho vantajoso para implantar o codificador de vídeo 114, o decodificador de vídeo 134 e os métodos descritos.

[0042] O software 233 é, tipicamente, armazenado na HDD 210 ou na memória 206. O software é carregado no sistema de computador 200 a partir de um meio legível por computador, e executado pelo sistema de computador 200. Desse modo, por exemplo, o software 233 pode ser armazenado em um meio de armazenamento de disco opticamente legível (por exemplo, CD-ROM) 225 que é lido pela unidade de disco óptico 212.

[0043] Em alguns casos, os programas aplicativos 233 podem ser fornecidos para o usuário codificados em um ou mais CD-ROMs 225 e lidos através da unidade correspondente 212 ou, de maneira alternativa, podem ser lidos pelo usuário a partir das redes 220 ou 222. Ainda adicionalmente, o software também pode ser carregado no sistema de computador 200 a partir de outros meios legíveis por computador. Os meios de armazenamento legíveis por computador se referem a qualquer meio de armazenamento tangível não transitório que forneça instruções e/ou dados gravados para o sistema de computador 200 para execução e/ou processamento. Os exemplos de tais meios de armazenamento incluem disquetes, fita magnética, CD-ROM, DVD, Disco Blu-ray, uma unidade de disco rígido, uma ROM ou circuito integrado, memória USB, um disco magneto-óptico, ou um cartão legível por computador, tal como, um cartão PCMCIA, e similares, quer tais dispositivos sejam internos ou externos ou não ao módulo de computador 201. Os exemplos de meios de transmissão legíveis por computador transitórios ou não tangíveis que também podem participar do fornecimento do software, programas aplicativos, instruções e/ou dados de vídeo ou dados de vídeo codificados para o módulo de computador 401 incluem canais de transmissão de rádio ou infravermelho, assim como, uma conexão de rede com outro computador ou dispositivo em rede, e a Internet ou Intranets que incluem transmissões de e-mail e

informações gravadas em sites da Web, e similares.

[0044] A segunda parte dos programas aplicativos 233 e dos módulos de código correspondentes mencionados acima pode ser executada para implantar uma ou mais interfaces gráficas de usuário (GUIs) a serem renderizadas ou, de outro modo, representadas na tela 214. Através da manipulação tipicamente do teclado 202 e do mouse 203, um usuário do sistema de computador 200 e do aplicativo pode manipular a interface de uma maneira funcionalmente adaptável para fornecer comandos de controle e/ou entrada para os aplicativos associados às GUIs. Outras formas de interfaces de usuário funcionalmente adaptáveis também podem ser implantadas, tal como, uma interface de áudio que utiliza avisos de fala emitidos através dos alto-falantes 217 e comandos de voz de usuário inseridos através do microfone 280.

[0045] A Figura 2B é um diagrama de blocos esquemático detalhado do processador 205 e uma “memória” 234. A memória 234 representa uma agregação lógica de todos os módulos de memória (incluindo a HDD 209 e a memória semicondutora 206) que podem ser acessados pelo módulo de computador 201 na Figura 2A.

[0046] Quando o módulo de computador 201 é inicialmente ligado, um programa de autoteste de inicialização (POST) 250 é executado. O programa POST 250 é tipicamente armazenado em uma ROM 249 da memória semicondutora 206 da Figura 2A. Um dispositivo de hardware, tal como, a ROM 249 que armazena software algumas vezes é referido como firmware. O programa POST 250 examina o hardware dentro do módulo de computador 201 para assegurar o funcionamento adequado e verifica tipicamente o processador 205, a memória 234 (209, 206), e um módulo de software de sistemas de entrada-saída básico (BIOS) 251, também é tipicamente armazenado na ROM 249 para a operação correta. Uma vez que o programa POST 250 foi executado de maneira bem sucedida, o BIOS 251 ativa a unidade de disco rígido 210 da Figura 2A. A ativação da unidade de disco rígido 210 faz com que um programa de carregador de inicialização 252 que é residente na unidade de disco rígido 210 execute através do processador 205. Esse carrega um

sistema de operação 253 na memória RAM 206, na qual o sistema de operação 253 começa a operação. O sistema de operação 253 é um aplicativo de nível de sistema, executável pelo processador 205, até cumprir várias funções de alto nível, incluindo gerenciamento de processador, gerenciamento de memória, gerenciamento de dispositivo, gerenciamento de armazenamento, interface de aplicativo de software e interface de usuário genérica.

[0047] O sistema de operação 253 gerencia a memória 234 (209, 206) para assegurar que cada processo ou aplicativo que executa no módulo de computador 201 tenha memória suficiente para executar sem colidir com a memória alocada em outro processo. Além disso, os diferentes tipos de memória disponíveis no sistema de computador 200 da Figura 2A devem ser adequadamente usados, de modo que cada processo possa executar de maneira eficaz. Conseqüentemente, a memória agregada 234 não se destina a ilustrar como os segmentos particulares da memória são alocados (exceto onde determinado de outro modo), porém, em vez disso, proporcionar uma visão geral da memória acessível pelo sistema de computador 200 e como tal é usada.

[0048] Conforme mostrado na Figura 2B, o processador 205 inclui inúmeros módulos funcionais que incluem uma unidade de controle 239, uma unidade lógica aritmética (ALU) 240, e uma memória local ou interna 248, algumas vezes denominada uma memória cache. A memória cache 248 inclui tipicamente inúmeros registros de armazenamento 244-246 em uma seção de registro. Um ou mais barramentos internos 241 interconectam funcionalmente esses módulos funcionais. O processador 205 também tem tipicamente uma ou mais interfaces 242 para se comunicar com os dispositivos externos através do barramento de sistema 204, usando uma conexão 218. A memória 234 é acoplada ao barramento 204 usando uma conexão 219.

[0049] O programa aplicativo 233 inclui uma sequência de instruções 231 que pode incluir instruções de ramificação e loop condicionais. O programa 233 também pode incluir dados 232 que são usados na execução do programa 233. As instruções 231 e os dados 232 são armazenados em locais de memória 228, 229,

230 e 235, 236, 237, respectivamente. Dependendo do tamanho relativo das instruções 231 e dos locais de memória 228-230, uma instrução particular pode ser armazenada em um único local de memória, conforme mostrado pela instrução mostrada no local de memória 230. Alternativamente, uma instrução pode ser segmentada em inúmeras partes, cada uma das quais é armazenada em um local de memória separado, conforme mostrado pelos segmentos de instrução mostrados nos locais de memória 228 e 229.

[0050] Em geral, se fornece ao processador 205 um conjunto de instruções que é executado no mesmo. O processador 205 espera por uma entrada subsequente, À qual o processador 205 reage executando-se outro conjunto de instruções. Cada entrada pode ser fornecida a partir de uma ou mais dentre inúmeras fontes, incluindo dados gerados por um ou mais dos dispositivos de entrada 202, 203, dados recebidos a partir de uma fonte externa através de uma das redes 220, 202, dados recuperados a partir de um dos dispositivos de armazenamento 206, 209 ou dados recuperados a partir de um meio de armazenamento 225 inserido no leitor correspondente 212, todos mostrados na Figura 2A. A execução de um conjunto das instruções, em alguns casos, pode resultar na emissão de dados. A execução também pode envolver armazenar dados ou variáveis na memória 234.

[0051] O codificador de vídeo 114, o decodificador de vídeo 134 e os métodos descritos podem usar variáveis de entrada 254 que são armazenadas na memória 234 em locais de memória correspondentes 255, 256, 257. O codificador de vídeo 114, o decodificador de vídeo 134 e os métodos descritos produzem variáveis de saída 261, que são armazenadas na memória 234 nos locais de memória correspondentes 262, 263, 264. As variáveis intermediárias 258 podem ser armazenadas nos locais de memória 259, 260, 266 e 267.

[0052] Referindo-se ao processador 205 da Figura 2B, os registros 244, 245, 246, a unidade lógica aritmética (ALU) 240 e a unidade de controle 239 trabalham em conjunto para realizar sequências de micro-operações necessárias para realizar ciclos de “busca, decodificação e execução” para cada instrução no conjunto de instruções que constitui o programa 233. Cada ciclo de busca, decodificação e

execução compreende:

- (a) uma operação de busca, que busca ou lê uma instrução 231 a partir de um local de memória 228, 229, 230;
- (b) uma operação de decodificação em que a unidade de controle 239 determina qual instrução foi buscada; e
- (c) uma operação de execução em que a unidade de controle 239 e/ou a ALU 240 executam a instrução.

[0053] Posteriormente, um ciclo de busca, decodificação e execução adicional para a próxima instrução pode ser executado. De maneira similar, um ciclo de armazenamento pode ser realizado através do qual a unidade de controle 239 armazena ou grava um valor em um local de memória 232.

[0054] Cada etapa ou subprocesso nos processos das Figuras 10 a 13 a serem descritos é associado a um ou mais segmentos do programa 233 e é tipicamente realizado pela seção de registro 244, 245, 247, sendo que a ALU 240 e a unidade de controle 239 no processador 205 trabalham em conjunto para realizar os ciclos de busca, decodificação e execução para cada instrução no conjunto de instruções para os segmentos observados do programa 233.

[0055] A Figura 3 é um diagrama de blocos esquemático que mostra módulos funcionais do codificador de vídeo 114. A Figura 4 é um diagrama de blocos esquemático que mostra módulos funcionais do decodificador de vídeo 134. O codificador de vídeo 114 e o decodificador de vídeo 134 podem ser implantados usando um sistema de computador de propósito geral 200, conforme mostrado nas Figuras 2A e 2B, onde os diversos módulos funcionais podem ser implantados pelo hardware dedicado dentro do sistema de computador 200, através do software executável dentro do sistema de computador 200, tais como, um ou mais módulos de código de software do programa aplicativo de software 233 residente na unidade de disco rígido 205 e são controlados em sua execução pelo processador 205 ou, de maneira alternativa, por uma combinação de hardware e software dedicados executáveis dentro do sistema de computador 200. O codificador de vídeo 114, o decodificador de vídeo 134 e os métodos descritos podem ser implantados, de

maneira alternativa, no hardware dedicado, tais como, um ou mais circuitos integrados que realizam as funções ou subfunções dos métodos descritos. Tal hardware dedicado pode incluir processadores gráficos, processadores de sinal digital, circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), arranjos de portas programáveis em campo (FPGAs) ou um ou mais microprocessadores e memórias associadas. Em particular, o codificador de vídeo 114 compreende módulos 320-344 e o decodificador de vídeo 134 compreende módulos 420-434 que podem ser implantados como um ou mais módulos de código de software do programa aplicativo de software 233.

[0056] Embora o codificador de vídeo 114 da Figura 3 seja um exemplo de um pipeline de codificação de vídeo de codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC), os estágios de processamento realizados pelos módulos 320-344 são comuns para outros codecs de vídeo, tais como, VC-1 ou H.264/MPEG-4 AVC. O codificador de vídeo 114 recebe os dados de quadro capturados, tais como, os dados de quadro capturados como uma série de quadros, sendo que cada quadro inclui um ou mais canais de cor. Cada quadro compreende uma grade de amostra por canal de cor. As informações de cor são representadas usando um 'espaço de cor', tal como, a recomendação ITU-R BT.709 ('YUV'), embora outros espaços de cor também sejam possíveis. Quando o espaço de cor YUV é usado, os canais de cor incluem um canal de luma ('Y') e dois canais de croma ('U' e 'V'). Além disso, diferentes quantidades de informações podem ser incluídas na grade de amostra de cada canal de cor, dependendo da amostragem da imagem ou através da aplicação de filtragem para reamostrar os dados de quadro capturados. Existem diversas abordagens de amostragem, conhecidas como 'formatos de croma', algumas das quais serão descritas com referência às Figuras 5A e 5B.

[0057] O codificador de vídeo 114 divide cada quadro dos dados de quadro capturados, tais como, dados de quadro 310, em regiões geralmente referidas como 'blocos de árvore de codificação' (CTBs). Cada bloco de árvore de codificação (CTB) inclui uma subdivisão de quad-tree hierárquica de uma porção do quadro em uma coleção de 'unidades de codificação' (CUs). O bloco de árvore de codificação (CTB)

ocupa geralmente uma área de 64x64 amostras de luma, embora outros tamanhos sejam possíveis, tais como, 16x16 ou 32x32. Em alguns casos, mesmo os tamanhos ainda maiores, tais como, 128x128, podem ser usados. O bloco de árvore de codificação (CTB) pode ser subdividido através de uma divisão em quatro regiões de tamanho igual para criar um novo nível de hierarquia. A divisão pode ser aplicada recursivamente, resultando em uma hierarquia de quad-tree. À medida que as dimensões laterais de bloco de árvore de codificação (CTB) sempre são potências de dois e a divisão de quad-tree sempre resulta em uma metade da largura e altura, as dimensões laterais de região também são sempre potências de dois. Quando nenhuma divisão adicional de uma região for realizada, uma 'unidade de codificação' (CU) é dita por existir dentro da região. Quando nenhuma divisão for realizada no nível superior do bloco de árvore de codificação, a região que ocupa todo o bloco de árvore de codificação contém uma unidade de codificação (CU) que geralmente é referida como uma 'maior unidade de codificação' (LCU). Um tamanho mínimo também existe para cada unidade de codificação, tal como, a área ocupada por amostras de luma 8x8, embora outros tamanhos mínimos também sejam possíveis. As unidades de codificação desse tamanho geralmente são referidas como as 'menores unidades de codificação' (SCUs). Como um resultado dessa hierarquia de quad-tree, todo o bloco de árvore de codificação (CTB) é ocupado por uma ou mais unidades de codificação (CUs).

[0058] O codificador de vídeo 114 produz uma ou mais matrizes de amostras, geralmente chamadas de 'unidades de predição' (PUs) para cada unidade de codificação (CU). Diversas disposições de unidades de predição (PUs) em cada unidade de codificação (CU) são possíveis, com um requisito de que as unidades de predição (PUs) não se sobreponham e que a totalidade da unidade de codificação (CU) seja ocupada por uma ou mais unidades de predição (PUs). Esse esquema assegura que as unidades de predição (PUs) cubram toda a área de quadro.

[0059] O codificador de vídeo 114 opera por emissão a partir de um módulo multiplexador 340, a unidade de predição (PU) 382. Um módulo de diferença 344 emite a diferença entre a unidade de predição (PU) 382 e uma matriz 2D

correspondente de amostras de dados a partir de uma unidade de codificação (CU) do bloco de árvore de codificação (CTB) dos dados de quadro 310, sendo que a diferença é conhecida como uma 'matriz de amostra residual' 360. A matriz de amostra residual 360 a partir do módulo de diferença 344 é recebida por um módulo de transformação 320, que converte (ou 'codifica') a matriz de amostra residual 360 a partir de uma representação espacial até uma representação de domínio de frequência aplicando-se uma "transformada direta". O módulo de transformação 320 cria coeficientes de transformação 362 para cada transformação em uma unidade de transformação (TU) em uma subdivisão hierárquica da unidade de codificação (CU) em uma ou mais unidades de transformação (TUs) geralmente referidas como uma 'árvore de transformação'. Para o padrão de codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC) em desenvolvimento, a conversão para a representação de domínio de frequência é implantada usando uma transformada discreta de cosseno modificada (DCT), em que uma DCT tradicional é modificada para ser implantada usando mudanças e adições. Diversos tamanhos para a matriz de amostra residual 360 e os coeficientes de transformação 362 são possíveis, de acordo com os tamanhos de transformação suportados. No padrão de codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC) em desenvolvimento, as transformações são realizadas em matrizes 2D de amostras que têm tamanhos específicos, tais como, 32x32, 16x16, 8x8 e 4x4. Desse modo, pode-se dizer que um conjunto predeterminado de tamanhos de transformação disponíveis para um codificador de vídeo 114 existe. Além disso, conforme previsto acima, o conjunto de tamanhos de transformação pode diferir entre o canal de luma e os canais de croma. As transformadas bidimensionais são geralmente configuradas para serem 'separáveis', permitindo a implantação como um primeiro conjunto de transformadas 1D que opera na matriz 2D de amostras em uma direção (por exemplo, em fileiras), seguido por um segundo conjunto de transformadas 1D que opera na matriz 2D de amostras emitidas a partir do primeiro conjunto de transformadas 1D na outra direção (por exemplo, em colunas). As transformadas que têm a mesma largura e altura geralmente são referidas como 'transformadas quadradas'. As transformadas adicionais que têm diferentes larguras

e alturas também são possíveis e geralmente são referidas como 'transformadas não quadradas'. As implantações otimizadas das transformações podem combinar as transformadas unidimensionais e as transformadas unidimensionais de fileira e coluna com módulos de hardware ou software específicos, tal como, um módulo de transformação 4x4 ou um módulo de transformação 8x8. As transformadas que têm dimensões maiores necessitam de quantidades maiores de conjunto de circuitos para implantação, mesmo que os mesmos sejam infreqüentemente usados. Conseqüentemente, existe um tamanho de transformação máximo de 32x32 no padrão de codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC) em desenvolvimento. A natureza integrada da implantação de transformação também introduz uma preferência para reduzir o número de tamanhos de transformadas não quadradas suportados, à medida que os mesmos irão requerer tipicamente que o hardware totalmente novo seja implantado, em vez de reutilizar a lógica de transformada unidimensional existente presente a partir das transformadas quadradas correspondentes. As transformadas são aplicadas tanto nos canais de luma como de croma. As diferenças entre a manipulação de canais de luma e croma em relação às unidades de transformação (TUs) existem e serão discutidas abaixo com referência às Figuras 5A e 5B. Cada árvore de transformação ocupa uma unidade de codificação (CU) e é definida como uma decomposição de quad-tree da unidade de codificação (CU) em uma hierarquia que contém uma unidade de transformação (TU) em cada nó-folha da hierarquia de árvore de transformação (quad-tree), com cada unidade de transformação (TU) capaz de fazer uso de transformações dos tamanhos de transformação suportados. De maneira similar ao bloco de árvore de codificação (CTB), é necessário que a totalidade da unidade de codificação (CU) seja ocupada por uma ou mais unidades de transformação (TUs). Em cada nível da hierarquia de quad-tree de árvore de transformação, um 'valor de sinalizador de bloco codificado' sinaliza a possível presença de uma transformação em cada canal de cor, no nível de hierarquia presente quando nenhuma divisão adicional estiver presente, ou sinaliza que níveis de hierarquia inferiores podem conter pelo menos uma transformação entre as unidades de transformação resultantes (TUs). Quando o

valor de sinalizador de bloco codificado for zero, nenhuma transformação é realizada para o canal de cor correspondente de quaisquer unidades de transformação (TU) da árvore de transformação, no presente nível hierárquico ou em níveis hierárquicos inferiores. Quando o valor de sinalizador de bloco codificado for um, a região contém uma transformação que deve ter pelo menos um coeficiente residual não zero. Dessa maneira, para cada canal de cor, zero ou mais transformações podem cobrir uma porção da área da unidade de codificação (CU) que varia de nenhuma até a totalidade da unidade de codificação (CU). Os valores de sinalizador de bloco codificados separados existem para cada canal de cor. Não se requer que cada valor de sinalizador de bloco codificado seja codificado, à medida que existem casos em que há apenas um valor de sinalizador de bloco codificado possível.

[0060] Os coeficientes de transformação 362 são, então, inseridos em um módulo de escala e quantização 322 e são escalonados e quantizados de acordo com um parâmetro de quantização determinado 384 para produzir a matriz de coeficiente residual 364. O processo de escala e quantização resulta em uma perda de precisão, dependente do valor do parâmetro de quantização determinado 384. Um valor mais alto do parâmetro de quantização determinado 384 resulta em maiores informações que são perdidas a partir dos coeficientes de transformação. Isso aumenta a compressão obtida pelo codificador de vídeo 114 à custa da redução da qualidade visual da saída a partir do decodificador de vídeo 134. O parâmetro de quantização determinado 384 pode ser adaptado durante a codificação de cada quadro dos dados de quadro 310, ou pode ser fixo em uma porção dos dados de quadro 310, tal como, um quadro inteiro. Outras adaptações do parâmetro de quantização determinado 384 também são possíveis, tais como, quantização de coeficientes residuais diferentes com valores separados. A matriz de coeficiente residual 364 e o parâmetro de quantização determinado 384 são adotados como entrada para um módulo de escalonamento inverso 326 que inverte o escalonamento realizado pelo módulo de escala e quantização 322 para produzir as matrizes de coeficiente de transformação redimensionadas 366, que são versões redimensionadas da matriz de coeficiente residual 364.

