

# 基于VxWorks的 FLASH 存储器实时存取管理方案

A Method of Real-Time Access and Management to FLASH Memory Based on VxWorks OS

(郑州解放军信息工程大学)王 凯 宋华伟 杭德全

Wang,Kai Song,Huawei Hang,Dequan

摘要 :VxWorks 操作系统提供文件系统来访问和管理 Flash 存储器 ,这种方式不能满足实时写入和系统可控的要求。本文提出一种通过接管系统时钟中断来控制 Flash Memory 读写操作和基于管理区的简单可控文件管理方案 ,实现移动通信系统在不影响业务模块运行的前提下 ,满足对实时性和可控性要求。

关键词 :闪存 ;系统时钟 ;中断 ;文件系统 ;

中图分类号 :TP36

文献标识码 :A

文章编号 :1008-0570(2005)8-2-0021-03

Abstract: VxWorks OS offers file system to access and manage FLASH Memory. But this mode can't meet specified requirements such as real time access and controllability. In this paper, a new method is proposed to solve these problems. The novel feature is using system clock interrupt handler to operate Flash Memory, and using memory management area to implement a simple and controllable file management function. This solution can achieve its goals of real time access and controllability without influence on the system traffic module.

KeyWords: FLASH memory; System Clock; Interrupt; File System

## 1 引言

cdma2000 1x 移动通信系统的基站主处理机采用 WindRiver 公司 VxWorks 嵌入式实时操作系统,选用 FLASH 存储器(以下简称 FLASH)作为外部存储设备保存系统参数和业务数据。

FLASH 与普通磁介质存储器最大的差异在于写操作方式不同,其写操作相对于普通磁盘是比较慢的过程,消耗掉大量的 CPU 资源。FLASH 基于命令字的写操作方式导致的写入错误,虽然几率很小但实际上是存在的。而商用 VxWorks 操作系统提供的 dosFs 文件系统和专用 TrueFFS 文件系统对该情况处理不足,并且用户没有相应的源码,系统一旦出现写操作错误,将不可控制,降低了系统的可控性。所以,有必要对 FLASH 的存取操作加以改进或控制,并设计一套相对应的专用 FLASH 文件管理方案,满足系统可控性的要求。

王凯:硕士

本文得到国家 863 计划基金项目“第三代移动通信 cdm a2000 1x 系统集成”的资助。

项目编号:MII-C3G-02-20/863-317-03-01-02-20

电话 :010-62132436,62192616(T/F)

《嵌入式系统应用精选 200 例》

## 2 存取设计

FLASH 写操作基于命令字方式完成,分为擦除(erase)和编程(program)两个阶段。由于 FLASH 的编程指令只能使“1”改为“0”,擦除指令只能使“0”改为“1”,而且,擦除操作不能在字节或任意数据区域进行,而必须是一个完整的扇区,所以向 FLASH 某位置写入数据时,要先擦除目标位置所在扇区的所有数据,然后才能进行编程操作。实际上,只须向特定的寄存器写入标准的指令序列,具体的擦除和编程过程就可由内部嵌入的算法执行。

### 2.1 设计思想

通常,FLASH 写操作指令下达后,由驱动程序完成命令字的设置。此时,数据被临时存储于 FLASH 的锁存器中,但系统仍需要保持数据总线直到写入操作终止或完成才释放。一个扇区的擦除是十几毫秒的时间,一个字节的写入是几微秒的时间,可以看到,数据总线的占用过程消耗了大量的 CPU 时间。这部分资源的节约对于嵌入式实时系统来说是必要的。操作系统完全可以在设置写操作命令字后释放数据总线,退出 FLASH 操作,把擦除/编程过程的 CPU 时间用来执行其他指令,等当前命令字执行完毕后,通过某个事件的触发,使 CPU 跳转回来设置下一个命令字。这就是改进 FLASH 操作过程的设计思想。

