

支持多种存储介质的嵌入式 MP3 播放系统的设计与实现

The design and realization of embedded MP3 player served various memory mediums

李 静 郝卫东 陈 亮 陈旻锋 (桂林电子科技大学 机器人中心 广西桂林 541004)

摘 要: 针对目前消费类 MP3 存储容量固定,容易淘汰,结构形式单一,用户无法修改其功能等问题,提出了一种基于 ARM7TDMI-S 内核的 LPC2148 + ADPCM 编码芯片 VS1003 设计 MP3 播放器的方法。重点介绍了应用程序中 FAT 文件系统的设计及实现,通过此方式不仅可实现良好的文件和目录管理,而且底层驱动可兼容各种不同的硬件结构和存储介质,用户可在此平台上任意扩展且实现海量存储。

关键词: 嵌入式 存储介质 FAT 文件系统 MP3 播放

目前消费类 MP3 播放器方案基本上采用单芯方案或者双芯方案。单芯是指将微控制器、音频解码器、

问题,双芯方案应运而生,一个芯片主要处理系统、各种外围功能,而另外一个芯片主要处理音频解码以及音效的问题。这类方案的典型例子有三星 ARM SA58700X07 + 飞利浦音频芯 380HN, ROCKCHIP 2608A + 欧胜 Wolfson WM8750S, 飞利浦 PNX0102 + 韩国 MV3019 DSP (数字图象处理) 芯片。这种消费类 MP3 播放器体积小,功能多,但从整个结构来看,存储容量固定,形式单一,封闭式,用户无法对方案或者功能进行修改。为了解决上述问题,本论文主要研究基于嵌入式系统和 ARM 应用,采用一种开放式的功能多样化的方案实现 MP3 播放器,支持海量存储和多种存储介质,存储容量随所支持的磁盘变化,具有一定的实用价值。

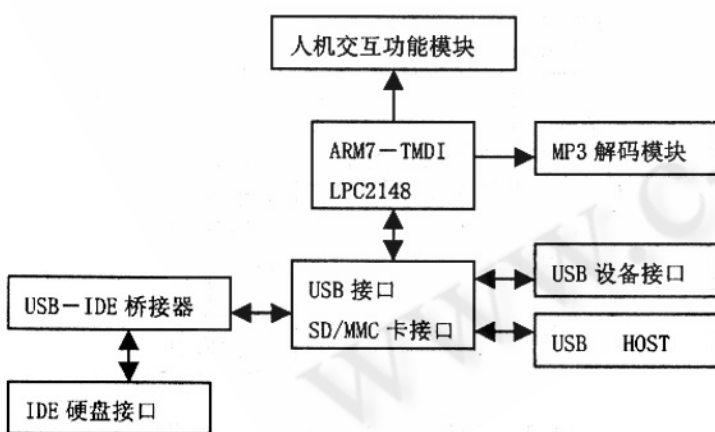


图 1 硬件系统框图

以及一些可选外围如 USB、收音集成在一块超大规模的集成电路里。单芯方案由于只用一片芯片就完成了几乎 MP3 播放器所有功能,体积和生产成本明显减小。但注重音频表现就会失去功能完美,注重功能表现就会影响音频表现。为了解决单一芯片方案存在的

1 系统的硬件分析与设计

系统硬件框图如图 1 所示,整个硬件系统以 PHILIPS 公司 ARM7-TMDI 内核的 LPC2148 为核心处理器,分别控制 MP3 解码模块,SD/MMC 卡接口和 USB 接口模块及人机交互功能模块。

因要实现多种存储介质均可作为 MP3 的存储器,在此基础扩展了 USB 主机接口、USB 设备接口、IDE 硬盘接口和 SD/MMC 卡接口。USB 主机芯片使用的是南京沁恒公司的 USB2.0 全速总线接口芯片 CH375,该芯片支持 USB-HOST 主机方式以及 USB-DEVICE/SLAVE 设备方式。用该 USB 主机芯片与赛普拉斯公司的 USB 2.0 to ATA/ATAPI 桥接器芯片 CY7C68300B 实现 IDE 硬盘的控制。USB 接口与 SD/MMC 卡接口控制模块可实现 SD 卡存储器的读写、USB 设备、USB 主机以及硬盘控制,在这个硬件平台上可以将 SD/MMC 卡、U 盘、硬盘三种存储介质之间的数据互相交换,而且可以在这个平台上开发各种 USB 设备,如大容量 USB 数据采集存储器。