[0061] A matriz de coeficiente residual 364 e o parâmetro de quantização determinado 384 também são adotados como entrada para um módulo codificador de entropia 324 que codifica os coeficientes residuais em um fluxo de bits codificado 312 (ou 'fluxo de bits de vídeo'). A matriz de coeficiente residual 364 de cada transformação em cada unidade de transformação (TU) é codificada em grupos geralmente conhecidos como 'sub-blocos'. Os sub-blocos devem ter, de preferência, as mesmas dimensões independente do tamanho da transformação, à medida que isso permite a reutilização de lógica que se refere ao processamento de sub-bloco. Os coeficientes residuais dentro de um sub-bloco geralmente são referidos como um 'grupo de coeficientes' e para cada grupo de coeficientes, um sinalizador de grupo de coeficientes geralmente é codificado para indicar se pelo menos um coeficiente residual dentro do grupo de coeficientes é não zero. Em alguns casos, o sinalizador de grupo de coeficientes pode ser inferido e, desse modo, não é codificado. Um sinalizador é codificado para cada coeficiente residual que pertence a um grupo de coeficientes que tem um valor de sinalizador de grupo de coeficientes de um para indicar se o coeficiente residual é não zero ('significativo') ou zero ('não significativo'). Devido à perda de precisão que resulta do módulo de escala e quantização 322, as matrizes de coeficiente de transformação redimensionadas 366 não são idênticas aos coeficientes de transformação originais 362. As matrizes de coeficiente de transformação redimensionadas 366 a partir do módulo de escalonamento inverso 326 são, então, emitidas para um módulo de transformada inversa 328. O módulo de transformada inversa 328 realiza uma transformada inversa a partir do domínio de frequência até o domínio espacial para produzir uma representação de domínio espacial 368 das matrizes de coeficiente de transformação redimensionadas 366 idêntica a uma representação de domínio espacial que é produzida no decodificador de vídeo 134.

[0062] Um módulo de estimativa de movimento 338 produz vetores de movimento 374 comparando-se os dados de quadro 310 com os dados de quadro anteriores de um ou mais conjuntos de quadros armazenados em um módulo de buffer de quadro 332, geralmente configurado dentro da memória 206. Os conjuntos

de quadros são conhecidos como 'listas de imagem de referência'. Os vetores de movimento 374 são, então, inseridos em um módulo de compensação de movimento 334 que produz uma unidade de predição inter-prevista (PU) 376 filtrando-se as amostras armazenadas no módulo de buffer de quadro 332, levando em consideração um deslocamento espacial derivado dos vetores de movimento 374. Os vetores de movimento 374, não ilustrados na Figura 3, também são passados como elementos de sintaxe para o módulo codificador de entropia 324 para codificação no fluxo de bits codificado 312. Um módulo de predição intra-quadro 336 produz uma unidade de predição intra-prevista (PU) 378 que usa as amostras 370 obtidas a partir de um módulo de soma 342, que soma a unidade de predição (PU) 382 a partir do módulo multiplexador 340 e a representação de domínio espacial 368 a partir do módulo de transformada inversa 328. O módulo de predição intra-quadro 336 também produz um modo de intra-predição 380 que é enviado para o codificador de entropia 324 para codificação no fluxo de bits codificado 312.

[0063] As unidades de predição (PUs) podem ser geradas com o uso de um método de intra-predição ou um método de inter-predição. Os métodos de intra-predição fazem uso de amostras adjacentes à unidade de predição (PU) que foram previamente decodificadas (tipicamente acima e à esquerda da unidade de predição), fim de gerar amostras de referência dentro da unidade de predição (PU). Diversas direções de intra-predição, referidas como o 'modo de intra-predição' são possíveis. Os métodos de inter-predição fazem uso de um vetor de movimento que se refere a um bloco a partir de um quadro de referência selecionado. À medida que o bloco pode ter qualquer alinhamento abaixo de uma precisão de sub-amostra, por exemplo, um oitavo de uma amostra, a filtragem é necessária para criar um bloco de amostras de referência para a unidade de predição (PU). A decisão sobre qual método usar é tomada de acordo com uma compensação de distorção de taxa entre a taxa de bits desejada do fluxo de bits codificado resultante 312 e a quantidade de distorção de qualidade de imagem introduzida pelo método de intra-predição ou inter-predição. Se a intra-predição for usada, um modo de intra-predição é selecionado a partir do conjunto de modos possíveis de intra-predição, também, de

acordo com uma compensação de distorção de taxa. O módulo multiplexador 340 seleciona as amostras de referência intra-previstas 378 a partir do módulo de predição intra-quadro 336, ou a unidade de predição inter-prevista (PU) 376 a partir da compensação de movimento bloco 334, dependendo da decisão tomada pelo algoritmo de distorção de taxa. O módulo de soma 342 produz uma soma 370 que é inserida em um módulo de filtro de desbloqueamento 330. O módulo de filtro de desbloqueamento 330 realiza a filtragem ao longo dos limites de bloco, que produzem amostras desbloqueadas 372 que são gravadas no módulo de buffer de quadro 332 configurado dentro da memória 206. O módulo de buffer de quadro 332 é um buffer com capacidade suficiente para conter dados a partir de um ou mais quadros passados para referência futura como parte de uma lista de imagem de referência.

[0064] Para o padrão de codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC) em desenvolvimento, o fluxo de bits codificado 312 produzido pelo codificador de entropia 324 é delineado nas unidades de camada de abstração de rede (NAL). Geralmente, cada fatia de um quadro é contida em uma unidade NAL. O codificador de entropia 324 codifica a matriz de coeficiente residual 364, o modo de intra-predição 380, os vetores de movimento e outros parâmetros, coletivamente referidos como 'elementos de sintaxe', no fluxo de bits codificado 312 realizando-se um algoritmo de codificação aritmética binária de contexto adaptável (CABAC). Os elementos de sintaxe são agrupados em conjunto em 'estruturas de sintaxe', esses agrupamentos podem conter recursão para descrever estruturas hierárquicas. Além dos valores ordinais, tal como, um modo de intra-predição ou valores inteiros, tal como, um vetor de movimento, os elementos de sintaxe também incluem sinalizadores, tal como, para indicar uma divisão de quad-tree. O módulo de estimativa de movimento 338 e o módulo de compensação de movimento 334 operam nos vetores de movimento 374 que têm uma precisão de 1/8 de uma amostra de luma, permitindo a modelagem precisa do movimento entre quadros nos dados de quadro 310.

[0065] Embora o decodificador de vídeo 134 da Figura 4 seja descrito com referência a um pipeline de decodificação de vídeo de decodificação de vídeo de alta

eficiência (HEVC), os estágios de processamento realizados pelos módulos 420-434 são comuns para outros codecs de vídeo que empregam codificação de entropia, tais como, H.264/MPEG-4 AVC, MPEG-2 e VC-1. As informações de vídeo codificadas também podem ser lidas a partir da memória 206, da unidade de disco rígido 210, um CD-ROM, um disco Blu-ray™ ou outro meio de armazenamento legível por computador. De maneira alternativa, as informações de vídeo codificadas podem ser recebidas a partir de uma fonte externa, tal como, um servidor conectado à rede de comunicações 220 ou um receptor de radiofrequência.

[0066] Conforme observado na Figura 4, os dados de vídeo recebidos, tal como, o fluxo de bits codificado 312, são inseridos no decodificador de vídeo 134. O fluxo de bits codificado 312 pode ser lido a partir da memória 206, da unidade de disco rígido 210, um CD-ROM, um disco Blu-ray™ ou outro meio de armazenamento legível por computador. De maneira alternativa, o fluxo de bits codificado 312 pode ser recebido a partir de uma fonte externa, tal como, um servidor conectado à rede de comunicações 220 ou um receptor de radiofrequência. O fluxo de bits codificado 312 contém elementos de sintaxe codificados que representam os dados de quadro capturados a serem decodificados.

[0067] O fluxo de bits codificado 312 é inserido em um módulo decodificador de entropia 420 que extrai os elementos de sintaxe do fluxo de bits codificado 312 e passa os valores dos elementos de sintaxe para outros blocos no decodificador de vídeo 134. O módulo decodificador de entropia 420 aplica o algoritmo de codificação aritmética binária de contexto adaptável (CABAC) para decodificar os elementos de sintaxe a partir do fluxo de bits codificado 312. Os elementos de sintaxe decodificados são usados para reconstruir parâmetros dentro do decodificador de vídeo 134. Os parâmetros incluem zero ou mais matrizes de coeficiente residual 450, vetores de movimento 452 e um modo de predição 454. A matriz de coeficiente residual 450 é passada para um módulo de escala e transformada inversa 422, os vetores de movimento 452 são passados para um módulo de compensação de movimento 434 e o modo de predição 454 é passado para um módulo de predição intra-quadro 426 e a multiplexador 428. O módulo de escala e transformada inversa

422 realiza o escalonamento inverso nos dados de coeficiente residual para criar coeficientes de transformação reconstruídos. O módulo de escala e transformada inversa 422, então, aplica uma 'transformada inversa' para converter (ou 'decodificar') os coeficientes de transformação reconstruídos a partir de uma representação de domínio de frequência até uma representação de domínio espacial, que produz uma matriz de amostra residual 456. A transformada inversa dentro do módulo de escala e transformada inversa 422 realiza a mesma operação que a transformada inversa 328. O módulo de escala e transformada inversa 422, portanto, deve ser configurado para fornecer um conjunto predeterminado de tamanhos de transformação necessários para decodificar um fluxo de bits codificado 312 que é compatível com o padrão de codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC) em desenvolvimento.

[0068] O módulo de compensação de movimento 434 usa os vetores de movimento 452 a partir do módulo decodificador de entropia 420, combinado com referência aos dados de quadro 460 a partir de um bloco de buffer de quadro 432, configurado dentro da memória 206, para produzir uma unidade de predição inter-prevista (PU) 462 para uma unidade de predição (PU), que é uma predição de emissão de dados de quadro decodificados. Quando o modo de predição 454 indica que a unidade de predição atual foi codificada usando intra-predição, o módulo de predição intra-quadro 426 produz uma unidade de predição intra-prevista (PU) 464 para a unidade de predição (PU) usando amostras espacialmente vizinhas à unidade de predição (PU) e uma direção de predição também fornecida pelo modo de predição 454. As amostras especialmente vizinhas são obtidas a partir de uma soma 458, emitida a partir de um módulo de soma 424. O módulo multiplexador 428 seleciona a unidade de predição intra-prevista (PU) 464 ou a unidade de predição inter-prevista (PU) 462 para uma unidade de predição (PU) 466, dependendo do modo de predição atual 454. A unidade de predição (PU) 466, emitida a partir do módulo multiplexador 428, é adicionada à matriz de amostra residual 456 a partir do módulo de escala e transformada inversa 422 através do módulo de soma 424 para produzir a soma 458 que, então, é inserida em cada um dentro o módulo de filtro de

desblocagem 430 e o módulo de predição intra-quadro 426. O módulo de filtro de desblocagem 430 realiza a filtragem ao longo dos limites de bloco de dados, tais como, limites de unidade de transformação (TU) para suavizar artefatos visíveis. A saída do módulo de filtro de desblocagem 430 é gravada no módulo de buffer de quadro 432 configurado dentro da memória 206. O módulo de buffer de quadro 432 fornece armazenamento suficiente para conter um ou mais quadros decodificados para referência futura. Os quadros decodificados 412 também são emitidos a partir do módulo de buffer de quadro 432 para um dispositivo de exibição, tal como, o dispositivo de exibição 136.

[0069] Cada uma das Figuras 5A e 5B mostra as grades de amostra de uma porção de quadro 500 e uma porção de quadro 510 codificadas usando um formato de croma 4:2:0 e 4:2:2, respectivamente. O formato de croma é especificado como um parâmetro de configuração para o codificador de vídeo 114 e o codificador de vídeo 114 codifica um elemento de sintaxe 'chroma_format_idc' no fluxo de bits codificado 312 que especifica o formato de croma. O decodificador de vídeo 134 decodifica o elemento de sintaxe 'chroma_format_idc' a partir do fluxo de bits codificado 312 para determinar o formato de croma em uso. Por exemplo, quando um formato de croma 4:2:0 estiver em uso, o valor de chroma_format_idc é um, quando um formato de croma 4:2:2 estiver em uso, o valor de chroma_format_idc é dois e quando um formato de croma 4:4:4 estiver em uso, o valor de chroma_format_idc é três. Nas Figuras 5A e 5B, os locais de amostra de luma, tal como, um local de amostra de luma 501, são ilustrados usando símbolos 'X', e os locais de amostra de croma, tal como, um local de amostra de croma 502, são ilustrados usando símbolos 'O'. Através da amostragem da porção de quadro 500 nos pontos indicados, uma grade de amostra é obtida para cada canal de cor quando um formato de croma 4:2:0 for aplicado. Em cada local de amostra de luma X, o canal de luma ('Y') é amostrado, e em cada local de amostra de croma O, ambos os canais de croma ('U' e 'V') são amostrados. Conforme mostrado na Figura 5A, para cada local de amostra de croma, existe uma disposição 2x2 de locais de amostra de luma. Através da amostragem das amostras de luma nos locais de

amostra de luma e amostras de croma nos locais de amostra de croma indicadas na porção de quadro 510, uma grade de amostra é obtida para cada canal de cor quando um formato de croma 4:2:2 for aplicado. A mesma alocação das amostras to canais de cor é feita para a porção de quadro 510 como para a porção de quadro 500. Em contraste com a porção de quadro 500, o dobro de locais de amostra de croma existe na porção de quadro 510. Na porção de quadro 510, os locais de amostra de croma são colocados em todo segundo local de amostra de luma. Conseqüentemente, na Figura 5B, para cada local de amostra de croma, existe uma disposição de locais de amostra de luma 2x1.

[0070] Diversas dimensões permissíveis de unidades de transformação foram descritas acima nas unidades de amostras de luma. A região coberta por uma transformada aplicada para o canal de luma, desse modo, terá as mesmas dimensões que a dimensões de unidade de transformação. À medida que as unidades de transformação também codificam os canais de croma, a transformada para cada canal de croma terá dimensões adaptadas de acordo com o formato de croma particular em uso. Por exemplo, quando um formato de croma 4:2:0 estiver em uso, uma unidade de transformação 16x16 (TU) irá usar uma transformada 16x16 para o canal de luma, e uma transformada 8x8 para cada canal de croma. Um caso especial consiste no fato de que quando uma transformada 4x4 for usada para o canal de luma, não há transformada 2x2 correspondente disponível (quando o formato de croma 4:2:0 for aplicado) ou transformada 4x2 disponível quando o formato de croma 4:2:2 for aplicado) que pode ser usada para os canais de croma. Nesse caso especial, uma transformada 4x4 para cada canal de croma pode cobrir a região ocupada pelas múltiplas transformadas de luma.

[0071] A Figura 6A é uma representação esquemática de uma árvore de transformação exemplificativa de uma unidade de codificação (CU) 602 (mostrada com uma borda espessa), dentro de um bloco de árvore de codificação (CTB) 600 do quadro. Uma única subdivisão de quad-tree divide o bloco de árvore de codificação (CTB) 600 em quatro unidades de codificação 32x32 (CUs), tal como, a unidade de codificação (CU) 602. Uma árvore de transformação exemplificativa

existe dentro da unidade de codificação (CU) 602. A árvore de transformação exemplificativa inclui diversas subdivisões de quad-tree que resultam em dez unidades de transformação (TUs) numeradas, tal como, na Figura 6A, por exemplo, a unidade de transformação #9 (TU) 604. As unidades de transformação #1-#10 cobrem a totalidade da unidade de codificação (CU) 602. Cada subdivisão de quad-tree divide uma região espacialmente em quatro quadrantes, que resultam em quatro regiões menores. Cada unidade de transformação (TU) tem um valor de profundidade de transformação, que corresponde a um nível hierárquico da unidade de transformação (TU) dentro da árvore de transformação. O nível hierárquico indica o número de subdivisões de quad-tree realizado antes da subdivisão de quad-tree terminar, resultando em uma ocorrência de uma unidade de transformação (TU) que ocupa a região correspondente. Por exemplo, a unidade de transformação #9 (TU) 604, ocupa um quarto da área da unidade de codificação (CU) 602 e, portanto, tem profundidade de transformação de um. Cada unidade de transformação (TU) tem um tamanho associado (ou 'tamanho de transformação'), geralmente descrito como as dimensões da região que contém a unidade de transformação (TU) na grade de amostra de luma. O tamanho é dependente do tamanho de unidade de codificação (CU) e da profundidade de transformação. As unidades de transformação (TUs) com uma profundidade de transformação de zero têm um tamanho igual ao tamanho da unidade de codificação correspondente (CU). Cada incremento da profundidade de transformação resulta em uma metade do tamanho de unidades de transformação (TUs) presentes na árvore de transformação na determinada profundidade de transformação. À medida que o quadro frame um canal de luma e canais de croma, a unidade de codificação (CU) 602 ocupa uma região tanto da grade de amostra de luma como da grade de amostra de croma e, desse modo, cada unidade de transformação (TU) inclui informações que descrevem tanto as amostras de luma na grade de amostra de luma como as amostras de croma na grade de amostra de croma. A natureza das informações para cada unidade de transformação (TU) é dependente do estágio de processamento do codificador de vídeo 114 ou do decodificador de vídeo 134. Na entrada do módulo de transformação 320 e na saída

do módulo de escala e transformada inversa 422, as matrizes de amostra residual 360 e 456 contêm, respectivamente, informações para cada unidade de transformação (TU) no domínio espacial. As matrizes de amostra residual 360 e 456 podem ser adicionalmente divididas em uma 'matriz de amostra residual de croma' e uma 'luma matriz de amostra residual', devido às diferenças no processamento entre o canal de luma e os canais de croma. Na saída do módulo de escala e quantização 322 e na entrada do módulo de escala e transformada inversa 422, as matrizes de coeficiente residual 364 e 450 contêm, respectivamente, informações para cada unidade de transformação (TU) no domínio de frequência. As matrizes de coeficiente residual 364 e 450 podem ser adicionalmente divididas em uma 'matriz de coeficiente residual de croma' e uma 'luma matriz de coeficiente residual', devido às diferenças no processamento entre o canal de luma e os canais de croma.

[0072] A Figura 6B ilustra uma árvore de transformação exemplificativa 630, que corresponde à árvore de transformação exemplificativa da Figura 6A para o canal de luma de uma unidade de codificação 32x32 (CU) que contém um conjunto de unidades de transformação (TUs) e ocupa a unidade de codificação (CU) 602, que ocupa uma 32x32 matriz de amostra de luma na grade de amostra de luma. A Figura 7 ilustra uma estrutura de dados 700 que representa a árvore de transformação exemplificativa 630. Na Figura 6B, as caixas numeradas 1 a 10 indicam unidades de transformação presentes dentro da região 632 (exemplificada por diversas unidades de transformação (TUs) 640), e cada caixa é contida em uma região que não é adicionalmente subdividida (indicada por uma caixa com borda tracejada).

[0073] Na Figura 6B, caixas numeradas 1 e 9 contêm transformadas 16x16 para o canal de luma, as caixas numeradas 2, 3 e 8 contêm transformadas 8x8 para o canal de luma e as caixas numeradas 4 a 7 contêm transformadas 4x4 para o canal de luma. A região correspondente (caixa tracejada) a cada uma dessas caixas tem o valor de sinalizador de bloco codificado de um, para indicar a presença de uma transformação.

[0074] A presença ou ausência de uma transformada para cada canal de cor é especificada por um valor de sinalizador de bloco codificado separado que é usado

em cada codificação e decodificação do fluxo de bits, porém, que não precisa ser transmitido no fluxo de bits, conforme será discutido abaixo. Conseqüentemente, o número de matrizes de coeficiente residual 450 emitido a partir do decodificador de entropia 420 é dependente dos valores de sinalizador de bloco codificados. Quando nenhum coeficiente significativo estiver presente em nenhum canal de cor, o número de matrizes de coeficiente residual 450 emitido a partir do decodificador de entropia 420 é zero.

[0075] Na Figura 7, os círculos representam os valores de sinalizador de transformação dividida, sendo que o valor de sinalizador de transformação dividida é indicado dentro do círculo correspondente. Na Figura 7, os triângulos representam valores de sinalizador de bloco codificados, sendo que o valor de sinalizador de bloco codificado é indicado dentro do triângulo correspondente. Os quadrados representam as unidades de transformação, com cada transformada numerada de acordo com a numeração de transformada presente na Figura 6B.

[0076] O nível hierárquico mais superior da árvore de transformação exemplificativa 630 contém uma região 632 que ocupa uma unidade de codificação 32x32 (CU). Um valor de sinalizador de transformação dividida 702 indica que a região 632 é subdividida em quatro regiões 16x16, tal como, uma região 634 que define, desse modo, um nó 'não-folha' da árvore de transformação exemplificativa 630. Para cada região 16x16, um valor de sinalizador de transformação dividida adicional, tal como, um valor de sinalizador de transformação dividida 704, indica que a respectiva região 16x16 deve ser adicionalmente subdividida em quatro regiões 8x8. Por exemplo, a região 634 não é adicionalmente subdividida, conforme indicado pelo valor de sinalizador de transformação dividida 704 de zero que define, desse modo, um nó 'folha' da árvore de transformação exemplificativa 630. Em contraste, uma região 638 é adicionalmente subdividida em quatro regiões 4x4 (tal como, uma região 636), conforme indicado por um valor de sinalizador de transformação dividida 712 de um. A estrutura de divisão recursiva presente na árvore de transformação 630 é análoga à divisão de quad-tree presente no bloco de árvore de codificação (CTB). Para o canal de luma, nos nós 'folha' do quad-tree, a

presença de uma transformação na unidade de transformação (TU) é sinalizada por um valor de sinalizador de bloco codificado, por exemplo, um valor de sinalizador de bloco codificado 708 de um indica a presença de uma transformação 710 na região 634.