### 2.2 实现过程

触发事件选择和跳转周期长短的控制是问题解决的关键,即在一个命令字操作完成后,选用什么方式来触发下一个命令字操作。可以考虑的方式主要有扫描方式和中断方式。

通过扫描方式,当应用程序完成一次完整的处理周期时,扫描某个标志状态,判断 FLASH 写入操作是否进行完成。如果完成,则再次设置命令字进行操作。由于程序处理周期取决于应用层业务处理时间,这种方式会导致触发周期不固定。

采用中断方式,可以通过设置中断频率来控制触发周期。但必须选择合适的中断源,使其精度达到要求并且对系统没有额外的影响。由于基站系统采用外部 GPS 时钟,系统的单板时钟闲置,其精度对于 FLASH 操作是足够的,所以可以考虑选择 CPU 时钟中断。问题在于 VxWorks 对该中断是否有使用。实际

上, VxWorks 通过该时钟中断完成系统计数器, 从而在其基础上实现系统定时器, 看门狗定时器, 任务分时调度等功能组件。因此, 接管时钟中断, 必须在修改时钟频率同时, 保证操作系统所需的系统计数器频率不变。

本次操作, 即先确定操作的类型(擦除还是编程)和相关参数(包括目标扇区序号, 目的地址, 数据源地址等等), 然后调用驱动程序提供的 FLASH 操作接口, 完成命令字设置等操作。

### 3 管理设计

在 I/O 系统基本结构中, 应用程序可以通过符合标准 I/O 接口的文件系统调用设备驱动程序来操作设备, 也可以直接与驱动程序连接来操作设备(VxWorks 本身并不支持这种做法)。通常, 采用文件系统来操作存取设备的方式, 减少了驱动程序必须支持的 I/O 操作接口函数的数目, 在 VxWorks 开发中得到广泛的应用。

VxWorks 提供与 MS-DOS 兼容的 dosFs 文件系统供 I/O 接口调用, 但 dosFs 文件系统本质上容易受到某种类型磁盘故障的影响, 导致更新过程中数据结构不一致性, 而且 dosFs 文件系统是一个不考虑容错性能的文件系统, 没有考虑 FLASH 操作的特殊性, 对于底层驱动程序中 FLASH 命令字方式导致的写入错误无法处理。作为 VxWorks 的可选组件, M-System 公司为 VxWorks 定制的 TrueFFS 组件提供了面向 FLASH 的专用文件系统。

TrueFFS 文件系统使用 block-to-flash 转换系统将闪存抽象为普通块设备。基于动态维护的映射图使 FLASH 索引成一系列连续块。进行数据写入时, 如果目标块已写有数据, TrueFFS 另找空闲区写入, 待数据安全写入后, TrueFFS 更新映射图, 将该块指向写入的新 FLASH 地址。TrueFFS 文件系统机制非常完善, 但基站系统对 FLASH 功能要求比较单一, 存储的数据文件类型和存储方式相对单一, TrueFFS 文件系统并不能发挥其强大功能, 反而降低了系统的性能。

#### 3.1 设计思想

参考 dosFs 文件系统和 TrueFFS 文件系统的管理方法, 选取其中重要功能重新设计, 实现一个应用层可控的 FLASH 管理方案。把 FLASH 划分为管理区和数据区两部分进行组织管理。其中管理区存放文件管理信息, 数据区存放数据文件。为了防止在修改管理区的过程中掉电, 在存储区的两端设置双备份的管理区。

我们将 FLASH 最小管理单位定义为一个 FLASH 扇区(块)。进行 FLASH 操作之前, 先将目标扇区内容备份到内存, 在内存中修改完毕后再固化到 FLASH。管理区和数据区占用的空间是扇区的整数倍, 这样才不会在更新某些数据的同时, 造成对已有数据的修改。对于比较小的文件, 可能小于一个扇区的空间, 导致 FLASH 空间的浪费, 但避免了因为共享同一扇区造成不同文件操作之间的相互影响, 降低数据被破坏的可能性, 简化管理策略。

