

单片机访问 SD 卡精简方法的设计与实现*

张 弛, 张成俊, 吴晓光

(武汉纺织大学 机电工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:针对传统方法中“单片机(MCU)读写 SD 卡数据时需要执行复杂的文件分区表数据操作”的缺点,以 LED 护栏管显示屏技术要求为例,提出了一种单片机主从系统中快速、简单的 SD 卡存储器的访问方法,并给出了一种实用的 SD 卡与单片机连接的接口电路。采用该方法读取 SD 卡控制数据与存储文件的分区表格式无关,因此支持 FAT32、NTFS、exFAT 等文件格式下从 16 MB ~ 32 GB 的 SD 卡。该方法对需从 SD 卡中连续读取控制数据的主、从控制系统均适用,有很强的实用性。该方法在 LED 护栏管显示屏控制器产品中得到应用,应用结果表明该系统读取数据稳定,控制效果良好。

关键词:SD 卡;SPI 方式;单片机;STC11L05

中图分类号:TH39;TP39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)04-0479-03

Design and implementation of simple SD card driven method in MCU system

ZHANG Chi, ZHANG Cheng-jun, WU Xiao-guang

(School of Mechanical Engineering, Wuhan Textile University, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to reduce the difficulty of secure digital memory card operation in microcontroller unit(MCU) system, a simple SD card driven method and interface circuit was introduced. This method is independent of partition table, so it sustains all kinds of SD card and partition formats, including FAT32, NTFS, exFAT format from 16 MByte to 32 GByte SD card. It can be appropriate for Master-slave control system using SD card. This method was used in LED display controller system. The application results indicate that the system achieves good effect.

Key words: secure digital memory card; SPI mode; micro controller unit(MCU); STC11L05

0 引 言

SD 卡是基于 FLASH 存储介质的新一代记忆设备,由日本松下、东芝及美国 SanDisk 公司于 1999 年 8 月在 MMC 卡(Multi Media Card)基础上共同开发研制,具有体积小、容量大、数据传输快、移动灵活、安全性能好以及兼容 MMC 卡等特点^[1-2]。它的出现提供了一个便宜的、结实的、卡片式的存储媒介,SD 卡的容量从 16 MB 到最高 32 GB 不等,可为众多应用提供充足的外部存储空间^[3-4]。

SD 卡的数据读取以扇区为单位,一次读取 512 Bytes。对于低成本 51 核单片机,片内只有 256 Bytes RAM 空间,并且不能全部用来读取 SD 卡数据。因此很多 SD

卡数据读取控制方案,使用 SD 卡的单片机都要求能一次存储 512 Bytes 数据,必需选择性能较高的单片机。而且为了便于同 PC 机兼容,传统方式下需对 SD 卡的文件分区格式进行处理。为了能适用于 FAT32、NTFS、exFAT 等各种分区格式,单片机驱动程序中使用了较多的资源来实现 SD 卡的访问控制,特别是针对分区表的操作。

笔者针对一些主从控制系统的控制要求,提出了一种精简 SD 卡读取方法,使得一些低成本单片机也能很方便地使用 SD 卡这种大容量外部存储介质。

1 SD 卡精简方法适用场合

在低成本单片机控制系统中,单片机访问 SD 卡

的方式一般是只读的,而且为了达到较好的实时性,数据往往是连续读取的。例如:LED 护栏管显示屏是由首尾相连的护栏管排列组成,多用于楼宇外立面的亮化工程。相对户外 LED 显示屏,LED 护栏管显示屏控制点数较少(2 万点以下),显示分辨率较低,用 SD 卡或 CF 卡将节目录制后通过控制器送出,而不采用 DVI 同步显示,成本低廉。对于成本敏感楼宇亮化与广告显示屏应用有较广泛应用。低成本 LED 护栏控制器使用 SD 卡的控制系统的工作过程如下(如图 1 所示):

(1) 由设计软件根据系统驱动点数或路数等参数,把所有要显示的动画效果数据经相关算法转换后写入一个二进制文件,即由上位 PC 机合成控制数据。

(2) 将此文件拷贝至 SD 卡。一般一张卡上只有一个此文件。在拷贝前选择适合的分区形式对 SD 卡进行格式化,即选择合适、大容量的外存储器(如 SD 卡、CF 卡或其他 FLASH 存储器)存放控制数据。

(3) 系统上电后,由主控制器负责从 SD 卡中将数据读出。然后根据驱动类型将此数据通过串口或 SPI 方式送至 N 个下位机,即单片机系统工作时由一台主机快速、连续读取指定数据,并发送给下位机。

