

## PROJETO DE ARQUITETURA DE FILTROS DE PRÉ-PROCESSAMENTO PARA A PREDIÇÃO ANGULAR INTRA-QUADRO DO CODIFICADOR AV1

LUIZ NETO<sup>1</sup>; MARCEL MOSCARELLI<sup>1,2</sup>; LUCIANO AGOSTINI<sup>1</sup>;  
GUILHERME CORREA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Video Technology Research Group – Universidade Federal de Pelotas*

<sup>2</sup>*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense*

{lcmdcneto, mmcorme, agostini, gcorrea}@inf.ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

A compressão de vídeo é uma área de extrema importância nos dias de hoje devido ao crescente uso das mídias digitais. Para que tais mídias tenham o sucesso esperado, é indispensável o uso de codificadores de vídeo, tendo em vista que ao não comprimir um vídeo pode-se ter dificuldades de armazenamento e transmissão por conta do seu tamanho. Por exemplo, um vídeo normalmente possui 30 quadros por segundo, ou seja, um vídeo de 30 segundos possui 900 quadros ao total, em uma resolução *Full HD* (1920x1080), onde cada pixel contém 8 bits de informação. Assim, são necessários 1,5GB de memória para armazenar o vídeo, o que é um valor muito elevado. O aumento constante das tecnologias que envolvem vídeos digitais exigem que os codificadores evoluam da mesma forma. Por isso, diversos padrões de codificadores de vídeo foram desenvolvidos visando diminuir o tamanho dos vídeos sem perder a sua qualidade. O High Efficiency Video Coding (HEVC), lançado em 2013, é o padrão que tinha como objetivo oferecer as melhores taxas em termos de compressão e qualidade de imagem. Contudo, diversos fatores externos dificultaram sua distribuição. Desta forma, outros padrões foram recentemente propostos com a finalidade de suprir as necessidades apontadas pelo HEVC, tais como o AOMedia Video 1 (AV1) e o Versatile Video Coding (VVC).

O AOMedia Video 1 (AV1) é um padrão emergente de código aberto e livre de royalties, desenvolvido em conjunto e finalizado no início de 2018 pela *Alliance for Open Media (AOMedia)* (CHEN, 2018), que visa melhorar principalmente as taxas de compressão de vídeos transmitidos em tempo real em comparação com seu predecessor, o VP9. Contudo, para que tal feito seja possível, o AV1 incorporou além de algumas ferramentas do VP9, ferramentas que aumentam sua complexidade de forma considerável, o que por si só acaba o deixando mais lento em relação aos outros padrões. Por conta disso, diversos estudos estão sendo realizados em torno do codificador em questão para que este esforço computacional seja diminuído e o padrão possa satisfazer as exigências do mercado. Uma maneira de fazer com que o codificador atue de forma mais rápida (não necessariamente reduzindo sua complexidade computacional) é utilizando soluções em hardware que possam fazer com que algumas ferramentas sejam executadas em paralelo. Esta abordagem vem sendo adotada em diversos codificadores que seguem padrões anteriores.

Assim, o objetivo desse trabalho é implementar um conjunto de arquiteturas em hardware capaz de realizar o processo de filtragem de amostras de referência para os modos direcionais da predição intra-quadro do codificador AV1. A predição intra-quadro é responsável pela redução da redundância espacial em um vídeo, ou seja, pela detecção de padrões de textura repetidos na imagem que podem ser preditos e transmitidos/armazenados de uma maneira mais simples. Os filtros em questão são aplicados com o intuito de suavizar as amostras de

referência para a predição intra-quadro, ou seja, faz com que todas as amostras filtradas possuam uma maior similaridade entre si, fazendo com que o processo de predição tenha um melhor resultado. Como ainda não existem arquiteturas de hardware publicadas na literatura dedicadas à filtragem de amostras de referência para a predição intra-quadro do codificador AV1, este trabalho tem como intuito propor e apresentar a primeira arquitetura deste tipo para o AV1.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. PREDIÇÃO INTRA-QUADRO AV1

O AV1 suporta uma variedade de modos não direcionais que consideram gradientes, correlação espacial de amostras e coerência dos planos de luminância e crominância. Esses modos são: *DC*, *Paeth*, *Smooth*, *Smooth Horizontal*, *Smooth Vertical*, *Recursive-based-filtering* e *Chroma-from-luma* (TRUDEAU, 2018). Além dos modos não direcionais, o AV1 suporta mais 56 modos direcionais, que correspondem aos ângulos entre 36 e 212 graus. São 8 modos de referência, chamados de ângulos nominais e os demais são definidos em função dos nominais, variando entre -9, -6, -3, 0, +3, +6 e +9 graus. Antes da predição intra-quadro ocorrer, todas as amostras vizinhas à esquerda e acima do superbloco atual devem ser filtradas para suavizar as amostras de referência, conforme apresenta a seção 2.3.

