

MÓDULO DE INTERPOLAÇÃO DE CROMINÂNCIA COM PRECISÃO DE QUARTO DE PIXEL E SUBAMOSTRAGEM 4:2:0 PARA O PADRÃO H.264/AVC

TIMM, Éric; SCHOENKNECHT, Mateus

Grupo de Arquiteturas e Circuitos Integrados
Universidade Federal de Pelotas

DA ROSA JR, Leomar; AGOSTINI, Luciano

Grupo de Arquiteturas e Circuitos Integrados
Universidade Federal de Pelotas

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da demanda por vídeos digitais de alta definição (*High Definiton* – HD), compressão de vídeos passa a ser essencial para tornar viável o armazenamento e a transmissão destes vídeos, já que sem compressão, os vídeos necessitam de uma quantidade enorme de dados para serem representados.

O padrão H.264/AVC (ITU-T, 2003) é o mais novo padrão de codificação de vídeos e também o que atinge a maior taxa de compressão. Sua complexidade, por outro lado, é a maior dentre todos os padrões existentes (RICHARDSON, 2003), fato esse que estimula seu desenvolvimento em *hardware*.

O H.264/AVC é o padrão adotado pelo Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD) e, para sua implementação, diversos pesquisadores brasileiros estão trabalhando em soluções de arquiteturas para os codificadores e decodificadores do padrão.

O padrão H.264/AVC usa o espaço de cores YCbCr (Y – luminância, Cb – croma azul, Cr – croma vermelho). Uma vantagem de se usar YCbCr é que as informações de brilho (Y) estão separadas das informações de cor (Cb e Cr), possibilitando tratamento diferenciado desses dados.

O sistema visual humano é mais sensível à luminância do que à croma. Assim, os padrões de compressão de vídeo podem fazer uso dessa característica humana para melhorar a eficiência da codificação reduzindo a quantidade de componentes de croma em relação aos componentes de luminância (RICHARDSON, 2002). Essa operação é chamada subamostragem de cores e é usada no padrão H.264/AVC. A subamostragem utilizada nesse trabalho é na relação 4:2:0, na qual para cada quatro amostras de luminância, existem uma amostra de croma azul e uma de croma vermelho, ou seja, as amostras de croma possuem metade da resolução horizontal e metade da resolução vertical do que as amostras de luminância.

O módulo de Estimção de Movimento (ME) é o responsável por explorar a redundância temporal dos vídeos, isto é, tentar eliminar a necessidade de armazenar dados repetidos de quadros próximos no tempo e a ME usa apenas amostras de luminância neste processo. Na ME, o quadro atual é dividido em macroblocos de 16x16 pixels e, para cada um desses macroblocos uma busca é realizada dentro de uma área limitada do quadro de referência para encontrar o bloco mais semelhante. Uma vez encontrado, um vetor de movimento é gerado

para representar o deslocamento do bloco no quadro de referência (RICHARDSON, 2003).

Um fator que contribui muito para as elevadas taxas de compressão de vídeo no padrão H.264/AVC é possibilidade da ME gerar vetores de movimento que apontam para posições fracionárias, ou seja, posições não representadas diretamente no quadro. O processo que gera os blocos apontados por esses vetores é a interpolação de sub-pixels. A ME gera um vetor de movimentos com precisão de até um quarto de pixel, considerando apenas as amostras de luminância na definição deste vetor. Mas para existir coerência entre as precisões escolhidas para representar os blocos, as informações de crominância também devem passar pelo processo de interpolação. Assim, caso a ME decida por usar um vetor fracionário, a resolução dos blocos de crominância devem ser adaptadas a esta escolha.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver uma arquitetura para a interpolação dos dois tipos de amostras de crominância (Cb e Cr) com precisão de um quarto de pixel e subamostragem de cores 4:2:0.

