

基于 MSP430 和 CF 卡的 FAT16 文件系统设计

张宁¹, 王言章²

(1. 长春理工大学 光电工程学院, 长春 130022;
2. 吉林大学 朝阳校区仪器科学与电气工程学院, 长春 130026)

摘要: 本文介绍了 Compact Flash 卡的基本结构和技术特征, 详细说明了使用 MSP430 单片机和 CF 存储卡设计的 FAT16 文件系统, 进行了接口电路和相应的软件系统设计。写入的文件能被 Windows 操作系统读写。该系统适用于进行大容量的现场数据采集、存储, 并在动态心电图记录系统中得到了应用。

关键词: MSP430; CF 卡; FAT 文件系统

中图分类号: TP335 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9870 (2006) 01-0042-04

The Design of FAT16 File System Based on MSP430 and CF Card

ZHANG Ning¹, WANG Yanzhang²

(1. College of Opto-Electronic Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022;
2. College of Instrument Science and Electrical Engineering, Jilin University Chaoyang Subsection, Changchun 130026)

Abstract: The basic structure and technical characteristics about Compact Flash card are introduced, and the design of FAT16 file system based on msp430 and CF card is presented in the article. The interface between MSP430 and CF card and software system are designed. Windows can read or write the files easily. This is an effective system in collecting and saving field data especially when they are very large, and the system has been used in data storage of electrocardiogram recording system.

Key words: MSP430; CF card; FAT File System

近年来, 随着单片机及其应用技术的不断进步和完善, 越来越多的研究领域开始研究用于高速采样、实时记录数据, 然后将数据传入计算机进行分析处理的仪器、设备以满足生产、生活的需要。比如与动态心电图 (Holter) 系统配套使用的, 可由人随身携带用于连续记录 24 小时以上的心电图数据, 记录的数据量多达 100M 以上的记录盒。这样的设备不仅要求存储介质体积小、容量大, 而且要求其系统功耗低、可靠性高、存储速度快。

由于现今已经拥有运算速度高达几十兆, 处理能力极强的单片机 (包括 DSP), 多 CPU 并行处理技术, 转换时间仅为几十纳秒、分辨率高的 A/D 转换器件, 以及高速 RAM 等, 使得诸如上述的仪器、设备的成功研制成为可能。MSP430 系列单片机是美国德州仪器公司 (TI) 开发的新一代单片

机, 该单片机突出的优点就是低电源电压、超低功耗、多种功能, 非常适用于电池供电、便携式设备的应用。

比较常见的大容量存储介质有 Flash/EEPROM 芯片、闪存卡、硬盘等, 其中闪存卡不但能像硬盘那样能读能写, 具有较大容量, 而且读写速度快、功耗低、抗震能力强, 同时兼容性也比较好, 因此, 闪存卡已作为越来越多中小型应用系统中存储介质的首选。CF 卡具有内置的控制电路, 大大简化了外围控制电路的设计, 是众多闪存卡中应用最广泛的一种。CF 卡 True IDE 模式操作完全模拟硬盘。实现用单片机对 CF 卡的简单读写后, 可以进一步将数据内容按照 windows 标准文件格式写入 CF 卡, 而通过读卡器又可以将写入 CF 卡的数据以标准文件形式读出。

收稿日期: 2005-10-20

作者简介: 张宁 (1979-), 女, 山东巨野人, 助教, 主要从事测试技术和智能仪器的教学与研究工作, E-mail: cumtzn@126.com。

1 MSP430F448 与 CF 卡接口设计

本文微控制器选用了 MSP430 系列 MSP430F448 单片机。MSP430 系列单片机具有高效 16 位内核, 27 条指令, 125ns 指令周期, 其内部由很多模块组成, 各模块相互独立, 如定时器 (Timer)、输入输出 (I/O)、A/D 转换、看门狗 (Watchdog)、液晶显示器 (LCD) 等都可以在主 CPU 休眠的状态下独立运行。MSP430 单片机工作在 1.8~3.6V 电压下, 有正常工作模式和 4 种低功耗模式, 在最低功耗下工作只需 1.8 μ A, 从低功耗模式下唤醒仅需 6 μ s。此外 MSP430 系列单片机具有 LCD 驱动、A/D 转换以及模拟比较器和多路中断等, 用途十分广泛。MSP430 单片机是在 DSP 基础上发展起来的, 继承了 DSP 的一些优点, 使得它不但功耗低、而且速度快, 更加适合高速的数据采集和处理。

