

基于 VxWorks 的 NAND FLASH 驱动程序设计

张晴晖,李俊获

(西南林学院 云南昆明 650224)

摘 要:目前,NAND FLASH 技术有了飞速发展,它以能抗震动,功耗小,容量大,掉电数据不丢失等特点而成为嵌入式系统的重要组成部分。如何合理、高效、可靠地使用 NAND FLASH 就显得尤为重要。讨论了在基于 VxWorks 的软件平台和基于 AMCC 公司的 PPC440epx、三星公司的 K9F2G08Q0M 为核心的硬件平台上,实现 TrueFFS 文件系统的具体办法。以此为基础的系统在某机载设备上得到成功运用。

关键词:NAND FLASH; Vxworks; TrueFFS; PPC440epx

中图分类号:TP311

文献标识码:B

文章编号:1004-373X(2009)14-026-04

Design of NAND FLASH Driver Based on VxWorks

ZHANG Qinghui, LI Junqiu

(Southwest Forestry College, Kunming, 650224, China)

Abstract: At present, NAND FLASH technology is rapidly developing. Its anti-vibration, small power consumption, large capacity, power-down data is not lost, which make it is one important part of an embedded system. Thus, how reasonable, efficient and reliable use of NAND FLASH is particularly important. This paper describes how to achieve TrueFFS file system based on the VxWorks software platform and hardware platforms consisting of AMCC's PPC440epx and Samsung's K9F2G08Q0M. These technologies are applied on the on-board equipment.

Keywords: NAND FLASH; Vxworks; TrueFFS; PPC440epx

0 引 言

目前,随着电子技术的不断发展,计算机技术也得到飞速的发展,产生了很多新技术。但就计算机的基本结构来说,还是基本采用了冯·诺依曼结构。然而冯·诺依曼结构的一个中心点就是存储-控制,所以存储器在计算机系统中的作用是非常重要的。嵌入式计算机作为计算机中的一个类别,对执行速度和系统可靠性都有较强的要求,这也决定了嵌入式系统不仅要有实时性很强的操作系统,同时也需要一种安全、快速的存储设备。同时,嵌入式系统经常会涉及到海量数据的存储,这就要求存储设备必须具有可靠性高,功耗低,容量大,掉电数据不丢失等特点,而 NAND FLASH 芯片正好具有这些优点。

VxWorks 是嵌入式领域内公认的最有特色的高性能实时操作系统之一。它以其良好的可靠性和卓越的实时性,被广泛地应用在通信、军事、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中,如卫星通信、军事演习、弹道制导、飞机导航等。

目前,在 VxWorks 实现上,涉及文件系统的文章

不少,但一般都是针对容量较小,操作相对简单的 NOR FLASH 实现的。本文讨论了如何在以 AMCC 公司的 Power PC 芯片 PPC440epx 为核心的嵌入式平台上,利用三星公司的大容量 NAND FLASH 实现文件系统的具体办法。

1 三星 NAND FLASH 芯片 K9F2G08Q0M

K9F2G08Q0M 芯片的容量为 $256 \text{ M} \times 8 \text{ b} = 2 \text{ Gb}$ 的数据区,再加上 64 Mb 的备用区。一块这种芯片被分为 2 048 个块,每个块又分为 64 页,每页由 2 KB 的数据区加上 64 B 的备用区组成。如图 1 所示,列地址为 12 b ($A_{11} \sim A_0$)。当 A_{12} 为 0 时, $A_{10} \sim A_0$ 确定对每页中 2 KB 数据的访问;当 A_{12} 为 1 时,访问的是 64 B 的备用区。由于 NAND FLASH 芯片在出厂时就可能出现坏块(块中的某个或多个 bit 不能有效的进行读写),为了将其标注出来,三星公司保证每个坏块的第一页和第二页备用区第一个 byte 的数据没有被初始化为 0xFF。设计人员要确保在对该芯片进行擦除之前,先将这个信息保留起来(建一个坏块表)。行地址为 17 b ($A_{28} \sim A_{12}$)。它确定了对 2 048 块 \times 64 页 = 128 K 个页中的某一页进行访问。为了简化 NAND FLASH 芯片的管脚,其地址和

