

基于FPGA的HDTV视频存储的设计与实现

潘志光, 王伟

(上海交通大学自动化系, 上海 200240)

摘要:介绍了视频存储所采用的基本方法,分析了FAT32文件系统的基本原理。针对HDTV视频码流数据量大、传输速率高的特点,在硬件上采用了AVR单片机和FPGA相结合的方法,实现了在没有操作系统的情况下对视频码流的硬盘存储,并给出了相关的软件实现。
关键词: HDTV; 文件系统; FAT32

Design and Implementation of HDTV Video Storage Based on FPGA

PAN Zhiguang, WANG Wei

(Department of Automation, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240)

【Abstract】This paper discusses the basic method of video storage, and analyses the basic principle of FAT32 file system. For the high transmission speed and mass data of HDTV video stream, a method based on FPGA and AVR microcontroller is proposed, which can store the video stream in a hard disk without an operation system. A software realization based on the hardware platform is provided.

【Key words】 HDTV; File system; FAT32

计算机、数字信号处理、图像压缩等高新技术的进步,有力地推动了多媒体技术的发展。活动图像专家组(Moving Picture Experts Group, MPEG)为数字视频、音频制定了一系列标准,从MPEG-1~MPEG-21,其压缩编码码率从1.5Mbps~100Mbps。根据我国确定采用的1080/50i HDTV信号源标准,以较为通用的MPEG-2编码为例,HDTV视频码率范围大致在20Mbps~25Mbps,高速的数据传输对存储设备以及I/O吞吐量提出了很高的要求。本文提出了一种设计方法,将接收、存储与播放分开处理,其硬件由专用的解码板和控制板组成。解码板实现对遵循MPEG-2标准的HDTV码流解码;控制板则进行码流的接收、存储以及播放控制。

对数据传输率高的码流实现接收、存储及播放,现有方案通常采用工作频率较高、处理能力较强的专用音视频处理器。本文使用处理速度较快的FPGA(现场可编程逻辑阵列)实现对码流的接收、暂存,采用主频较低的通用处理器-AVR单片机(Atmel公司产品)实现对码流的再存储,即硬盘存储。现有解决方案对高清视频码流的硬盘存储主要采用以下两种方法:槽式(slot)结构法和文件系统法。采用槽式结构主要是考虑到采用DVD存储的HDTV视频码流节目大小一般不超过4.7GB,因此将硬盘逻辑上分成若干个槽,这种方法实现起来较简单,缺点是硬盘的利用率不高,并且不兼容Windows系统。文件系统法采用的是如今被Windows系统兼容的通用文件系统,例如FAT32^[1]文件系统。借助于FPGA较强的处理能力,同时硬盘采用DMA传输模式,能有效地满足HDTV视频存储所需的数据传输率,本文对码流的存储采用的是文件系统的方法。

1 FAT32 文件系统简介

文件系统是应用程序和存储媒介之间的一种协议,其主要功能表现在两个方面:提供用户访问数据的友好接口;利用存储介质来对磁盘数据进行结构化和组织化^[2]。以FAT32文件系统格式组织硬盘,由硬盘主引导记录和FAT32分区

组成。

1.1 硬盘主引导记录(MBR)

MBR(Master Boot Record),由分区命令在硬盘分区时写入到硬盘的0柱面,0磁头,1扇区。它包括了主引导程序和分区信息表,以十六进制数55AA为扇区结束标志。

1.2 FAT32分区的数据结构

FAT32分区的数据结构^[3]如表1所示。

表1 FAT32分区的数据结构

DBR区	保留区	FAT1	FAT2	根目录区	数据区
------	-----	------	------	------	-----

操作系统引导记录区(Dos Boot Record, DBR),通常占用分区的第一个扇区,共512B。它包含了非常重要的BIOS参数块(BPB)根据这些参数可以找到FAT(File Allocation Table)表和根目录区的入口地址,同时也可以获得如下几个重要的参数:BPB_BytsPerSec(每扇区字节数),BPB_SecPerClus(每簇扇区数),BPB_RsvdSecCnt(保留区中保留扇区的数目),BPB_FATSz32(一个FAT表所占的扇区数)。

文件分配表(File Allocation Table, FAT),它是Microsoft在FAT文件系统中用于磁盘数据(文件)索引和定位引进的一种链式结构。磁盘上有2个FAT:一个是基本表(FAT1,下文FAT均指FAT1),另一个是备份表(FAT2)。假如把硬盘比作一本书,FAT表则相当于书中的目录,而文件就是各个章节的内容。