### 2.3. ARQUITETURAS DESENVOLVIDAS

Neste trabalho foram desenvolvidas arquiteturas capazes de decidir e aplicar os filtros de suavização nas amostras de referência para os modos angulares. Foram utilizadas as ferramentas *Quartus II*, versão 14.0, e *ModelSim*, versão 10.1, para implementação e validação, respectivamente, com base nos algoritmos descritos por RIVAZ; HAUGHTON (2019).

No total foram desenvolvidas três arquiteturas para que o processo de filtragem seja realizado com sucesso. As arquiteturas desenvolvidas levam em consideração que cada amostra possui 8 bits. Uma arquitetura serve para filtrar exclusivamente o *corner*, que é a amostra vizinha localizada no topo à esquerda de um superbloco, entre as referências da esquerda e as de cima. Outra arquitetura foi desenvolvida para decidir a força do filtro e uma última serve para filtrar amostra por amostra do vetor de referência. A Figura 1 mostra a disposição do conjunto de arquiteturas desenvolvidas.

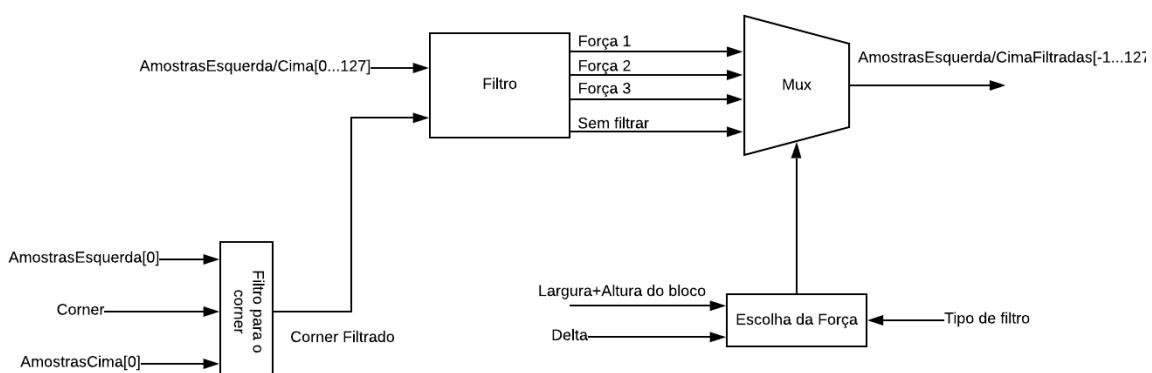


Figura 1. Arquiteturas desenvolvidas para filtragem.

A amostra *corner* deve ser filtrada conforme a Equação 1 (descrita em RIVAZ; HAUGHTON (2019)), que consiste em um filtro de 3-taps, onde *s* é o valor do *corner* filtrado, *A* corresponde ao vetor de amostras de referência. Como a multiplicação e a divisão em hardware é por vezes muito custosa, neste trabalho foram utilizados apenas deslocamentos de bits e somas sucessivas.

$$s = ((A[i-1]*5 + A[i]*6 + A[i+1]*5) + 8) \gg 4 \quad (1)$$

Para filtrar o restante das amostras de referência, a arquitetura Filtro, possui uma etapa de extensão do vetor de referência para que as amostras mais à esquerda e mais à direita possam ser filtradas, tendo em vista que não existem amostras vizinhas à esquerda e à direita, respectivamente.

Seguindo novamente as equações propostas em RIVAZ; HAUGHTON (2019), os filtros de força 1, 2 e 3 são aplicados para as Equações 2, 3 e 4, respectivamente, onde o vetor *A* pode ser tanto o vetor *AmostrasEsquerda*, quanto o vetor *AmostrasCima* apresentados na Figura 1.

$$s = ((A[i-1]*4 + A[i]*8 + A[i+1]*4) + 8) \gg 4 \quad (2)$$

$$s = ((A[i-1]*5 + A[i]*6 + A[i+1]*5) + 8) \gg 4 \quad (3)$$

$$s = ((A[i-2]*2 + A[i-1]*4 + A[i]*4 + A[i+1]*4 + A[i+2]*2) + 8) \gg 4 \quad (4)$$

A definição de qual vetor corresponde às amostras de entrada da arquitetura deve ser realizada em um nível hierárquico acima da arquitetura descrita neste trabalho, assim como as definições dos valores *Delta*, da soma entre largura e altura do bloco que deve ser predito e do *tipo de filtro*, que é um sinal que indica se as amostras de referências fazem parte de um bloco que foi predito utilizando o modo *Smooth*. Neste trabalho, tais valores são considerados como sinais de entrada da arquitetura desenvolvida.