#### 3.2 实现过程

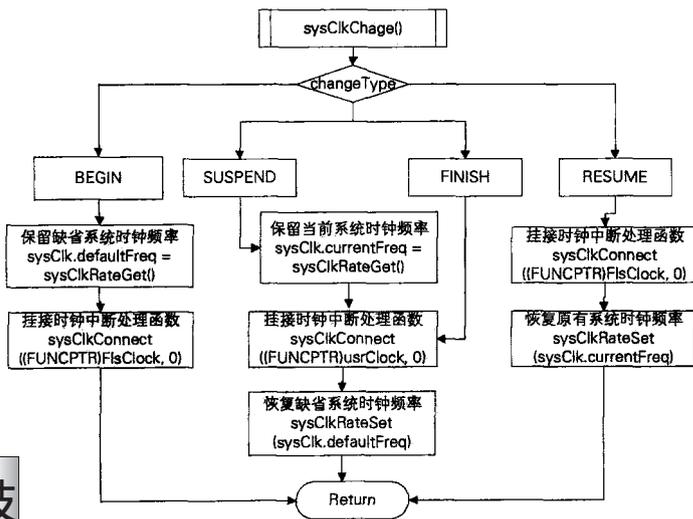


图1 时钟中断接管流程图

VxWorks 提供 sysClkConnect() 函数允许时钟中断发生时, 根据指定参数挂接用户定义的中断处理程序, 中断处理完成后由用户程序返回。VxWorks 提供的 usrClock() 函数是系统缺省时钟中断处理函数, 用来调用计数器函数 tickAnnounce(), 实现系统计数器的作用。时钟中断频率由 SYS\_CLK\_RATE 设定, 缺省值是 60。因此, 我们在替换时钟中断处理函数时, 需要包含操作系统的计数器函数 tickAnnounce(), 并通过分频的方法保证 tickAnnounce() 的调用和时钟频率修改前的调用频率是一致的, 从而使操作系统计数器感觉不到时钟频率修改和中断处理函数被替换的区别。

当然, 系统时钟频率的设置不能太高, 通常时钟频率设置为 60HZ(或 100HZ), 当频率超过 600HZ 时, 会使内核调度用时比率偏高, 而实际任务可用的 CPU 时间下降, 处理器将花费大多数时间来处理时钟而使系统运行效率下降或不可用。

图 1 给出了具体的实现流程图。sysClkChange() 是自定义的系统时钟频率调整控制函数, 该函数根据入口参数设置系统时钟中断频率, 选择挂接中断的处理函数 flsClock() 或 usrClock()。自定义的中断处理函数的 flsClock() 通过调用 usrClock() 函数完成系统计数器功能。sysClkRateGet() 和 sysClkRateSet() 函数是 VxWorks 提供的时钟频率设置函数。

flsClock() 还需要负责实际的写入操作。首先检查上一次中断处理中的 FLASH 操作是否已经完成。如果没有完成, 则返回, 并记录返回次数, 若返回次数超过了一定限度, 即认为该片 FLASH 发生故障, 向应用层发出 FLASH 故障告警, 如果已经完成, 则开始进行

根据文件管理方案,假定用户可修改的 FLASH 块数为 512,其中前后两个管理区占用 64 块,数据区可用 448 块。FLASH 管理区需要包含内容如表 1 所示。

任何时刻,处于活动状态的管理区只有一个。在更新数据的时候,首先更新处于活动状态的管理区,然后写入数据文件,等待写入稳定后,更新另一个管理区,然后将另一个管理区置为当前活动状态,原先管理区置为非活动状态。这样可以保证在数据文件写入失败时,通过两个管理区管理信息的一致性来识别数据的有效性。

FLASH 块列表的每个字节对应一个扇区的占用情况,1 表示该扇区已分配,0 表示该扇区未分配,0xff 表示该扇区坏死,不能使用。

文件信息记录位置按照系统配置好的处理机数目采用固定顺序存放。更新任何一个数据文件之前,要更新该文件的信息记录,确定该文件操作状态,版本信息和存放位置。具体的组织结构如表 2 所示。

系统需要从 FLASH 读取数据时,首先比较两个 FLASH 管理区管理信息是否一致。如果一致,认为数据有效,直接读取;如果不一致,则说明存在 FLASH 操作异常,向系统操作维护控制台(OMC)告警,并通知应用程序请求向 OMC 下载写入新的数据文件。

