

DESENVOLVIMENTO DE HARDWARE PARA O FILTRO ADAPTATIVO DE LAÇO DO PADRÃO EMERGENTE HEVC DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO

**FABIANE REDIESS¹; CÁSSIO CRISTANI¹; PARGLES DALL’OGLIO¹;
MARCELO PORTO¹; LUCIANO AGOSTINI¹**

¹Universidade Federal de Pelotas
{fkrediess, crcristani, pwdalloglio, porto, agostini}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A compressão de vídeo é uma ferramenta essencial para o sucesso das aplicações que manipulam vídeos digitais, pois a utilização de tais vídeos sem compressão seria inviável. O padrão H.264/AVC (JVT EDITORS, 2003) é ainda considerado estado-da-arte na compressão de vídeo, uma vez que atingiu taxas de compressão duas vezes maiores que os padrões anteriores (RICHARDSON, 2003), como, por exemplo, o MPEG-2, utilizado em DVDs. Como consequência a estas altas taxas de compressão, o padrão tornou-se quatro vezes mais complexo computacionalmente.

Mesmo considerando o ganho significativo alcançado pelo H.264/AVC, os trabalhos de pesquisa e investigação de técnicas de compressão de vídeo não pararam. Uma das razões para isso é o crescimento da demanda por taxas de compressão ainda maiores para permitir a utilização de resoluções que estão constantemente crescendo.

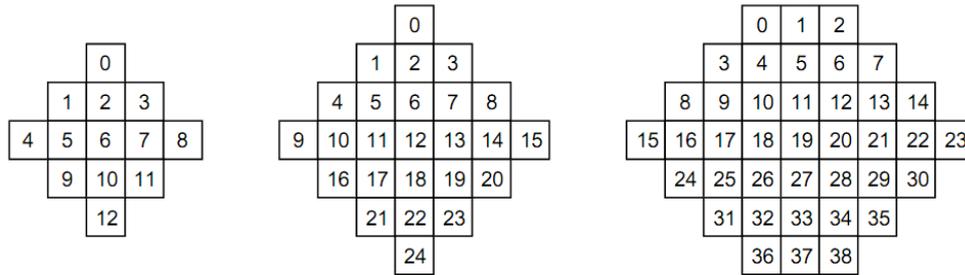
O *Joint Collaborative Team on Video Coding* – JCT-VC foi criado como um grupo de especialistas do ITU-T e ISO/IEC com o objetivo de criar um padrão de codificação de vídeo ainda mais eficiente. Este padrão emergente foi oficialmente chamado de *High Efficiency Video Coding* – HEVC (JCT-VC, 2010) e tem como objetivo inicial dobrar novamente as taxas de compressão, mantendo ou até mesmo reduzindo a complexidade computacional em comparação ao atual estado-da-arte H.264/AVC.

Com o processo de codificação espera-se reduzir os diversos tipos de redundância presentes nos vídeos digitais. Durante este processo, a qualidade subjetiva pode ser deteriorada. Recentemente, novos filtros estão sendo propostos objetivando aumentar a qualidade subjetiva dos vídeos. A filtragem em laço, ou *In-Loop Filter*, proposta pelo HEVC inclui a aplicação primeiramente do Filtro Redutor do Efeito de Bloco, ou *Deblocking Filter* – DF, que é aplicado às bordas dos blocos; seguido pelo Deslocamento Adaptativo de Amostra, ou *Sample Adaptive Offset* – SAO, que trabalha nas bordas dos objetos na imagem; e pelo Filtro Adaptativo de Laço, ou *Adaptive Loop Filter* – ALF, que busca uma redução na distorção gerada nas etapas anteriores da codificação (JCT-VC, 2011a).

O foco deste trabalho é o desenvolvimento de arquiteturas em hardware para o núcleo do filtro ALF, que é uma das inovações trazidas pelo HEVC para melhorar a qualidade subjetiva da imagem, reduzindo a distorção em relação à imagem original. O núcleo do filtro ALF possui um formato de diamante e possui três tamanhos: 5x5, 7x7 e 9x9, para amostras de luminância (JCT-VC, 2011a), conforme apresentado na Figura 1.

Os coeficientes deste filtro são estatisticamente definidos pelo filtro de Wiener que gera os coeficientes de acordo com a contribuição histórica do

processo de filtragem e é influenciado por características da imagem (JCT-VC, 2011b).



