

刻刻田田

田田田田
田田田田

田田田田
田田田田

刘润生文集

(下)

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

刘润生文集:全2册/刘润生著. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-031758-2

I. 刘… II. 刘… III. ①刘润生-文集 ②电子技术-文集

IV. TN-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 123374 号

责任编辑:刘红梅 杨 凯 /责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 10 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2011 年 10 月第一次印刷 印张: 58 1/2 插页 6

印数: 1—800 字数: 1 220 000

定 价: 240.00 元(含上、下册)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

目 录

(下)

集成电路设计

▶ 适宜于嵌入式多媒体应用的 Flash 文件系统	501
▶ GPS 车辆监控调度系统中高速数传终端的设计	509
▶ 基于无线传输的语音采集系统设计	516
▶ CAD 在电视机设计中的最初应用	524

语音信号处理

▶ Robust Speech Detector for Speech Recognition Applications 语音识别应用中的鲁棒语音检测器	531
▶ Speech Interface ASIC of SoC Architecture for Embedded Application 在嵌入式应用中 SoC 结构的语音界面 ASIC	539
▶ Feature Selection in Mandarin Large Vocabulary Continuous Speech Recognition 汉语大词汇量连续语音识别中的特征选择	550
▶ Discriminative Training for Discrete HMM of a Fixed-Point DSP Mandarin Digits Recognition System 基于定点 DSP 的汉语数码识别系统中离散 HMM 的区分性训练	557
▶ 语音识别技术新热点——语音识别专用芯片	566
▶ 邮包校核语音识别系统的实时实现	570
▶ 一种改进的线性区分分析方法及其在汉语数码语音识别上的应用	578
▶ Endpoint Detection Algorithm for Mandarin Digit Recognition Using DSP 用 DSP 实现汉语数码识别中的端点检测算法	588
▶ 语音识别在家电遥控器中的应用	596
▶ Comparative Study of Linear Feature Transformation Techniques for Mandarin Digit String Recognition 汉语数码串识别中线性参数变换技术的比较研究	602

▶ 基于 DSP 的声控电子记事本的设计与实现	610
▶ 一种新的说话人识别信道补偿技术	615
▶ 语音识别说话人自适应研究现状及发展趋势	623
▶ 应用于语音识别片上系统的语音检测算法	635
▶ Towards Robustness to Speech Rate in Mandarin All-syllable Recognition 在汉语全音节识别中语速鲁棒性的研究	643
▶ Automatic Pronunciation Scoring for Language Learning with Stress Detection 在语音学习中用强制匹配进行自动发音评分	654
▶ 高性能汉语数码语音识别芯片系统	662
▶ Mandarin, Triphone or Model Selected Biphone? 汉语、三音子或选用双音子模型?	670
▶ Voice Conversion with Smoothed GMM and MAP Adaptation 用平滑的 GMM 和 MAP 自适应进行声音变换	678
▶ Automatic Lexical Stress Detection for English Learning 英语学习系统中词重音的自动检测	688
▶ A Dialogue System Based on Keyword Spotting Technology 基于关键词检测技术的对话系统	698
▶ A Novel Efficient Decoding Algorithm for CDHMM-Based Speech Recognizer on Chip 基于 CDHMM 的片上语音识别器中一种新的高效解码算法	708
▶ 语音识别片上系统中的多级搜索算法	717
▶ 说话人识别信道补偿技术 HNSSM	724
▶ 语音识别/说话人识别中的高效算法	731
▶ Comparison of Pronunciation Scores in Spoken Language Learning System 口语学习系统的发音评分方法比较	739
▶ 嵌入式系统上的实时语音识别算法	747
▶ DVD/TV 声控遥控器的设计与实现	753
▶ Automatic Spoken English Test for Chinese Learners 适于中国学习者的自动英语口语评测	757
▶ 基于音素的发音质量评价算法	765
▶ The Confidence Measures for Isolated Word Recognition System 孤立词识别系统的可信测度	772
▶ 用于车载无线终端的嵌入式语音处理系统	781
▶ An Automatic Pronunciation Quality Assessing Algorithm for Computer Assisted Language Learning 计算机辅助语言学习中一种自动发音质量评价算法	788
▶ 快速口音自适应的动态说话人选择性训练	799