[0077] À medida que uma transformação pode ser usada para representar dados residuais em cada região, não se permite que as regiões sejam menores que o menor tamanho de transformação suportado, tais como, amostras de luma 4x4 para o canal de luma. De maneira adicional, para regiões maiores que o maior tamanho de transformação disponível, um valor de sinalizador de transformação dividida de um é inferido. Por exemplo, para uma árvore de transformação com um nível superior de uma unidade de codificação 64x64, uma subdivisão automática (isto é: não sinalizada no fluxo de bits codificado 312) em quatro regiões 32x32 ocorre quando o maior tamanho de transformação suportado for amostras de luma 32x32.

[0078] Uma região 16x16 direita inferior 642 contém uma unidade de transformação (TU) (com número 10 (dez) e sombreada) sem transformação para o canal de luma e, portanto, tem um valor de sinalizador de bloco codificado correspondente 716 de zero.

[0079] As Figuras 6C e 8 ilustram a árvore de transformação exemplificativa 630 que corresponde à árvore de transformação exemplificativa da Figura 6A para um canal de croma configurado para o formato de croma 4:2:2 e que contém um conjunto de transformações para um canal de croma que corresponde à árvore de transformação 630 para o canal de luma e é representado por uma estrutura de dados 800. À medida que a árvore de transformação hierarquia é comum em virtude da estrutura da Figura 6A entre o canal de luma e os canais de croma, os valores de sinalizador de transformação dividida são compartilhados entre as estruturas de dados 700 e 800. Em contraste com a estrutura de dados 700, a estrutura de dados 800 inclui um valor de sinalizador de bloco codificado com cada valor de sinalizador de transformação dividida de um (isto é, nos nós não-folha da árvore de transformação). Por exemplo, um valor de sinalizador de bloco codificado 802 de um é associado ao sinalizador de transformação dividida 702. Se o valor de sinalizador

de bloco codificado em um nó não-folha da árvore de transformação for zero, os valores de sinalizador de bloco codificados no nós filhos são inferidos como zero (e nenhum sinalizador de bloco codificado correspondente é codificado no fluxo de bits codificado 312). Os valores de sinalizador de bloco codificados nas regiões não-folha permitem o término da codificação de sinalizadores de bloco codificados em níveis inferiores da árvore de transformação para cada canal de croma se nenhum coeficiente residual significativo estiver presente em qualquer uma das regiões filho, mesmo que os coeficientes residuais significativos possam estar presentes no canal de luma. Isso é uma situação comum para dados de quadro capturados típicos, à medida que a maior parte das informações está presente no canal de luma.

[0080] Quando o codificador de vídeo 114 e o decodificador de vídeo 134 forem configurados em um formato de croma 4:4:4, a região de croma de cada canal de croma de qualquer determinada unidade de transformação (TU) de um tamanho que não é um dentre o conjunto predeterminado dos tamanhos de unidade de transformação (TU) tem dimensões idênticas às regiões de luma da determinada unidade de transformação (TU) (isto é: quando uma divisão inferida não ocorre). Quando o codificador de vídeo 114 e o decodificador de vídeo 134 forem configurados em um formato de croma 4:4:4, a região de croma de cada canal de croma de qualquer determinada unidade de transformação (TU) de um tamanho que é um dentre o conjunto predeterminado de tamanhos de unidade de transformação (TU) tem dimensões menores que as regiões de luma da determinada unidade de transformação (TU) (isto é: quando uma divisão inferida ocorre).

[0081] Quando um formato de croma 4:2:2 estiver em uso, isso resulta na unidade de codificação (CU) 602 que inclui uma região 16x32 662 da Figura 6C de amostras de croma para cada canal de croma e, desse modo, que ocupa uma região 16x32 na grade de amostra de croma. A Figura 6C ilustra as regiões em uma grade de amostra de croma, desenhadas como uma matriz de amostras de croma, sendo que cada amostra de croma é igualmente espaçada de maneira horizontal e vertical (em contraste com a Figura 5B). Devido ao uso do formato de croma 4:2:2, cada região de croma da Figura 6C aparece horizontalmente comprida em relação à

região de luma correspondente da Figura 6B. O valor de sinalizador de transformação dividida 702 de um divide a região 16x32 662 que corresponde à unidade de codificação (CU) 602 em quatro regiões 8x16, tal como, uma região 8x16 664. A região 8x16 664 tem um formato não quadrado e também é maior em tamanho que outras regiões não quadradas ilustradas na Figura 6C, tal como, uma região 4x8 670. Para cada região 8x16, um valor de sinalizador de transformação dividida, tal como, o valor de sinalizador de transformação dividida 704, indica se a região 8x16 correspondente deve ser adicionalmente subdividida em quatro regiões 4x8 menores, de uma maneira análoga à divisão de quad-tree presente na árvore de transformação 630 para a matriz de amostra de luma. Uma região 8x16 direita superior 672 é adicionalmente subdividida em quatro regiões 4x8. Um valor de sinalizador de bloco codificado 804 de um indica que cada uma das quatro regiões 4x8 pode conter coeficientes residuais significativos. Desse modo, requer-se que um sinalizador de bloco codificado para cada região 4x8 indique a presença de uma transformação para a região correspondente. Dessas quatro regiões 4x8, uma região 4x8 esquerda inferior 674 (sombreada) contém uma unidade de transformação (TU), porém, não contém uma transformação e, portanto, tem um valor de sinalizador de bloco codificado 814 de zero. As regiões 4x8 restantes, tal como, a região 670, têm uma transformação e, portanto, tem valores de sinalizador de bloco codificados correspondentes de um. A região 8x16 esquerda superior é subdividida em duas regiões 8x8 de tamanhos iguais. Em contraste com a subdivisão de quad-tree, nenhum sinalizador de transformação dividida correspondente está presente no fluxo de bits codificado 312.

[0082] A divisão de uma região de um canal, tal como um canal de croma de uma unidade de transformação (TU) em múltiplas regiões (cada uma das quais pode ter uma transformação), sem a sinalização estar presente no fluxo de bits codificado 312, é referida como uma 'divisão inferida'. A divisão inferida elimina a necessidade de introduzir hardware que suporta uma transformada não quadrada para esse caso (8x16). Em vez disso, as transformadas, tal como, uma primeira transformada 8x8 666, são usadas. À medida que é possível que cada uma das regiões que resulta da

divisão inferida contenha todas as informações residuais zero, é necessário especificar a presença de uma transformada em cada região que resulta da divisão inferida. Consequentemente, os valores de sinalizador de bloco codificados separados são requeridos para cada região que resulta de uma divisão inferida. Nesse caso, os valores de sinalizador de bloco codificados 806 e 808 correspondem a uma primeira transformada 8x8 666 e uma segunda transformada 8x8 668, respectivamente. Para as unidades de transformação (TUs), onde nenhuma divisão inferida ocorre, um valor de sinalizador de bloco codificado para cada canal de croma especifica a presença ou ausência de uma transformada para a região ocupada pela unidade de transformação (TU) para o canal de croma. Quando uma divisão inferida ocorre, um valor de sinalizador de bloco codificado separado (não ilustrado na Figura 8) é requerido para cada uma das regiões resultantes, entretanto, as implantações podem reter um valor de sinalizador de bloco codificado atribuível a toda a unidade de transformação (TU). O valor de sinalizador de bloco codificado separado pode ser inferido como 'um' em todos os casos, ou o valor de sinalizador de bloco codificado separado pode ser determinado realizando-se uma operação 'OR' lógica para o valor de sinalizador de bloco codificado de cada região que resulta da divisão. Se o valor de sinalizador de bloco codificado separado for determinado a partir do valor de sinalizador de bloco codificado de cada região que resulta da divisão, o valor de sinalizador de bloco codificado separado pode ser codificado no fluxo de bits codificado 312 pelo codificador de entropia 324 e decodificado a partir do fluxo de bits codificado 312 pelo decodificador de entropia 420 como um sinalizador de bloco codificado adicional (não ilustrado na Figura 9). Em tal caso, quando o valor de sinalizador de bloco codificado separado for zero, o valor de sinalizador de bloco codificado de cada região a partir da divisão pode ser inferido para ser zero e quando o valor de sinalizador de bloco codificado separado for um, os sinalizadores de bloco codificados para cada região a partir da divisão são codificados no fluxo de bits codificado 312 pelo codificador de entropia 324 e decodificados a partir do fluxo de bits codificado 312 pelo decodificador de entropia 420.

[0083] A região 8x16 esquerda inferior 680 da região 16x32 662 ilustra uma

divisão inferida onde uma transformada 8x8 está presente na região 8x8 inferida superior 682, porém, nenhuma transformada 8x8 está presente na região inferida 8x8 inferior 684. Uma matriz 8x16 direita inferior 676 (sombreada) contém uma unidade de transformação (TU), porém, não contém uma transformada em cada região 8x8 quadrada que resulta da divisão inferida e, portanto, tem valores de sinalizador de bloco codificados 810 - 812 de zero.

[0084] A presença de dois canais de croma resulta em uma duplicação da estrutura mostrada na Figura 6C, com valores de sinalizador de bloco codificados separados usados para especificar a presença de transformações para cada canal de croma. Nessa implantação, uma divisão foi inferida para os tamanhos de região para croma diferente do tamanho 4x8, que resulta na utilização de uma 4x8 transformada retangular, tal como, uma transformada 4x8 816 (contida na região 670), e permite a reutilização de transformadas quadradas existentes em outros casos (por exemplo, 8x8, 16x16). Desse modo, pode-se dizer que um conjunto de tamanhos de região predeterminados (tais como, 8x16 e 16x32) existe, para o qual uma divisão em duas regiões e, portanto, duas transformadas (de tamanhos 8x8 e 16x16), podem ser usadas. Diferentes definições do conjunto predeterminado de tamanhos de região para os quais uma divisão inferida ocorre também são possíveis e irão permitir que uma combinação diferente de transformadas quadradas existentes e transformadas retangulares seja usada. Também é possível que determinadas implantações sempre infiram uma divisão, em cujo caso na transformada retangular é introduzida para os canais de cor de croma 4:2:2. Em tal caso, o conjunto predeterminado de tamanhos de região para os quais uma divisão inferida ocorre contém todos os possíveis tamanhos de região de croma (por exemplo, 4x8, 8x16 e 16x32 para um formato de croma 4:2:2 ou 4x4, 8x8, 16x16 e 32x32 para um formato de croma 4:4:4).

[0085] Quando um formato de croma 4:2:0 estiver em uso, uma divisão inferida não ocorre em cada região de croma na unidade de transformação (TU), portanto, o número máximo de transformações para cada canal de croma sempre é um (o valor de sinalizador de bloco codificado para cada canal de croma controla se a

transformação de croma ocorre).

[0086] Embora o codificador de vídeo 114 e o decodificador de vídeo 134 sejam descritos independentemente das diferenças entre os canais de luma e croma, as grades de amostra diferentes que resultam dos formatos de croma implica a necessidade de diferenças nos módulos. As implantações práticas podem ter 'caminhos de processamento' separados para o canal de luma e para os canais de croma. Tal implantação, desse modo, pode desacoplar o processamento de amostras de luma e amostras de croma. À medida que o fluxo de bits codificado 312 é um único fluxo de bits tanto para os canais de luma como de croma, o codificador de entropia 324 e o decodificador de entropia 420 não são desacoplados. De maneira adicional, um único buffer de quadro, tal como, o buffer de quadro 332 432 contém amostras de luma e croma e, desse modo, não é desacoplado. Entretanto, os módulos 322-330 e 334-340 e os módulos 422-430 e 434 podem ter processamentos de luma e croma desacoplados, que permitem que as implantações tenham lógica separada para luma e croma criando, desse modo, um caminho de 'processamento de luma' e um 'caminho de processamento de croma'.

[0087] Determinadas implantações podem inferir uma divisão para a região 16x32 de um canal de croma de uma unidade de transformação (TU) em duas regiões 16x16, mas não inferir uma divisão para os casos de 8x16 e 4x8. Tais implantações evitam a necessidade de introduzir lógica de transformada de 32 pontos na trajetória de processamento de croma, em vez de ser capaz de depender da lógica de transformada de 4, 8 ou 16 pontos bem estabelecida na técnica.

[0088] As Figuras 9A e 9B ilustram uma estrutura de sintaxe que pode ser usada para codificar ou de outro modo representar um nível hierárquico da árvore de transformação. Em nós não-folha de uma árvore de transformação, uma estrutura de sintaxe 900 é expandida de maneira recursiva de acordo com as estruturas de dados, tais como as estruturas de dados 700 e 800, para definir os elementos de sintaxe presentes em uma parte do fluxo de bits codificado 312 que corresponde à árvore de transformação. Em nós folha de uma árvore de transformação (em que nenhuma subdivisão adicional ocorre na árvore de transformação), uma estrutura de

sintaxe 930 define elementos de sintaxe presentes na parte do fluxo de bits codificado 312. Tipicamente, uma estrutura de dados para luma e duas estruturas de dados para croma estão presentes, embora estruturas de dados adicionais sejam possíveis, tais como para codificar um canal alfa ou um mapa de profundidade. Alternativamente, menos estruturas de dados podem ser utilizadas, tais como no caso em que uma única estrutura de dados é compartilhada pelos canais de croma e valores de sinalizador de bloco codificado são capazes de ser compartilhados entre os canais de croma. Uma estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 define a codificação de um nível hierárquico de uma árvore de transformação, tal como a árvore de transformação 630. Um sinalizador de transformação dividida 910 codifica um valor de sinalizador de transformação dividida de um, tal como o valor de sinalizador de transformação dividida 702. Esse valor indica que a estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 inclui um nível hierárquico menor que contém casos adicionais da estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 ou estrutura de sintaxe de nó folha da árvore de transformação 932, ou 'nós filhos'. Um sinalizador de bloco codificado 912 codifica o valor de sinalizador de bloco codificado 802 de um para o canal de croma 'U' e um sinalizador de bloco codificado 914 codifica um valor de sinalizador de bloco codificado adicional para o canal de croma 'V'. Se a estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 estiver definindo o nível de topo da hierarquia da árvore de transformação, então, os sinalizadores de bloco codificado 912 914 estão presentes. Se a estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 não estiver definindo o nível de topo da hierarquia da árvore de transformação, então, os sinalizadores de bloco codificado 912 914 estão somente presentes se os sinalizadores de bloco codificado correspondentes no nível principal da hierarquia da árvore de transformação estiverem presentes e com valor de um. À medida que um nível hierárquico inferior existe na árvore de transformação 630 (em relação ao nível hierárquico de topo), uma subdivisão de quad-tree ocorre. Essa subdivisão resulta em quatro estruturas de sintaxe de árvore de transformação

916, 918, 920, 922 que são incluídas na estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902.

[0089] A estrutura de sintaxe 930 define a codificação do nó folha do nó folha de árvore de transformação 932 (isto é, em que nenhuma subdivisão adicional ocorre). Um sinalizador de transformação dividida 940 codifica um valor de sinalizador de transformação dividida de zero, tal como o valor de sinalizador de transformação dividida 704.

[0090] Um sinalizador de transformação dividida é somente codificado se a região correspondente for maior que um tamanho mínimo. Por exemplo, a região 636 tem o menor tamanho permissível para uma região de amostras de luma 4x4 (que corresponde ao menor tamanho de transformação de luma suportado), assim, um valor de sinalizador dividido de transformada 714 é deduzido como zero e nenhum sinalizador de transformação dividida é codificado para a estrutura de sintaxe de árvore de transformação correspondente.

[0091] Para a região 636, as amostras residuais de croma são transformadas com o uso de uma transformação de croma 4x8, por conseguinte, nenhuma divisão de transformação inferida está presente. Os sinalizadores de bloco codificado, tais como um sinalizador de bloco codificado 942 e um sinalizador de bloco codificado 946 podem estar presentes para sinalizar a presença de uma transformação para cada um dos canais de croma. Um sinalizador de bloco codificado 950 sinaliza a presença de uma transformação para o canal de luma. Os coeficientes residuais para os canais de luma e croma (se presentes) estão presentes em uma estrutura de sintaxe de unidade de transformação (TU) 952. Se o valor do sinalizador de bloco codificado 950 for um, um bloco residual de luma 954 está presente no fluxo de bits codificado 312. Se o valor do sinalizador de bloco codificado para cada canal de croma for um, os blocos residuais de croma correspondentes 956 e 960 estão presentes no fluxo de bits codificado 312.

[0092] Para a região 664, as amostras residuais de croma são transformadas com o uso de duas transformações de croma 8x8, por conseguinte, uma divisão de transformação inferida está presente. Os sinalizadores de bloco codificado 942 e

946, se presentes, sinalizam a presença de transformações 8x8 para cada canal de croma da primeira transformação 8x8 666. Um sinalizador de bloco codificado 944 e um sinalizador de bloco codificado 948, se presente, sinalizam a presença de transformações 8x8 para cada canal de croma da segunda transformação 8x8 668. Se o valor do sinalizador de bloco codificado 944 for um, um bloco residual de croma 958 está presente no fluxo de bits codificado 312. Se o valor do sinalizador de bloco codificado 948 for um, um bloco residual de croma 962 está presente no fluxo de bits codificado 312.

[0093] A estrutura de sintaxe 930, conforme ilustrado na Figura 9B, mostra a primeira e a segunda transformação de cada canal de croma codificado de maneira adjacente para a divisão de transformação inferida. Outras disposições, tais como codificar elementos de sintaxe para cada canal de croma de maneira adjacente, ou codificar elementos de sintaxe para cada canal de croma intercalados com outros elementos de sintaxe, podem ser alternativamente usadas.

[0094] As Figuras 9C e 9D ilustram uma estrutura de sintaxe alternativa 9100 que pode ser usada para codificar ou de outro modo representar um nível hierárquico da árvore de transformação. Em nós não-folha de uma árvore de transformação, a estrutura de sintaxe alternativa 9100 é expandida de maneira recursiva de acordo com as estruturas de dados, tais como as estruturas de dados 700 e 800, para definir os elementos de sintaxe presentes em uma parte do fluxo de bits codificado 312 que corresponde à árvore de transformação. Uma ocorrência da estrutura de sintaxe alternativa 9100 existe para cada nó na árvore de transformação, que inclui os nós folha, os quais contêm, cada um, uma unidade de transformação (TU). Em que uma 'divisão inferida' ocorre para subdividir a unidade de transformação (TU) para cada canal de croma, uma estrutura de sintaxe 9130 define elementos de sintaxe presentes na parte do fluxo de bits codificado 312. Tipicamente, uma estrutura de dados para luma e duas estruturas de dados para croma estão presentes, embora as estruturas de dados adicionais sejam possíveis, tais como para codificar um canal alfa ou um mapa de profundidade. Alternativamente, menos estruturas de dados podem ser utilizadas, tais como no

caso em que uma única estrutura de dados é compartilhada pelos canais de croma e os valores de sinalizador de bloco codificado são capazes de serem compartilhados entre os canais de croma. Uma estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102 define a codificação de um nível hierárquico de uma árvore de transformação, tal como a árvore de transformação 630.

[0095] Para uma ocorrência da estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102 em um nó não-folha de uma árvore de transformação, tal como a árvore de transformação 630, um sinalizador de transformação dividida 9110 codifica um valor de sinalizador de transformação dividida de um, tal como o valor de sinalizador de transformação dividida 702. Esse valor indica que a ocorrência da estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102 inclui um nível hierárquico inferior, que contém ocorrências adicionais da estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102 ou 'nós filhos'. Um sinalizador de bloco codificado 9112 codifica um valor de sinalizador de bloco codificado de acordo com a descrição do sinalizador de bloco codificado 912. Um sinalizador de bloco codificado 9114 codifica um valor de sinalizador de bloco codificado de acordo com a descrição do sinalizador de bloco codificado 914. À medida que o nível hierárquico inferior existe na árvore de transformação 630 (em relação ao nível hierárquico de topo), uma subdivisão de quad-tree ocorre. Essa subdivisão resulta em quatro estruturas de sintaxe de árvore de transformação 9116, 9118, 9120, 9122 que são incluídas na estrutura de sintaxe de nó de árvore de transformação 9102. Cada uma das estruturas de sintaxe de árvore de transformação 9116, 9118, 9120, 9122 é outra ocorrência da estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102. Um sinalizador de bloco codificado 9124 e uma parte de unidade de transformação de luma 9126 estarão ausentes a partir da estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102.

[0096] As implantações também podem dispor a estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102 de tal modo que o sinalizador de bloco codificado 9124 e a parte de unidade de transformação de luma 9126 (se presentes) sejam colocados anteriormente na estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102, tal como

entre o sinalizador de bloco codificado 9114 e a estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9116.