文件数据的存储原则:在FAT32文件系统中,使用32位来标记簇号分配的链表。对于某文件,其所分配的硬盘空间以簇为单位,从第一簇开始每一簇都指出下一簇的簇号,最后一簇置簇结束标志<eof>,由此在FAT表中形成一个簇链表。当FAT中的登记项为0FFFFFFF8H~0FFFFFFFH时表

作者简介:潘志光(1981-),男,硕士生,主研方向:音视频处理,嵌入式系统;王伟,博士、副教授

收稿日期:2006-05-08 **E-mail:** panzhg@sytu.edu.cn

示对应的簇是文件分配表的最后一个簇, 0000000H 表示未用的簇, 0FFFFFFF7H 表示已损坏的簇。

FAT32 文件系统采用动态的文件目录表(FDT), FDT 由 32B 的文件目录项组成, 记录了文件的名称、属性、大小、首簇号等信息。另外, 在 FDT 中如果某一目录项的第 1 个字节是 00H 或 E5H, 则表示该目录项空闲, 可以建立该项的文件目录。

2 存储系统的硬件实现

2.1 存储系统的总体设计

存储系统的主要功能是从 DVD 光盘中读取 MPEG-2 TS 格式的数据码流, 然后将视频节目以文件的形式存储在硬盘中。

采用 MPEG-2 标准的高清视频流的码率可达 25Mbps, 而普通单片机的处理速度和内置 RAM 资源有限, 本文采用了 FPGA 和 SDRAM、AVR 单片机相结合的方案。FPGA 和 SDRAM 对数据进行前端处理, AVR 单片机对全局进行控制, 系统模块参见图 1。

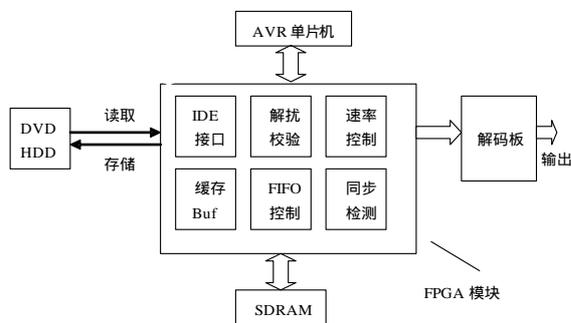


图 1 存储系统的硬件结构

2.2 FPGA 模块设计

如图 1 所示, FPGA 从功能上主要由 IDE 接口、解扰校验、缓存 Buf、FIFO、速率控制、同步检测等 6 大模块组成。

工程上对硬盘、光驱主要采用 ATA 控制, 使用的 IDE 接口也称 AT 总线接口。ATA 标准定义了主机和存储设备之间的接口, 提供了一种通用的设备接口, 其采用的数据传输模式主要有 PIO 和 DMA 两种^[4]。鉴于高清视频码流的速率可达 25Mbps, 本文对 FPGA 上的 IDE 接口采用 Ultra DMA/33 协议的传输方式, 来连接硬盘和 IDE 接口, 其传输速率可达 33Mbps, 采用 DMA 方式, 单片机不直接参与读写操作, 减轻了微处理器的负担。

用于存储 HDTV 视频节目的 DVD 光盘格式还没有统一的标准, 为了实现对制作成本昂贵的数字电视节目内容的版权保护, 制作商往往对节目码流进行加扰处理。通常在光盘上有一个文件索引表, 记录了节目的基本信息, 如节目名、加扰标志位、存储的起始 LBA 地址、结束 LBA 地址、编码压缩码率等。在得到厂商授权、知晓光盘存储格式后, 在 FPGA 里设计了一个解扰校验模块, 用于还原节目的码流。

在数据存储过程中, 高清视频码流的采集和存储操作之间的衔接是保证系统传输流量的关键, 在 PC 机上通常开辟一个足够大的缓冲区来缓存数据, 随后通过 DMA 方式来完成数据存储传输, 但在基于嵌入式环境的 HDTV 解决方案中, 有限的处理器及内存资源是系统的性能瓶颈。本文建立一个缓冲区来实现数据缓存, 缓存区采用先进先出(FIFO)的调度策略。当高清视频码流数据通过 IDE 口解扰后, 将其放入缓冲区, 并判断缓存区空间使用状况, 当剩余空间不足一半时,

