

# 基于 ARM 的嵌入式文件系统研究与设计<sup>①</sup>

张云 惠晓威 肖迎杰 (辽宁工程技术大学 电子与信息工程学院 辽宁 葫芦岛 125105)

**摘要:** 从嵌入式 FAT 文件系统的原理出发, 在基于 LPC2468 嵌入式微处理器和  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  嵌入式操作系统的平台上, 为了解决 SPRD(带有谱分析的放射性探测仪)仪器中数据存储, 实现了一种适用于 TF 卡存储介质的嵌入式文件系统。

**关键词:** 嵌入式系统; 嵌入式文件系统; TF 卡; 嵌入式微处理器; C/FS 文件系统; 带有谱分析的放射性探测仪

## Research and Design of an Embedded File System Based on ARM

ZHANG Yun, HUI Xiao-Wei, XIAO Ying-Jie

(School of Electronic and Information Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

**Abstract:** This paper firstly introduces the principle of the FAT file system. Then, it designs an embedded file system applied to TF card based on LPC2468 and  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  Embedded Operating System, for the data storage of SPRD(Spectroscopic Personal Radiation Detector).

**Keywords:** embedded system; embedded file system; T-Flash card; MPU;  $\mu\text{C}/\text{FS}$  file system; SPRD

随着嵌入式系统的迅猛发展, 对数据存储和数据管理的要求不断提高。因此, 在通用计算机中对数据存储和数据管理的文件系统概念被引入到嵌入式系统中, 形成了适用于嵌入式系统要求的嵌入式文件系统组件。在存储设备中, SD 卡及兼容 SD 卡协议的 TF 卡以其体积小、接口简单、成本低、性能好、安全性高等特点在嵌入式存储设备中占据了很大的市场份额。FAT 文件格式以其兼容性好、应用广泛、安全性高、数据存储共享性好等优点被作为文件格式应用于嵌入式文件系统的设计中。本文在基于 LPC2468 嵌入式微处理器和  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  嵌入式操作系统的平台上, 详细介绍了  $\mu\text{C}/\text{FS}$  文件系统的移植和基于 TF 卡的存储系统的设计。

笔者在参与 SPRD 仪器研发中, 设计了一款基于 LPC2468 嵌入式微处理器和  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  嵌入式操作系统为平台的适用于 SD、TF 卡的嵌入式文件存储系统, 并为该系统提供了  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  嵌入式操作系统下的驱动程序, 该系统运行稳定, 达到了嵌入式系统及 SPRD 仪器的要求。

## 1 嵌入式 FAT 文件系统简介

嵌入式文件系统是指嵌入式系统中实现对文件存取、管理等功能的组件。该组件提供对目录、文件输入输出、创建、删除等文件管理功能。嵌入式 FAT 文件系统是指采用 FAT 文件格式作为文件格式的嵌入式文件系统。

FAT 文件格式是由微软推出的在 MS-DOS 和 Windows 系统中使用的一种非线性链表式结构的文件系统。FAT 即 File Allocation Table(文件分配表)的简称, FAT 文件格式将组成每个文件的数据块以指针链表的方式串联起来, 并依靠 FAT 表来管理文件系统内部的空闲空间<sup>[2]</sup>。FAT 格式的文件系统采用维护两张 FAT 表的方式确保了数据存储的安全性。FAT 格式是一种标准的、应用广泛的数据存储管理方式。FAT 格式的文件系统共享性高。这些优点决定了 FAT 格式的文件系统非常适用于嵌入式文件系统的设计。

## 2 基于 LPC2468 和 TF 卡的存储系统设计

SPRD 仪器采用 LPC2468 为嵌入式微处理器, 数

① 项目基金: 辽宁省教育基金(2004D028)

收稿时间: 2009-06-23

据存储设备采用 TF 卡。LPC2468 是面向嵌入式系统的高性价比嵌入式微处理器。它采用 ARM7TDMI-S 核，最高工作主频为 72MHz。LPC2468 嵌入式微处理器集成了 ADC/DAC、10/100 以太网媒体访问控制器(MAC)、USB 全速设备/主机/OTG 控制器、4 个 UART、2 路 CAN 控制器、SPI 和 SSP 控制器、IIC 和 IIS 控制器以及 SD\MMC 卡控制器等大部分嵌入式系统设计所需外围器件，便于低成本便携式嵌入式系统应用[3]。