(4) 下位机接收串口数据,将此数据送入自己的 RAM 区,或根据地址选择其中的有效数据写入自己的 RAM 区,即从机通过串行或并行方式接收主机数据,并根据协议得到本机数据。

(5) 接收到上位机的同步命令后同时更新驱动数据,即最终驱动 I/O 控制单元。

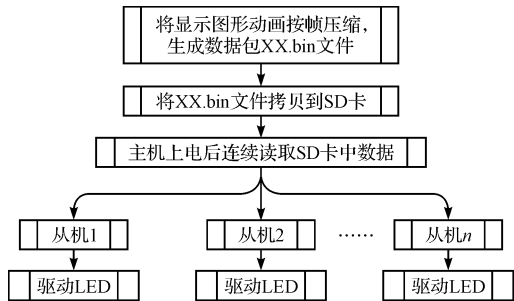


图 1 LED 护栏控制器使用 SD 卡工作过程

此类系统控制数据通常为主从系统,系统控制数据存放于一个数据文件中,主机工作时顺序读出数据。一旦通过操作文件分区表找到相应文件名所在的起始地址就不需要经常使用分区表。由于 SD 卡中数据为连续存储,只需依据此文件的首地址即可对文件进行访问。由于驱动点数或路数一般固定,每帧长度固定。如果该文件下控制的数据包括多个模式或帧数不同,计算相应的文件地址偏移量即可找到需要的起始位置数据。

2 接口设计

SD 卡有 SD 和 SPI 两种工作模式^[5],相对于 SD 模式, SPI 模式可以简化主机设计,降低成本。STC11L05^[6]单片机与 SD 卡在 SPI 工作方式下的硬件接线图如图 2 所示。由于 SD 卡控制器的核心电压在 3.3 V 左右,在单片机选型时选择工作电压支持 3.3 V 的型号,如 STC11L 系列,AVR 系列的宽电压范围类型^[7],FO20 系列^[8-9]。在编程时选择可以进行位操作的引脚与 SD 卡脚位连接。SD_CS 为 SD 卡使能控制,SD_WR 为 SD 卡数据或命令写入位,SD_RD 为 SD 卡数据读出位,SD_SCL 为 SPI 串行时钟输入位。STC 单片机有内部上拉,固电路中数据引脚上拉均可以省略。由于此应用中为只读方式,SD 卡的写保护 WP 引脚未使用。在电源两端增加 0.1 μ F 滤波电容作为辅助电路在图中省略。此连接方法几乎可以使用单片机上任意 4 位做位操作的引脚直接与 SD 卡相连,简单实用。

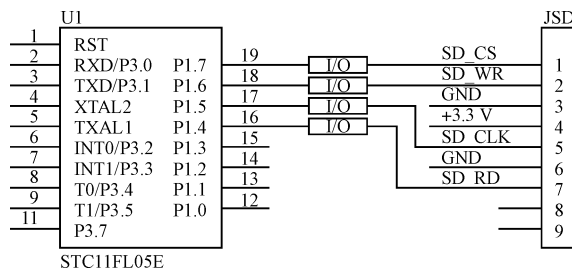


图 2 STC11L05 单片机与 SD 硬件接线图

3 文件格式设计

为了让文件访问独立于分区表,其核心就是要在拷贝至 SD 卡中数据有一个唯一的识别数据,并设计文件头数据格式,使其便于后续的按帧、按控制模式读取。

文件头尺寸应为 512 Bytes 的整数倍,即使用整数个扇区,便于访问后续实际控制数据。文件头中第 1 个字节可用于确定文件序号,这样就可以使 SD 卡中存入多个控制文件也不需要访问分区表。第 2 ~ 11 字节为文件识别数据,可存入“XX 公司”或“XX 科技”等识别数据,与后续控制数据相区别。单片机在定位文件起始地址时,连续读入扇区数据,对此数据进行比较,相同则找到文件头地址,将文件起始地址存入全局变量。此操作只在初始化时执行一次,后续再不用执行类似操作,节约文件定位时间。后续数据包括驱动总点数,控制模式数及驱动路数,可用来确定每帧数据所占扇区数。若上位机组织数据时能将驱动数据按

