

AVS 解码帧内预测器的硬件设计

林清洪, 何明华

(福州大学 物理与信息工程学院, 福建 福州 350000)

摘 要: AVS 是我国具备自主知识产权的数字音视频编解码技术标准, 而帧内预测是技术标准中的一个关键组成部分. 文中分析阐述了帧内预测技术的原理和算法, 并根据流水线、并行及资源复用等设计思想, 提出了帧内预测器的硬件设计结构和实现方案, 及各个子模块的硬件设计结构和算法实现单元. 最后通过仿真, 验证了其正确可行性.

关键词: AVS; 帧内预测; 硬件实现

中图分类号: TN492

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)01-0148-04

Hardware Design of AVS Intra Prediction Technology

LIN Qing-hong, HE Ming-hua

(College of Physics and Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350100, China)

Abstract: AVS is the Audio and Video Coding Standards of China, and intra prediction technology is the important part of that. This paper presents the principle and arithmetic of intra prediction. And we show a hardware design of intra prediction decoder, introduce the function and structure of all the module. Finally, the results of testing show that this design is completely true.

Key words: AVS; intra prediction; hardware implementation

1 引言

AVS 作为我国具备自主知识产权的第二代先进音视频编码标准. 其重点解决了数字音视频海量原始数据的编码压缩问题, 作为数字信息数据传输、存储、处理、播放等环节的前提, 是先进数字音视频产业的共性基础标准. AVS 具有性能高、算法复杂度低、技术方案简洁的特点, 且编码效率是 MPEG-2 的 2 倍以上, 与 H. 264 相当, 达到了第二代音视频标准的最高水平. 标准包括系统、视频、音频、移动视频等 9 个部分. 其中 AVS 第二部分《信息技术先进音视频编码第 2 部分: 视频》(简称 AVS 视频标准) 于 2006 年开始实施, 该部分规定了多种视频的压缩方法, 及解码过程, 适用于数字电视广播、存储媒体、多媒体及通讯业务等应用^[1-2].

本文就基于 AVS 视频标准设计的解码端帧内

预测器的硬件实现. 阐述了帧内预测系统的整个硬件设计结构, 及子系统硬件设计方案, 最后给出了验证数据和仿真波形.

2 帧内预测原理和算法

帧内预测是视频编码技术中一个关键技术, 它的概念很早就被提出来, 但在 H. 26L 编码标准中, 没有采用帧内预测技术. 在后来的 H. 263+ 与 MPEG-4 中, 引入了变换域中简单的帧内预测技术. 而 H. 264 和 AVS 则采用了空间域中复杂的、多模式的帧内预测技术, 在空间域中直接对当前块中的每个系数进行预测^[3].

视频编码技术利用了邻近像素或相邻帧之间图像数据具有的高度相关性, 即时间和空间上的, 最大限度地去除或者减少原始视频中的冗余信息数据, 用较少的码字来表示原始视频, 从而实现对视频的

编码压缩. 帧内预测和帧间预测, 即是编码技术消除冗余数据的两大主要技术. 其中, 帧内预测就是通过当前像素块周边相邻像素块并根据预测模式进行预测, 得到预测值, 预测值与实际的像素值之差为预测残差数据, 编码时只对预测残差进行编码, 由于残差在量值上小于实际的像素值, 因而有效地减少了表示视频所需的比特数, 从而消除了空间冗余, 达到了压缩的目的^[4].

AVS的帧内预测算法与 H. 264 类似, 但由于 AVS 不管是亮度预测还是色度预测都采用 8×8 尺寸的预测块, 因此在算法上与 H. 264 有一定的差别. 在帧内预测使用相邻块的参考像素值之前, 首先要判断相邻块参考样本像素点的可用性. 即在预测之前, 需要检查判断周边相邻块是否存在而且是否已解码, 若块存在且已经解码, 则块内对应的像素点为可用, 否则为不可用^[5].

AVS 亮度预测有 5 种模式, 色度预测有 4 种预测模式^[6]. 图 1 标示了 AVS 帧内预测模式的预测方向, 对应关系是: 模式值为 0 为 Vertical 模式, 模式值为 1 为 Horizontal 模式, 模式值为 2 是 DC 模式, 模式值为 3 是 Down-Left 模式, 模式值为 4 是 Down-Right 模式. 色度块帧内预测包括 4 种预测模式, 分别为: DC 模式(模式值为 0)、Horizontal 模式(模式值为 1)、Vertical 模式(模式值为 2)和 Plane 模式(模式值为 3). 其中, 色度块预测的 DC 模式、Horizontal 模式、Vertical 模式与亮度块预测算法相同.