(a) alfTap = 5

(b) alfTap = 7

(c) alfTap = 9

Figura 1. Formatos núcleo do filtro ALF (JCT-VC, 2011b).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo propõe arquiteturas em hardware para os três tamanhos do núcleo do filtro ALF do padrão emergente HEVC e este desenvolvimento baseia-se no *Working Draft 4* (JCT-VC, 2011b) e no software de referência, o *Test Model HM4* (JCT-VC, 2011a).

Primeiramente, foi investigado o software de referência em conjunto com o texto do Draft, a fim de identificar o procedimento de filtragem do ALF. Posteriormente passou-se ao projeto de uma arquitetura em hardware para implementação do filtro ALF.

Por fim, as arquiteturas projetadas foram descritas na linguagem de descrição de hardware VHDL e sintetizadas para o dispositivo Cyclone II EP2C70F896C6 da Altera, utilizando a ferramenta Quartus II, também da Altera. Com isto, foi possível avaliar o desempenho obtido pelas arquiteturas projetadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 são apresentados dois conjuntos de valores para o filtro de tamanho 5x5. Na Figura 2 (a) estão ilustradas as amostras da imagem que serão utilizadas no cálculo da filtragem para a amostra correspondente à posição “a”. Já na Figura 4 (b) estão representados os coeficientes do filtro que serão aplicados à filtragem.

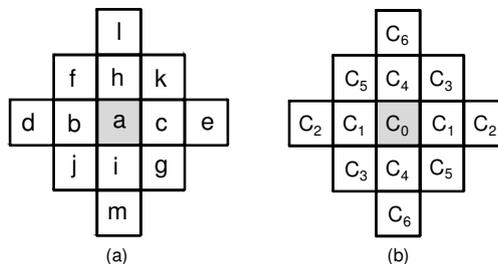


Figura 2. Filtro 5x5. (a) amostras da imagem. (b) coeficientes do filtro.

Considerando que o filtro é simétrico, é possível reduzir o número de multiplicadores de 13 para 7, fazendo-se primeiramente a soma das amostras que serão multiplicadas pelo mesmo valor de coeficiente do filtro. Por exemplo, faz-se a soma das amostras “l” e “m” para em seguida multiplicar o resultado pelo coeficiente “C₆” e assim para os demais coeficientes. A soma dos resultados

intermediários destas multiplicações normalizada será o novo valor da amostra central “a”.

A arquitetura desenvolvida neste trabalho para o núcleo do filtro ALF 5x5 está apresentada na Figura 3. Esta arquitetura foi desenvolvida com 7 estágios de pipeline, configuração que apresentou os melhores resultados em desempenho.

Para os outros dois formatos, 7x7 e 9x9, a estrutura de arquitetura utilizada foi baseada também na Figura 3, entretanto, como o número de operações cresce entre os diferentes formatos do filtro e, por isso, o ALF 7x7 foi implementado com 8 estágios de pipeline e o ALF 9x9 com 9 estágios, mantendo assim, configurações com melhor desempenho.

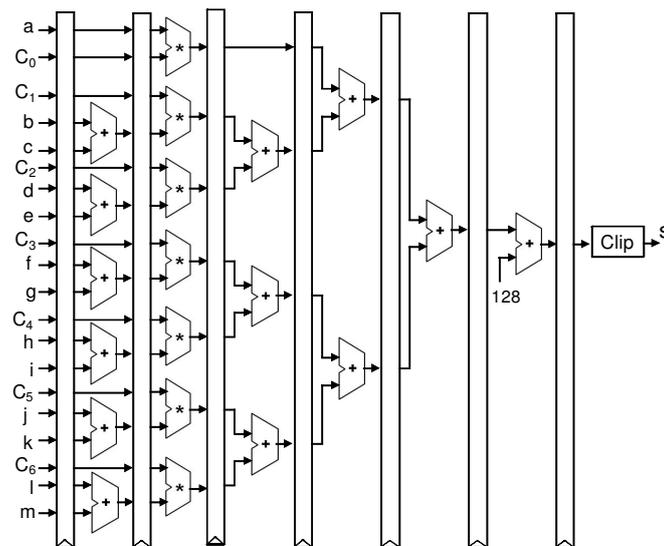


Figura 3. Arquitetura desenvolvida para o filtro ALF 5x5.

O caminho crítico para as três arquiteturas desenvolvidas foi identificado pela ferramenta Quartus II em um estágio composto por somadores, e não pelos multiplicadores, como seria esperado. Isto é explicado pela presença, no dispositivo alvo, de multiplicadores embarcados com elevado desempenho.