512 Bytes 填满,使得每帧数据占据整数个扇区,则后续寻址操作更简洁。文件头数据格式说明表如表 1 所示,以某 LED 亮化工程控制系统中 SD 卡的文件头数据格式为例进行说明,具体使用中用户可以进行相应的修改,以制定自己的标准。

表 1 文件头数据格式说明表

序号	文件偏址	数据类型	说明
1	0000H	byte	“XX”文件头,自定义
2	0001H—000BH	byte	文件识别数据,11Bytes,自定义
3	000CH—000FH	long	驱动总点数,长整型
4	0010H	byte	控制模式数(0-255)
5	0011H	byte	驱动路数(0-255)
6	0012H—0015H	long	模式 1 的帧数,长整型
7	0016H—0019H	long	模式 2 的帧数,长整型
...
8	01FDH	byte	帧延时值设定,0-255 ms
9	01FEH—01FFH	byte	“EE EE”,文件尾,自定义

4 软件设计

SD 卡工作在 SPI 方式下,单片机系统可用硬件 SPI 功能脚与 SD 卡相连,并按 SPI 模式进行读/写操作。对于无 SPI 接口的单片机可用 I/O 脚模拟 SPI 协议对 SD 卡进行读/写操作。笔者给出的接口与程序利用能直接进行位操作的单片机引脚进行,可以适用于工作电压为 3.3 V 的 51 核、AVR 核、PIC 等各种单片机系统。下面具体说明单片机软件如何实现对 SD 卡的读/写与定位文件初始物理地址等操作。

4.1 SPI 方式下的读/写操作

写操作通过 PIN_CLK 与 PIN_WR 两个引脚将数据或命令写入 SD 卡,其中 PIN_WR 为数据输入端口,且数据传送为高位先写入,PIN_CLK 上升沿锁存数据。具体代码如下:

```
void SPI_WBYTE(uchar val) //往 SD 卡写入 1 Byte
{
    uchar i=0;
    for(i=8;i--){
        PIN_CLK=0;
        PIN_WR=(val&0x80);
        val<<=1;
        PIN_CLK=1;
        PIN_WR=1;
    }
}
```

读操作通过 PIN_CLK 与 PIN_RD 两个引脚将 SD 卡数据或状态读出,其中 PIN_RD 为数据输出端口,且数据传送为高位先送出,PIN_CLK 上升沿锁存数据。具体代码如下:

```
uchar SPI_RBYTE(void) //从 SD 卡读出 1 Byte
{
    uchar n=0;
    uchar i=0;
    PIN_RD=1;
    for(i=8;i--){
        PIN_CLK=0;
        PIN_CLK=1;
        n<<=1;
        if(PIN_RD)n|=1;
    }
    return n;
}
```

4.2 SD 卡命令格式

SPI 模式是一种简单的命令响应协议,主控制器发出命令后,SD 卡针对不同的命令返回对应的响应。SD 卡的命令列表都是以 CMD 和 ACMD 开头,分别指通用命令和专用命令,后面接命令的编号^[10]。例如,CMD17 就是一个通用命令,用来读单块数据。在 SPI 模式中,命令都是以如下的 6 Bytes 形式发送的。具体代码如下:

```
void SdCommand(uchar command,ulong argument,uchar CRC)
//写命令
{
    SPI_WBYTE(command|0x40);
    SPI_WBYTE(((unsigned char *)&argument)[0]);
    SPI_WBYTE(((unsigned char *)&argument)[1]);
    SPI_WBYTE(((unsigned char *)&argument)[2]);
    SPI_WBYTE(((unsigned char *)&argument)[3]);
    SPI_WBYTE(CRC);
}
```

常用的 3 条命令如下:

SdCommand(0x00,0,0x95);设置 SD 卡工作于 SPI 方式

SdCommand(0x01,0x00FFC000,0xFF);打开 SD 卡

SdCommand(0x11,cntAddress,0xFF);连续读取 SD 卡数据,cntAddress 为 32 位任意地址,一般低 9 位为零,即扇区物理地址。其它命令与控制方式见数据手册。

4.3 确定文件物理地址

而在实际控制中,系统初始化后应对 SD 卡物理地址中数据进行遍历,确定数据起始地址,找到后存放于一公用变量中,为从任意模式、任意帧定位驱动数据给出参考物理地址。具体程序流程如图 3 所示。

利用遍历定位文件初始物理地址后,可反复读取文件头数据,从而定位出每一模式、每一帧数据存放在 SD 卡上的物理地址。为了方便寻址,存放在 SD 卡的数据组织上最好将数据对齐至扇区,这样可以大大减少空读数据的时间。

使用,也可以组网使用。由于精确测量湿度是一个难题,该仪器也只是在现有基础上通过大量实验,得到了一个比较可行的测湿方法,但还有改进的余地。相信随着湿度传感器技术的发展,对湿度测量的精度也会逐步提高,这种电子产品的使用也会越来越多。近年来无线传感器网络技术发展很快,该仪器也可以加以改进,配合无线收发模块,实现无线通信功能。

参考文献 (References):

- [1] 窦振中. 基于单片机的嵌入式系统工程设计[M]. 北京:中国电力出版社,2008.
- [2] Texas Instruments Inc.. MSP430x13x, MSP430x14x, MSP430x14x1 Mixed Signal Microcontroller Data Manual (Rev. F) [EB/OL]. [2004-06-03]. <http://focus.ti.com/lit/ds/sls272f/slas272f.pdf>.
- [3] 何立明. 单片机应用技术选编[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1997.