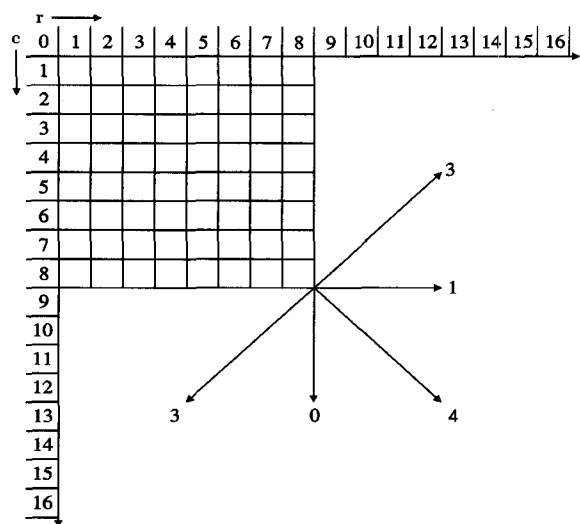


图1 AVS 帧内亮度预测模式

在编码码流过程中, 因为亮度块的帧内预测模式有 5 种, 一般情况下需要 3 比特的码流来为其编

码. 但为了节省传输码流比特数, 编码器从帧内预测的不同模式选择一个间接合适的模式来进行编码, 只使用 2 个比特就可以将所采用的预测模式编码^[6](设置了一个默认模式, 为 DC 模式). 因此, 在帧内解码器中需要将 2 比特的预测模式传输值还原成预测所需要的 3 比特的模式值, 即做编码预测模式判决的逆过程(模式判决).

3 帧内预测硬件设计

3.1 帧内预测系统结构设计

根据 AVS 帧内预测的算法, 帧内预测整个系统硬件设计的主要有两部分, 预测模式判决器和宏块预测器. 预测模式判决器, 是根据相邻块来判断当前块的预测模式; 宏块预测器, 其实现了对亮度块和色度块的帧内预测算法. 其工作过程: 首先预测模式判决器产生地址从预测模式 RAM 获取相邻块预测模式值, 判决出当前块的预测模式, 与此同时宏块预测器产生地址, 从参考像素 RAM 获取参考像素值; 然后根据预测模式实现预测模式的算法, 得到预测值; 最后将其存入到预测结果 RAM.

图 2 所示为帧内预测系统硬件设计的状态机描述. 除了默认状态 IDLE 状态外, 还有 6 个状态, 即 4 个亮度块预测状态和 2 个色度块预测状态, 其中包含了 3 个子状态机. 当 AVS 解码器发出 mb_start 信号, 高电平有效时, 该系统开始工作; 当完成 4 个亮度块的帧内预测后, 返回 mb_finish 信号表示完成亮度预测; 当完成 2 个色度块的帧内预测后, 返回 mb_c_finish 信号表示完成色度预测, 此时, 整个宏块的帧内预测皆已完成, 系统工作结束.

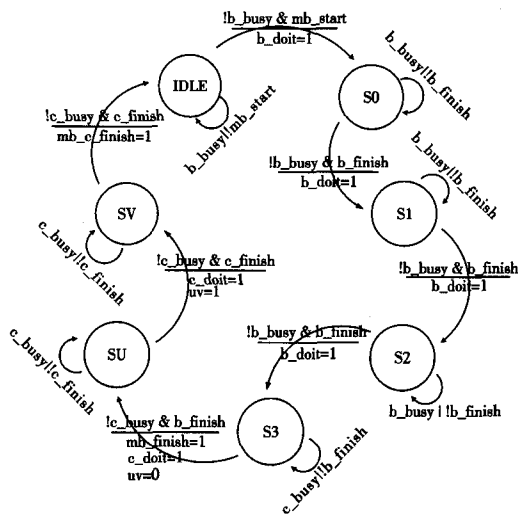


图2 帧内预测系统状态机

3.2 子系统结构设计

3.2.1 预测模式判决器

预测模式判决器在每亮度块色度块预测工作初,都会启动运行,获取相邻块的预测模式,判决出当前块的预测模式。

预测模式判决器的设计结构,主要有一个状态机和一个数据处理组合逻辑两部分,且整个判决器的时序由状态机控制。其工作过程如下:首先,产生地址从预测模式 RAM 中获取相邻块(上边块和左边块)预测模式值,串行运行;接着,得到上边块和左边块的预测模式值后,由实现模式判决的组合逻辑对数据进行处理,得到当前块的预测模式值,可供预测工作;最后,将当前块预测模式值存入到预测模式 RAM 中,供下一次的模式判决时使用。

3.2.2 亮度块预测器

该子系统是实现以块为单位的帧内亮度预测功能,作为亮度块预测器,实现的包括判断当前宏块周边宏块的“可用”性,及当前块周边块的“可用”性,获取参考像素,实现 5 种亮度预测模式的算法。