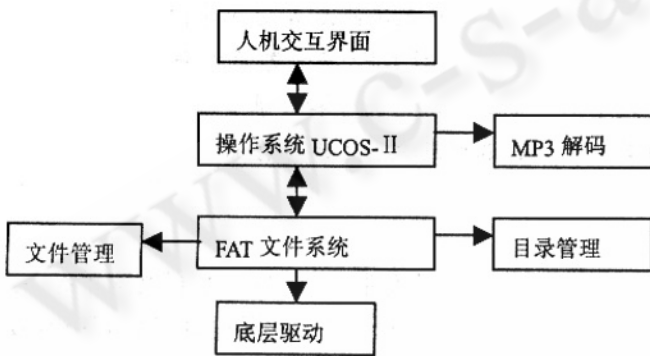


图 2 软件系统框图

人机交互功能模块电路:信息输入由板上的 5 个轻触式按键和一个红外遥控接收电路完成,可以进行 MP3 的选曲、音量、音效设定、文件操作等。信息输出由板上的双色 OLED 与外接扩展 12864KLCD 液晶显示器完成,显示一些系统信息、目录、文件名、MP3 播放过程中的一些信息以及一些简单的图形界面等。

2 系统软件分析与实现

MP3 播放器软件平台以嵌入式操作系统 UC/OS-II 为核心,各个功能模块以任务形式由操作系统管理。软件系统分为三个应用模块:FAT 文件系统模块;MP3 解码器驱动模块;人机交互界面模块。FAT 文件系统模块实现文件管理、目录管理和各种存储介质读写的底层驱动;MP3 解码器驱动模块负责对解码芯片进行控制使其完成 MP3 文件解码工作;人机交互功能实现按键扫描与处理、红外解码与处理、LCD 液晶显示

器的驱动等。

该系统完成的主要软件任务有:

- (1) 在 AR7 处理器上移植 $\mu C/OS-II$ 操作系统。
- (2) FAT 文件系统部分实现算法。
- (3) SD 卡底层驱动的实现;LCD 显示器的驱动;MP3 解码芯片的驱动,USB 主机芯片的协议与驱动。
- (4) 人机交互界面实现。

由于篇幅有限,在这里将重点介绍文件系统的原理与部分实现算法,SD 卡底层驱动的实现和 MP3 解码芯片的驱动,其余不作详细阐述。

2.1 FAT 文件系统实现

FAT 文件系统体系结构采用模块化层次结构设计。将模块分为三个层次:应用程序层、实用程序层、底层驱动层,其体系结构关系图见图 3 所示。应用程序层是整个程序的最高层,所有的文件和目录的操作都通过调用这层函数实现,实用程序层为应用程序层服务,管理文件和目录,根据应用层对文件或目录的操作调用相应的底层驱动程序读写磁盘上的数据,并且管理着复杂的文件分配表,目录分配表和逻辑盘。底层驱动程序兼容不同的硬件结构和不同的存储介质,由实用程序层调用,其直接从存储介质中读取数据或写入数据。

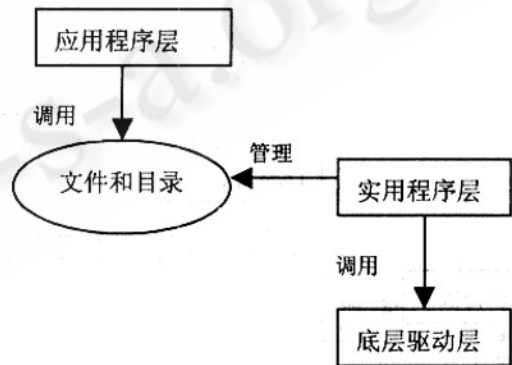


图 3 FAT 文件系统软件体系结构关系图

2.1.1 FAT 文件目录的建立

FAT 目录是由 32 字节结构的线型列表组成的文件。惟一特殊的目录是根目录,对于 FAT12 和 FAT16 介质来说,根目录的第 1 个扇区是与 FAT 卷第 1 个扇区相关的扇区号,对于 FAT32 根目录的大小可变,而且像其他目录一样是一个簇链。FAT32 卷中根目录的第 1 个簇保存在 BPB_RootClus 中。

根据 FAT32 字节目录项结构,当新建目录时,用户必须在 DIR_Attr 字段置位 ATTR_DIRECTORY 位,并将 DIR_FileSize 字段设置为 0。DIR_FileSize 通常不被使用,在有 ATTR_DIRECTORY 属性的文件中通常为 0(目录的大小是从簇链开始到 EOC 标志)。将一个簇分配到目录(除非它是 FAT16/FAT12 卷的根目录),而且将 DIR_FstClusLO 和 DIR_FstClusHI 设置为簇编号并将 EOC 标记放在 FAT 的簇表项中。接着,用户可以将该簇的所有字节初始化为 0。如果目录是根目录,那么就完成了(根目录中没有 dot 或 dotdot 表项)。如果目录不是根目录,用户需要在目录开始的两个 32 字节目录项中新建两个特殊的表项(用户必须分配簇数据区开始的 2 个 32 字节表项)。