2 METODOLOGIA

O objetivo da arquitetura desenvolvida neste trabalho é resolver a interpolação de quarter-pixel de amostras de crominância com elevada taxa de processamento. A arquitetura recebe dois blocos de amostras 6x6, um de crominância vermelha e outro de crominância azul, e o vetor de movimento destes blocos. Os blocos 6x6 são referentes a dois blocos de amostras 4x4 mais uma borda de uma amostra que é necessária para o processo de interpolação. O primeiro bloco é armazenado na memória interna da arquitetura e os cálculos relativos a ele são realizados. Após, a memória é recarregada com o outro bloco de amostras e os respectivos cálculos são realizados. Em seguida os resultados são armazenados em duas memórias, uma para cada tipo de crominância.

Os cálculos realizados são baseados na equação apresentada em (1) (AGOSTINI, 2007), a qual representa o cálculo da nova posição fracionária a .

$$a = \text{round} \left\{ \left\{ (8 - d_x)(8 - d_y)A + d_x(8 - d_y)B + (8 - d_x)d_yC + d_xd_yD \right\} / 64 \right\} \quad (1)$$

Os valores A , B , C e D são as amostras inteiras de crominância localizadas na vizinhança da amostra fracionária a ser calculada. Os valores de d_x e d_y são obtidos através do vetor de movimento, sendo estes valores divididos por dois para adequar à subamostragem de cores. Como o vetor de movimento recebido é referente ao movimento do bloco de pixels 8x8 de luminância e, como as amostras de crominância passam por uma subamostragem 4:2:0, para cada bloco 8x8 de luminância existem um bloco 4x4 de Cb e outro de Cr. A função *round* representa o arredondamento para cima do valor calculado.

Com o estudo da equação, foi possível concluir que, levando em consideração que o vetor de movimento é o mesmo para os dois tipos de crominância, é possível reduzir significativamente a quantidade de cálculos realizados se for obtido primeiramente o resultado do fator que multiplica cada amostra inteira e, então, aproveitá-lo para o cálculo de ambos os tipos de crominância.

Dessa forma, um módulo Calculador de Fatores foi desenvolvido com o propósito de resolver tais fatores. Este módulo calcula os valores e armazena-os em quatro registradores. Esta etapa é realizada simultaneamente com o carregamento do primeiro bloco de amostras na memória interna.

Outra unidade desenvolvida é o Módulo Interpolador. Este recebe duas linhas de amostras da memória interna e os quatro fatores calculados pelo Calculador de Fatores. O interpolador é responsável pela soma dos produtos dos fatores pelas amostras e a divisão por 64. O resultado é passado para uma das duas memórias de saída, sendo estas definidas pelo tipo de crominância que se está calculando no momento.

Na memória interna, quando uma linha é enviada para saída, as outras linhas são rotacionadas na memória de forma que a primeira linha passa a ser a última, a segunda passa a ser a primeira e assim por diante. Dessa forma a leitura da memória pelo módulo fica facilitada.

O módulo de Adaptação do Vetor é responsável pela divisão do vetor para considerar a subamostragem de cores. A saída é enviada para o Calculador de Fatores.

O Controle é responsável por coordenar o funcionamento, a ordem, o paralelismo e os estágios de *pipeline* da arquitetura.

A Figura 1 apresenta uma visão geral da arquitetura, com os módulos acima descritos e as conexões entre eles.