[0097] Para uma ocorrência da estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102 em um nó folha de uma árvore de transformação, tal como a árvore de transformação 630, um sinalizador de transformação dividida 9110 codifica um valor de sinalizador de transformação dividida de zero, tal como o valor de sinalizador de transformação dividida 704. A ocorrência da estrutura de sintaxe de árvore de transformação 9102 corresponde, desse modo, a uma unidade de transformação (TU) na árvore de transformação 930. A unidade de transformação (TU) tem um tamanho determinado de acordo com a unidade de codificação (CU) que contém a unidade de transformação (CU), tal como a unidade de codificação (CU) 602, e a profundidade de transformação. O sinalizador de bloco codificado 9112 codifica um valor de sinalizador de bloco codificado de um para indicar que qualquer uma das regiões de croma que resultam a partir da divisão inferida para o canal de croma 'U' pode ter um valor de sinalizador de bloco codificado de um. Se o sinalizador de bloco codificado 9112 codificar um valor de zero, então, o valor de sinalizador de bloco codificado para cada região de croma que resulta a partir da divisão inferida para o canal de croma 'U' tem um valor de sinalizador de bloco codificado inferido como zero. Mesmo quando o sinalizador de bloco de código 9112 codifica um valor de um, as implantações podem ainda codificar um sinalizador de bloco codificado que tem um valor de zero para cada região de croma que resulta a partir da divisão inferida. Portanto, as implantações podem omitir o sinalizador de bloco codificado 9112 a partir do fluxo de bits codificado 312, em vez de sempre inferir um valor de sinalizador de bloco codificado de um para o sinalizador de bloco codificado omitido 9112. O sinalizador de bloco codificado 9114 codifica um valor de sinalizador de bloco codificado adicional para o canal de croma 'V' de uma maneira similar ao sinalizador de bloco codificado 9112. Para os tamanhos de unidade de transformação (TU) que estão de acordo com aqueles para quais uma divisão inferida em quatro regiões de croma ocorre (um número máximo de matrizes de coeficiente residual de croma é quatro), as quatro estruturas de sintaxe de árvore de

transformação 9116 9118 9120 9122 são incluídas na estrutura de sintaxe de nó de árvore de transformação 9102. Para os tamanhos de unidade de transformação (TU) que estão de acordo com aqueles para quais uma divisão inferida em duas regiões de croma ocorre (um número máximo de matrizes de coeficiente residual de croma é dois), duas estruturas de sintaxe de árvore de transformação, tais como as estruturas de sintaxe de árvore de transformação 9116 9118, são incluídas na estrutura de sintaxe de nó de árvore de transformação 9102. Cada uma das estruturas de sintaxe de árvore de transformação 9116 9118 9120 9122 é uma ocorrência de uma árvore de transformação para a estrutura de sintaxe de croma 9132. O sinalizador de bloco codificado 9124 codifica um valor de sinalizador de bloco codificado, tal como o valor de sinalizador de bloco codificado 708, especificando a presença ou ausência de uma transformação para o canal de luma da unidade de transformação (TU). A parte de luma da unidade de transformação 9126 codifica uma matriz de coeficiente residual de luma como elementos de sintaxe residuais de luma 9128.

[0098] A árvore de transformação para a estrutura de sintaxe de croma 9132, que somente existe para cada região de croma quando uma divisão inferida ocorre, inclui um conjunto reduzido da sintaxe da estrutura de sintaxe de árvore de transformação 930. Um sinalizador de bloco codificado 9142 codifica um valor de sinalizador de bloco codificado para o canal de croma 'U' da região de croma. Um sinalizador de bloco codificado 9144 codifica um valor de sinalizador de bloco codificado para o canal de croma 'V' da região de croma. Uma parte de croma da unidade de transformação (TU) 9146, codifica um subconjunto da estrutura de sintaxe de unidade de transformação (TU) 952. A parte de croma da unidade de transformação (TU) 9146 codifica uma matriz de coeficiente residual de croma como elementos de sintaxe residuais de croma 9150 para o canal de croma 'U', se o valor do sinalizador de bloco codificado 9142 for um. A parte de croma da unidade de transformação (TU) 9146 codifica uma matriz de coeficiente residual de croma como elementos de sintaxe residuais de croma 9152 para o canal de croma 'V', se o valor do sinalizador de bloco codificado 9144 for um.

[0099] A estrutura de sintaxe 9130, conforme ilustrado na Figura 9D, mostra o primeiro e o segundo sinalizadores de bloco codificado codificados de maneira adjacente seguidos pela primeira e segunda matriz de coeficiente residual de croma de cada canal de croma para a divisão de transformação inferida. Outras disposições, tais como codificar o sinalizador de bloco codificado e a matriz de coeficiente residual de croma de maneira adjacente para cada canal de croma, podem ser alternativamente usadas.

[00100] Embora a divisão de transformação inferida seja ilustrada com a região 8×16 664 dividida em duas regiões 8×8 , implantações alternativas podem realizar a divisão para outras regiões. Por exemplo, algumas implantações podem inferir uma divisão de uma região 16×32 em duas regiões 16×16 . Tais implantações vantajosamente evitam a necessidade de uma transformação 1D de 32 pontos na trajetória de processamento de croma. Uma vez que a transformação 1D de 32 pontos não é exigida para a trajetória de processamento de croma, quando o formato de croma 4:2:0 é aplicado, a exigência para a transformação 1D de 32 pontos é totalmente removida da trajetória de processamento de croma. As implantações que usam conjunto de circuitos de processamento separado para desacoplar os canais de luma e croma podem, desse modo, alcançar um custo de implantação menor no conjunto de circuitos de processamento de croma.

[00101] Um formato de croma 4:4:4 existe onde há um local de amostra de croma para cada local de amostra de luma. Consequentemente, com esse formato, as transformações para o canal de croma e o canal de luma podem ter os mesmos tamanhos. Com um tamanho de transformação maior de 32×32 na trajetória de processamento de luma, isso exigiria a introdução de uma transformação 32×32 na trajetória de processamento de croma para uma implantação desacoplada. As implantações específicas podem inferir uma divisão para cada canal de croma para dividir uma região 32×32 em quatro regiões 16×16 , possibilitando a reutilização da transformação 16×16 existente na trajetória de processamento de croma. Uma vez que uma transformação 32×32 somente seria usada na trajetória de processamento de croma para o formato de croma 4:4:4, a inferência de uma divisão para cada

canal de croma para dividir uma região 32x32 em quatro regiões 16x16 possibilitaria que a transformação 32x32 fosse removida a partir da trajetória de processamento de croma, reduzindo o conjunto de circuitos de processamento exigido. Tais implantações iriam exigir quatro valores de sinalizador de bloco codificado para cada canal de croma e, desse modo, até quatro sinalizadores de bloco codificado codificados na estrutura de sintaxe 930 para cada canal de croma no fluxo de bits codificado 312.

[00102] As implantações que suportam um formato de croma 4:2:2 também podem inferir uma divisão para cada canal de croma para dividir uma região 32x16 em quatro regiões 8x16. Tais implantações exigem quatro valores de sinalizador de bloco codificado para cada canal de croma e, desse modo, quatro sinalizadores de bloco codificado codificados na estrutura de sintaxe 930 para cada canal de croma no fluxo de bits codificado 312, desse modo, um sinalizador de bloco codificado 'CU3', 'CU4', 'CV3' e 'CV4' (não ilustrado na Figura 9B) pode ser introduzido na estrutura de sintaxe de unidade de transformação (TU) 952. Tais implantações evitam a introdução de lógica de transformação de 32 pontos na trajetória de processamento de croma e, em que as regiões 8x16 não são subdivididas, podem reutilizar a lógica de transformação 8x16 exigida para as unidades de transformação (TUs) de tamanho 16x16 (no canal de luma) que exigem transformação de transformada de tamanho 8x16 para os canais de croma.

[00103] A Figura 10 é um fluxograma esquemático que mostra um método 1000 para codificar uma unidade de transformação (TU) codificando-se a estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 e a estrutura de sintaxe de nó folha de árvore de transformação 932. O método 1000 é descrito com referência a um canal de croma da unidade de transformação (TU), contudo, o método 1000 pode ser aplicado a qualquer canal de croma da unidade de transformação (TU). À medida que a estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 e a estrutura de sintaxe de nó folha de árvore de transformação 932 descrevem um nó na árvore de transformação, o método 1000 codifica um nó da árvore de transformação no fluxo de bits codificado 312. O método 1000 pode ser implantado

em hardware ou por software executável no processador 205, por exemplo. O método 1000 é inicialmente invocado para o nível de topo da árvore de transformação e é capaz de invocar por si mesmo (de maneira recursiva) para codificar nós filhos da árvore de transformação. Uma etapa de determinação de tamanho de unidade de transformação 1002 determina o tamanho de uma unidade de transformação (TU) em uma árvore de transformação de acordo com o tamanho de unidade de codificação (CU) que contém a árvore de transformação e um valor de profundidade de transformação da unidade de transformação (TU). Quando o método 1000 é invocado no nível de topo da árvore de transformação, o valor de profundidade de transformação é ajustado para zero, de outro modo, o valor de profundidade de transformação é fornecido pela ocorrência principal do método 1000. Um valor de sinalizador de transformação dividida, tal como o valor de sinalizador de transformação dividida 702, é codificado para o fluxo de bits codificado 312 como sinalizador de transformação dividida 910 se o valor de profundidade de transformação for menor que a profundidade de transformação máxima permitida.

[00104] Quando o valor de sinalizador de transformação dividida é um, os sinalizadores de bloco codificado de croma 912 e 914 são codificados para cada canal de croma somente se o nó principal da hierarquia da árvore de transformação tiver um valor de sinalizador de bloco codificado de um correspondente. O método 1000, então, invoca uma nova ocorrência do método 1000 para cada nó filho (representado na parte do fluxo de bits codificado 312 pelas estruturas de sintaxe de árvore de transformação 916, 918, 920 e 922) da árvore de transformação. Cada ocorrência do método 1000, invocada para os nós filhos, é dotada de um valor de profundidade de transformação igual ao presente valor de profundidade de transformação da ocorrência do método 1000 incrementado por um.

[00105] Quando o valor de sinalizador de transformação dividida é zero, uma etapa de identificação de número máximo de transformadas diretas 1004 determina um número máximo (n) de transformadas para cada canal de croma da região que é codificada. Quando nenhuma divisão inferida ocorre, esse número n será um.

Quando um formato de croma 4:2:2 está em uso e uma região retangular de um canal de croma, tal como a região 8x16 664, é encontrada e o tamanho de região é um dentre um conjunto predeterminado de tamanhos de região (tais como 16x32 e 8x16), uma divisão inferida ocorre e o número máximo de transformadas será dois (de outro modo o número de transformadas será um). De outro modo (o tamanho de região não é um dentre um conjunto predeterminado de tamanhos de região) o número máximo de transformadas será um. Por exemplo, se 4x8 não for um dentre o conjunto predeterminado de tamanhos de região, então, o número máximo de transformadas será um. Quando um formato de croma 4:4:4 está em uso e o tamanho de região encontrado é um dentre um conjunto predeterminado de tamanhos de região (tais como uma região 32x32), uma divisão inferida ocorre e o número máximo de transformadas será quatro. De outro modo (o tamanho de região não é um dentre um conjunto predeterminado de tamanhos de região) o número máximo será um. Por exemplo, se 8x8 não for um dentre o conjunto predeterminado de tamanhos de região, então, o número máximo de transformadas será um. Embora o conjunto predeterminado de tamanhos de região inclua 8x16, outro conjunto predeterminado de tamanhos de região é possível, tal como somente 16x32 quando um formato de croma 4:2:2 está em uso ou 32x32 quando um formato de croma 4:4:4 está em uso.

[00106] Para cada canal de croma, se o nó principal tivesse um valor de sinalizador de bloco codificado de um, então, para cada um de n , um sinalizador de bloco codificado é codificado para o fluxo de bits codificado 312. Por exemplo, quando o número de transformadas é igual a dois, os sinalizadores de bloco codificado 942 e 944 incidam a presença de uma transformada para cada uma das duas regiões inferidas pela divisão. Uma etapa de seleção de transformada direta 1006 seleciona uma transformada direta a partir de um conjunto predeterminado de transformadas diretas, para cada um dentre o número máximo de transformadas, com base em um tamanho de unidade de transformação (TU), o qual, por sua vez, é dependente da profundidade de transformação e, desse modo, relacionado a um nível hierárquico da unidade de transformação na unidade de codificação maior.

Quando a profundidade de transformação é igual a zero, o tamanho de unidade de transformação (TU) é igual ao tamanho de unidade de codificação (CU). Para cada incremento da profundidade de transformação, o tamanho de unidade de transformação (TU) é dividido em dois. Para um tamanho 32x32 de unidade de codificação (CU), uma profundidade de transformação de zero e com o uso de um formato de croma 4:2:2, o tamanho de unidade de transformação (TU) será, desse modo, 32x32 e o tamanho de transformação para croma será, desse modo, 16x32. Por exemplo, quando o número máximo de transformadas é dois e o tamanho de região para croma é 16x32, então, uma transformada direta 16x16 é selecionada para cada uma das regiões 16x16 para croma que resultam a partir da divisão inferida.

[00107] Uma etapa de aplicação de transformada direta 1008 realiza a transformada direta para cada uma dentre o número máximo de transformadas na região correspondente que tem um valor de sinalizador de bloco codificado de um. A etapa de codificação de matrizes de amostra residual de croma 1008 é geralmente realizada pelo módulo de transformação 320. Isso resulta em uma conversão de cada matriz de amostra residual de croma (representação de domínio espacial) em uma matriz de coeficiente residual de croma (representação de domínio de frequência).

[00108] Uma etapa de codificação de matrizes de coeficiente residual de croma 1010 codifica a matriz de coeficiente residual de croma para cada uma dentre o número máximo de regiões de transformada de cada canal de croma que tem um valor de sinalizador de bloco codificado de um fluxo de bits codificado 312. O número de matrizes de coeficiente residual de croma codificadas para uma determinada unidade de transformação para um determinado canal de croma depende do valor de sinalizador de bloco codificado de cada transformada e irá, desse modo, variar a partir de zero ao (no máximo) número máximo de transformadas. Por exemplo, quando o número de transformadas é dois e ambos os canais de croma têm valores de sinalizador de bloco codificado de um para cada um dos valores de contagem, então, os blocos residuais de croma 956, 958, 960 e 962

são codificados para o fluxo de bits codificado 312. Se o valor de sinalizador de bloco codificado para cada transformada para um determinado canal de croma for zero, então, nenhum bloco residual de croma é codificado para o fluxo de bits codificado 312 para aquele canal de croma. A etapa de codificação de matrizes de coeficiente residual de croma 1010 é geralmente realizada pelo codificador de entropia 324.

[00109] A Figura 11 é um fluxograma esquemático que mostra um método 1100 para decodificar uma unidade de transformação (TU) decodificando-se a estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 e a estrutura de sintaxe de nó folha de árvore de transformação 932. O método 1100 é descrito com referência a um canal de croma da unidade de transformação (TU), contudo, o método 1100 pode ser aplicado a qualquer canal de croma da unidade de transformação (TU). À medida que a estrutura de sintaxe de nó não-folha da árvore de transformação 902 e a estrutura de sintaxe de nó folha de árvore de transformação 932 descrevem um nó na árvore de transformação, o método 1100 decodifica um nó da árvore de transformação a partir do fluxo de bits codificado 312. O método 1100 pode ser realizado em hardware adequado ou alternativamente em software, por exemplo, executável pelo processador 205. O método 1100 é inicialmente invocado para o nível de topo da árvore de transformação e é capaz de invocar por si mesmo (de maneira recursiva) para decodificar nós filhos da árvore de transformação. Uma etapa de determinação de tamanho de unidade de transformação (TU) 1102 determina um tamanho de unidade de transformação (TU) de uma maneira idêntica à etapa de determinação de tamanho de unidade de transformação 1002. A etapa de determinação de tamanho de unidade de transformação 1102 determina o tamanho de uma unidade de transformação (TU) em uma árvore de transformação de acordo com o tamanho de unidade de codificação (CU) que contém a árvore de transformação e um valor de profundidade de transformação da unidade de transformação (TU). Quando o método 1100 é invocado no nível de topo da árvore de transformação, o valor de profundidade de transformação é ajustado para zero, de outro modo o valor de profundidade de transformação é fornecido pela ocorrência

principal do método 1100. Um valor de sinalizador de transformação dividida, tal como o valor de sinalizador de transformação dividida 702 é decodificado a partir do fluxo de bits codificado 312 como sinalizador de transformação dividida 910, se o valor de profundidade de transformação for menor que a profundidade de transformação máxima permitida.

[00110] Quando o valor de sinalizador de transformação dividida é um, os sinalizadores de bloco codificado de croma 912 e 914 são decodificados para cada canal de croma somente se o nó principal da hierarquia da árvore de transformação tiver um valor de sinalizador de bloco codificado de um correspondente. O método 1100, então, invoca uma nova ocorrência do método 1100 para cada nó filho (representado na parte do fluxo de bits codificado 312 pelas estruturas de sintaxe de árvore de transformação 916, 918, 920 e 922) da árvore de transformação. Cada ocorrência do método 1100, invocado para os nós filhos, é dotada de um valor de profundidade de transformação igual ao presente valor de profundidade de transformação da ocorrência do método 1100 incrementado por um.

[00111] Quando o valor de sinalizador de transformação dividida é zero, uma etapa de identificação de número máximo de transformadas 1104 determina um número (máximo) (n) de transformadas para cada uma dentre pelo menos as matrizes de coeficiente residual de croma presentes em cada canal de croma da região que é decodificada, de uma maneira idêntica à etapa de identificação de número máximo (n) de transformadas diretas 1004. Quando nenhuma divisão inferida ocorre, esse número n será um. Quando um formato de croma 4:2:2 está em uso e uma região retangular de um canal de croma, tal como a região 8x16 664, é encontrada e o tamanho de região é um dentre um conjunto predeterminado de tamanhos de região (tais como 16x32 e 8x16), uma divisão inferida ocorre e o número máximo de transformadas será dois (de outro modo o número de transformadas será um). De outro modo (o tamanho de região não é um dentre um conjunto predeterminado de tamanhos de região) o número máximo de transformadas será um. Por exemplo, se 4x8 não for um dentre o conjunto predeterminado de tamanhos de região, então, o número máximo de transformadas

será um. Quando um formato de croma 4:4:4 está em uso e o tamanho de região encontrado é um dentre um conjunto predeterminado de tamanhos de região (tais como uma região 32x32), uma divisão inferida ocorre e o número máximo de transformadas será quatro. De outro modo (o tamanho de região não é um dentre um conjunto predeterminado de tamanhos de região) o número máximo será um. Por exemplo, se 8x8 não for um dentre o conjunto predeterminado de tamanhos de região, então, o número máximo de transformadas será um. Embora o conjunto predeterminado de tamanhos de região inclua 8x16, outro conjunto predeterminado de tamanhos de região é possível, tal como somente 16x32 quando um formato de croma 4:2:2 está em uso ou 32x32 quando um formato de croma 4:4:4 está em uso. Para cada canal de croma, se o nó principal tivesse um valor de sinalizador de bloco codificado de um, então, para cada uma das (n) transformadas, um sinalizador de bloco codificado é decodificado no fluxo de bits codificado 312. Por exemplo, quando o número máximo de transformadas é igual a dois, os sinalizadores de bloco codificado 942 e 944 indicam a presença de uma transformada para cada uma das duas regiões inferidas pela divisão.

[00112] Uma etapa de decodificação de matrizes de coeficiente residual de croma 1106, então, decodifica a matriz de coeficiente residual para cada uma dentre o número máximo de regiões de transformadas de cada canal de croma a partir do fluxo de bits codificado 312 que tem um valor de sinalizador de bloco codificado de um. O número de matrizes de coeficiente residual decodificadas para uma determinada unidade de transformação para um determinado canal de croma depende do valor de sinalizador de bloco codificado de cada transformada e irá, desse modo, variar a partir de zero ao (no máximo) 'número (n) de transformadas'. Por exemplo, quando o número de transformadas é dois e ambos os canais de croma têm sinalizadores de bloco codificado de um para cada um dos valores de contagem, então, os blocos residuais de croma 956, 958, 960 e 962 são decodificados a partir do fluxo de bits codificado 312. A etapa de decodificação de matrizes de coeficiente residual de croma 1106 é geralmente realizada pelo decodificador de entropia 420 para cada matriz de coeficiente residual de croma que

tem um valor de sinalizador de bloco codificado de um.

[00113] Uma etapa de seleção de transformada inversa 1108, então, seleciona uma transformada inversa a partir de um conjunto predeterminado de transformadas inversas, para cada uma dentre o número máximo de transformadas que tem um valor de sinalizador de bloco codificado de um para cada canal de croma. Por exemplo, quando o número máximo de transformadas é dois e o tamanho de região é 16×32 e o valor de sinalizador de bloco codificado para cada uma das duas transformadas é um, então, uma transformada inversa 16×16 é selecionada para cada uma das regiões 16×16 que resultam a partir da divisão inferida.