着各个逻辑盘的各种信息,存储空间分配采用静态分配。

(2) 逻辑盘初始化:将逻辑盘信息登记项的各个成员初始化为空值,以及初始化 Cache,调用函数 DiskInit() 实现。

(3) 获取逻辑盘信息:逻辑盘信息登记项保存着逻辑盘的重要信息,这些信息会被文件系统的其他部分使用。文件系统的其他部分可以通过调用函数 GetDiskInfo() 获取指定的逻辑盘的逻辑盘信息登记项的地址(即指向此逻辑盘信息登记项的指针)。

(4) 获取空闲登记项底层:驱动程序需要调用函数 GetEmptyDiskInfoAddr() 获取空闲的逻辑盘登记项,同时相当于获取了相应的盘符。

2.1.3 加载和卸载底层驱动程序

在使用文件系统之前至少要加载一个底层驱动程序。程序可以通过调用函数 AddFileDriver() 加载底层驱动程序,但要注意逻辑盘 0 扇区不一定是该卷的 0 扇区。函数 AddFileDriver() 的流程图见图 4 所示。

由于某种原因当某个逻辑盘不再有效时(例如从软驱中取出软盘),需要卸载相应的底层驱动程序,这时通过调用函数 RemoveFileDrive() 实现。首先根据系统分配的逻辑盘符找到相应的逻辑盘信息登记卡,判断登记卡有效后通知底层驱动程序关闭此逻辑盘。最后将相应的逻辑盘信息登记项设置为初始值(同时也把这个逻辑盘信息登记项标记为无效了)。

2.2 SD/MMC 卡读写驱动应用层函数

所用程序如果要对 SD/MMC 卡进行读写操作,都通过调用该程序实现,该程序是 SD/MMC 卡读写软件应用层的接口函数。通过该接口函数可实现对卡进行块设置、读取块、读取扇区、写块、写扇区以及读取卡的信息等功能。SD/MMC 卡读写驱动应用层接口函数

源程序略。

2.3 MP3 解码芯片驱动

VS1003 支持 SPI 总线传输模式,因此可直接用 LPC2148 的 SPI 接口与 VS1003 进行数据传送。首先初始化 SPI 接口和 VS1003,当对 VS1003 存储器测试、SCI

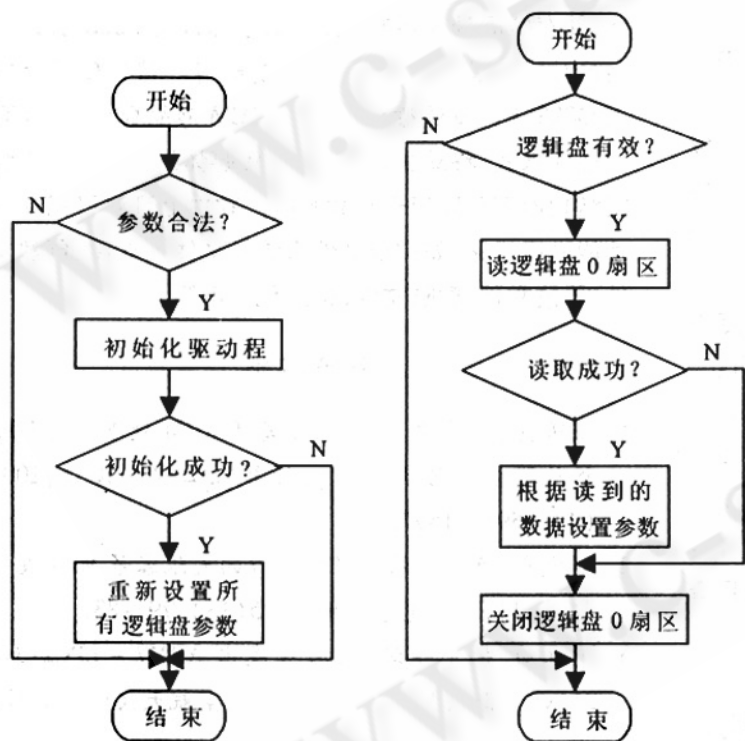


图 4 加载底层驱动程序流程图

2.1.2 逻辑盘管理

当系统加载了一个卷后,会有一个逻辑盘符分配给它,也就有了对应的逻辑盘。主要程序包括:逻辑盘信息登记项数据结构,逻辑盘初始化,获取逻辑盘信息,获取空闲登记项。

(1) 逻辑盘信息登记项:是一个结构体数组,记录

总线测试和正弦测试成功后,只要把 MP3 文件数据按照正确的方法发送给 VS1003,而不论 MP3 的存储介质是 U 盘、SD/MMC 卡、CF 卡或是硬盘都可以完成 MP3