TF 卡(T-Flash Card)，又名 Micro SD，是一种基于半导体快闪记忆器的新一代记忆设备。TF 卡由摩托罗拉与 SANDISK 共同研发，于 2004 年共同开发研制。体积约等于半张 SIM 卡的 TF 卡却拥有高记忆容量、快速数据传输率、极大的移动灵活性以及很好的安全性。

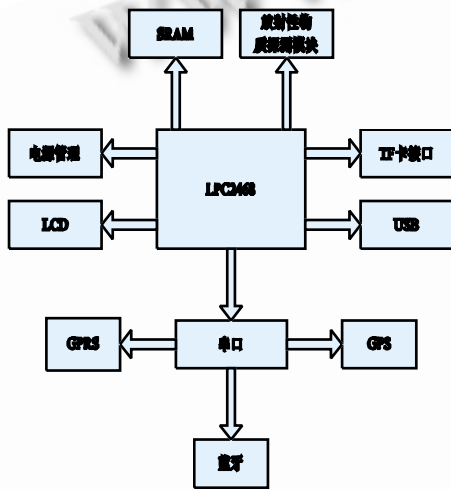


图 1 SPRD 核心板结构图

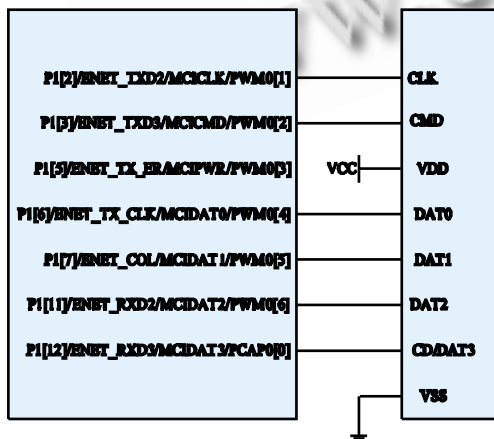


图 2 基于 LPC2468 和 TF 电路结构示意图

结合 LPC2468 内部的 SD\MMC 控制器和 SD、TF 卡的规范，SD 卡有 SPI 模式和 SD 总线模式两种协议，本系统采用 SD 总线模式，SPRD 仪器产品的核心板结构如图 1 所示。图 1 中基于 LPC2468 和 TF 卡的数据存储系统的结构如图 2 所示。TF 卡部分主要是要把 TF 卡上地 DAT0、DAT1、DAT2、DAT3、CLK 引脚与 LPC2468 的相应引脚相连。

### 3 基于LPC2468和TF卡的驱动程序设计

在总线模式下，CLK 为时钟信号，CMD 为双向命令和响应信号，DAT0-3 为双向数据信号，VDD 和 VSS 为电源和地信号，SD 模式下允许有一个主机，多个从机(即多个卡)，主机可以给从机分配地址。主机既可以向指定的从机发送命令,也可以以广播的形式发送命令[6]。