▶ 嵌入式中等词汇量英语语音识别片上系统	806
▶ 一种应用于嵌入式语音识别的端点检测方法	813
▶ 具有语音拨号功能的车载免提通信系统设计	820
▶ 基于 PBFDAF 的嵌入式声学回声消除器设计与实现	830
▶ 语音识别 SoC UniLite 的系统设计	838
▶ 基于先验知识的三音子模型聚类结构自适应策略	845
▶ Design of Speech Recognition Co-Processor for the Embedded Implementation 嵌入式设备中语音识别协处理器的设计	852
▶ 基于硬件加速模块的嵌入式语音识别系统解决方案	859
▶ 32bit RISC MPU+16bit DSP 英语学习机的系统设计	865
▶ 嵌入式语音识别 Mahalanobis 距离计算模块	871
▶ 面向字音转换的有条件维数扩展算法	877
▶ 英语教学系统中的词重音检测	882
▶ 适于嵌入式英语发音评价系统的英美音融合方法	889
▶ A Three-Class ROC for Evaluating Doubletalk Detectors in Acoustic Echo Cancellation 在回声消除中用于评价双端检测的三类 ROC 方法	898
▶ Lattice-Based GOP in Automatic Pronunciation Evaluation 自动发音评价中基于词图的 GOP	906

集成电路设计

适宜于嵌入式多媒体应用的 Flash 文件系统¹⁾

摘 要 嵌入式多媒体应用中大量数据存储在 Flash 上,本文以文件系统的方案解决数据存储的管理问题。对嵌入式多媒体应用中 Flash 文件系统的应用特点与关键设计进行了分析,设计实现了一个功能完整的文件代号管理、文件指针存取以及对应用透明的自动坏损管理的文件系统。针对嵌入式系统应用的需要,改进了本 Flash 文件系统的应用可靠性,降低了其系统资源开销。针对多媒体应用的数据特点,提出了存储内容自适应的坏损管理策略。仿真与实用的效果表明,本 Flash 文件系统适宜于嵌入式多媒体应用。

关键词 嵌入式系统 多媒体 Flash 存储器 文件系统

随着电子技术的不断发展,嵌入式系统越来越多地在控制类、消费类、通讯类等电子产品中广泛应用,并且随着数字信号处理与人机交互界面等相关技术的不断成熟,嵌入式多媒体应用数量也逐渐上升。多媒体业务的数据量大,数据内容复杂,在多媒体应用中数据的存储与管理是不容回避的问题。Flash 存储器因制造成本低廉、存储容量大、数据非易失、无机械故障,在目前的嵌入式系统中被广泛用作外存储器件。然而 Flash 存储器却是一种数据正确性非理想的器件,应用中可能会出现坏损数据单元,这又给应用 Flash 存储器的嵌入式系统进行数据存储管理增添了新的难度^[1]。

在嵌入式系统中应用 Flash 存储器最好的办法是在其上构造一个文件系统,对 Flash 存储器中的数据内容进行基于文件代号的存储管理,同时对于 Flash 存储器本身的坏损单元自动进行应用透明的坏损管理。目前在通用计算机上已经有很多成熟的文件系统,如 DOS 下的 FAT 文件系统、Windows NT 下的 NTFS 文件系统及 UNIX 文件系统等^[2]。但是这些文件系统并不适合直接用到嵌入式系统中进行多媒体数据内容的存储:第一,嵌入式系统的应用条件远比计算机恶劣,电源电压的不稳定以及突发性断电将对 Flash 的存储造成灾难性的影响,通用文件系统对于可靠性的设计考虑不足;第二,通用文件系统是针对系统资源非常丰富的计算机平台并基于速度较慢的磁盘驱动器,它们常常大量使用缓存技术,如注重文件系统的速度特性,要耗费

1) 载:电子技术应用,2002,(9):24—27(合作者:董明、刘加)。

比较多的系统资源,这与嵌入式系统中系统资源十分有限,Flash 存储器又相对于磁盘驱动器较快的应用情况不同;第三,嵌入式系统中存储于 Flash 上的内容很多是多媒体数据资料,这些数据内容往往允许一定程度的误码损伤,未必需要如通用文件系统那样严格保证存储的正确性。通过灵活的校验机制与坏损管理,达到更优化的存储速度与更高效的存储空间利用,这对成本敏感的嵌入式系统来说尤其具有帮助。