CF 卡采用 50 脚双列 0.05 英寸间距标准接口, 一侧连接器为插座型, 另一侧连接器为插头型。该接口支持完整的 PCMCIA ATA 功能, 并支持 I/O 独立编址模式、Memory 统一编址模式以及和硬盘操作兼容的 True IDE 三种工作模式。系统采用 True IDE 工作模式, 数据传输采用 16 位, CF 卡的 D0-D15 分别对应 MSP430F448 的 P1 口和 P3 口。True IDE 模式下 CF 卡与 MSP430F448 单片机的接口原理如图 1 所示。

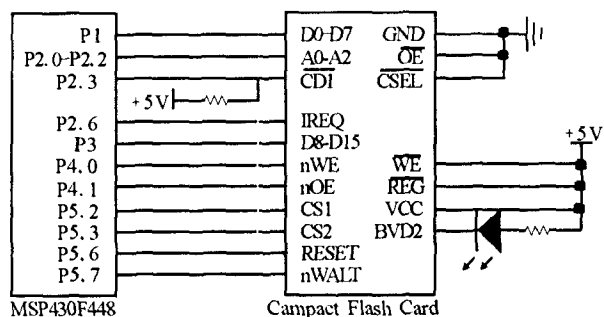


图 1 MSP430F448 与 CF 卡的接口原理图

Fig. 1 The interface schematic diagram between MSP430 and CF card

首先, 将 CF 卡检测引脚 CD1 (第 26 管脚) 接在 MSP430F448 中断引脚 P2.3 上, CF 卡插好时该引脚电平由高变为低, 产生中断, 在中断处理过程中, 置位 CF 卡插入标志位。检测不到 CF 卡则通过软件在 P5.1 引脚输出一个 2Hz 方波, 使 P5.1 上对应的 LED 每 0.5s 闪烁一次, 一旦检测到 CF 卡则 LED 灭。

另外, 要进入 True IDE 模式, 应在上电期间

强制 OE (第 9 管脚, 或称 ATASEL) 为低电平。如果 OE 上电期间为高电平, CF 卡将进入存储器模式。另外, 在 True IDE 模式下, 存储器或属性寄存器是不可被主机访问的。默认的 CF 卡操作模式是 16 位。

在 True IDE 模式下, CF 卡支持双卡操作。一个卡可以设置为主卡 (CSEL = 低电平), 另外一个设置为从卡 (CSEL = 高电平)。使用时, 该卡设置为主卡或从卡都可以。为了方便电路连接, 直接将 CSEL 接地, 即设置为主卡。

BVD2 (第 45 管脚) 连接一个发光二极管, 通过一个电阻接 +5V 电源, 提供 CF 卡内部操作的提示。当 CF 卡忙时, 发光二极管亮。

上电后, 等待 400ms, 在 RESET (第 41 管脚) 上的复位或软件复位都可以使 CF 卡就绪, 准备进行所有的操作。需要加上延时, 或将 Busy 和 RDY 状态位拉高直到 CF 卡就绪。另外, 软件复位可以提供 MCU 主机一个复位 CF 卡的方式, 即使 CF 卡正忙于内部的操作也可复位。