[00114] Uma etapa de aplicação de transformada inversa 1110, então, realiza a transformada inversa para cada uma dentre o número máximo de regiões de transformadas na região correspondente que tem um valor de sinalizador de bloco codificado de um. Isso resulta em uma conversão de cada matriz de coeficiente residual de croma (representação do domínio de frequência) em uma matriz de amostra residual de croma (representação do domínio espacial) representativa do quadro de vídeo decodificado. A etapa de aplicação de transformada inversa 1110 é geralmente realizada pelo módulo de transformada e escala inversa 422.

[00115] A Figura 12A mostra um padrão de varredura diagonal 1201, a Figura 12B mostra um padrão de varredura horizontal 1202 e a Figura 12C mostra um padrão de varredura vertical 1203, cada um para uma unidade de transformação 4×8 1200. Aquelas implantações que varrem a unidade de transformação 4×8 1200 com o uso dos padrões de varredura ilustrados têm a propriedade que os coeficientes residuais são agrupados em blocos 4×4 , conhecidos como 'sub-blocos'. Um sinalizador de 'grupo de coeficiente' presente no fluxo de bits codificado 312 pode, portanto, ser usado para indicar, para cada sub-bloco, a presença de pelo menos um coeficiente residual significativo (diferente de zero). A aplicação de um tamanho de sub-bloco 4×4 para a transformada 4×8 alcança consistência com o padrão de varredura presente em outros tamanhos de transformação, em que os coeficientes são sempre agrupados em sub-blocos.

[00116] As implantações em particular podem aplicar um sinalizador de grupo de

coeficiente para sinalizar a presença de pelo menos um coeficiente residual diferente de zero em cada sub-bloco. Vantajosamente, esses padrões de varredura permitem a reutilização de conjunto de circuitos digital ou software de controle que possui coeficientes residuais, reutilizando-se o processamento de sub-bloco para todos os tamanhos de transformação. O padrão de varredura particular usado pode ser selecionado de acordo com os critérios, tais como a direção intra-predição da unidade de predição colocada (PU). Em que um transformada codifica amostras de croma em uma grade de amostra de formato de croma 4:2:2, a relação entre a direção intra-predição e o padrão de varredura é alterada devido ao fato de que cada amostra de croma mapeia em uma matriz não-quadrada (2x1) de amostras de luma, afetando a 'direção' ou ângulo do modo de intra-predição. A varredura é mostrada em uma direção 'para trás', terminando no coeficiente DC, localizada no canto esquerdo superior da unidade de transformação (TU). Adicionalmente, a varredura não é exigida para iniciar no canto direito inferior da unidade de transformação (TU). Devido à predominância de coeficientes residuais diferentes de zero na região esquerda superior da unidade de transformação (TU), a varredura pode começar a partir de uma 'última posição de coeficiente significativa' e progredir em uma direção para trás até que o coeficiente esquerdo superior seja alcançado.

[00117] Outras implantações podem aplicar uma única varredura a uma determinada região para codificar coeficientes residuais e, então, aplicar mais que uma transformada a esses coeficientes residuais. Nesse caso, somente um sinalizador de bloco codificado é usado para a região e, portanto, para todas as transformadas cobertas pelo padrão de varredura. O sinalizador de bloco codificado é ajustado para um se pelo menos um coeficiente residual significativo existir em qualquer uma das varreduras. Por exemplo, os padrões de varredura 4x8 das Figuras 12A a 12C podem ser aplicados para codificar coeficientes residuais de duas transformadas 4x4. As duas matrizes 4x4 de coeficientes residuais podem ser concatenadas para formar uma matriz 4x8 adequada para o padrão de varredura. À medida que uma única varredura é realizada sobre a matriz, uma única última posição de 'coeficiente significativo' é codificada para o fluxo de bits para o padrão

de varredura e um único valor de sinalizador de bloco codificado é suficiente para a matriz. A propriedade de compactação de energia da transformada discreta de cosseno (DCT) modificada proporciona vantagem para outros esquemas, tais como intercalação dos coeficientes de cada transformada ao quadrado ao longo da trajetória do padrão de varredura na matriz de coeficiente retangular. Isso proporciona a vantagem que a densidade de valores de coeficiente residual em cada matriz de coeficiente residual 4x4 é aproximadamente igualada na matriz 4x8 combinada, permitindo que a eficiência de compressão superior seja criada pelo codificador de entropia 324, para a decodificação subsequente pelo decodificador de entropia 420.

[00118] Determinadas implantações que codificam canais de cores croma podem usar uma primeira transformada para codificar amostras residuais em locais de amostra de croma que correspondem a uma grade de amostra de croma 4:2:0 e uma segunda transformada para codificar amostras residuais nos locais de amostra de croma adicionais na grade de amostra de croma 4:2:2, em relação à grade de amostra de croma 4:2:0. Tais implantações podem usar vantajosamente uma transformada simplificada para a segunda transformada, tal como uma transformada de Hadamard, com a saída da segunda transformada sendo adicionada (ou de outro modo combinada) às amostras residuais para a primeira transformada para produzir as amostras residuais para a segunda transformada. Vantajosamente, um estágio de pré-processamento que implanta uma transformada, tal como uma transformada de Haar, pode ser usado para amostrar a grade de amostra de croma para um formato de croma 4:2:2 na grade de amostra de croma para um formato de croma 4:2:0. Tais configurações precisam transmitir coeficientes residuais adicionais a partir do estágio de pré-processamento como informações secundárias, tais como um residual aplicado a cada unidade de codificação maior (LCU) no caso que a transformada de pré-processamento é aplicada no nível de unidade de codificação maior (LCU).

[00119] As implantações que têm múltiplas transformadas para uma determinada região podem usar uma única varredura combinada que cobre toda a região ou uma varredura separada para cada transformada. Se a varredura para as múltiplas

transformadas for combinada em uma única varredura, então, somente um sinalizador de bloco codificado é exigido para cada região que é varrida. Aquelas implantações que usam uma única varredura combinada podem alcançar compressão superior dos coeficientes residuais intercalando-se os coeficientes residuais de cada transformada, tal como se intercalando em uma base de coeficiente por coeficiente, com a finalidade de colocar coeficientes residuais a partir de cada transformada que têm propriedades espectrais similares.

[00120] Anexo A ilustra o ‘texto’ possível para o padrão de codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC) sob o desenvolvimento que é relevante para a estrutura de sintaxe 900 e a estrutura de sintaxe 930. Cada ocorrência de uma função de `transform_tree()` no anexo A é representada como uma parte da estrutura de sintaxe rotulada ‘TT’ nas Figuras 9A e 9C e cada ocorrência de uma função de `transform_unit()` no anexo A é representada como uma parte da estrutura de sintaxe rotulada ‘TU’ nas Figuras 9A e 9B. O texto fornecido na Anexo A é um exemplo de texto que está de acordo com as estruturas de sintaxe 900 e 930 e outros exemplos são possíveis. O texto que está de acordo com as estruturas de sintaxe 900 e 930 implica que o codificador de vídeo 114 realize o método 1000 para codificar um fluxo de bits e o decodificador de vídeo 134 realiza o método 1100 para decodificar o fluxo de bits.

[00121] Anexo B ilustra o texto possível para o padrão de codificação de vídeo de alta eficiência (HEVC) sob o desenvolvimento que é relevante para a estrutura de sintaxe 9100 e a estrutura de sintaxe 9130. Cada ocorrência de uma função de `transform_tree()` no anexo B é representada como uma parte da estrutura de sintaxe rotulada ‘TT’ nas Figuras 9C e 9D e cada ocorrência de uma função de `transform_unit()` no anexo A é representada como uma parte da estrutura de sintaxe rotulada ‘TU’ nas Figuras 9C e 9D. O texto fornecido no Anexo B é um exemplo de texto que está de acordo com as estruturas de sintaxe 9100 e 9130 e outros exemplos são possíveis. O texto que está de acordo com as estruturas de sintaxe 9100 e 9130 também implica que o codificador de vídeo 114 realize o método 1000 para codificar um fluxo de bits e o decodificador de vídeo 134 realize o método 1100

para decodificar o fluxo de bits.

[00122] O texto no Anexo A e Anexo B resulta em uma implantação por meio da qual a região de croma 32x32 encontrada em uma unidade de transformação (TU) de tamanho 32x32 configurada para o formato de croma 4:4:4 resulta em (um número máximo de) quatro transformadas de croma 16x16 que são aplicadas, e a região de croma 16x32 encontrada em uma unidade de transformação (TU) de tamanho 32x32 configurada para o formato de croma 4:2:2 resulta em (um número máximo de) duas transformadas de croma 16x16 que são aplicadas. A implantação que resulta a partir do texto no Anexo A e Anexo B, quando aplicada a unidades de transformação (TUs) de tamanho menor e configurada para o formato de croma 4:2:2, (um máximo de) uma transformada de croma é aplicada. Por exemplo, uma transformada 8x16 é aplicada a uma região de croma 8x16 e uma transformada 4x8 é aplicada a uma região de croma 4x8.

APLICABILIDADE INDUSTRIAL

[00123] As disposições descritas são aplicáveis às indústrias de processamento de dados e computador e particularmente para o processamento de sinal digital para a codificação ou decodificação de sinais, tais como sinais de vídeo.

[00124] O mencionado anteriormente descreve somente algumas modalidades da presente invenção, e modificações e/ou alterações podem ser feitas às mesmas sem que se desvie do escopo e espírito da invenção, sendo que as modalidades são ilustrativas e não restritivas.

[00125] (somente Austrália) No contexto desse relatório descritivo, a palavra "compreender" significa "incluir principalmente, mas não somente necessariamente" ou "ter" ou "incluir", e não "consistir somente em". As variações da palavra "compreender", tais como "compreendem" e "compreende", têm significados variados de forma correspondente.

ANEXO A

TRANSFORM_TREE() E TRANSFORM_UNIT() IMPLANTAM A DIVISÃO DE CROMA INFERIDA COM O USO DE UMA CONSTRUÇÃO DE LOOP

7.3.11 sintaxe de Árvore de transformação

transform_tree(x0, y0, xBase, yBase, log2TrafoSize, trafoDepth, blkIdx) {	Descriptor
if(log2TrafoSize <= Log2MaxTrafoSize && log2TrafoSize > Log2MinTrafoSize && trafoDepth < MaxTrafoDepth && !(IntraSplitFlag && trafoDepth == 0))	
split_transform_flag[x0][y0][trafoDepth]	ae(v)
if(trafoDepth == 0 log2TrafoSize > 2) {	
if(trafoDepth == 0 cbf_cb[xBase][yBase][trafoDepth - 1]) {	
for(tIdx = 0; tIdx < TrafoCrCbCnt; tIdx++) {	
cbf_cb[x0 + ((1 << log2CrCbTrafoHorSize) * (tIdx mod TrafoCrCbHorCnt)][y0 + (1 << log2CrCbTrafoVertSize) * (tIdx div TrafoCrCbVertCnt))][trafoDepth + (TrafoCrCbCnt > 1)]	ae(v)
}	
cbf_cb[x0][y0][trafoDepth] = (TrafoCrCbCnt > 1)	
}	
if(trafoDepth == 0 cbf_cr[xBase][yBase][trafoDepth - 1]) {	
for(tIdx = 0; tIdx < TrafoCrCbCnt; tIdx++) {	
cbf_cr[x0 + ((1 << log2CrCbTrafoHorSize) * (tIdx mod TrafoCrCbHorCnt)][y0 + (1 << log2CrCbTrafoVertSize) * (tIdx div TrafoCrCbVertCnt))][trafoDepth + (TrafoCrCbCnt > 1)]	ae(v)
}	
cbf_cr[x0][y0][trafoDepth] = (TrafoCrCbCnt > 1)	
}	
}	

if(split_transform_flag[x0][y0][trafoDepth]) {	
x1 = x0 + ((1 << log2TrafoSize) >> 1)	
y1 = y0 + ((1 << log2TrafoSize) >> 1)	
transform_tree(x0, y0, x0, y0, log2TrafoSize - 1, trafoDepth + 1, 0)	
transform_tree(x1, y0, x0, y0, log2TrafoSize - 1, trafoDepth + 1, 1)	
transform_tree(x0, y1, x0, y0, log2TrafoSize - 1, trafoDepth + 1, 2)	
transform_tree(x1, y1, x0, y0, log2TrafoSize - 1, trafoDepth + 1, 3)	
} else {	
if(PredMode[x0][y0] == MODE_INTRA trafoDepth != 0 cbf_cb[x0][y0][trafoDepth] cbf_cr[x0][y0][trafoDepth])	
cbf_luma[x0][y0][trafoDepth]	ae(v)
transform_unit (x0, y0, xBase, yBase, log2TrafoSize, trafoDepth, blkIdx)	
}	
}	

7.3.12 sintaxe de Unidade de transformação

transform_unit(x0, y0, xBase, yBase, log2TrafoSize, trafoDepth, blkIdx) {	Descritor
if(cbf_luma[x0][y0][trafoDepth] cbf_cb[x0][y0][trafoDepth] cbf_cr[x0][y0][trafoDepth]) {	
if(cu_qp_delta_enabled_flag && !IsCuQpDeltaCoded) {	
cu_qp_delta_abs	ae(v)
if(cu_qp_delta_abs)	
cu_qp_delta_sign	ae(v)

}	
if(cbf_luma[x0][y0][trafoDepth])	
residual_coding(x0, y0, log2TrafoSize, 0)	
if(log2TrafoSize > 2) {	
if(cbf_cb[x0][y0][trafoDepth])	
for (tldx = 0; tldx < TrafoCrCbCnt; tldx++) {	
residual_coding(x0 + ((1 << log2CrCbTrafoHorSize) * (tldx mod TrafoCrCbHorCnt), y0 + (1 << log2CrCbTrafoVertSize) * (tldx div TrafoCrCbVertCnt)), log2TrafoSize, 1)	
}	
if(cbf_cr[x0][y0][trafoDepth])	
for (tldx = 0; tldx < TrafoCrCbCnt; tldx++) {	
residual_coding(x0 + ((1 << log2CrCbTrafoHorSize) * (tldx mod TrafoCrCbHorCnt), y0 + (1 << log2CrCbTrafoVertSize) * (tldx div TrafoCrCbVertCnt)), log2TrafoSize, 2)	
}	
} else if(blkIdx == 3) {	
if(cbf_cb[xBase][yBase][trafoDepth])	
residual_coding(xBase, yBase, log2TrafoSize, 1)	
if(cbf_cr[xBase][yBase][trafoDepth])	
residual_coding(xBase, yBase, log2TrafoSize, 2)	
}	
}	
}	

7.4.8.1 semântica de unidade de codificação geral

As variáveis TrafoCrCbHorCnt e TrafoCrCbVertCnt são derivadas conforme exposto a seguir:

- Se $\log_2\text{TrafoSize}$ for igual a 5 e $\text{split_transform_flag}$ for igual a 0, TransformIdxMax é derivada conforme exposto a seguir:

- Se chroma_format_idc for igual a 1, TrafoCrCbHorCnt e TrafoCrCbVertCnt são iguais a 1.

- Se chroma_format_idc for igual a 2, TrafoCrCbHorCnt é igual a 1 e TrafoCrCbVertCnt é igual a 2.

[00126] - De outro modo, se chroma_format_idc for igual a 3, TrafoCrCbHorCnt e TrafoCrCbVertCnt são iguais a 2.

- De outro modo, TrafoCrCbHorCnt e TrafoCrCbVertCnt são iguais a 1.

A variável TrafoCrCbCnt é derivada como $\text{TrafoCrCbHorCnt} * \text{TrafoCrCbVertCnt}$.

As variáveis $\log_2\text{CrCbTrafoHorSize}$ e $\log_2\text{CrCbTrafoVertSize}$ são derivadas conforme exposto a seguir:

- Se chroma_format_idc for igual a 1, $\log_2\text{CrCbTrafoHorSize}$ e $\log_2\text{CrCbTrafoVertSize}$ são iguais a $\log_2\text{TrafoSize} - 1$.

- De outro modo, se chroma_format_idc for igual a 2, $\log_2\text{CrCbTrafoHorSize}$ é igual a $\log_2\text{TrafoSize}$ e $\log_2\text{CrCbTrafoVertSize}$ é igual a $\min(\log_2\text{TrafoSize} - 1, 4)$.

- De outro modo, se chroma_format_idc for igual a 3, $\log_2\text{CrCbTrafoHorSize}$ e $\log_2\text{CrCbTrafoVertSize}$ são iguais a $\min(\log_2\text{TrafoSize}, 4)$.

fim do Anexo A

ANEXO B

INVOCAR TRANSFORM_TREE() UMA VEZ POR PAR DE CANAIS DE CROMA PARA CADA TRANSFORMADA DE CROMA QUE RESULTA A PARTIR DA DIVISÃO INFERIDA.

7.3.11 sintaxe de Árvore de transformação

transform_tree(x0, y0, xBase, yBase, log2TrafoSize, trafoDepth, blkIdx, chromaOnly) {	Descritor
---	-----------

if(log2TrafoSize <= Log2MaxTrafoSize && log2TrafoSize > Log2MinTrafoSize && trafoDepth < MaxTrafoDepth && !(IntraSplitFlag && trafoDepth == 0) && !chromaOnly)	
split_transform_flag[x0][y0][trafoDepth]	ae(v)
if(trafoDepth == 0 log2TrafoSize > 2) {	
if(trafoDepth == 0 cbf_cb[xBase][yBase][trafoDepth - 1])	
if(TrafoCrCbCnt > 1) {	
cbf_cb[x0][y0][trafoDepth] = 1	
} else {	
cbf_cb[x0][y0][trafoDepth]	ae(v)
}	
if(trafoDepth == 0 cbf_cr[xBase][yBase][trafoDepth - 1])	
if(TrafoCrCbCnt > 1) {	
cbf_cr[x0][y0][trafoDepth] = 1	
} else {	
cbf_cr[x0][y0][trafoDepth]	ae(v)
}	
}	
if(split_transform_flag[x0][y0][trafoDepth] TrafoCrCbCnt > 1) {	
x1 = x0 + ((1 << log2TrafoSize) >> 1)	
y1 = y0 + ((1 << log2TrafoSize) >> 1)	
transform_tree(x0, y0, x0, y0, log2TrafoSize - 1, trafoDepth + 1, 0, TrafoCrCbCnt > 1)	

if(chroma_format_idc != 2) {	
transform_tree(x1, y0, x0, y0, log2TrafoSize - 1, trafoDepth + 1, 1, TrafoCrCbCnt > 1)	
}	
transform_tree(x0, y1, x0, y0, log2TrafoSize - 1, trafoDepth + 1, 2, TrafoCrCbCnt > 1)	
if(chroma_format_idc != 2) {	
transform_tree(x1, y1, x0, y0, log2TrafoSize - 1, trafoDepth + 1, 3, TrafoCrCbCnt > 1)	
}	
}	
else if(!split_transform_flag[x0][y0][trafoDepth] && TrafoCrCbCnt > 1) {	
if((PredMode[x0][y0] == MODE_INTRA trafoDepth != 0 cbf_cb[x0][y0][trafoDepth] cbf_cr[x0][y0][trafoDepth]) && !chromaOnly)	
cbf_luma[x0][y0][trafoDepth]	ae(v)
transform_unit(x0, y0, xBase, yBase, log2TrafoSize, trafoDepth, blkIdx, chromaOnly)	
}	
}	

7.3.12 sintaxe de Unidade de transformação

transform_unit(x0, y0, xBase, yBase, log2TrafoSize, trafoDepth, blkIdx, chromaOnly) {	Descritor
---	-----------

if(cbf_luma[x0][y0][trafoDepth] cbf_cb[x0][y0][trafoDepth] cbf_cr[x0][y0][trafoDepth]) {	
if(cu_qp_delta_enabled_flag && !IsCuQpDeltaCoded && !chromaOnly) {	
cu_qp_delta_abs	ae(v)
if(cu_qp_delta_abs)	
cu_qp_delta_sign	ae(v)
}	
if(cbf_luma[x0][y0][trafoDepth])	
residual_coding(x0, y0, log2TrafoSize, 0)	
if(log2TrafoSize > 2) {	
if(cbf_cb[x0][y0][trafoDepth])	
residual_coding(x0, y0, log2TrafoSize, 1)	
if(cbf_cr[x0][y0][trafoDepth])	
residual_coding(x0, , log2TrafoSize, 2)	
} else if(blkIdx == 3) {	
if(cbf_cb[xBase][yBase][trafoDepth])	
residual_coding(xBase, yBase, log2TrafoSize, 1)	
if(cbf_cr[xBase][yBase][trafoDepth])	
residual_coding(xBase, yBase, log2TrafoSize, 2)	
}	
}	
}	

7.4.8.1 semântica de unidade de codificação geral

As variáveis TrafoCrCbHorCnt e TrafoCrCbVertCnt são derivadas conforme exposto a seguir:

- Se $\log_2\text{TrafoSize}$ for igual a 5 e $\text{split_transform_flag}$ for igual a 0, TransformIdxMax é derivada conforme exposto a seguir:

- Se chroma_format_idc for igual a 1, TrafoCrCbHorCnt e TrafoCrCbVertCnt são iguais a 1.