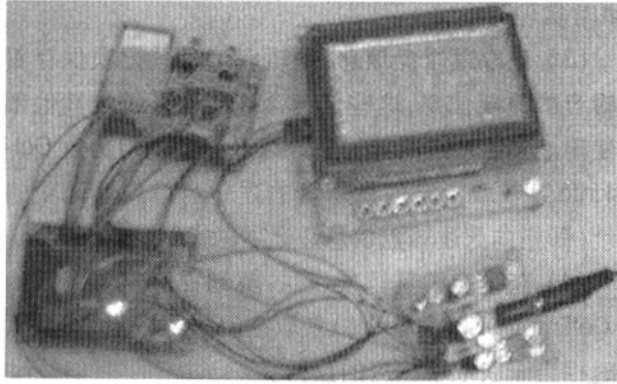


图 5 MP3 播放系统实物图

的解码和播放工作了,且不管是否为 MP3 文件格式。(但与 MP3 歌曲有关的信息都在 MP3 文件的 ID3V2G 与 ID3V1 标签里,如果需要这些信息可另行处理) VS1003 可一次最多接收 32 个字节的数据,然后必须检测 DREQ 信号,当 DREQ 为低时就不能向 VS1003 发送数据,当 DREQ 为高时可送下一个数据(注意当 DREQ 为高是表明 VS1003 可以接收新的数据,但并不一定表示可以接收 32BYTE 数据),直到 MP3 文件发完为止。VS1003 的 DREQ 可以连接到处理器的外部中断输入端,当 DREQ 变为高电平时向处理器申请中断,处理器在中断服务程序里向 VS1003 发送一串数据。这样可以不用查询 DREQ 的状态,处理器的 CPU 利用率可以提高,这对播放高位率的 MP3 文件非常有用。采用查询方式播放 MP3 的流程如下:

- (1) 打开一个指定的 MP3 文件;
- (2) 读取一个扇区(可以是更多或更少,但最好以扇区为单位)数据存放到数据缓冲区;
- (3) 发送 32 个字节的数据到 VS1003;
- (4) 检测 DREQ,当 DREQ 为高发下一串数据(不一定是 32BYTE);
- (5) 是否发完数据缓冲区中的数据,否,则回到第 4 步;

(6) 是否发完打开的 MP3 文件,否,则回到第 2 步;

(7) 关门打开的 MP3 文件;

(8) 进行下一曲 MP3 播放流程。

按照上述流程操作 VS1003 就可以让其源源不断的播放音乐了。(源代码略)

3 结论

经过实际制作并测试,此 MP3 播放系统实现了利用 SD 卡存储可流畅播放小于 800KBPS 比特流的 MP3 文件,且音质较好。实物图见图 5 所示。

除了 MP3 播放功能外,整个硬件系统还是一个功能丰富的嵌入系统开发学习平台,配上相应的软件程序就可以完成多种功能,例如 PCM 编码方式录音功能,SD/MMC 读卡器功能,移动硬盘功能,USB 协议的海量数据存储功能;U 盘读写功能等。若在硬件上加上 GPRS 无线网络模块、彩色的 LCM 液晶显示器,即可实现便携式、移动式 MP3/MP4 多媒体系统,GPRS 无线网络功能还可以用于车载系统。软件上可对已完成的功能进行优化,如实现文件系统长文件名支持;创建文件、修改文件、删除文件、格式化磁盘等。

参考文献

- 1 王道乾、刘定智、文俊浩,基于 ARM 处理器的 MP3 播放器分析与实现[J],计算机工程与设计,2007(4),1595~1597.
- 2 刘定良、刘兵,基于 IDE 接口的无限容量 MP3 设计技术[J],现代电子技术,2005(18),79~83.
- 3 周立功、张华等编著,深入浅出 ARM7-LPC213x/214x(下册)[M],北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- 4 Labrosse J Jean,嵌入式实时操作系统 UC/OS-II [M],北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- 5 VLSI 公司. VS1003 - MP3/WMA AUDIO CODEC [M],2005.