- [4] 谢瑞和. 串行技术大全[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [5] Texas Instruments Inc.. Choosing an Ultra Low Power MCU (Rev. F) [EB/OL]. [2003-06-16]. <http://focus.ti.com.cn/cn/lit/an/slaa207/slaa207.pdf>.
- [6] 曹磊. MSP430 单片机 C 程序设计与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [7] Texas Instruments Inc.. MSP430x1xx Family User's Guide (Rev. F) [EB/OL]. [2006-02-28]. <http://focus.ti.com/lit/ug/slau049f/slau049f.pdf>.
- [8] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [9] 秦龙. MSP430 单片机 C 语言应用程序设计实例精讲[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [10] Texas Instruments Inc.. MSP430x13x, MSP430F14x, MSP430F15x, MSP430F16x Code Examples (Rev. F) [EB/OL]. [2005-06-11]. <http://focus.ti.com/sw/slac015n/slac015n.zip>.

[编辑:张翔]

(上接第 481 页)

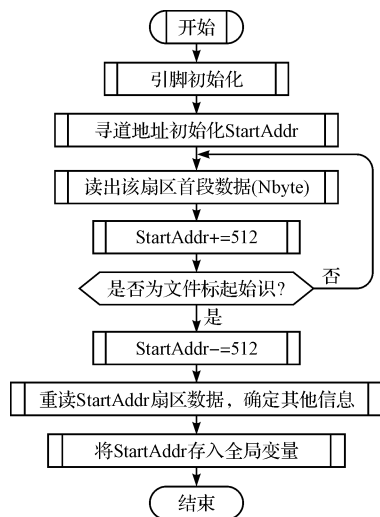


图3 SD卡数据文件定位流程图

5 结束语

笔者通过设计带有特殊识别数据的文件及文件相关格式,实现访问文件不依赖分区表的功能,但又能兼容上位机在各种文件分区格式下写入的数据。此方法为一种精简控制方案,可以使用一些低成本单片机,方便地读取SD卡数据,并实现对操作对象的快速控制。该方案特别适合一些成本敏感或以单片机为核心的主、从控制系统,要求主机读取大量数据并连续向从机或驱动部分发送的小型控制系统。

通过该方法能够实现LED护栏管显示屏的控制要求,生成的文件通过PC机存入SD卡后,读取操作时只需在初始化时通过遍历所有扇区方式找到有效数

据的起始地址,后续数据读取操作只与此起始地址有关。该方法节约了读取文件所需的程序资源,简化了控制过程。硬件结构上接线简单,调试方便,便于移植。经实际调试应用,系统工作稳定可靠,大大缩小了代码的规模与复杂度。并对有类似控制要求的系统有一定的通用性,可供开发有相同控制要求的系统参考。

参考文献 (References):

- [1] SD Group (MEI, SanDisk, Toshiba). SD Memory Card Specifications Part 1: Physical Layer Specification Version 1.01 [Z]. SD Group (MEI, SanDisk, Toshiba), 2002.
- [2] 周立功. SD卡读写模块设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [3] 孙方,颜国正,王文兴. Multimedia Card 及其与单片机接口[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2004(6):44-46.
- [4] 张凯,姜熙君,陈磊,等. MMC卡的文件系统及其实现方法[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2006(5):30-32.
- [5] SanDisk Corporation. SanDisk secure digital card product manual [K]. SanDisk Corporation, 2004.
- [6] STC Corporation. STC11-10Fxx product manual [K]. STC Corporation, 2008.
- [7] AVR Corporation. AVR-MEGA48/88 product manual [K]. AVR Corporation, 2004.
- [8] Silabs Corporation. F020-10Fxx product manual [K]. Silabs Corporation, 2005.
- [9] 李长有,武学东,孙步胜,等. 基于C8051F020的SD卡主控制器设计[J]. 微计算机信息,2007,23(9-2):120-122.
- [10] 张洪涛,莫文承,李兵兵. 基于SPI协议的SD卡读写机制与实现方法[J]. 电子元器件应用,2008,10(3):42-43,47.

[编辑:李辉]