基于上述考虑,设计了一个适合嵌入式多媒体应用的 Flash 文件系统。它不仅支持文件代号管理、文件指针存取以及对应用透明的自动坏损管理这些通用文件系统所具有的功能,并且在文件系统的可靠性以及文件系统的额外资源消耗方面进行了改善;此外还引入了基于存储内容自适应的坏损管理策略,从而使该 Flash 文件系统更加适合嵌入式多媒体应用。

一、Flash 存储器的操作特点

Flash 存储器在读取方面与普通的 SRAM 存储器类似,一般可以实现完全随机的读取。Flash 存储器最大的不同在于写操作方面。Flash 存储器的写操作需要经过“擦除—写入”两个操作过程。当希望对 Flash 存储器的某一个单元进行写入时,首先必须对这个存储单元所在的区块(Block)执行擦除操作,擦除操作成功完成后,整个区块的数据内容都被清空(一般被设置成 0xFF);然后对目的单元所在的页面(Page)执行写入操作,需要一次写入整个页面的全部数据内容(也有一些 Flash 存储器支持部分页的写入,这样可以分多次写完一个页面,但是一旦写过,存储单元数据就不能再被更改),操作成功后要进行数据正确性的校验。

一个区块(Block)包含一个或多个页面(Page),一个页面包含多个数据存储单元(字节或字)。

为了增强所设计 Flash 文件系统在不同 Flash 存储器上的移植能力,选取了 3 个最基本的操作作为本 Flash 文件系统与 Flash 存储器设备的应用接口:区块擦除(Block_Erase)、页面写入(Page_Write)、页面读出(Page_Read)。这样虽然可能会忽略某些 Flash 存储器产品的独有特性,但却增加了所设计的 Flash 文件系统对不同 Flash 存储器产品的适应能力。另外,Flash 存储器写入的时间瓶颈并不在于数据传递,而是 Flash 存储器内部的擦除和写操作等待;Flash 存储器读出的速度和微处理器处理数据的速度都很快,因此虽然将读和写的基本单位扩大到了页面,但额外增加的操作时间是很短的。

二、Flash 文件系统的基本结构

本 Flash 文件系统在基本结构上与 MS-DOS 的 FAT 文件系统类似^[3]。MS-DOS 是一个应用了几十年的商业化软件产品,其 FAT 文件系统技术成熟、结构简单、系统资源开销小,易于在嵌入式系统的硬件平台上实现。本 Flash 文件系统的基本结构如

图 1 所示,整个文件系统包括如下几个部分:

(1) 系统记录(SR, System Record)存放媒质信息和最重要的文件系统信息。媒质信息诸如 Flash 存储器的类型、容量,划分成多少个区块,每区块包含多少个页面等。文件系统信息包括版本信息、保留区块的数目和位置、文件分配表和文件登记表所在的位置和大小、数据区域的位置和大小等。

(2) 文件分配表(FAT, File Allocation Table)存放着 Flash 存储器上所有区块的占用与空闲情况以及每个文件的存储链接结构。MS-DOS FAT 文件系统中有 12 位、16 位、32 位三种不同的 FAT 格式。考虑到在微处理器上实现的方便性并权衡 Flash 文件系统应用的规模,选择将文件分配表固定为 16 位的格式。

(3) 文件登记表(FRT, File Register Table)存放着 Flash 文件系统中每一个文件的文件代号、文件长度、文件属性以及该文件的存储链在文件分配表中的入口。考虑到嵌入式系统的应用范围,本 Flash 文件系统不支持子目录结构。

(4) 数据区域(Data Area)用于存放文件的数据内容。本 Flash 文件系统中,数据分配的最小单位是 Flash 存储器的一个基本擦除单位,即一个物理区块(Block)。

系统记录 (SR, System Record)	文件分配表 (FAT, File Allocation Table)	文件登记表 (FRT, File Register Table)	数据区域 (Data Area)
-----------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	---------------------

图 1 本 Flash 文件系统的基本结构

本 Flash 文件系统提供:文件系统的格式化(Format)、文件的创建(Create)、删除(Delete)、打开(Open)、关闭(Close)、读(Read)、写(Write)、文件指针的移动(Seek)、位置读取(Tell)等基本功能。程序主体代码以 ANSI C 语言写成,使用一个非常小的 Flash 存储器设备驱动接口,扩展及移植的能力都比较好。