通过 DMA 方式来实现数据存储。

在高清视频码流数据进入 FIFO 的同时, 为了使单个码流以恒定的、正确的速率传输给解码板并同步输出, 在 FPGA 中设计了速率控制、同步检测两个模块。系统在工作时, 首先读取光盘中的文件索引表, 获得单个码流的编码压缩码率, 依照这个码率向解码板传输数据。

在对高清视频码流以 FAT32 文件形式进行存储的时候, 系统需要经常访问硬盘的 FAT 表。由于对硬盘的寻址操作, 微处理对硬盘的访问速度远低于对 FPGA 的访问速度, 因此本文在 FPGA 的内部设计了一个大小为 512B 的缓存 Buf 模块, 存储需要经常更改的硬盘 FAT 表。

3 存储系统的软件实现

为了使系统工作时具有快速随机检索的功能, 和高清光盘一样, 在硬盘上本文也建立一个高清视频码流节目索引表(PlayList), 它以一个二进制文件的形式保存。在这个索引表上, 用 32B 来记录一个节目信息, 如名称、大小、首簇号、编码压缩码率等。

在存储码流的过程中, 本文先根据节目索引表查找该节目是否已经存储在硬盘上, 如果已存储则进入播放子程序, 否则进入存储子程序。如图 2 所示, 高清视频码流数据经过 IDE 口读到 FIFO 中, 本文设计了一个 16KB 的 FIFO, 当 FIFO 半满时, 才开始将数据存储到硬盘中。

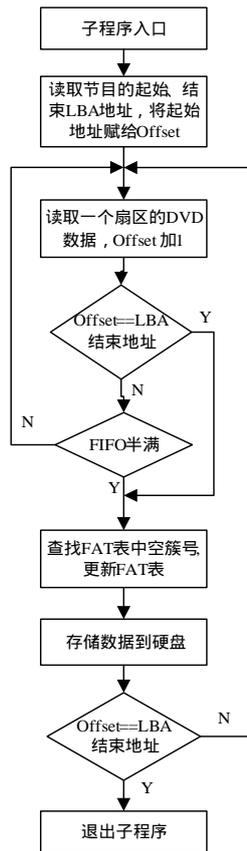


图 2 存储子程序流程

将高清视频码流以 FAT32 文件系统格式存储到硬盘中, 首先需要查找硬盘 FAT 表中空簇号, 再将数据存储到空簇号所对应的数据区中, 同时要建立一个簇链。如前面所述, 在 FPGA 中设计了一个大小为 512B 的 Buf 模块, 系统将 FAT 表中数据读入 Buf, 在 Buf 中寻找空簇。将查找到的空簇所对应的 4B 内容置为 0FFFFFFF7H, 以标志文件的结束, 同时

修改上次查找到的空簇对应内容，从而形成一个链表。

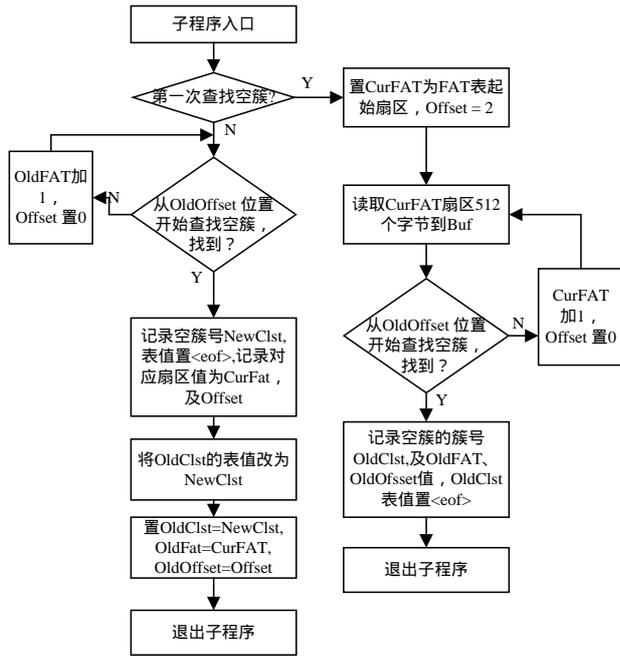


图3 查找空簇并建立簇链的流程

从图3可知，系统工作时，把FAT表读入FPGA中的Buf，减少了对硬盘的寻址操作，提高了存储的速度。在实际应用中，由于不同FPGA的RAM大小不一，可以根据RAM的大小来改变Buf的大小。对多个码流节目进行存储时，可