- Se chroma_format_idc for igual a 2, TrafoCrCbHorCnt é igual a 1 e TrafoCrCbVertCnt é igual a 2.

- De outro modo, se chroma_format_idc for igual a 3, TrafoCrCbHorCnt e TrafoCrCbVertCnt são iguais a 2.

- De outro modo, TrafoCrCbHorCnt e TrafoCrCbVertCnt são iguais a 1.

A variável TrafoCrCbCnt é derivada como $\text{TrafoCrCbHorCnt} * \text{TrafoCrCbVertCnt}$.

fim do Anexo B

REIVINDICAÇÕES:

1. Método para decodificar uma unidade de transformação (952) que contém amostras residuais de croma a partir de um fluxo de bits de vídeo, sendo que a unidade de transformação (952) contém duas matrizes de coeficiente residual de croma para cada um de dois canais de croma em um formato de croma 4:2:2, o método compreendendo:

determinar (1102) um nível hierárquico para a unidade de transformação (952) dentro de uma unidade de codificação, a partir de sinalizadores de transformação dividida presentes no fluxo de bits de vídeo, em que um tamanho da unidade de codificação varia a partir de uma unidade de codificação menor a uma unidade de codificação maior;

determinar (1102) um tamanho de transformação da unidade de transformação (952) para o único canal de croma, sendo que o tamanho de transformação está relacionado ao nível hierárquico determinado da unidade de transformação (952) e ao tamanho de unidade de codificação;

caracterizado por

decodificar dois valores de sinalizador de bloco codificado (942, 944) a partir do fluxo de bits de vídeo para um primeiro dos dois canais de croma da unidade de transformação (952) e dois valores de sinalizador de bloco codificado (946, 948) a partir do fluxo de bits de vídeo para o segundo dos dois canais de croma da unidade de transformação (952) a partir do fluxo de bits de vídeo (312), em que a unidade de transformação (952) tem duas matrizes de coeficiente residual de croma (956, 958, 960, 962) para cada um dos canais de croma, e cada valor de sinalizador de bloco codificado dos dois valores de sinalizador de bloco codificado (942, 944, 946, 948) corresponde a uma matriz de coeficiente residual de croma das duas matrizes de coeficiente residual de croma (956, 958, 960, 962);

decodificar (1106) a partir do fluxo de bits de vídeo de cada uma das duas matrizes de coeficiente residual de croma (956, 958, 960, 962) para cada um dos canais de croma de acordo com um valor de sinalizador de bloco codificado correspondente dos dois valores de sinalizador de bloco codificado (942, 944, 946,

948);

selecionar (1108) uma transformada inversa ao quadrado para as matrizes de coeficiente residual de croma decodificados (956, 958, 960, 962), sendo que a transformada inversa ao quadrado é selecionada partir de um conjunto predeterminado de transformadas inversas ao quadrado de acordo com o tamanho de transformação determinado, em que o tamanho determinado é selecionável de um dentre 8x16 e 16x32; e

aplicar (1110), dependendo de um valor de sinalizador de bloco codificado correspondente, a transformada inversa ao quadrado selecionada para cada uma das matrizes de coeficiente residual de croma decodificadas (956, 958, 960, 962) para produzir as amostras residuais de croma (456) para o canal de croma da unidade de transformação (952).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um valor de sinalizador de bloco codificado de zero indica que todos os coeficientes residuais da matriz de coeficiente residual correspondente são zero e um valor de sinalizador de bloco codificado de um indica que pelo menos um coeficiente residual da matriz de coeficiente residual correspondente é diferente de zero.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o tamanho de transformação é um dentre 32x32, 16x16, 8x8 ou 4x4.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que existem duas matrizes de coeficiente residual de croma para um único canal de cor e dois valores de sinalizador de bloco codificado são decodificados a partir do fluxo de bits de vídeo para um único canal de cor.

5. Decodificador de vídeo para decodificar uma unidade de transformação (952) que contém amostras residuais de croma a partir de um fluxo de bits de vídeo, sendo que a unidade de transformação (952) contém duas matrizes de coeficiente residual de croma para cada um de dois canais de croma em um formato de croma 4:2:2, o decodificador compreendendo:

um primeiro determinador para determinar (1102) um nível hierárquico para a unidade de transformação (952) dentro de uma unidade de codificação, a partir de

sinalizadores de transformação dividida presentes no fluxo de bits de vídeo, em que um tamanho da unidade de codificação varia a partir de uma unidade de codificação menor a uma unidade de codificação maior;

um segundo determinador para determinar (1102) um tamanho de transformação da unidade de transformação (952) para o único canal de croma, sendo que o tamanho da transformação está relacionado ao nível hierárquico determinado da unidade de transformação (952) e ao tamanho de unidade de codificação;

caracterizado por

um primeiro decodificador para decodificar dois valores de sinalizador de bloco codificado (942, 944) a partir do fluxo de bits de vídeo para um primeiro dos dois canais de croma da unidade de transformação (952) e dois valores de sinalizador de bloco codificado (946, 948) para o segundo dos dois canais de croma da unidade de transformação (952) a partir do fluxo de bits de vídeo (312), em que a unidade de transformação (952) tem duas matrizes de coeficiente residual de croma (956, 958, 960, 962) para cada um dos canais de cor, e cada valor de sinalizador de bloco codificado dos dois valores de sinalizador de bloco codificado (942, 944, 946, 948) corresponde a uma matriz de coeficiente residual de croma das duas matrizes de coeficiente residual de croma (956, 958, 960, 962);

um segundo decodificador para decodificar (1106) a partir do fluxo de bits de vídeo para cada uma das duas matrizes de coeficiente residual de croma (956, 958, 960, 962) para cada um dos canais de croma de acordo com um valor de sinalizador de bloco codificado correspondente dos dois valores de sinalizador de bloco codificado (942, 944, 946, 948);

um seletor para selecionar (1108) uma transformada inversa ao quadrado para as matrizes de coeficiente residual de croma decodificadas (956, 958, 960, 962), sendo que a transformada inversa ao quadrado é selecionada a partir de um conjunto predeterminado de transformadas inversas ao quadrado de acordo com o tamanho de transformação determinado, em que o tamanho determinado é selecionável de um dentre 8x16 e 16x32; e

um aplicador para aplicar (1110), dependendo de um valor de sinalizador

de bloco codificado correspondente, a transformada inversa ao quadrado selecionada a cada uma das matrizes de coeficiente residual de croma decodificadas (956, 958, 960, 962) para produzir as amostras residuais de croma (456) para o canal de croma da unidade de transformação (952).

6. Decodificador, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que um valor de sinalizador de bloco codificado de zero indica que todos os coeficientes residuais da matriz de coeficiente residual correspondente são zero e um valor de sinalizador de bloco codificado de um indica que pelo menos um coeficiente residual da matriz de coeficiente residual correspondente é diferente de zero.

7. Decodificador, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o tamanho de transformação é um dentre 32x32, 16x16, 8x8 ou 4x4.

8. Decodificador, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que existem duas matrizes de coeficiente residual de croma para um único canal de cor e dois valores de sinalizador de bloco codificado são decodificados a partir do fluxo de bits de vídeo para um único canal de cor.