三、提高 Flash 文件系统的可靠性

在 MS-DOS 的 FAT 文件系统中,仅仅对数据区域提供坏损管理,而对于它的主引导记录、文件分配表和根目录这三个极重要的文件系统数据结构却未做任何保护(虽然 MS-DOS 的 FAT 文件系统中存在着两张 FAT 表,但是 DOS 只是简单地复写第二张 FAT 表而从不使用它)。一旦这三个区域的内容出现一点失效,将必然导致文件数据的大量损失。另外,如果这些数据结构的存储区域发生物理性损坏,更会导致整张磁盘的报废。这在由 Flash 存储器占据很大成本比重的嵌入式应用中,是非常不希望的。

归结起来,嵌入式系统中的 Flash 存储器主要面临两大类不稳定因素:一是 Flash 存储器本身可能出现物理性的损坏;二是嵌入式系统面对较多的突发掉电与重启动,造成 Flash 存储器写操作的异常终止。

针对 Flash 存储器的物理损坏问题,除对文件数据区域提供坏损管理外,还将系统记录、文件分配表和文件登记表这三个文件系统重要数据结构采用浮动位置的方法

存储。即不仅对文件数据存储进行动态的分配管理,对于 Flash 文件系统这三个重要数据结构也不固定其存储位置。这样可以避免因它们的存储区域发生物理损坏造成整个文件系统失效。具体做法是:对于系统记录定义一个系统记录保留区,将系统记录存在这个区域内,确切的位置在文件系统初始化的时候通过标识幻数(Magic Number)的方法扫描找到;而文件分配表和文件登记表则存放在文件数据区域内,通过系统记录中的索引项找到。

针对 Flash 存储器的写操作异常终止问题,将系统记录、文件分配表和文件登记表这三个对 Flash 文件系统最重要的数据结构均进行双份的存储以改善其安全性。在文件系统的操作中,程序对每一个表结构的两个备份进行顺次修改,以此确保 Flash 存储器上总是存有一整套完好的系统记录表、文件分配表和文件登记表。在系统被启动运行时,文件系统会首先进行自检,通过这三个表结构中的标识幻数,以及最开头和最末尾的更新序列号可以确定每一张表备份的合法性和时效性,判断出前次系统关闭中存在着的操作异常终止并及时更正。通过这样的设计,即使文件系统在使用中出现了写操作异常终止的情况,错误将只涉及当时被操作的文件数据,不会扩散给 Flash 文件系统中的其他文件,更不会因此损坏三个文件系统表结构,造成整个文件系统的彻底瘫痪。

通过以上两个方面的改进,本 Flash 文件系统的可靠性相比于 MS-DOS FAT 文件系统有了很大的提高。从表 1 和表 2 的仿真结果可以看到,即使在 Flash 极不可靠和写操作异常终止频发的最恶劣工作条件下,本 Flash 文件系统也能够保持可靠工作,从而使之能够适合于嵌入式系统的应用。

表 1 高坏损率状况下本 Flash 文件系统的可靠工作

实验条件	Flash 存储器规格:16 KB/Block $\times$ 1024Block,设定 Flash 页面的写入坏损概率为 1%,对单一文件重复进行(打开文件,写入 1KB 数据,关闭文件)10 000 次操作	
实验结果	完成后文件总长度	10 240 000 Bytes
	被文件数据占用的 Flash 空间	625 Blocks
	损坏块占据的 Flash 空间	342 Blocks
	FAT 和 FRT 被操作的次数	11 583 次
	SR 被操作的次数	223 次
	同等条件 MS-DOS FAT 文件系统仍能保持工作的概率(即其主引导记录、文件分配表、根目录区域无物理损坏的概率)	$2.9\text{E}-52$

表 2 频繁写操作异常终止状况下本 Flash 文件系统的可靠工作

实验条件	Flash 存储器规格:16 KB/Block $\times$ 1024Block,预先存储 5 个文件,文件长度分别为 $k \times 100$ KB ($k=1, \dots, 5$),模拟写操作进行当中,发生系统掉电类事故,造成写操作异常中止	
------	---	--

续表 2

实验结果	实验次数	100 次
	导致 SR、FAT 或 FRT 出错的次数	71 次
	Flash 文件系统启动自检时发现并更正文件系统错误的次数	71 次
	Flash 上已有的 5 个文件受损的次数	0 文件×0 次

四、降低 Flash 文件系统的资源消耗

嵌入式系统相对于通用计算机系统来讲,往往有苛刻得多的成本要求,需要嵌入式系统尽可能低的系统资源配置。尤其对于 Flash 文件系统这种用于增强系统功能的服务性质模块,就更需要降低对系统资源的消耗,才能够扩大其使用的范围。