图 3 显示了亮度块预测器的设计结构,主要结构有一个控制进程的状态机、判定周边块可用性单元、确定参考像素单元和亮度预测处理单元等。亮度预测处理单元有 5 个不同算法的运算单元,针对 5 种不同的帧内亮度预测算法。判断周边块可用性单元负责判断当前宏块周边宏块的“可用”性,及当前块周边块的“可用”性。确定参考像素单元负责根据周边块“可用”性来确定从参考像素 RAM 获取的相应参考像素值。该系统在获取参考像素值的同时也运行了判定周边块可用性单元,并行处理,节约处理时钟,确定参考像素值后,亮度预测处理单元将根据预测模式判决器系统传输过来的当前预测模式值选择 5 种不同预测模式中的一种,进行预测算法得到预测结果。完成预测后,预测结果也将被存入到预测结果 RAM 中,供重建时使用处理。

亮度块 5 种预测模式对应的 5 种不同算法的运算单元设计,对于 Vertical 预测模式和 Horizontal 预测模式,预测算法相对简单,预测值可以由参考像素值直接得到,即直接赋值。对于 DC 预测模式,如果 $r[i]$ 、 $c[i]$ 都可用,运算单元如图 4 的左图^[7]。要得到一个预测值需要 6 个预测参考值和 2 个常量,经过 3 个加法处理和 5 个移位处理得到;如果仅 $r[i]$ 可用和仅 $c[i]$ 可用,与预测模式 Down_Right 的运算单元一致,如图 4 右图,经过移位加法移位得到结果。对于 Down_Left 预测模式,运算单元也如图 4

的左图,经过 3 个加法处理和 5 个移位处理得到结果。

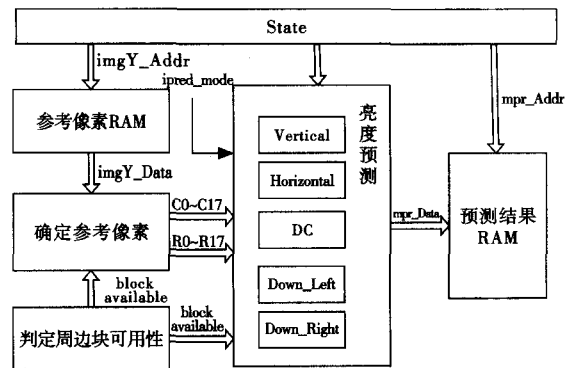


图 3 亮度预测器结构

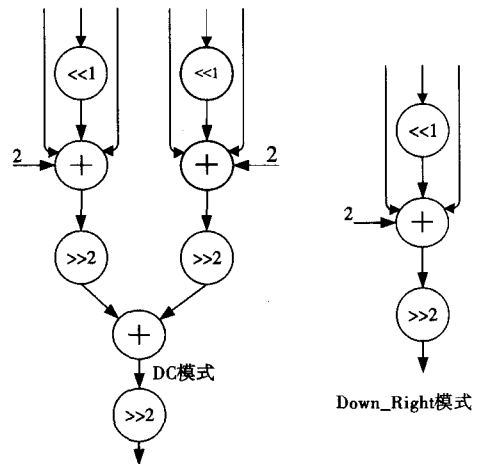


图 4 DC 模式和 Down_Left 模式运算单元

3.2.3 色度块预测器

该子系统是实现以块为单位的帧内色度预测功能,作为色度块预测器,实现的包括获取参考像素,实现 4 种色度预测算法,存储预测结果等功能。

色度块预测器子系统设计结构与亮度块预测器结构类似,主要有确定参考像素单元、色度预测处理单元及一个控制这些单元和整个进程的状态机。色度预测有 4 种帧内预测模式,因此有 4 个不同预测算法运算单元。该系统负责从参考像素 RAM 获取相应的色度参考像素值,根据由亮度块预测器系统传输过来的周边块“可用”性来确定以供处理的参考像素值,再根据预测模式判决器系统传输过来的当前块预测模式值,选择 4 种色度预测模式中的一种进行运算,运算得到预测结果。最后,将预测结果存入预测结果 RAM 中供后面重建滤波时进一步处理使用。