以记录下当前所存储节目的尾簇号，这样在存储下个节目时，就不要从FAT表开始处查找空簇，从而减少了寻址时间。

在码流存储完后，应在根目录区创建相应的文件目录项，同时对节目索引表也作相应的更新。

4 结束语

本文对HDTV的高清视频码流的接收、存储与播放分开进行处理，所采用的硬件平台支持多种码率，最大可处理25Mbps的高清视频码流，已成功地应用于高清码流发生仪中。该产品运行稳定可靠，效果良好。同时采用标准的FAT32文件系统格式，对高清视频码流进行存储，可以直接将硬盘接在PC机上，对所存储码流节目进行相关处理。

参考文献

- 1 Microsoft Corporation. Hardware White Paper Microsoft Extensible Firmware Initiative FAT32 File System Specification[Z]. 2000.
- 2 顾健, 余胜生. 集成多媒体文件系统的建模和实现[J]. 计算机工程, 2003, 29(3): 51-53.
- 3 袁春旭, 高飞. TMS320F206对基于FAT32文件系统IDE硬盘的文件操作[J]. 现代电子技术, 2004, 45(6): 88-91.
- 4 Maxtor Corporation. Information Technology-AT Attachment with Packet Interface Extension[Z]. 1998-08.
- 5 沈文. AVR单片机C语言开发入门指导[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- 6 黄任. AVR单片机与CPLD/FPGA综合应用入门[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.

(上接第191页)

形式上是词语的集合，实质上是各个词语凭借相互关系共同作用、相互维系的一个集合，它介于词语和世界知识之间。按照人类智能的类型，可将语义场划分为聚合场和联想场。有关文献构造的聚合场，由概念之间的类聚关系形成。对某一概念以及与这个相关的概念用特定的关系描述出来。

5.3 知识获取

这里知识获取的形式以语义场的形式表现出来，可以在语义场的基础上进行知识的分析和推理。对本体知识库进行抽取，组织两个概念之间的二元关系，就可以建立资源的语义链。语义链表示从一个资源到另一个资源类型化的指针，而语义链的集成构成了语义网络图。语义网络图可以看作是语义链替代现有本体的语义模型，其中结点表示资源，有向边表示类型化的语义链。在语义链的基础上就可以组建语义场。例如，对某一味药材构造语义场，可以形成与药材有归经、药物功效、药病、药证、味、性和药毒关系的本体概念。用语义场的形式表示我们需要的知识。

6 实验结果

按照前面的系统实现思路，构造本体构造语义场和知识库，以“归经”关系建立的聚合语义场如表1所示。以“药疾”关系建立聚合语义场如表2所示。从表1、表2可以看出，以“归经”和“药病”关系可以分别建立聚合语义场。类似地，通过不同的关系可建立以某一概念结点为核心的语义场。在建立语义场后，可以分析哪些概念间关系密切，即得到了文本中的相关语义关系。这样的语义场构成了语义知识网络，可以把这部分知识转化为具体的、便于推理的知识。

结合知识框架体系生成的规则也可以丰富我们的知识库。

表1 以“归经”关系建立的语义场

基本概念	相关概念
当归	心经 肝经 肺经 脾经
白芍	白芍 肝经 脾经
茯苓	心经 脾经 肺经 肾经 膀胱经 小肠经
香附	肝经 肺经 脾经 胃经 三焦经

表2 以“药病”关系建立的语义场

基本概念	相关概念
当归	月经不调 经闭腹痛 症瘕结聚 崩漏 头痛 眩晕 痿痹 肠燥便难 痈疽疮疡 跌扑损伤
白芍	月经不调 经行腹痛 崩漏
茯苓	痰饮咳逆
香附	疝疾 脱肛 月经不调 子宫下垂

7 结论

运用中医领域本体模型，得到了文档的关键词和概念关系，组成网状模型，建立了语义场。在此基础上进行知识推理，建立语义场，就可以获取文本的知识结构，解决中医领域知识获取的问题。

参考文献

- 1 陆汝铃. 人工智能[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- 2 肖位枢. 图论及其算法[M]. 北京: 航空工业出版社, 2005.
- 3 刘群. 汉语词法分析和句法分析技术综述[C]//第1届学生计算语言学研讨会论文集. 2002.
- 4 宋炜, 张铭. 语义网简明教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- 5 Weiss M A. Data Structures and Problem Solving Using C++[M]. Pearson Education Inc., 2000.