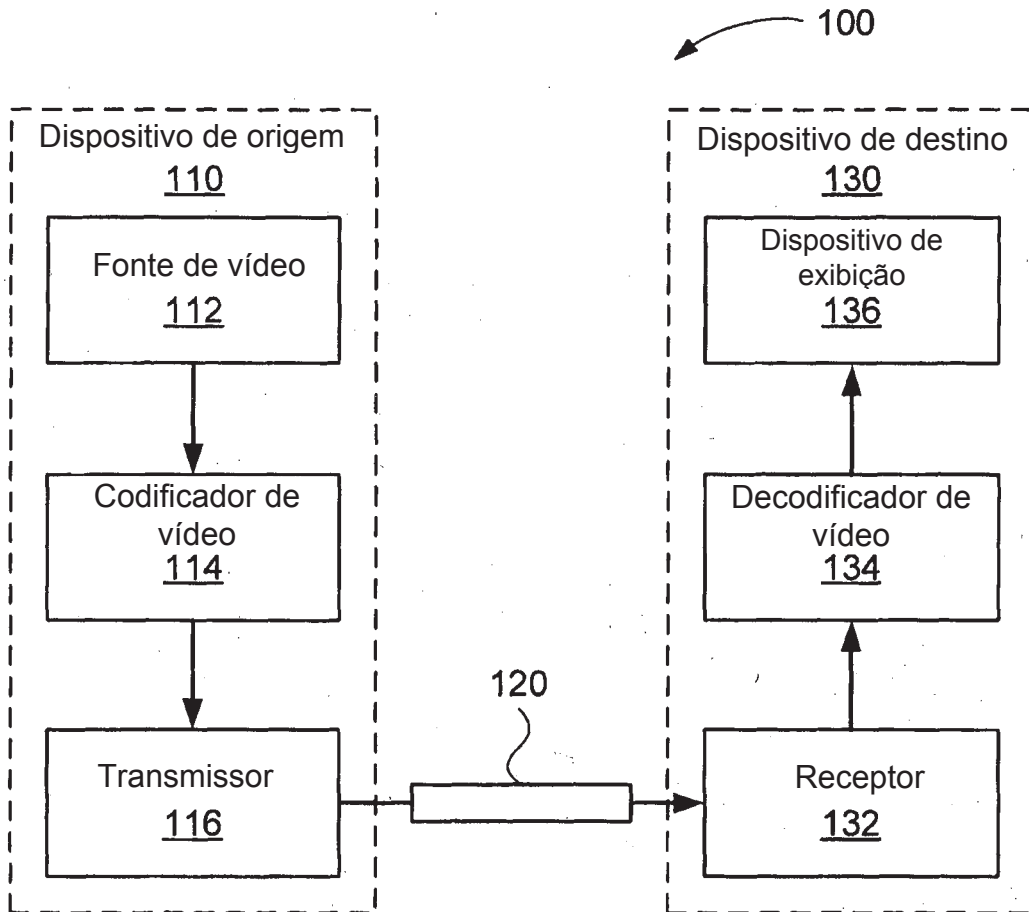


Fig. 1

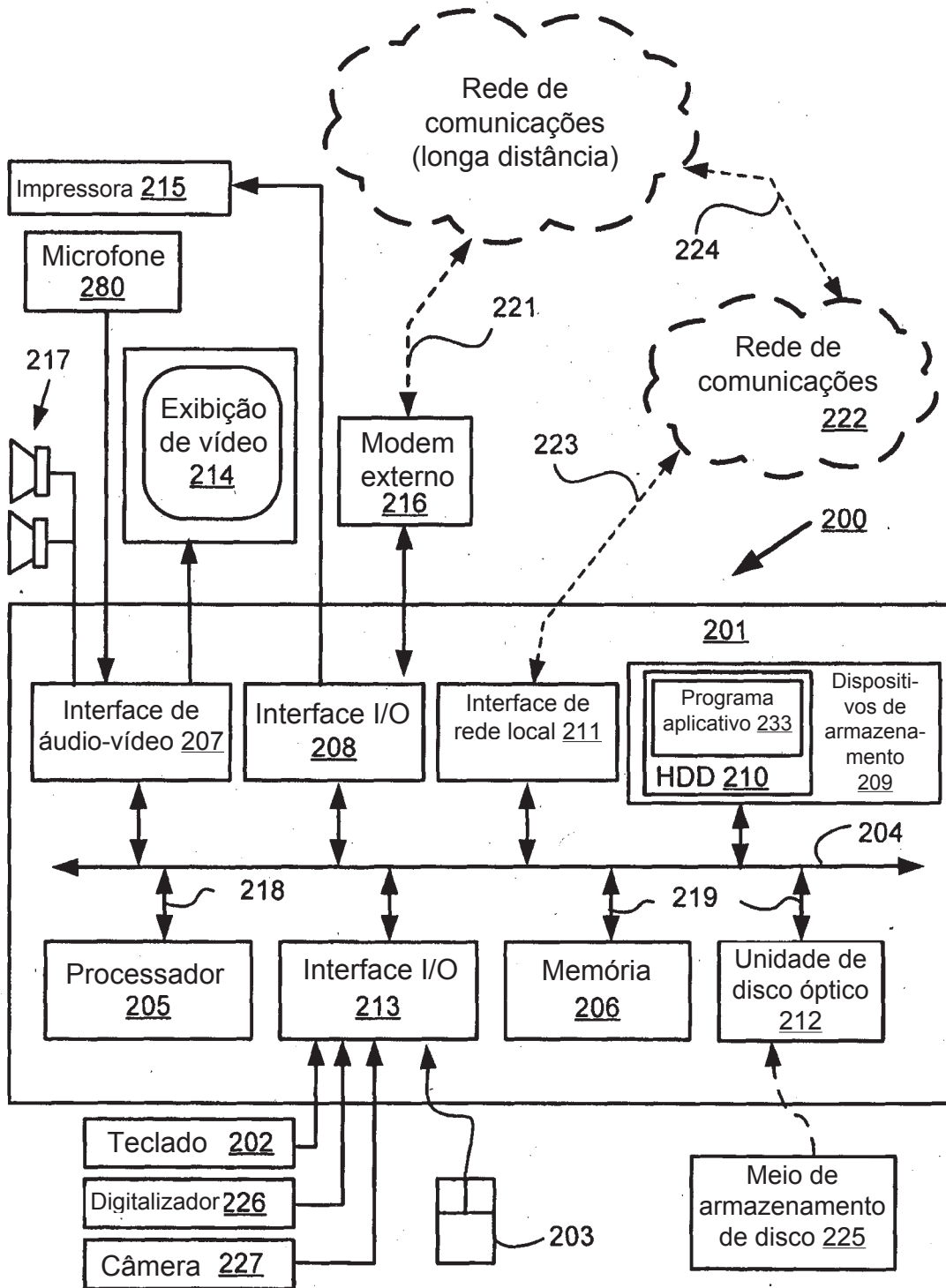


Fig. 2A

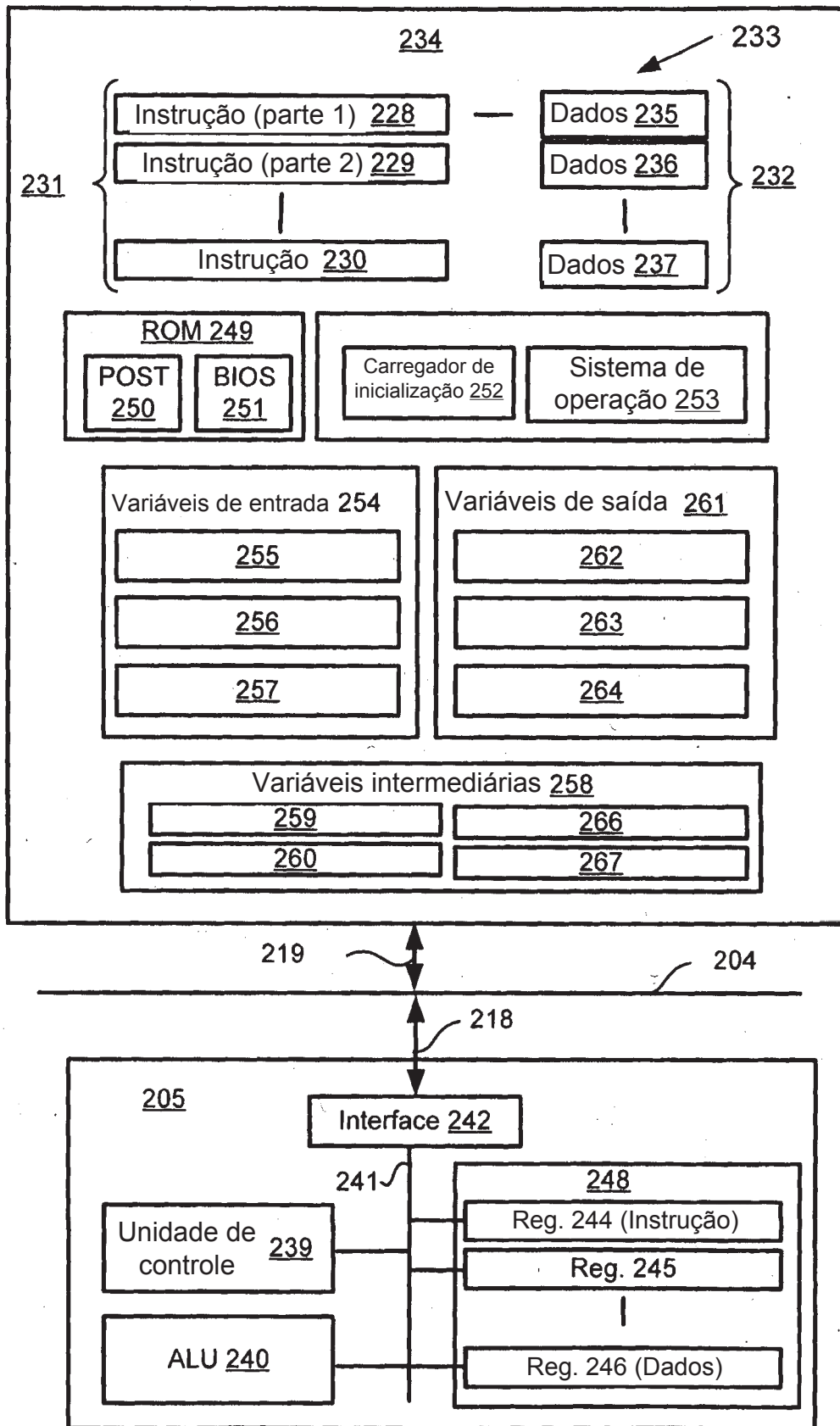


Fig. 2B

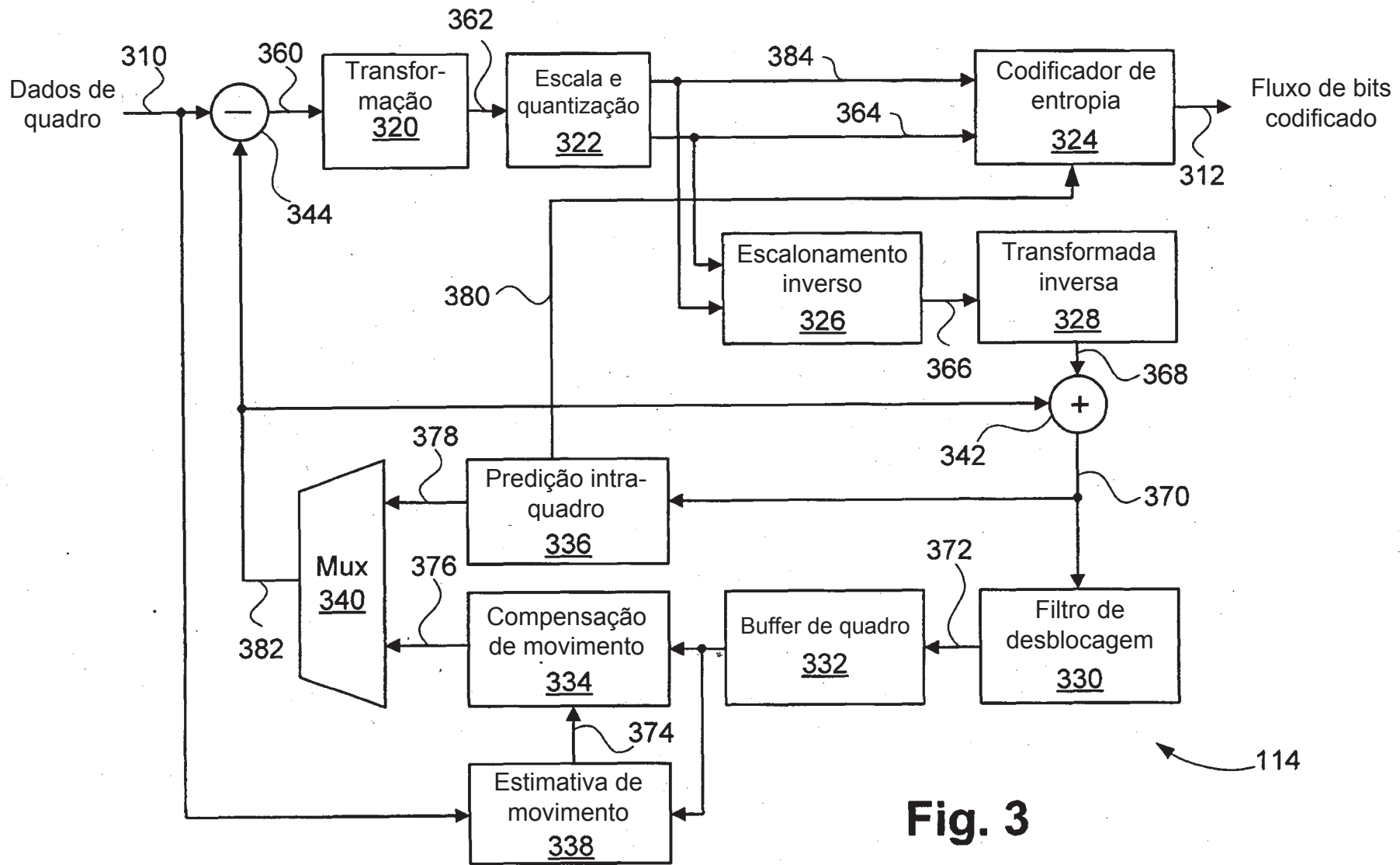


Fig. 3

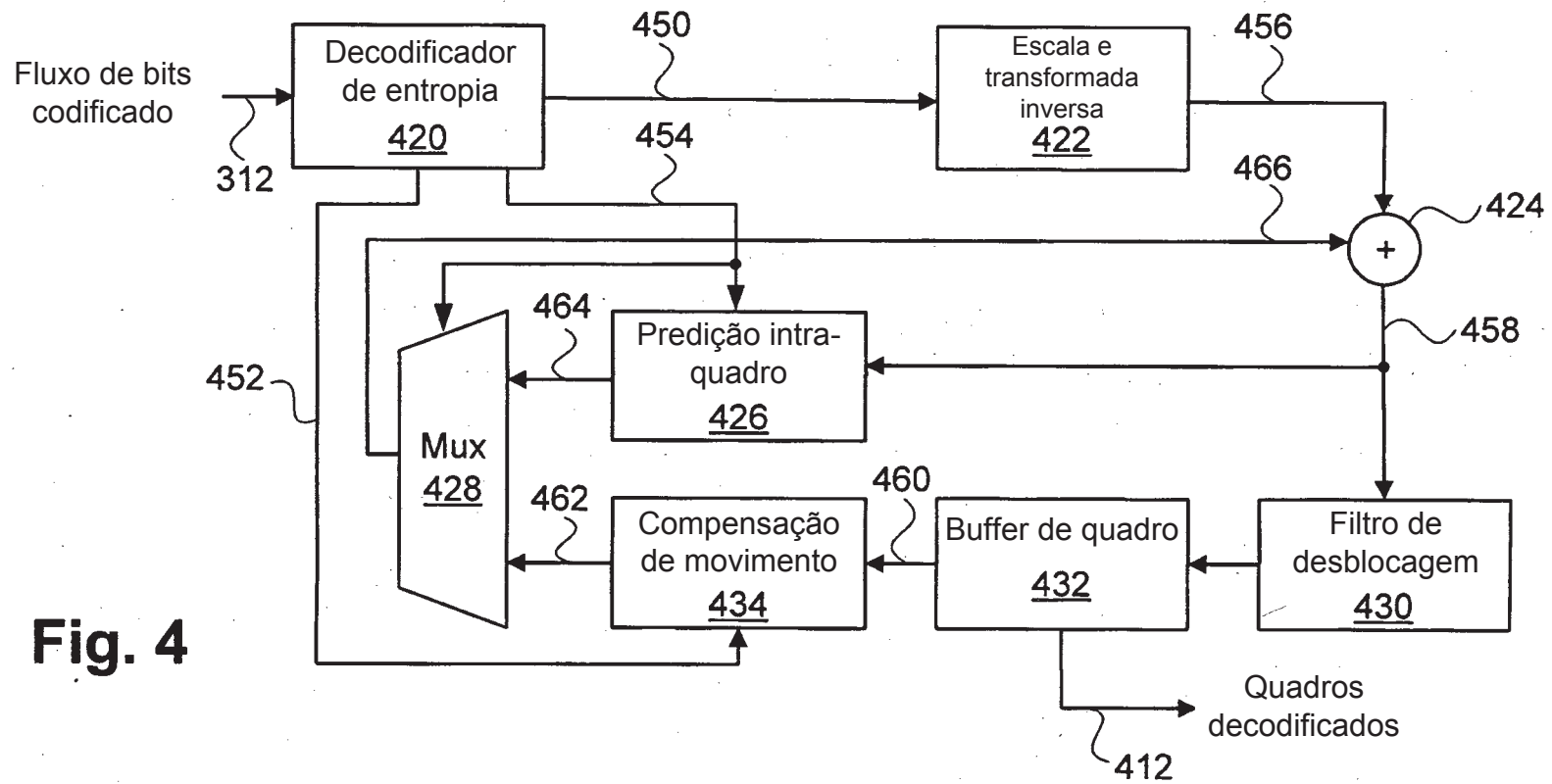


Fig. 4

134

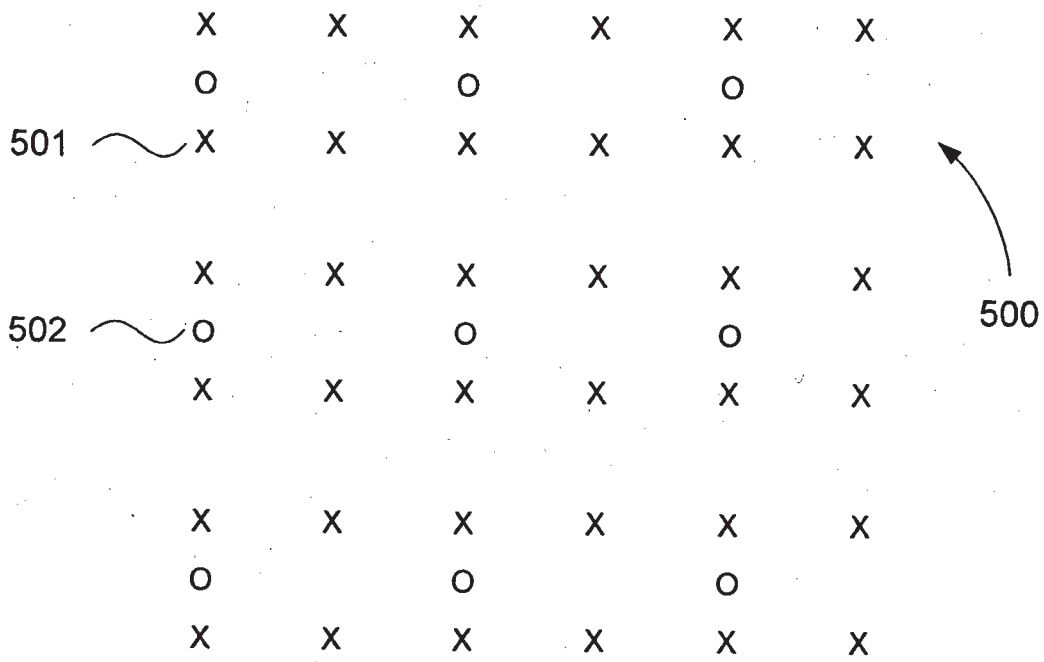


Fig. 5A

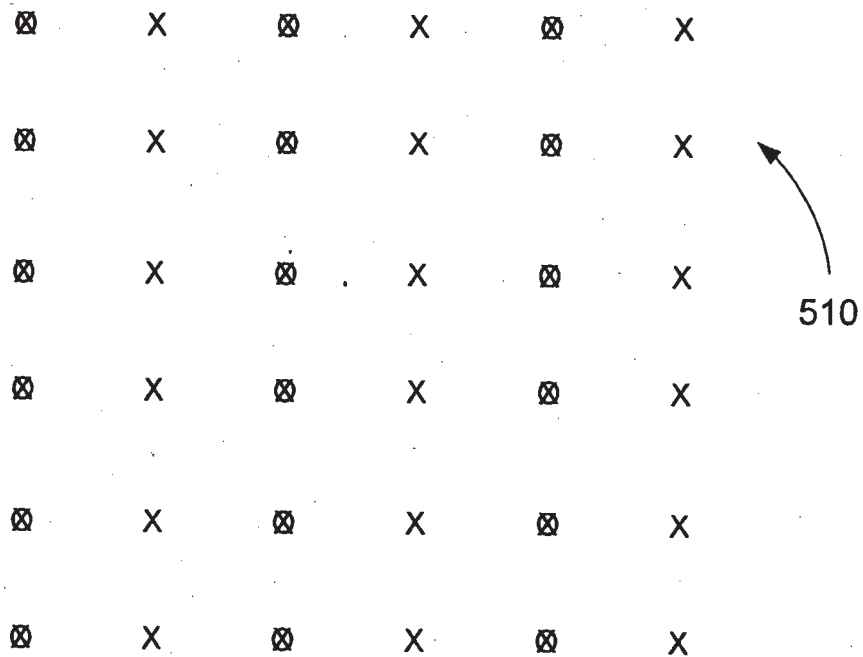


Fig. 5B

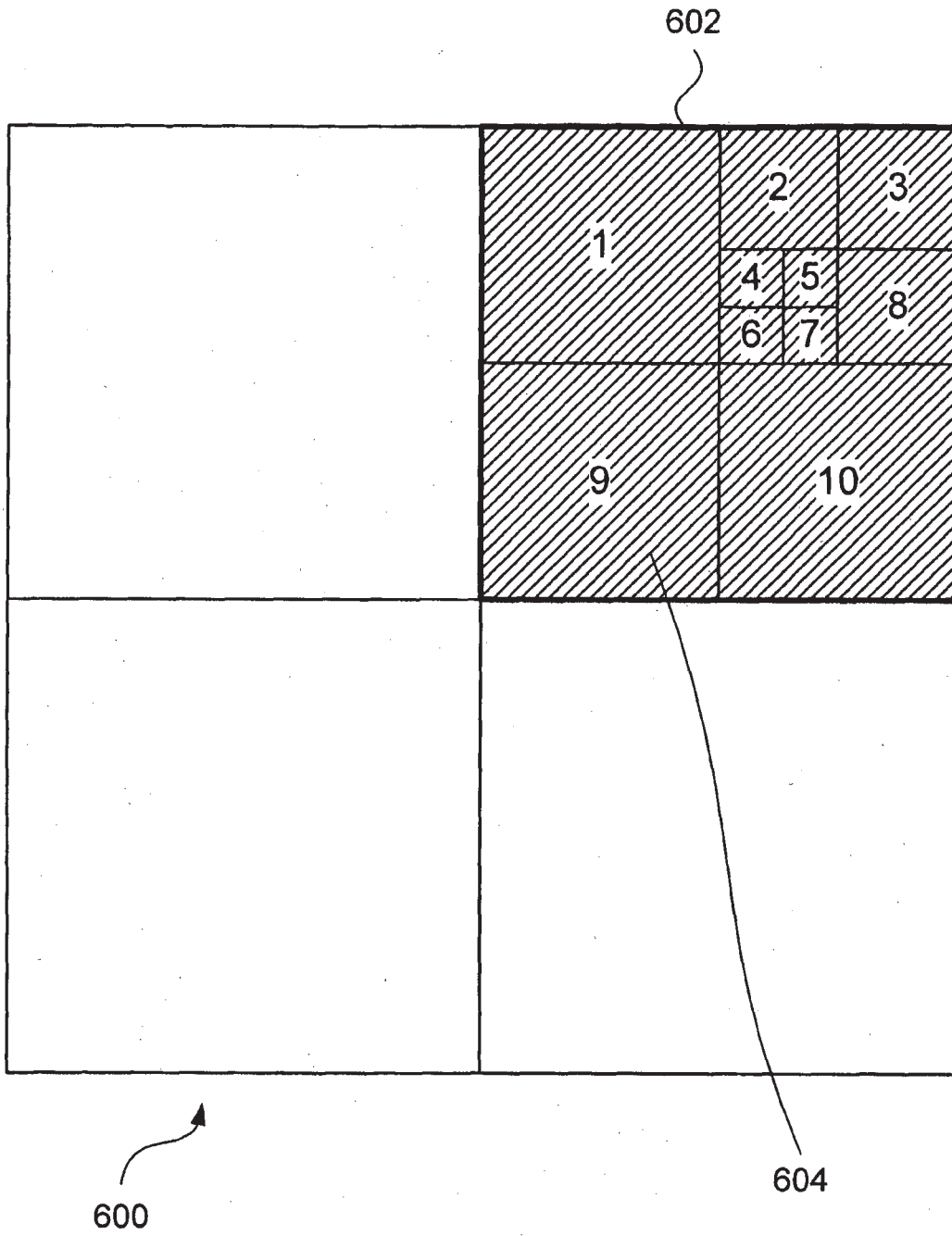
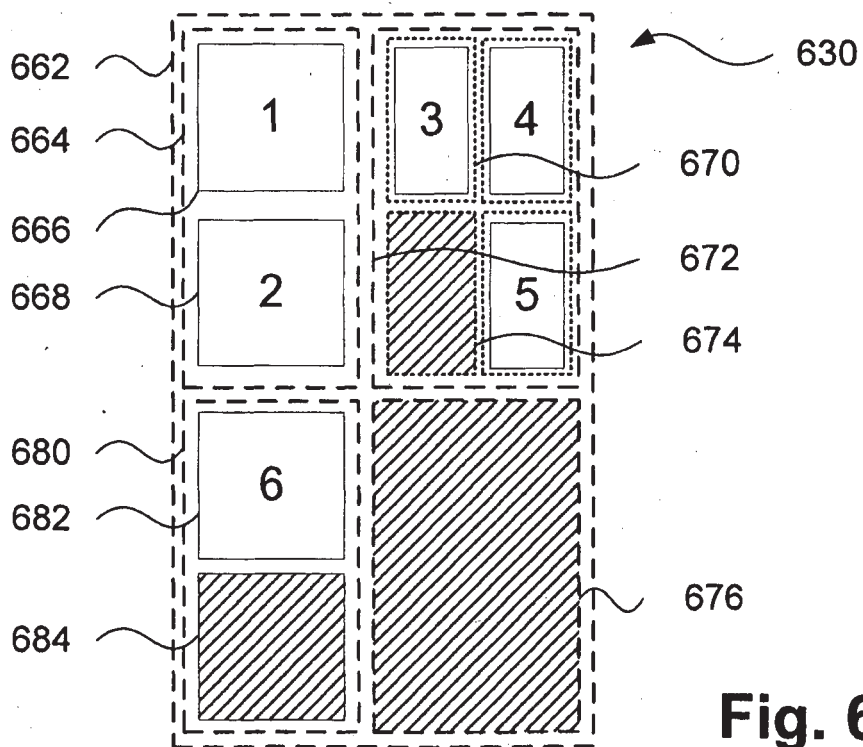
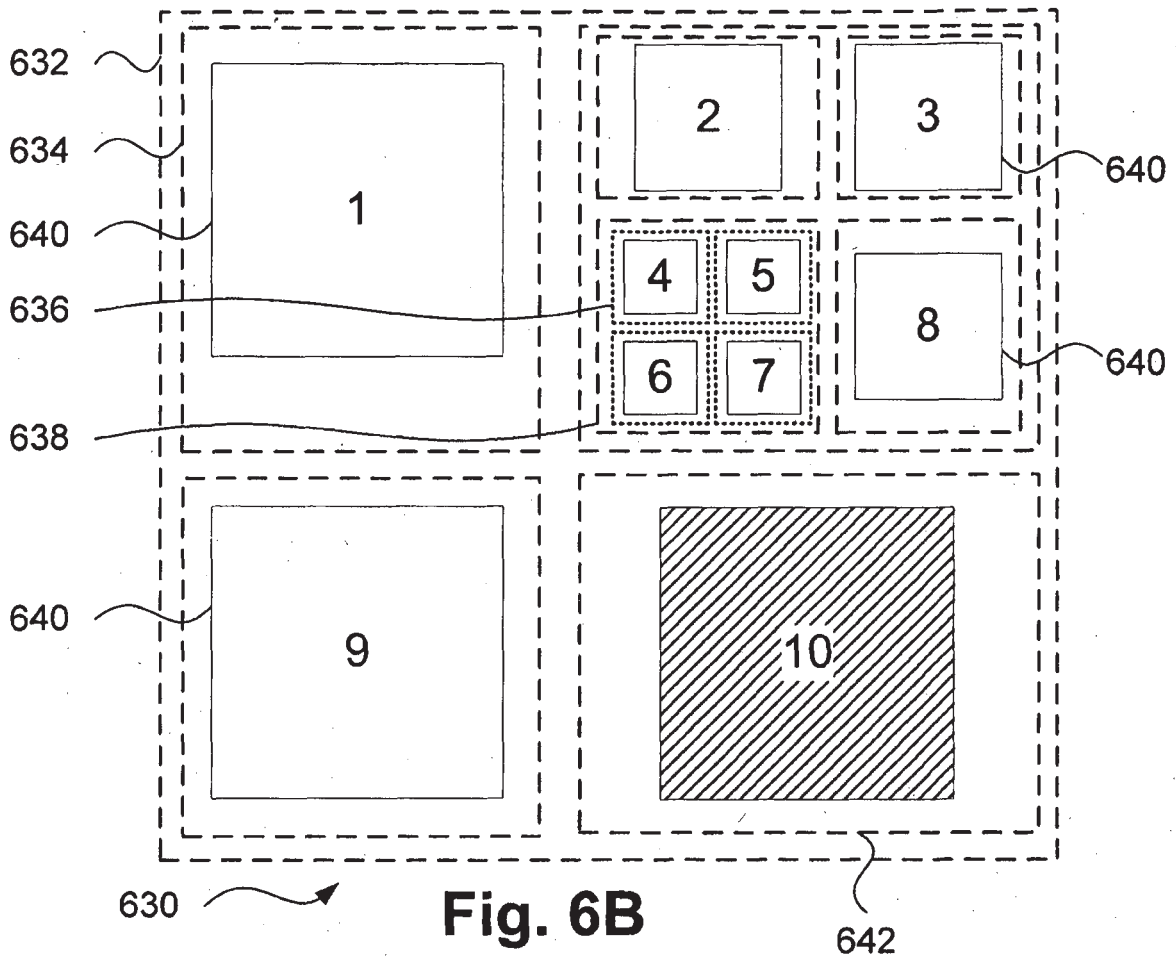