2 FAT16 文件系统软件设计

目前, 在 PC 机 DOS/Windows 的管理下, 广泛使用的是 FAT12、FAT16 和 FAT32 文件系统, FAT12 一般用于软盘, FAT16 和 FAT32 则用于硬盘。PC 机 FAT 文件系统分配数据是以簇为单位的, 一般来说, FAT32 的簇要比 FAT16 小得多, 但管理也比 FAT16 复杂, 因此容量大于 512M 的采用 FAT32, 容量小于 512M 的使用 FAT16, 本系统采用 FAT16 文件系统。和其他 FAT 文件系统一样, FAT16 文件系统的信息一般由 MBR、DBR、FAT、FDT 和数据区 5 个部分组成。

MBR (Master Boot Record), 即主引导记录, 位于 0 柱面 0 磁头 1 扇区。DBR (DOS Boot Record) 系统引导记录扇区位于逻辑 0 扇区。主要完成 DOS/Windows 的自举, 占一个扇区, 又被称为 DOS 引导扇区或 BOOT 区, 其中, 该区的 BPB (Bios Parameter Block) 参数块记录着分区的起始扇区、结束扇区、文件存储格式、硬盘介质描述符、根目录大小、FAT 个数, 分配单元大小等重要参数。文件分配表 FAT 紧随 DBR 之后, 从逻辑 1 扇区开始, 它是文件管理系统用来给每个文件分配磁盘物理空间的表格, FAT 文件分配表由表标识和簇映射的集合组成, 一个完全相同的镜像副本连续存储在主 FAT 表后, FAT 的全部目的就是跟踪文件, 具体描述即需要说明整个磁盘分区中的每个存

储单元(簇)的使用情况、文件数据的簇存储情况(连续或碎片)以及树型目录结构的描述。FAT 实际上就是一个卷中所有簇使用情况的映射表,每个文件、目录都同表中的若干项对应联系,并在目录中进行索引。FAT 之后就是根目录,记录整个磁盘上所有文件的有用信息,其中每一个文件占 32 个字节,包括文件名、文件属性、文件的修改时间和文件的长度等等。根目录接下来是数据区,用来存储采集的数据等信息。

在 CF 卡上写入一个文件的过程是这样的,在 CF 卡初始化之后(CF 卡上电复位和统计剩余空间等工作已经完成),控制器开始向 CF 卡的一些寄存器填写必要信息,然后向 CF 卡的命令寄存器写入 CF 卡操作的命令。FAT16 文件系统的目录结构实际上就是一个有向的从根到叶的树,系统根据根目录来寻址其他文件,FAT 文件系统就是根据分区的 DBR 参数和 DBR 中存放的已经计算好的 FAT 表(2 份)的大小确定的。格式化之后,根目录的大小和位置其实都已经确定下来了,位置紧随 FAT2 之后,大小通常为 32 个扇区。

CF 卡 True IDE 模式下存储原理与硬盘相同,CF 卡出厂时已将 Flash 存储器低级格式化,格式化以后,Flash 存储器被划分为许多物理扇区,每个扇区有 512 个字节,而“柱面、磁道、扇区”就是能唯一确定数据存放位置的 3 个参数。扇区是读写 CF 卡的最小单位,ATA/IDE 标准不允许一次只是一个字节的访问 HDD 或 CF 卡,固化文件必须一次读或者写一个或多个扇区,一个扇区等于 512 字节的数据。因此对单片机来说必须要有一块数据缓冲区来支持随机访问 CF 卡。MSP430 系列 Flash 单片机自带 Flash 存储器,正好作为数据缓冲区使用。

数据存储的软件系统包括以下几个部分,首先设置 MSP430F448 的各个中断,对 I/O 的输入输出进行设置,随即检测 CF 卡是否已经插好,如果插好了便可进行系统的初始化,包括时钟频率设定和时钟分配、开中断、A/D 的初始化和 CF 卡的初始化等,接着就在 MSP430F448 中为 CF 卡创建一个 512 字节的数据缓冲区,一个 FAT 目录缓冲区,然后读取 0 扇区以确定 CF 卡是否需要格式化,读取 FAT 表以确定 CF 卡参数,包括 FAT 绝对扇区数、目录区绝对扇区数和数据区绝对扇区数等。初始化完毕则开启 A/D 转换,然后即让 MSP430F448 单片机进入低功耗模式,等待中断。有中断产生时就退出低功耗模式,执行中断,完成中断后系统仍然