TF 卡驱动程序分为三大部分：初始化 TF 卡、TF 卡中断方式写和 TF 卡中断方式读的流程图分别如图 3、图 4 所示。

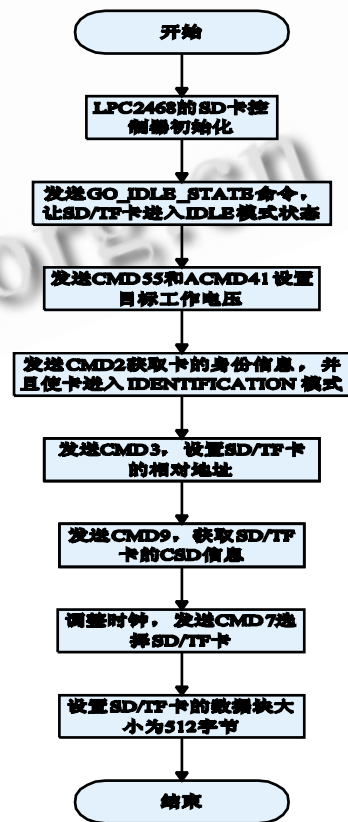


图 3 SD/TF 卡初始化流程图

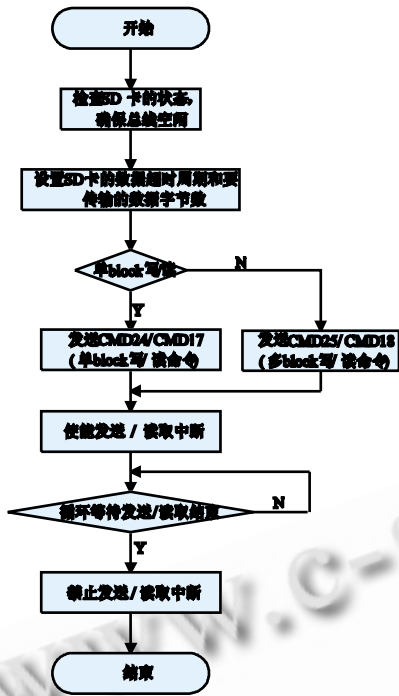


图 4 SD 卡中断方式写/读数据流程图

#### 4 μC/Fs 文件系统的移植

μC/Fs 是 Micrium 公司为嵌入式应用开发的嵌入式文件系统组件, 支持 SD\MMC 卡、CF 卡、NAND、NOR 以及 IDE 设备等多种存储媒体。该组件采用 C 语言编写, 可以在任何 CPU 上使用, 且便于移植、执行效率高。μC/Fs 组件支持目前广泛使用的 FAT 文件系统, 不仅支持 FAT12、FAT16, 还支持 FAT32。μC/Fs 组件采用了分层设计结构, 其层次结构如图 5 所示。

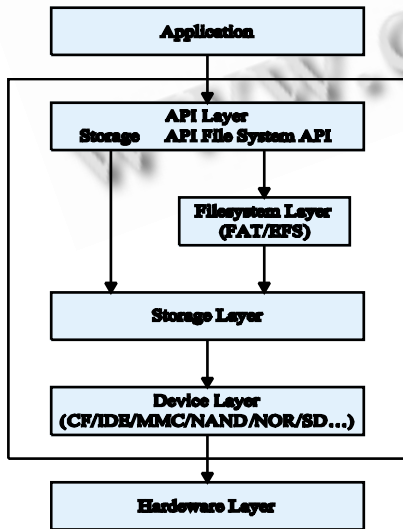


图 5 μC/Fs 文件系统层次结构图

API layer 层是 μC/Fs 和应用程序的接口层。向应用层提供文件和目录管理的 API 函数, 向下调用 File System Layer 层函数。File System Layer 层在文件操作逻辑块操作之间传送数据。Device Driver 层为具体的设备驱动层, 向上层提供统一的接口, 这些接口负责具体存储设备的驱动。因此, 移植工作主要涉及该层<sup>[4]</sup>。

本系统中 μC/Fs 的移植主要是将 TF 卡的驱动程序填充到 μC/Fs 的设备驱动层并修改 fs\_conf.h 配置文件。本系统中的设备驱动层涉及到如下几个函数和结构: \_FS\_MMC\_DevStatus 函数、\_FS\_MMC\_DevRead 函数、\_FS\_MMC\_DevWrite 函数、\_FS\_MMC\_DevIoctl 函数和 FS\_mmcdevice\_driver 结构。主要是要完成 \_FS\_MMC\_DevRead 函数、\_FS\_MMC\_DevWrite 函数。