A Tabela 1 apresenta os resultados de síntese para os três formatos do filtro ALF, onde é possível observar o crescimento no uso de recursos de hardware (elementos lógicos, registradores e multiplicadores) de acordo com o aumento do tamanho do filtro. O aumento no tamanho do filtro também causa uma pequena redução na frequência alcançada.

Tabela 1. Resultados de síntese.

Tamanho do Filtro	5x5	7x7	9x9
Elementos Lógicos	356 (<1%)	672 (<1%)	1,043 (2%)
Registradores	333 (<1%)	643 (<1%)	1,006 (1%)
Multiplicadores 9-bit	14 (5%)	26 (9%)	39 (13%)
Frequência (MHz)	229	212	204

Considerando as frequências obtidas na Tabela 1, pode-se estimar a taxa de processamento, em número de quadros por segundo, que a arquitetura é capaz de processar. Estes resultados estão apresentados na Tabela 2 e mostram que as arquiteturas desenvolvidas são capazes de processar vídeos de altas resoluções em tempo real (30 quadros por segundo). Para a resolução de 1080p (1920x1080 pixels), também conhecida como *FullHD*, as arquiteturas para os núcleos de tamanho 5x5, 7x7 e 9x9 conseguem processar, respectivamente, 110,

102 e 98 quadros por segundo. Para uma resolução ainda maior, WQXGA (2560x1600 pixels), as arquiteturas conseguem alcançar 55, 51 e 49 quadros por segundo.

Tabela 2. Estimativa de processamento em quadros por segundo.

Tamanho do Filtro	5x5	7x7	9x9
HD 720p (1280x720 pixels)	248	230	221
Full HD 1080p (1920x1080 pixels)	110	102	98
WQXGA (2560x1600 pixels)	55	51	49

Muitas propostas têm sido apresentadas para o filtro ALF nas reuniões do JCT-VC. Por outro lado, considerando que o HEVC é um padrão emergente ainda em desenvolvimento, existem poucos trabalhos na literatura que focam em soluções em hardware para as ferramentas do HEVC. Especificamente para o filtro ALF, não foi encontrado, na literatura, nenhum trabalho com foco no HEVC.

O trabalho proposto em Du e Yu (2011) traz uma implementação em hardware para um filtro ALF, entretanto, a abordagem foca ainda no H.264/AVC, utiliza formato diferente de filtro e propõe uma arquitetura conjugada com o DF. Tais diferenças tornam inviável uma comparação direta entre os trabalhos.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou implementações eficientes em hardware para os três tamanhos do núcleo do filtro ALF do padrão emergente de codificação de vídeo HEVC.

Os resultados de síntese mostraram que as arquiteturas desenvolvidas para os núcleos do ALF de tamanho 5x5, 7x7 e 9x9 são capazes de processar, respectivamente, 110, 102 e 98 quadros 1080p por segundo e 55, 51 e 49 WQXGA quadros por segundo, atingindo desempenho suficiente para processamento de vídeos e alta resolução em tempo real.

Como trabalhos futuros estão o desenvolvimento de uma arquitetura completa para o filtro ALF, considerando as etapas não completamente investigadas neste trabalho, incluindo avaliações sobre as implicações do acesso à memória necessário para o completo funcionamento do filtro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Du, J.; Yu, L. A parallel and area-efficient architecture for deblocking filter and Adaptive Loop Filter. IEEE International Symposium on Circuits and Systems, (ISCAS), Rio de Janeiro, 945-948, 2011.
- RICHARDSON, I. H.264/AVC and MPEG-4 Video Compression – Video Coding for Next-Generation Multimedia. Chichester: John Wiley and Sons, 2003.
- JVT Editors (T. Wiegand, G. Sullivan, A. Luthra), Draft ITU-T Recommendation and final draft international standard of joint video specification (ITU-T Rec.H.264|ISO/IEC 14496-10 AVC), 2003.
- JCT-VC, "High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification Working Draft 1", JCTVC-C403, Guangzhou, October, 2010.
- JCT-VC, " HM4: High Efficiency Video Coding (HEVC) Test Model 4 Encoder Description ", JCTVC-F802, JCT-VC Meeting, Torino, March 2011a.
- JCT-VC, " WD4: Working Draft 4 of High-Efficiency Video Coding ", JCTVC-F803, JCT-VC Meeting, Torino, July 2011b.