

USB 移动存储在油井检测中的应用

李 琼

(武汉职业技术学院 电子信息工程学院,湖北 武汉 430074)

摘 要: 在油井测井作业中,实时测井数据的事后分析和处理对油井作业具有重要的指导意义。为了实现测井数据的实时保存和方便交换,本文利用 USB 总线主控芯片 SL811HST 为油井检测设备扩展了 USB 主机接口支持,设计了 51 单片机的 USB 主机接口电路以及 USB 总线批量传输协议和支持 FAT 文件系统的驱动程序,从而实现了油井检测系统对 U 盘的读写控制功能,大大提高了油井测井设备的便携性。

关键词: 测井;通用串行总线;批量传输;文件系统

中图分类号: TE15

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2012) 03-0073-04

引言

在油井测井作业中,检测系统需要实时采集并保存每次测井过程中的井深、仪器上下行速度、绞盘张力和张力梯度等大量测井数据,为测井作业的实时监控和事后分析提供支持。传统的方法通常是采用 RS232、RS485 或 RS422 总线将数据传输给上位机进行保存和处理。但是,油井检测通常是野外工作,需要提高检测系统的便携性^[1],因此,现有以单片机为核心的油井测井设备就需要提供一种大容量、便携、易交换的数据存储方式。而为油井检测设备扩展 USB 总线接口,采用当前低成本的 USB 移动存储设备作为中间媒介实现测井数据的保存和交换,为解决这一问题提供了一种便捷有效的解决手段。

在 USB 总线的拓扑结构中,USB 移动存储设备的读取和写入都必须由主机来发起和控制^[2],但常用的 51 系列单片机并不具有 USB 主机功能。本文利用 USB 主控芯片 SL811HST 为以 51 单片机为核心的油井检测系统设计了 USB 主机接口,实现了油井检测系统对 U 盘的读写控制功能。

一、单片机油井检测系统的 USB 主机扩展

按照油井测井过程的要求,油井检测系统主要是通过安装于绞盘的传感器对井深、张力、速度和张力梯度等测井信息进行测量,同时将测量结果实时显示于液晶屏上,并在特定状态下通过声光报警提示监控人员及时干预。根据上述要求本文所设计的具有 USB 主机的油井检测系统主要由数据采集模块、单片机系统及外围接口电路模块、液晶显示模块、嵌入式 USB 主机模块等四部分组成,其构成如图 1 所示。