Fig. 6A



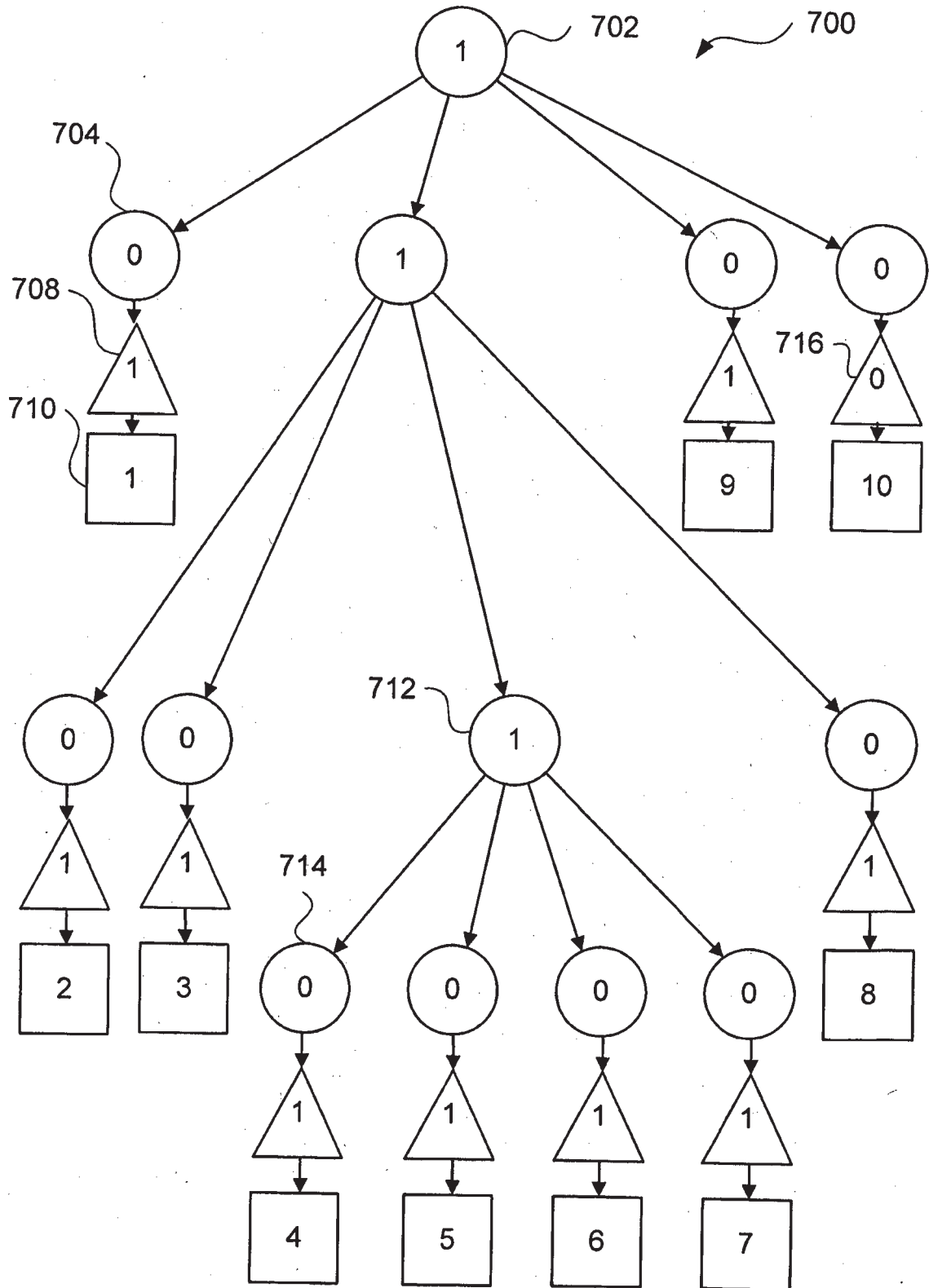


Fig. 7

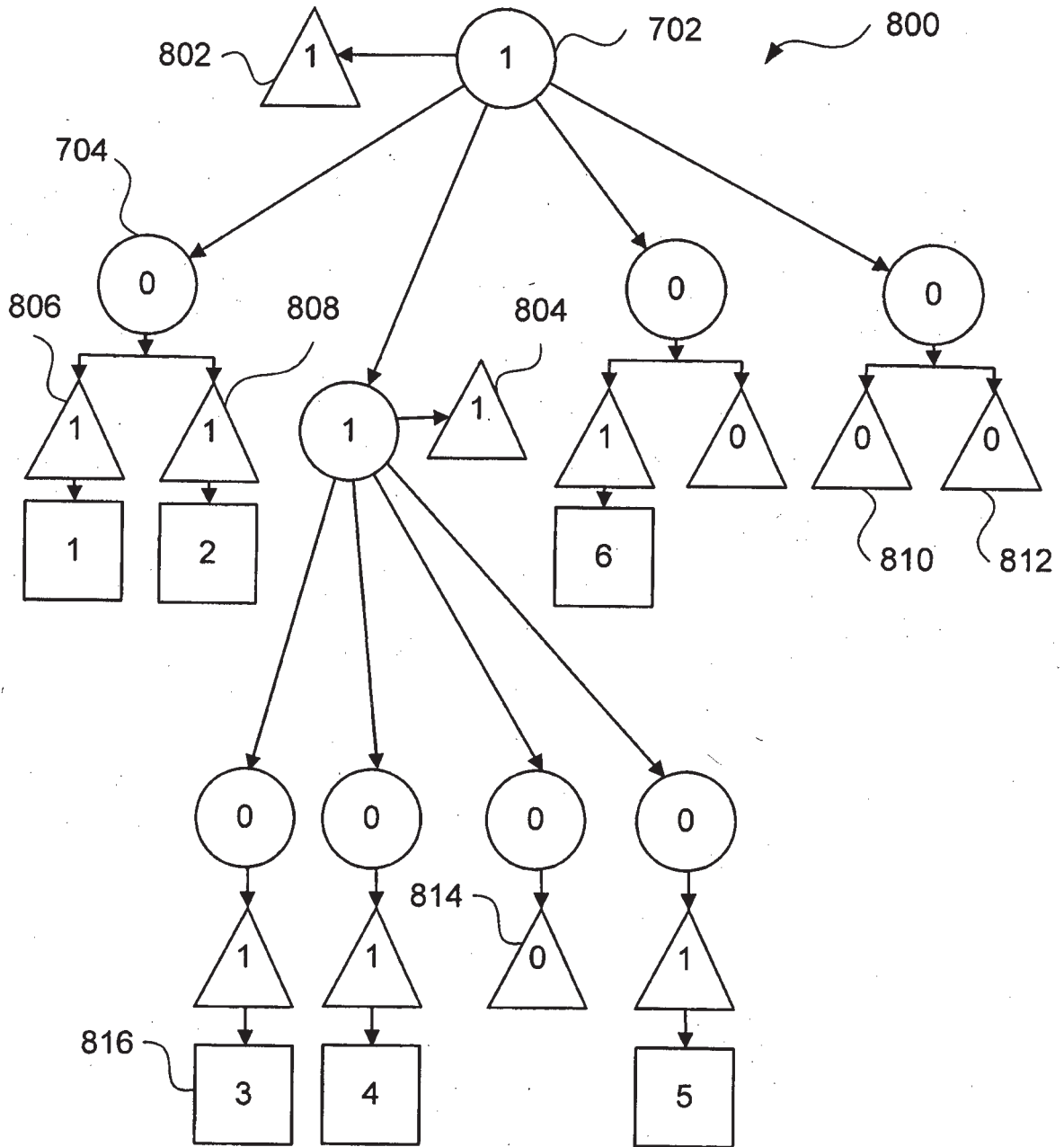


Fig. 8

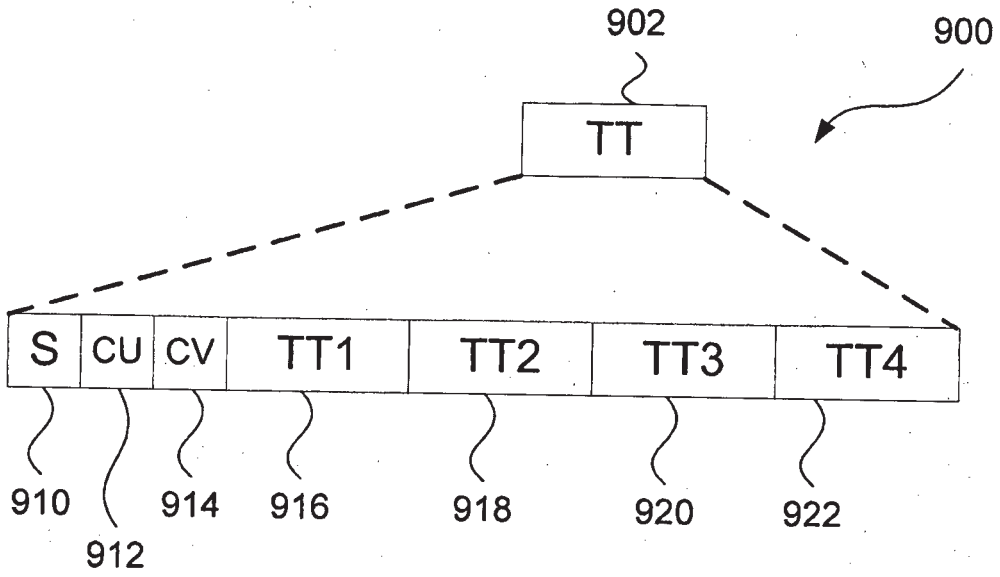


Fig. 9A

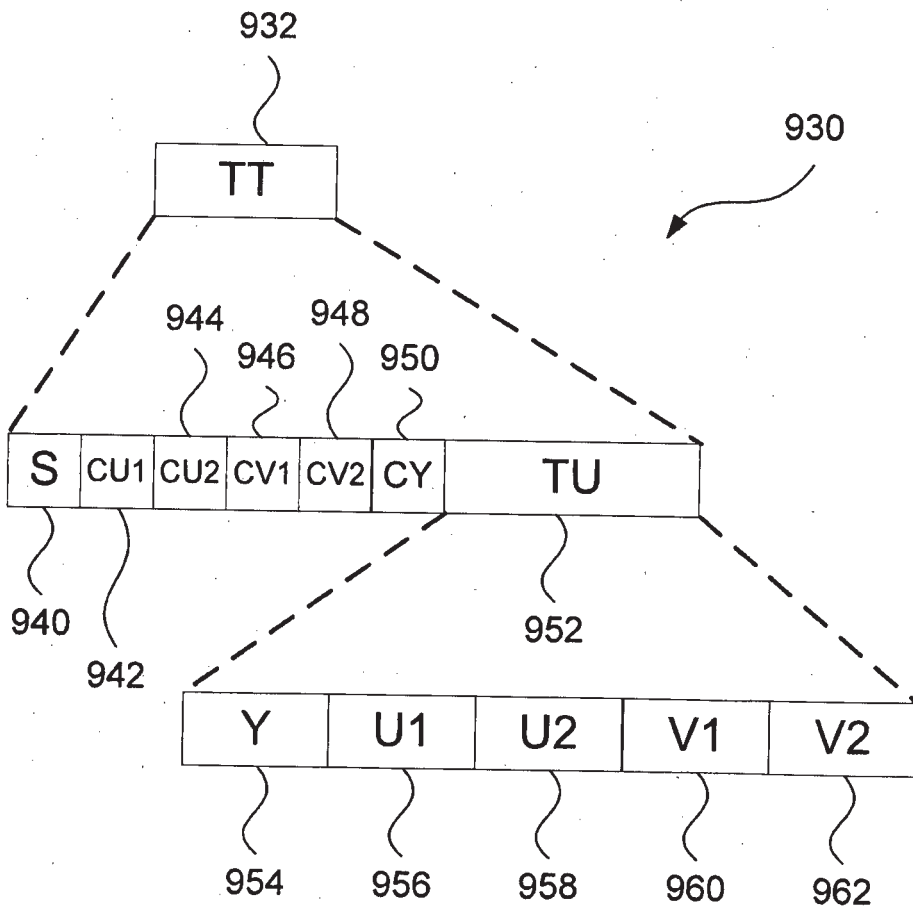
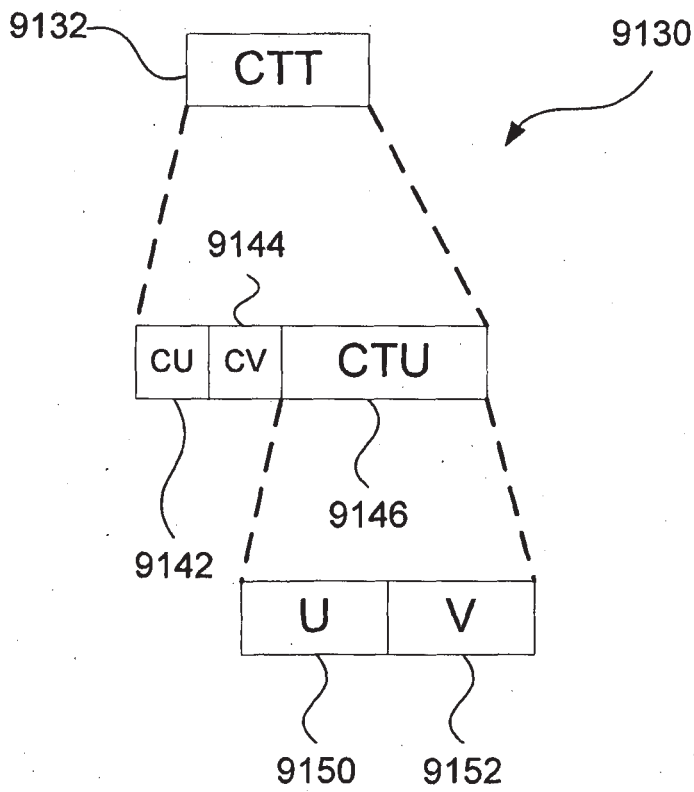
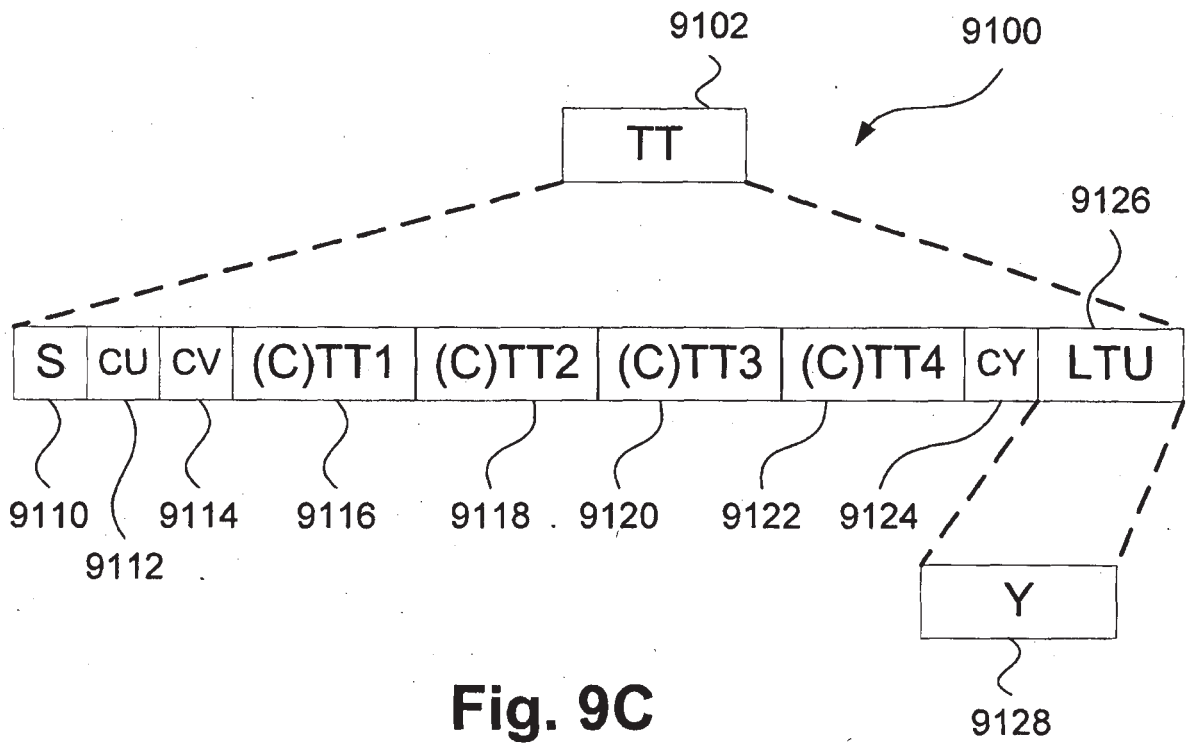
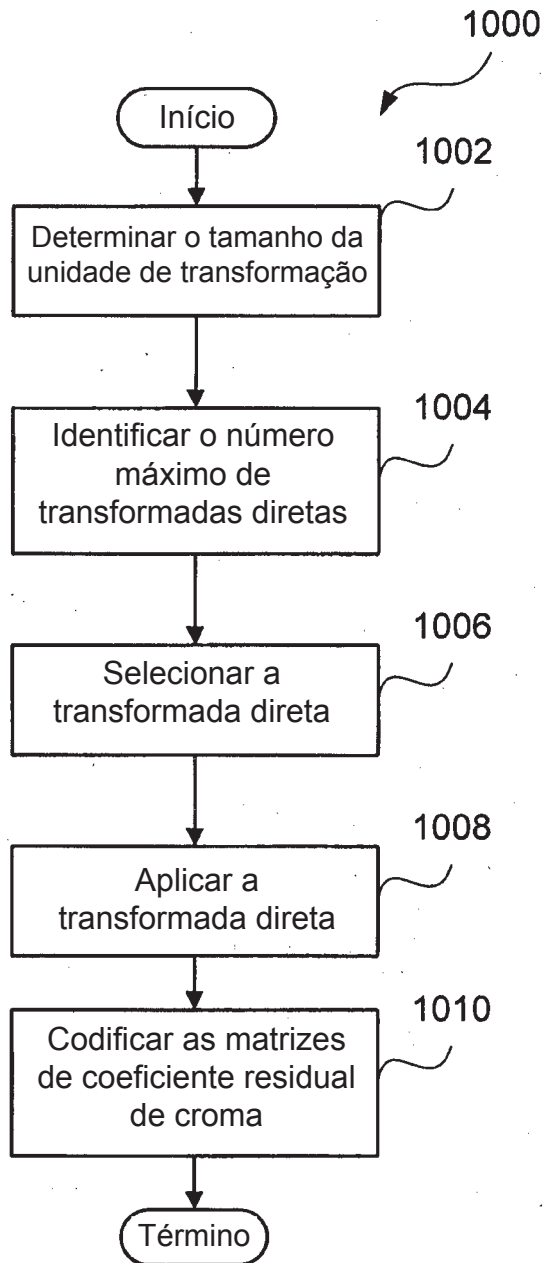
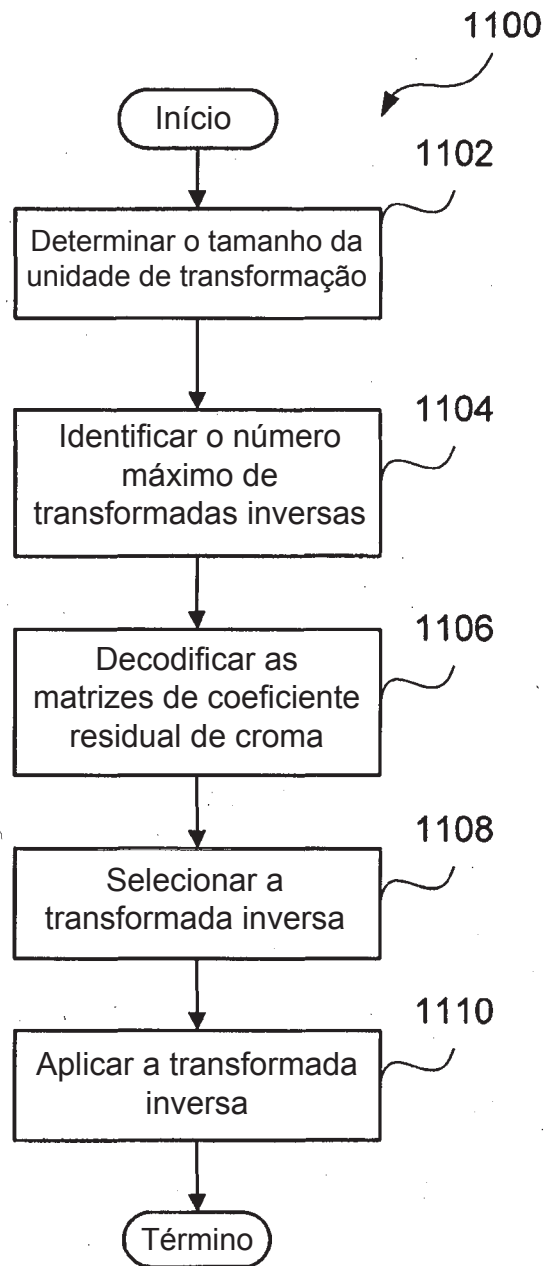


Fig. 9B



**Fig. 10**

**Fig. 11**

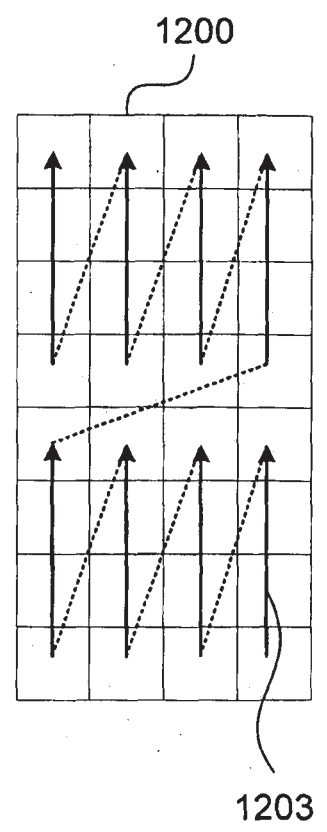
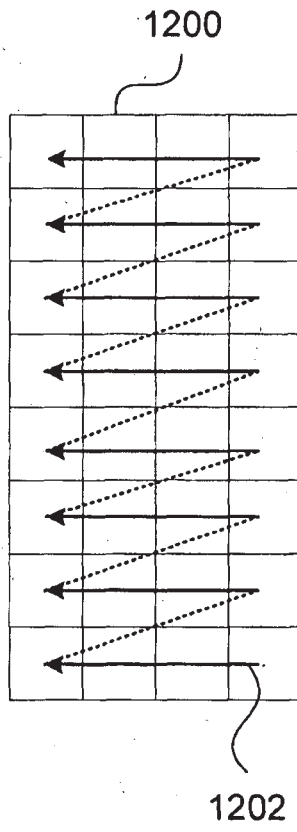
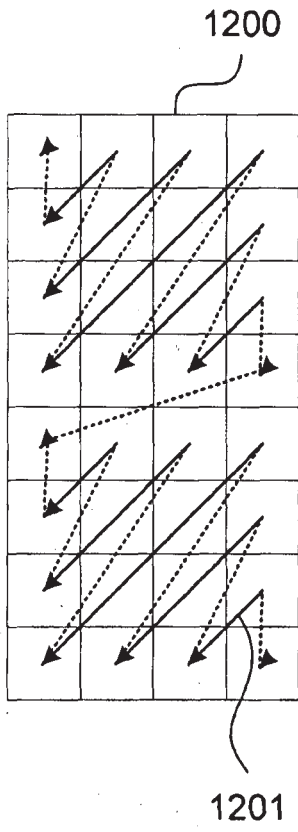


Fig. 12A

Fig. 12B

Fig. 12C