数据信息共享 8 个 I/O 管脚,因此,其 29 B 的地址信息被设计为 5 个周期进行传输。具体操作如表 1 所示。

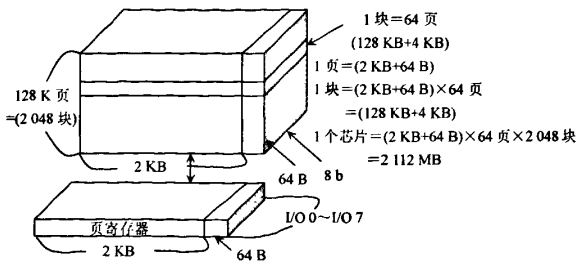


图 1 K9F2G08 的结构

表 1 K9F2G08 的结构与操作

	I/O 0	I/O 1	I/O 2	I/O 3	I/O 4	I/O 5	I/O 6	I/O 7	
第 1 周期	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	列地址
第 2 周期	A8	A9	A10	A11	⌊	⌊	⌊	⌊	列地址
第 3 周期	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	行地址
第 4 周期	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	行地址
第 5 周期	A28	⌊	⌊	⌊	⌊	⌊	⌊	⌊	行地址

注:起始地址是列地址;⌊表示必须置为低电平

对 NAND FLASH 的操作流程比较简单,即在第一个周期里送操作相关的命令字,然后送地址,以及相应的数据,最后送确认字。需要说明的是,由于地址、命令和数据都共用 8 个 I/O 管脚来进行传输,因此在硬件上必须要有专用的管脚来区分传输类型(在传输命令的时候,命令锁存使能信号 CLE 有效;在传输地址的时候,地址锁存使能信号 ALE 有效)。具体的命令字、时序和操作流程在 K9F2G08Q0M 的数据手册上有较详细的描述,在此不一一详述。

2 PPC440epx 的 NAND FLASH 接口

AMCC 公司的 PPC440epx 芯片是一款性能指标较高的嵌入式 CPU 芯片,其主频可以达到 667 MHz,拥有 DDR2 接口,可支持千兆以太网,USB 2.0 接口,支持浮点运算,同时还支持 NAND FLASH 芯片。

PPC440epx 使用一个 NAND FLASH Controller 作为外部 NAND FLASH 与其外部总线通信的接口电路,该控制器最多可以支持 4 个 NAND FLASH 芯片,每个芯片的容量可以为 4~256 MB,每页的大小可以为 512 B + 16 B 或者 2 KB + 64 B。NDFC(NAND FLASH Controller)的存在使得对 NAND FLASH 的操作变的非常简单。根据前面对 K9F2G08Q0M 的介绍可知,对 NAND FLASH 的操作需要在硬件上产生 ALE, CLE 信号来区分传输类型。NDFC 给程序设计人员提供两种实现时序的方法:硬件实现,软件实现。如果是前者,NDFC 提供了几个寄存器:命令寄存器、地址寄存器、数据寄存器、配置寄存器和状态寄存器。通

过对这几个寄存器执行相应的读/写操作就可以产生相应的时序。例如,如果需要对 NAND FLASH 写命令字 80H,则只需将 80H 写入命令寄存器即可。NDFC 自动将 80H 送到 I/O7~I/O0 上,同时置 CLE 为有效状态。而软件实现方法是根据 K9F2G08Q0M 的时序要求,通过对硬件控制寄存器中相应的 bit 写 1 或者 0,使得对应的控制信号为高电平或者低电平。设计人员可以根据自己的情况,选择实现方法。这里推荐采用硬件实现的方法。不过,在有问题时,可采用软件实现的方法来进行调试。