进入低功耗模式,等待下一个 A/D 中断。

CF 卡接口软件模块设计的目的是使其作为独立装置嵌入到 MSP430 单片机整个系统软件中。为了使 MSP430 单片机系统对 CF 卡的操作简单、可靠,接口软件使用了三层结构设计,底层是 CF 卡驱动程序,它完成 CF 卡大部分命令的有关操作,包括 CF 卡初始化、CF 卡按柱面、扇区、磁头或 LBA 方式读写数据、读 CF 卡状态等;中间层是 CF 卡文件系统,这是和 PC 机文件系统兼容的核心所在,此处完全按照 PC 文件系统要求设计,包括存储文件的各种数据结构(系统引导区、硬盘引导区、文件分配表 FAT、文件目录表 FDT、子目录等),另外包括文件和子目录的各种操作;顶层是通信程序,其主要功能是以命令帧、数据帧、应答帧方式与应用系统通信。命令帧包含对 CF 卡操作的高级命令,包括建立文件、打开文件、写文件、关闭文件等;数据帧用来传送数据;应答帧则在 MSP430 与 CF 卡接口模块之间传送状态,以保证传送可靠。

写 CF 卡,首先确定当前数据存储的扇区地址,即数据存储的位置。初始的 CF 卡参数在初始化程序中已设定好,然后根据在创建缓冲区中设置的全局变量就可以确定数据存储扇区的地址。接着调用写扇区子程序,更新数据存储所用的全局变量即可。CF 卡存储子程序流程如图 2 所示。

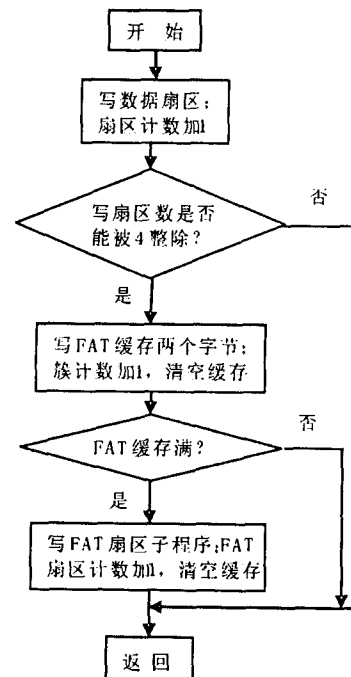


图 2 CF 卡存储子程序流程图

Fig. 2 Flow chart of the subprogram of storage system based on CF card

该子程序中,每写完一个扇区,便将扇区个数加1,随即判断所写的数据扇区数能否被4整除,如果能,则意味存到一个簇数据了,此时写FAT缓存2个字节,说明当前写数据区的簇的位置并且簇计数加1,簇计数加1后随即判断FAT缓存是否满(够不够512个字节,因为512字节=1扇区),如果够512个字节,证明FAT缓存满了,此时写FAT一个扇区,FAT扇区计数同时加1,程序结束,返回。

当数据采集完毕时,通过设置标志位来关闭A/D转换,接着调用写目录子程序。写目录子程序是往目录区写入一个Windows可以识别的文件目录,包括:文件名8个字节,扩展名3个字节,文件属性1个字节,系统保留10字节,修改日期2个字节,修改时间2个字节,创建日期2个字节,创建时间2个字节,首簇号2字节,长度4字节,共计32个字节。具体内容及相应注释如表1所示。