表1 文件管理区组织结构

内容	大小(字节)	说明
管理区有效标志	4	判断当前管理区是否活动
FLASH块列表	448	每个字节对应一个扇区
文件信息记录1	320	存放N个数据文件, N由应用层确定,最多448个文件管理信息
.....	.....	
文件信息记录N	8	

表2 文件信息记录组织结构

内容	大小(字节)	说明
操作状态	4	描述文件状态
文件ID	4	唯一标识一个文件
文件长度	4	实际长度(字节数)
校验和	4	用于文件检查
文件版本	4	共同组成文件版本信息
定版时间	8	
最后修改时间	8	
占用FLASH块列表	256	当前文件占用块序号

当需要删除 FLASH 上数据文件时,只需将管理区中该文件操作状态置成“无效”,并将其占用的扇区置成“未分配”状态,然后更新 FLASH 管理区信息即可。

这里没有给出碎片收集和垃圾数据处理的机制,实际上,删除操作所实现的功能即有回收垃圾数据所在扇区的作用,并且由应用层控制,实现了系统可控性。对于 FLASH 中存在的碎片,由于我们采取的是以扇区为单元进行数据管理的,数据文件的存储空间是整数块,而且块列表可以不连续,所以不存在碎片的问题,从而就巧妙的避免了碎片收集的复杂性。

## 4 总结

本文介绍的 FLASH 操作方法以及与之配套的文

件管理方案,为系统运行节省了可观的时间,可以很好的解决了业务运行与数据备份之间对系统资源占用的矛盾,对于 FLASH 操作相对频繁和数据备份实时性要求较高的系统,都是适用的。

### 参考文献

- [1]WindRiver Inc. VxWorks Programmer' s Guide 5.4 Edition 1[EB/OL].1999
- [2]WindRiver Inc. Tornado User' s Guide 2.2 [EB/OL].2002
- [3]陈智育 温彦军等 VxWorks 程序开发实践[M].北京:人民邮电出版,2003-9-1.177-200.

作者简介:王凯(1980-),男(汉族),在读硕士,主要研究方向:通信与信息系统,E-mail:wangkai@mail.ndsc.com.cn;宋华伟(1978-),男(汉族),硕士,工程师,主要研究方向:通信与信息系统;杭德全(1964-),男(汉族),硕士,硕士生导师,高工,主要研究方向:计算机和通信。(450002 郑州解放军信息工程大学 国家数字交换系统工程技术研究中心)王凯 宋华伟 杭德全 (National Digital Switching System Engineer - ing& Technological R&D Center, ZhengZhou, China, 450002) Wang,Kai Song,Huawei Hang,Dequan  
通信地址:

(450002 河南省郑州市俭学街7号国家数字交换系统工程技术研究中心)王凯

(投稿日期:2004.1.21) (修稿日期:2005.2.10)

(接第 20 页)持这些数据类型,但在 DataInputStream 类中提供 readUnsignedByte()和 readUnsignedShort()两个方法来读取这些数据类型并自动转换成等价 int 类型。

## 6 结束语

Java 语言作为一种网络化的语言在网络编程中具有很大的优势,在嵌入式系统应用中充分使用 Java 语言的特点,可以使嵌入式系统设计得更加灵活,界面更加友好。

### 参考文献

- [1]M.Tim Jones.嵌入式系统 TCP/IP 应用层协议[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [2]Elliotte Rusty Hardd.Java 网络编程[M].北京:中国电力出版社,2001.

作者简介:柯宗武(1968-),男,湖北黄石,讲师,主要研究方向:计算机网络、嵌入式系统,Email:kzw@public.hs.hb.cn 或 kezongwu@163.com

Author brief introduction: Ke Zongwu, male, born in April, 1968,docent, research interests include computer network and application of embedded system, Email:kzw@public.hs.hb.cn or kezongwu@163.com .

(435002 湖北省黄石湖北师范学院计算机科学系)柯宗武 陈年生 汪白云

(Department of Computer Science, Hubei Normal University, Huangshi, Hubei 435002) Ke,Zongwu Chen,Niansheng Wang,Ziyun

(投稿日期:2004.12.25) (修稿日期:2005.1.10)