3 TrueFFS 简介

TureFFS(Ture Flash File System)是 M-Systems 公司为 VxWorks 操作系统定制的实现 FLASH 块设备的接口。通过使用 TFSS,应用程序对 FLASH 的读写就像对拥有 MS-DOS 文件系统的磁盘设备操作一样。对于上层设计人员,TFSS 屏蔽了底层多种多样 FLASH 设备的具体细节。同时,由于 FLASH 存储芯片自身的一些特性(如擦除、编程次数有限并且操作时间较长;容易进入过度编程状态等),TFSS 采用虚拟块、损耗均衡、碎片回收、错误恢复等机制来提高 FLASH 的使用寿命,确保数据完整,优化性能。

4 TrueFFS 的实现

4.1 TrueFFS 的基本结构

TrueFFS 由 1 个核心层和 3 个功能层组成,它们是翻译层(Translation Layer)、MTD(Memory Technology Drivers Layer)层和 Socket 层,其结构框图如图 2 所示。

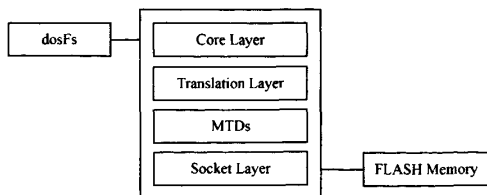


图 2 TrueFFS 层次结构

(1) 翻译层主要实现 TrueFFS 和 dosFs 之间的高级交互功能。它包含了控制 FLASH 映射到块、wear-leveling、碎片回收和数据完整性所需的智能化处理功能。目前,有三种不同的翻译层模块可供选择。选择哪一层需要看所用的 FLASH 介质是采用 NOR-based,还是 NAND-based,或者 SSFDC-based 技术而定。

(2) MTD(Memory Technology Driver)层实现具体的 FLASH 芯片底层程序设计,包括读、写、擦、ID 识别、映射等功能,以及一些与 FLASH 芯片相关的参数

设置。

(3) Socket 层提供了 TrueFFS 和硬件之间的接口服务,负责电源管理、检测设备插拔、硬件写保护、窗口管理和向系统注册 Socket 等;

(4) 核心层将其他 3 层有机结合起来,另外还处理全局问题,如信号量、碎片回收、计时器和其他系统资源等。

在 VxWorks 中,由于翻译层和核心层以二进制形式提供给设计人员的,因此实现 TFFS 的主要工作集中在对 MTD 层和 Socket 层的设计上。

4.2 Socket 层的实现

如果 VxWorks 中包含 TFFS,在系统启动后,先完成内核的初始化,之后开始进行 I/O 的初始化操作。系统调用 `UsrRoot()` 函数,该函数再调用 `tffsDrv()` 函数,这样就产生如图 3 所示的调用流程。调用这些函数的目的之一就是注册 socket 驱动函数。最后的注册操作都是由 `xxxRegister()` 函数完成(这个函数和 `sysTffsInit()` 函数的定义都在 `sysTffs.c` 中的)。该函数是通过更新 `FLSocket` 结构体来完成注册操作的。该结构体的定义以及相关细节可以通过阅读 VxWorks 的帮助文件获得,在此不详述。

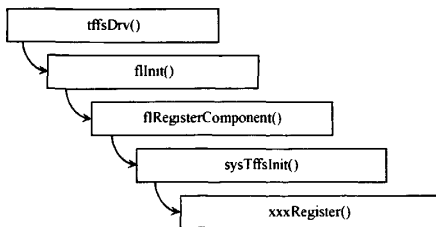


图 3 Register 函数调用流程

`sysTffs.c` 文件的编写,可以参考其他的 BSP 来完成。`config` 目录下的任何一个 BSP 都有该文件,设计人员可以复制其中一个到自己的 BSP 目录下。例如:复制 `wrPpmc440gp` 目录下的 `sysTffs.c` 文件,再根据自己的硬件电路修改 `FLASH_BASE_ADRS` 以及 `FLASH_SIZE` 的宏定义,同时添加宏定义: `#define INCLUDE_MTD_NAND`。其他地方一般不需要改动。