就 Flash 文件系统的资源消耗来讲,主要包括程序代码开销、处理器占用时间、运行时内存开销以及额外的 Flash 存储器消耗。其中,运行时内存开销最限制 Flash 文件系统的应用,同时设计结构的改善与运行时的内存开销直接相关。所以针对资源消耗的结构优化主要着重于降低运行时的内存开销。

Flash 存储器的擦除单位是区块(Block),这是本 Flash 文件系统中数据存储分配的最小单元。如果不采取任何措施的话,运行时的内存开销中将至少包括备份一个完整区块数据的缓冲区。但一个 Flash 存储器的区块可能很大(Sumsung [TM] KM29U128 是 16KB),这在很多嵌入式系统中都是过大的资源开销(最通用的 8 位微处理器 MCS-51 系列,总线寻址的能力只有 64KB),必须进行改进。

为此,采用交换缓冲区(Swap Buffer)技术来解决这个困难。当需要准备某一个区块的数据时,并不直接向该区块写入,而是首先擦除用于做交换缓冲区的区块,然后逐步向交换缓冲区填入目的数据内容。因为此时,任何有用数据内容都未被破坏,所以运行内存中的缓冲就可以做得比较小。当交换缓冲区填写完成后,再擦除目的区块,拷贝交换缓冲区内容到目的区块。

采用交换缓冲区后,对内存中的缓冲区大小没有特别要求,考虑到 Flash 存储器的操作特性,选取 Flash 存储器的页面(Page)容量作为内存缓冲区大小。在结构上做了上述改进后,虽然大大降低了 Flash 文件系统的运行时内存消耗,但代价是将一个数据区块的写入时间延长了一倍。不过一般的 Flash 存储器中都有一特别制作的区块,该区块保证不会损坏,正好适合做交换缓冲区。这样就可以省去中间交换缓冲过程的数据完整性检验,加快写操作的速度。

表 3 给出了在与 MCS-51 兼容的微处理器上本 Flash 文件系统实例,对 Sumsung KM29U128 Flash 存储器(16KB/Block×1024Block)^[4]进行管理应用中的系统资源开销。对于一般的成本要求来讲,是可以接受的。

表 3 一个应用实例中本 Flash 文件系统的系统资源开销

程序代码开销		8.28 KB
额外的 Flash 占用		8 Blocks/1024 Blocks=0.78%
运行时 RAM 开销	总 和	0.79 KB
	页面缓冲区	0.50 KB
	文件打开表	0.13 KB
	FAT 项更新表	0.08 KB
	其 他	0.08 KB

五、基于存储内容的自适应坏损管理策略

嵌入式系统中应用 Flash 存储器,与多媒体相关的应用占据相当的比例,如数码相机、语音监录、MP3 播放器等。存储在 Flash 上的内容多数是多媒体数据流,这种应用相对于普通文件系统的单纯数据业务具有其自己的数据特点。据此在本 Flash 文件系统上提出了基于存储内容的自适应坏损管理策略。

Flash 存储器上存储的内容包括数据文件和多媒体数据流。数据文件对于数据完整性要求很严格,不允许存储中出现任何错误。但多媒体数据流则不同,很多种多媒体数据流允许一定情况下的传输差错,一些甚至允许传输差错很严重,如 CVSD 编码的语音。而 Flash 存储器的区块发生物理损坏时,经常是只有几个 bit 出现错误,其他部分却是完好的。综合考虑这两个方面的因素,就可以对不同内容的数据流赋予不同的数据完整性要求。这样一方面充分发挥了 Flash 存储器的存储能力,另一方面也可以降低弱数据完整性要求的数据检验强度,提高数据写入速度。

在本 Flash 文件系统中,把不同数据内容对于数据完整性的要求分成三个级别:0 级、1 级和 2 级。其中,0 级的数据完整性最高,不允许在存储中出现任何差错,用于数据型的存储。2 级的数据完整性要求最低,允许出现较多的差错,用于抗差错性强的多媒体码流。相应地,对于 Flash 存储器的每个可用区块也按照其物理损坏的程度分成对应的三个级别:0 级的区块所有的存储单元都完好;2 级的区块则存在着比较多的损坏位;损坏程度超过 2 级允许的区块成为彻底损坏块,不能再使用。存储的原则为:对于特定的存储内容用损坏级别不超过其数据完整性要求级别的 Flash 区块存储。