Nas Equações 2, 3 e 4, novamente o valor de *s* deve ser o mesmo da amostra filtrada e *i* serve como índice da amostra de referência que será filtrada. A arquitetura *Escolha da Força* têm como entradas a soma entre largura e altura do bloco, *tipo de filtro* e *Delta*, tendo em vista que *Delta* é definido pelo valor do ângulo – 90 graus caso o vetor de referência seja o *AmostrasCima* ou deve ser ângulo – 180 graus se o vetor de referência for o *AmostrasEsquerda*. Em função destas entradas, uma tabela verdade foi construída e através da mesma tabela, foram extraídas expressões booleanas que são capazes de decidir se as amostras devem ser filtradas utilizando os filtros de força 1, 2, 3 ou ainda se as mesmas não devem ser filtradas. Todos os filtros devem ser aplicados para o mesmo vetor de referências ao mesmo tempo. Os vetores com as amostras filtradas devem estar conectados em um multiplexador, que fará a seleção de qual filtro será utilizado de acordo com as circunstâncias.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A validação das arquiteturas desenvolvidas foi realizada através da comparação dos resultados obtidos nestas com resultados obtidos por cálculo manual considerando alguns exemplos de amostras de referência. Assim, para validar as arquiteturas foi necessário atribuir valores entre 0 e 255 para as amostras de referência, sabendo que os valores estarão sempre neste intervalo, e então verificar se os resultados de saída estão de acordo com os mesmos baseados nos cálculos das equações descritas anteriormente.

Devido a um número grande de representações para os valores das amostras, a Tabela 1 mostra alguns valores possíveis de amostras de entrada e os valores correspondentes de amostras filtradas pelas arquiteturas, obtidos através de uma simulação que utiliza valores aleatórios. A Tabela 1 mostra três cenários de força de filtragem, as amostras de entrada (vetor  $A$ ) e o resultado da filtragem calculado manualmente ( $s_{Eq.}$ ) e pela arquitetura ( $s_{Arq.}$ ). Note-se que os resultados obtidos pela arquitetura correspondem, de maneira truncada, aos resultados obtidos pelo cálculo manual. Esta avaliação preliminar deverá ser complementada por uma avaliação exaustiva de todos os valores de entrada possíveis assistida por software em um trabalho futuro.

Força	$A[i-2]$	$A[i-1]$	$A[i]$	$A[i+1]$	$A[i+2]$	$s_{Eq.}$	$s_{Arq.}$
1	34	112	180	220	65	173,5	173
2	34	112	180	220	65	171,75	171
3	34	112	180	220	65	140,875	140

Tabela 1. Resultados de validação obtidos pela simulação.

A situação que Tabela 1 ilustra mostra que as amostras centrais ( $A[i-1]$ ,  $A[i]$ ,  $A[i+1]$ ) já possuem uma similaridade entre si, fazendo com que a amostra filtrada não tenha um valor muito diferente da amostra original. Em uma situação real de vídeo, é possível que as amostras não possuam valores tão similares, fazendo com que o padrão de amostras filtradas seja diferente do mostrado nesta avaliação. Por isso, a avaliação exaustiva é importante para validar os demais cenários.

A ferramenta Quartus II apresenta como tempo de filtragem de todas as amostras de referência o valor de 47 ns. Assim, a frequência de operação da arquitetura é aproximadamente 22 MHz. Estratégias de redução do caminho crítico da arquitetura podem ser utilizadas e serão investigadas em trabalhos futuros, fazendo com que a arquitetura atinja um menor consumo energético e melhor desempenho.

#### 4. CONCLUSÕES

A maior contribuição do trabalho é a primeira implementação em hardware de uma arquitetura de filtragem de amostras de referência para a predição intra-quadro do codificador AV1, tendo em vista que nada de similar foi implementado e publicado na literatura até o presente momento. Além disso, o trabalho pode servir como base para implementações de níveis hierárquicos acima do mesmo, como o próprio processo de predição intra-quadro utilizando os modos direcionais. Em trabalhos futuros, pretende-se realizar avaliação de consumo energético, área e investigar outras estratégias arquiteturais com intuito de atingir melhor desempenho.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEN, Y. "An overview of core coding tools in the AV1 video codec", in **2018 Picture Coding Symposium (PCS)**, San Francisco, USA, 2018.
- RIVAZ, P.; HAUGHTON, J. "AV1 Bitstream & Decoding Process Specification," 2019. Disponível em: <https://aomedia.org/av1-bitstream-and-decoding-process-specification/>
- ALTERA (2014), 'Altera Corporation – Quartus II Design Software'. Disponível em: <http://fpgasoftware.intel.com/14.0/?edition=subscription>
- TRUDEAU, L.; EGGE, N.; BARR, D. "Predicting Chroma from Luma in AV1," **Data Compression Conference (DCC)**, Snowbird, USA, 2018.