4.3 MTD 层驱动程序的实现

要创建一个 TFFS 块设备,首先应该调用函数 `tffsDevCreate()`,这样就产生了一系列的调用函数。系统通过这一系列的调用函数来确认具体的 MTD 层程序。确认过程在 `flIdentifyFlash()` 函数中完成。`flIdentifyFlash()` 通过逐个执行 `xxxIdentify()` 表中的程序来确定合适的 MTD。如果系统只有一种 FLASH,则只需写一个 `Identify()` 函数可。与 Socket 层类似,MTD 层的核心工作也是针对一个数据结构

(`FLFLASH`)而进行的初始化操作。通过初始化操作来注册 FLASH 芯片的处理函数,具体的实现是在函数 `xxxIdentify()` 中完成的。

根据前面的介绍知道,MTD 层的主要功能是实现对 FLASH 芯片的读、写、擦、ID 识别、映射等操作。而对不同 FLASH 芯片的相应操作是有一定差别的,所以使用不同的 FLASH 芯片时,MTD 层的程序设计也是不一样的。开发人员的工作是根据系统使用的具体 FLASH 芯片来完成相应的程序设计。

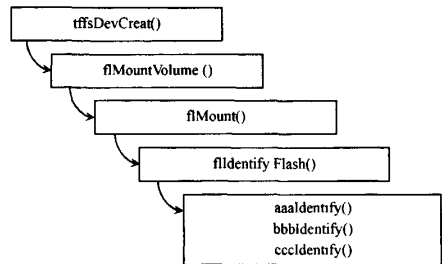


图 4 Identify 函数调用流程

Tornado 提供了几种 FLASH 的 TrueFFS MTD 层驱动的参考设计。在 `installDir\target\src\drv\tffs` 中,主要包括 Intel, AMD 等公司的几种 FLASH 的 TrueFFS MTD 层驱动。虽然没有需要的 K9F2G08 驱动程序,但可以根据其结构来设计自己的 MTD 程序。具体做法是在 BSP 目录下建立一个 MTD 层驱动文件,将其取名为 `K9F2G08Mtd.c`。在该文件中首先编写函数 `nandMTDIdentify()`,如下所示为程序片段:

```

FLStatus nandMTDIdentify(FLFlash vol)
{
    ...
    vol.write = nandMTDWrite;           //注册 FLASH 的写操作处理程序//
    vol.erase = nandMTDErase;         //注册 FLASH 的擦除操作处理程序//
    vol.read = nandMTDRead;           //注册 FLASH 的读操作处理程序//
    vol.map = nandMTDMap;             //注册 FLASH 的映射操作处理程序//
    vol.flags |= SUSPEND_FOR_WRITE;
    return fIOK;
}
    
```

完成上述代码后,剩下的工作就是完成在函数 `nandMTDIdentify()` 中引用的 `readFlashID()`, `nandMTDRead()`, `nandMTDWrite()`, `nandMTDErase()`, `nandMTDMap()` 这几个函数的代码编写。由于不同的 FLASH 芯片,时序不同,因此这几个函数的实现也不同。必须根据芯片 K9F2G08 的数据手册上时序的要求,对 PPC440epx 的相应寄存器进行读/写操作,以完成这些功能。由于篇幅原因,这几个函数的具体代码就

不再赘述。建议在 Boot Loader 工作正常后,先在应用程序中对这些函数进行调试。这样就可以利用单步和断点等工具进行调试,并且在修改后可立即通过网络下载程序。

4.4 TrueFFS 的配置

在完成上述代码的编写后,还要做如下工作:在配置文件 config.h 中增加定义 INCLUDE_TFFS 和 INCLUDE_DOSFS,使得 TrueFFS 组件和 DOS 文件系统被包含进来。并且要在 MakeFile 文件 MACH_EXTRA 一项中添加 K9F2G08Mtd.o,这样可将 TrueFFS 文件驱动程序加入系统。另外,还要在 tffsConfig.c 文件中的 mtdTable[] 表中添加上述的函数 nandMTDIdentify。