同时,在存储不同数据完整性要求的内容时,采用不同强度的差错校验。存储 0 级内容时,每一次写入都进行差错校验,存储 1 级和 2 级内容时,以 1/N 的概率进行差错校验。差错校验的结果更新该物理存储区块的损坏级别,但是损坏级别只升不降。最初的损坏级别在格式化并建立文件系统时设定。

通过表 4 的结果可以看到,采用存储内容自适应的坏损管理策略后,对于可容错的多媒体码流,存储效率和存储速度都可以得到明显提高。并且,设定合适的校验概率所发生的漏检率是很低的。

表 4 内容自适应的坏损管理策略对多媒体数据流的应用效果

实验条件	Flash 存储器规格:16 KB/Block×1024Block 0 级块,不允许出现损坏,每次写入都进行校验,对应理想存储介质 1 级块,允许 1~2 bits 损坏,以 1/4 概率校验,对应 $3.8\text{E}-6$ 差错率 2 级块,允许 3~8 bits 损坏,以 1/32 概率校验,对应 $6.1\text{E}-5$ 差错率 设定 Flash 页面的写入以 1% 概率损坏 1 个 bit,对单一文件重复进行 {打开文件,写入 1KB 数据,关闭文件}的操作 10 000 次		
实验结果	存储 0 级数据 (纯数据业务)	存储 1 级数据 (低容错多媒体业务)	存储 2 级数据 (高容错多媒体业务)
被文件数据占用的 Flash 空间	0 级 Blocks 625	0 级 Blocks 547 1 级 Blocks 78	0 级 Blocks 616 1 级 Blocks 8 2 级 Blocks 1
无法再使用的 Flash 空间	348 Blocks	6 Blocks	0 Blocks
对数据内容进行的写入校验次数	10 000 次	2564 次	320 次
数据写入了未达要求的存储块, 而检验漏过检出的次数	0 次	1 次	0 次

针对嵌入式多媒体应用中大量数据在 Flash 上存储的管理问题,文件系统是一种比较全面优秀的解决方案。本文对嵌入式多媒体应用中 Flash 文件系统的应用特点与关键设计进行了分析,设计实现了一个适宜于嵌入式多媒体应用的 Flash 文件系统。其主要特点包括:

(1) 完全支持文件代号管理、文件指针存取以及对应用透明的自动坏损管理这些通用文件系统所具有的功能。

(2) 针对嵌入式系统的应用环境,设计改进了本 Flash 文件系统的可靠性,使其可以工作在很恶劣的条件下。

(3) 针对嵌入式系统的成本与系统资源限制,改进降低了本 Flash 文件系统的系统资源开销,扩大了其应用范围。

(4) 针对多媒体应用的数据特点,提出了基于存储内容自适应的坏损管理策略,提高了在多媒体应用中的存储效率与存储速度。

最终设计的 Flash 文件系统其结构如图 2 所示。

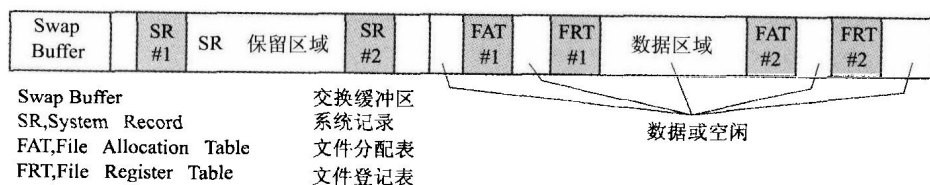


图 2 最终的 Flash 文件系统结构

通过仿真分析,本 Flash 文件系统相对于类似 MS-DOS FAT 的基础系统,在可靠性、系统资源开销等方面的性能提高是可观的,对于多媒体数据流在 Flash 存储器资

源有效利用和改善存储性能等方面,也有明显的改善。因此,本 Flash 文件系统很适合于嵌入式多媒体应用。

参 考 文 献

- [1] 陈智育. 嵌入式系统中的 Flash 文件系统. 单片机与嵌入式系统应用, 2002, (2)
- [2] Andrew S. Tanenbaum, Albert S. Woodhull. 操作系统: 设计与实现. 王鹏, 尤晋元译. 北京: 电子工业出版社
- [3] Microsoft Corp. Description of the FAT File System. 1999
- [4] Sumsung Electronics. Sumsung Flash Memory Data Book. March 1998