表1 CF卡上第501扇区的32字节内容

Table 1 The 32 bytes contents in number 501 sector of the CF card

目录区的字节内容	字节内容说明
73 61 76 65 20 20 20 20	文件名8字节 = save
64 61 74 00	扩展名3字节 = dat, 属性1字节 = 读写
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	系统保留10字节 最近修改时间2字节
96 9D	(小时 * 2048 + 分钟 * 32 + 秒 / 2 = 19 时 44 分 44 秒) 最近修改日期2字节
21 31	((年份 - 1980) * 512 + 月份 * 32 + 日 = 2004 年 9 月 1 日)
02 00	首簇号2字节 = 2 (从2开始计数)
00 AC 07 01	长度4字节 = 17280000

写FAT16和写目录都是往扇区里写入一定内容,调用相同的写扇区程序即可,只是写入的内容不同(不同的数组,即参数不同)。写过程是先指定要写的长度为512字节,也就是一个扇区的数组,然后确定将要设定的扇区的地址,再调用CF卡写命令,于是数组的内容写入CF卡中了。

数据存储完毕后,通过读卡器可将CF卡上的save.dat文件读至计算机,然而使用相应的计算机数据处理软件就可以很方便地对数据进行分析。这里应首先使用UltraEdit编辑器打开文件,验证一下数据的正确性。UltraEdit是一套功能强大的文本编辑器,能编辑文字、Hex、ASCII码,可以取代记事本。打开save.dat文件将其切换到hex模式即可

以进入十六进制编辑状态,其内容如图3所示。由于A/D转换使用的是MSP430F448自带的12位A/D转换器,存储时在12位前补4个零占2个字节即16位,则其中“9D 07”代表一个16位点,根据低位在前、高位在后以及A/D转换的原理便可以推算出其对应的十进制数据。

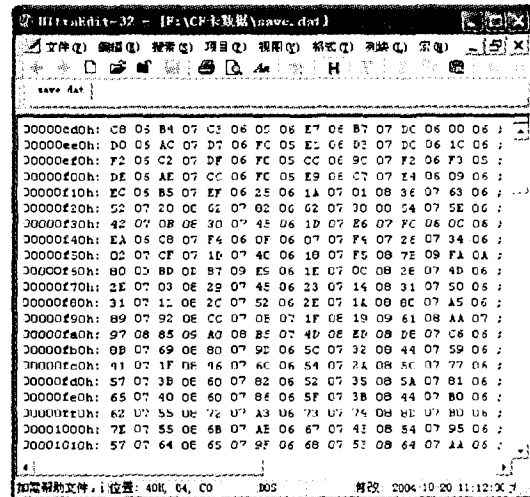


图3 使用UltraEdit打开的save.dat文件

Fig. 3 The save.dat file opened by UltraEdit

3 结论

本文所介绍的记录系统充分利用了MSP430单片机运算速度快、处理能力强、功耗低以及CF存储卡的容量大等特点,用这种方法实现的数据采集、存储系统已经可以成功地完成24小时的心电数据采集、存储,该系统可以很方便地进行存储容量的扩展,而且耗电量低,满足了长期大量数据存储的要求,存储的文件与现在广泛使用的windows操作系统兼容,更加方便了高速采样等场合的数据采集和回放分析。系统的扩展性强,可以很方便地应用在各种工业现场以及小型便携式嵌入式系统中,在数据采集存储方面更加灵活、稳定,摆脱了操作系统的限制。系统通过24小时心电信号的采集、存储,验证了其可行性和优越性。

参考文献

- [1] 梁亦楠. ARM7系统中实现CF卡文件存储系统的设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2002, (12): 43-44.
- [2] 姚放君. 嵌入Compact Flash卡接口设计[J]. 计算机应用研究, 2003, (6): 225-227.
- [3] 胡大可. MSP430系列单片机C语言程序设计及开发[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.
- [4] 毛晓燕. 基于8051的CF卡文件系统实现[J]. 自动化仪表, 2003, 24(6): 23-37.