5 结语

在此介绍如何在由 AMCC 公司的 CPU 芯片 PPC440epx、三星公司的 NAND FLASH 构成的硬件平台上和 VxWorks 软件平台上,实现 TrueFFS。按照上述设计流程,实现了 NAND FLASH 的驱动程序设计。能够对 K9F2G08 进行正常的读、写、擦、ID 识别、映射等操作。同时,在 VxWorks 操作系统上,实现了 TrueFFS。这样就提高 FLASH 使用寿命,确保数据完整,优化了 FLASH 的性能。以此为基础的系统在某机

载设备上得到成功运用。

参考文献

- [1] Wind River System Inc. VxWorks 6.0 BSP Developer's Guide [Z]. 2005.
- [2] Wind River System Inc. VxWorks 6.0 Device Driver Developer's Guide [Z]. 2004.
- [3] Wind River System Inc. VxWorks 6.0 Hardware Considerations Guide [Z]. 2004.
- [4] Wind River System Inc. Wind River Workbench User's Guide [Z]. 2005.
- [5] Wind River System Inc. TrueFFS for Tornado Programmer's Guide [Z]. 1999.
- [6] 孔祥营,柏桂枝. 嵌入式实时操作系统 VxWorks 及其开发环境 Tornado [M]. 北京:中国电力出版社,2001.
- [7] 周启平,张扬. VxWorks 下设备驱动程序及 BSP 开发指南 [M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [8] Applied Micro Circuits Corporation. PPC440EPx Embedded Processor User's Manual [Z]. 2006.
- [9] Samsung Electronics Co. LTD. K9XXG08UXM User's Manual [Z]. 2005.
- [10] 王仁勇,俞建新. 基于 VxWorks 的 TrueFFS 分析与实现 [J]. 计算机工程,2007,33(12):68-70.
- [11] 齐文新,贺永波. 嵌入式操作系统 VxWorks 的 TrueFFS 的实现 [J]. 计算机与数字工程,2006,34(3):100-101.

作者简介 张晴晖 男,1974 年出生,四川南充人,硕士研究生,讲师。主要从事嵌入式系统的硬件和驱动设计。
李俊获 女,1978 年出生,云南昆明人,硕士研究生,讲师。主要从事测控仪器设计工作。

(上接第 25 页)

5 结语

目前信息管理平台已经平稳运行两年有余,经数十余 CP 和数名审核人员应用至今,取得良好的效果。平台每天处理更新节目大约 200 余条,每条 3~5 min。每日更新总时长在 900 min 左右,可以完全满足用户需求。完美地解决了初审终审两道审核的要求,确保了对播控平台的有效控制及有效解决了内容的安全性。目前该信息管理系统在移动、电信、联通经过分别的检验,具备非常强的内容管理能力和 CP 资源聚集能力。通过设计实践这套手机电视内容管理平台,可以实现很多运营环节中可以自动简化的流程,并可产生的数据流统筹处理。此平台是适合于各手机电视牌照运营方的。建立此平台将极大提高工作效率,缩短产品生成上线周期。

作者简介 袁 曼 女,1976 年出生,中国国际广播电台国广传媒发展中心企业管理部副主任,工程师,在读硕士研究生。研究方向为项目投融资。

参考文献

- [1] 应江勇. 数字化生存时代的载体——手机新媒体 [J]. 通信企业管理,2009(2):77-79.
- [2] 郭炜华. 探究新媒体中国传媒科技论文 [J]. 中国传媒科技,2006(3):51-54.
- [3] 陈如明. 融合和创新导向下的手机电视务实发展策略思考 [J]. 移动通信,2009(1):66-69.
- [4] 李露文,郑健,刘兆元. 手机电视新媒体技术 [J]. 移动通信,2007,31(11):45-48.
- [5] 韩冰,王蕾. 手机媒体存在形式解析及前 [J]. 新闻界,2009(1):74-75.
- [6] 周海英. 手机移动电视新媒体的传播学解读 [J]. 中国广播电视学刊,2006(11):43-44.
- [7] 曹春丽. 论新媒体 [J]. 湖南社会科学,2007(5):208-210.
- [8] 钱维多. 手机新媒体的传播策略分析 [J]. 浙江传媒学院报,2007(5):8-9.