在色度预测 4 种模式中 DC 模式、Horizontal

模式、Vertical 模式等运算单元的实现与亮度预测相同,Plane 预测模式运算单元如图 5 所示。

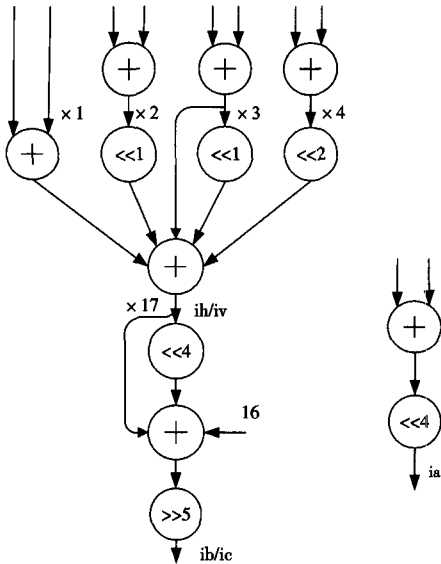


图5 Plane 模式运算单元

图5中,ih/iv由8个参考像素值两两一组先经过4个加法计算,再经过4个乘积然后相加,乘积系数分别为1、2、3和4,系数1相乘等于其本身,不做乘积,系数2和4由移位来实现相乘,系数3分解为1+2也由用移位与加法实现^[8]. ih/iv经过乘积再与常量相加移位得到ib/ic,乘积系数17,分解为16+1,由移位来实现. ia由2个参考像素值经过相加移位得到. 得到ia、ib、ic值后,ib和ic分别与不确定的系数乘积,乘积总可以通过分解系数由移位和相加来实现,乘积过后与ia和一个常量相加,在经过移位,最后通过Clip1单元得到预测值。

4 实验仿真

该AVS解码器帧内预测模块,由Verilog HDL硬件描述语言实现,Modelsim工具仿真,作为AVS视频解码器IP核其中一部分. 功能仿真结果与C语言实现的AVS解码器参考代码rm52j的中间结果进行比较,两者完全一致,表明该帧内预测硬件结构的设计正确可行性,满足AVS解码器的需要。

图6中的仿真波形显示了一整个宏块的仿真波形. 状态机由mb_start高电平的触发,mb_finish高电平表示亮度块预测结束,mb_c_finish高电平表示整个宏块预测结束. 亮度块预测b_doit信号高电平触发,b_finish信号高电平标志结束;色度块预测c_doit信号高电平触发,c_finish信号高电平标志结束。

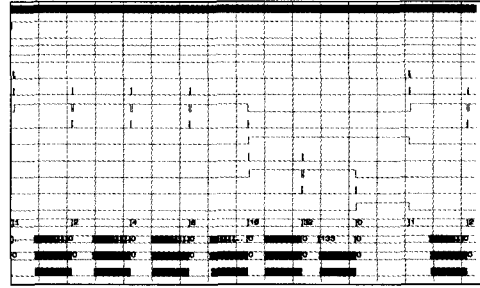


图6 帧内预测系统宏块仿真波形图

5 结束语

本文通过分析AVS视频标准帧内预测的原理和算法,充分利用了流水线、并行及资源复用等设计思想,提出自适应流水线设计的帧内预测硬件结构及实现方案. 整个模块硬件设计结构清晰明了,各个子模块设计和算法实现简洁,采用Verilog语言实现并进行仿真,达到了设计要求,用Xilinx公司Virtex4系列中的XC4VLX15综合,其频率达到142.9 MHz,可应用于AVS高清(1920×1080,30帧/秒)实时解码器芯片中。

参考文献:

- [1] 数字音视频编码技术标准工作组. 信息技术 先进音视频编码 第2部分:视频(GB/T 20090.2-2006) [S]. 中国国家标准管理委员会,2006.
- [2] 李霞,黄玄,周莉,等. AVS帧内预测算法分析及VLSI实现[J]. 微电子学与计算机,2009,26(1):76-80.
- [3] 李楠. AVS视频编解码标准中预测编解码技术的硬件设计与实现[J]. 电脑知识与技术,2008(6):1309-1311.
- [4] 王君杰. AVS视频编解码标准中预测编解码技术的研究及其硬件设计与实现[D]. 上海:同济大学,2008.
- [5] 王争,刘佩林. AVS帧内预测算法及其解码器的硬件实现[J]. 计算机工程与应用,2006(19):80-83.
- [6] 赵丽丽,谢憬,毛志刚. 基于TTA架构对H.264帧内预测算法4×4模式优化设计[J]. 微电子学与计算机,2010,27(10):45-49.
- [7] 袁毓,张卫宁,李晓燕,等. AVS解码器中帧内预测模块的设计与实现[J]. 电子技术应用,2009(2):64-67.
- [8] 姜伟,王祖强. AVS解码器自适应帧内预测的硬件实现[J]. 计算机工程与应用,2008,44(36):81-84.

作者简介:

林清洪 男,(1987—),硕士研究生. 研究方向为视频编解码及集成电路设计.

何明华 男,(1971—),教授. 研究方向为嵌入式系统与系统级芯片设计.