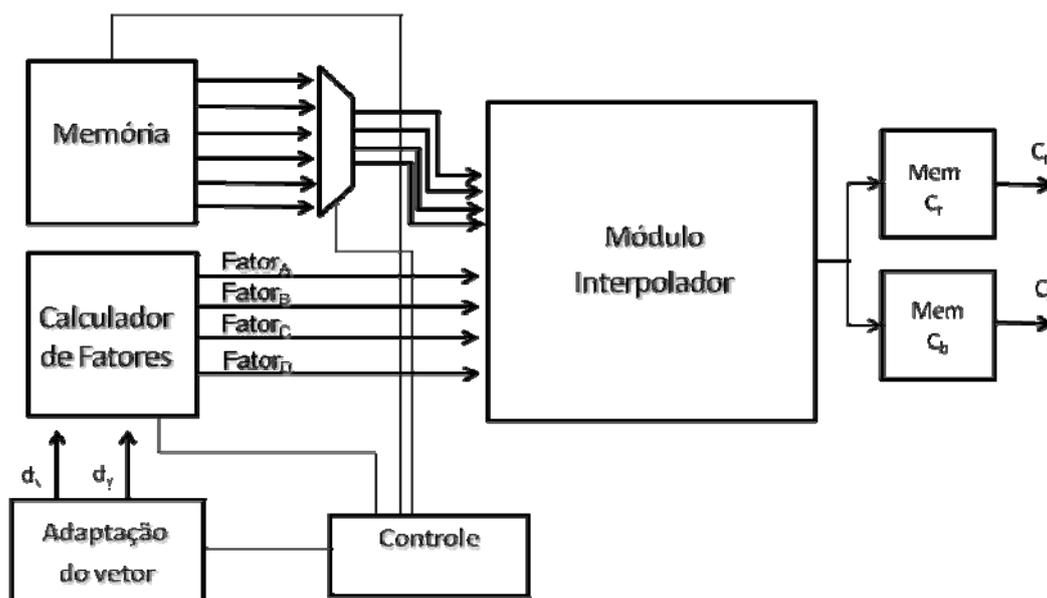


Figura 1 - Visão geral da arquitetura

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A arquitetura desenvolvida foi descrita em VHDL e sintetizada para o dispositivo xc2vp30 FPGA Xilinx Virtex2p utilizando a ferramenta de síntese Xilinx ISE.

O trabalho obteve bons resultados em relação à frequência necessária para a codificação de quadros HDTV e até mesmo QHDTV em tempo real (30 quadros por segundo). A Tabela 1 mostra os resultados obtidos pela arquitetura no cálculo de quadros para HDTV e QHDTV bem como o número de ciclos de

clock necessários para calcular um bloco de amostras 4x4 de crominância azul (Cb) e um bloco 4x4 de crominância vermelha (Cr). O consumo de recursos do dispositivo FPGA utilizado está representado na Tabela 2.

Tabela 1 – Taxas de processamento obtidas

Frequência (MHz)	Nº de ciclos por par de blocos 4x4 (um C _r e um C _b)	Quadros HDTV (1980x1080)/s	Quadros QHDTV (3840x2048)/s
103.983	20	160	42

Tabela 2 - Consumo de hardware

Recursos	Quantidade	Porcentagem do dispositivo
Slices	1078	7%
Slices flip-flop	1666	6%
ALUTs	744	2%

4 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma arquitetura para a unidade de interpolação de amostras de crominância com precisão de um quarto de pixel para o padrão H.264/AVC. Os resultados obtidos foram satisfatórios, de forma que foi facilmente atingida a taxa de processamento necessária para a reprodução de vídeos HDTV, e até mesmo QHDTV, em tempo real.

Como trabalhos futuros, pretende-se integrar à arquitetura desenvolvida neste trabalho com outros trabalhos desenvolvidos no grupo para gerar uma arquitetura completa de predição inter quadros com suporte a posições fracionárias.

5 REFERÊNCIAS

- J. V. TEAM, **Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification**. ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC, 2003.
- AGOSTINI, Luciano Volcan. **Desenvolvimento de Arquiteturas de Alto Desempenho Dedicadas à Compressão de Vídeo Segundo o Padrão H.264/AVC**. 2007. Doutorado em Ciência da Computação – Programa de Pós-Graduação em Computação, UFRGS, Porto Alegre, BR – RS, 2007.
- RICHARDSON, Iain. **Video Codec Design – Developing Image and Video Compression Systems**. Chichester: John Wiley and Sons, 2002.
- RICHARDSON, Iain. **H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for the Next-generation Multimedia**. Chichester: John Wiley and Sons, 2003.