\_FS\_MMC\_DevRead 函数关键部分代码如下:

```

BYTE *pBuffer_temp=(BYTE *)pBuffer;
DWORD *buff=NULL;
buff=(DWORD *)malloc(128*sizeof(DWORD));
if(MCI_Read_Block(Sector,buff)==TRUE){
    for(int i=0,j=0;i<128;i++){
        pBuffer_temp[j]=buff[i]&0xFF;
        pBuffer_temp[j+1]=(buff[i]>>8)&0xFF;
        pBuffer_temp[j+2]=(buff[i]>>16)&0xFF;
        pBuffer_temp[j+3]=(buff[i]>>24)&0xFF;
        j=j+4;
    }
    pBuffer=(void *)pBuffer_temp;
    free(buff);
    return 0;
}
else{
    free(buff);
    return -1;
}
    
```

\_FS\_MMC\_DevWrite 函数实现如下:

```

BYTE *pBuffer_temp=(BYTE *)pBuffer;
DWORD *buff=NULL;
while(buff==NULL)
    buff=(DWORD *)malloc(128*sizeof(DWORD));
for(int i=0,j=0;i<128;i++){
    buff[i]=pBuffer_temp[j]|pBuffer_temp[j+1]<
    <8 | pBuffer_temp[j+2]<<16 |pBuffer_ te-
    
```

```

mp[j+3]<<24;
    j+=4;
}
if(MCI_Write_Block(Sector, buff)==TRUE){
    free(buff);
    return 0;
}
else{
    free(buff);
    return -1;
}

```

## 5 应用程序设计及实验结果

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$  是占先式内核,总是运行就绪条件下优先级最高的任务,它最多可以管理64个任务,其中保留8个给系统,应用程序最多可以有56个任务。一般一个任务对应于一段独立的主程序,它可能调用各种子程序,并使用各种系统资源如中断、外设等,以完成某种选定的功能,且允许多个任务并行<sup>[5]</sup>。另外, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中提供了三种用于数据共享和任务通信的方法:信号量、消息邮箱和消息队列。

嵌入式实时多任务软件的设计关键是软件实时性的保证,其中包括了任务的划分及任务优先级的设置、任务间通信机制的选择和中断处理程序等的编写。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 占先式内核优越的性能,有利于系统的实时响应,能够促进系统整体性能的提升,提高系统的可靠性,同时也使调试程序变得容易。

在SPRD系统的整个软件架构中,对TF卡和文件系统的操作在App\_TaskFileSystem任务中,在该任务中验证该系统的程序关键部分代码如下:

```

FS_Init();
FS_FILE *myfile;
FS_size_t len_read;
MCI_Init();
res=CheckMCI();

```

```

myfile=FS_FOpen("spec.SPEC","wb+");
len_written=FS_FWrite(SpecData,1,strlen(SpecData),myfile);
FS_FClose(myfile);

```

经测试验证,当放射性物质探测模块采集到数据时,则在TF卡上创建文件spec.SPEC,并向该文件写入了放射性物质探测模块采集到的数据。经验证,该系统可以实时地实现对文件和目录的创建、删除、读写操作,达到了嵌入式系统和SPRD仪器产品的设计要求。

## 6 结语

本系统以ARM7嵌入式微处理器和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式操作系统为平台,设计了一款采用TF卡作为存储设备的数据存储系统。很好地解决了带有谱分析的放射性探测器(SPRD)中要求快速大容量地存储数据的问题。将 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式操作系统引入到该系统中,很好地解决了传统数据采集设备中多任务软件实时性不强的问题,并使系统软件模块化,便于系统的扩展。

本方案不仅可以应用于带有谱分析的放射性探测器(SPRD)中,而且具有很强的通用性,可以应用于需要大容量数据存储的各种嵌入式设备中。

## 参考文献

- 1 张长宏.基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的Flash文件系统的研究和实现[硕士学位论文].西安:电子科技大学,2004.
- 2 FAT32 File System Specification. Microsoft Corporation. 2000.12.
- 3 LPC2468 User manual. NXP Corporation. 2007.7
- 4 User's & reference manual for  $\mu\text{C}/\text{FS}$ . Micrium. 2002.
- 5 Jean J. Labrosse. 嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ (邵贝贝译).北京:北京航空航天大学出版社.
- 6 SD Memory Card Specifications. SD Group(MEI, Toshiba, SanDisk). 2000.