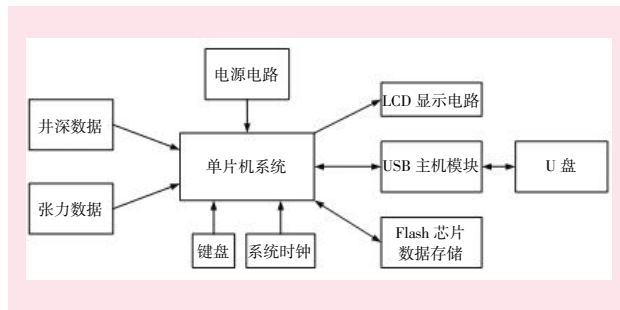


图 1 油井检测系统结构框图

收稿日期:2012-04-03

作者简介:李琼(1979-),女,湖北宜昌人,硕士研究生,武汉职业技术学院电信学院讲师,研究方向:测控技术与仪器。

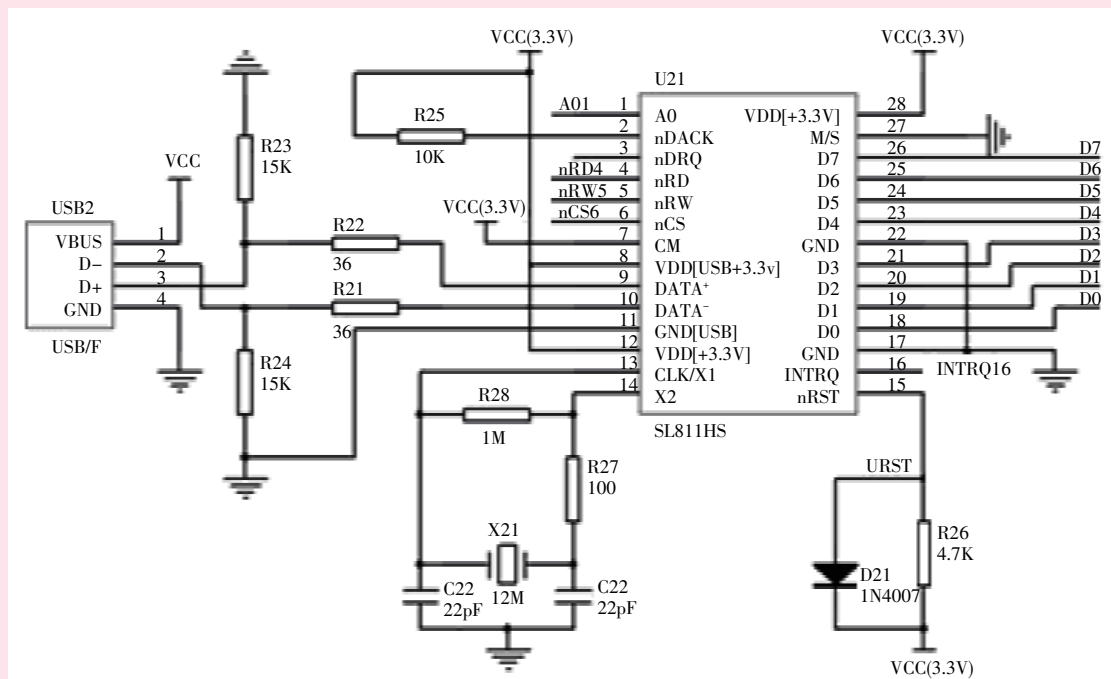


图2 SL811HS 接口电路图

在检测系统启动后,操作人员可以通过键盘完成系统的初始设置,并在测量过程中进行人工干预;而单片机系统完成对传感器输入的井深和张力数据的采集和处理,处理结果实时显示在LCD屏上,同时暂存在Flash存储器中;在每次测量完成后,系统在LCD屏上提示接入USB移动存储设备,并激活USB主机模块;在检测USB移动存储设备接入后,按照预定格式在U盘上创建符合FAT文件系统格式的数据文件,并完成暂存数据到U盘的传输。根据上述油井检测系统的工作流程,系统USB主机模块的扩展主要由单片机系统与USB主机接口芯片的硬件连接和单片机系统程序中的U盘读取程序两个部分组成,以下分别进行论述。

二、USB 主机芯片接口电路设计

自1996年USB1.0协议颁布以来,USB技术的发展根据协议支持的数据传输速率的不同经历了USB1.0、USB1.1、USB2.0、USB OTG和USB3.0五个阶段。在油井检测系统的工作流程中,尽管测井数据量较大,但是经处理后的测井数据是在完成一次测量后才由51单片机扩展的Flash存储器通过USB总线转移到U盘中的,因此USB总线1.1版本协议规定的传输速率12Mb/s已经可以满足系统要求。在综合考虑检测系统成本及指标要求的情况下,本文选用了Cypress公司的SL811HST芯片作为实现系统USB主机功能的USB主控接口芯片。根据该芯片

的技术资料和USB总线1.1版本的协议中的主机规范,围绕系统51单片机所设计的SL811HST接口电路如图2所示。

图中SL811HST是一款嵌入式USB主机/设备控制器,能通过软件控制选择主/从方式。由于本系统只需利用其实现USB主机的功能,因此将控制SL811HST为主机或从机工作方式的M/S管脚接地。USB主机芯片的时钟信号由一个12MHz的晶振提供,所以控制时钟模式的CM管脚接高电平。SL811HST通过8位数据总线与51单片机复用的P0口进行数据通信,数据/地址信息均通过D0~D7分时传输,通过A0(数据地址选择线)电平的高低加以区分,当A0=0时,D0~D7上传输的是SL811HST片内寄存器/缓冲器的地址信息,反之为数据信息。SL811HST芯片上的各种中断事件(如设备的插拔、SOF中断等)都通过中断请求信号线INTRQ接到单片机的中断引脚上,单片机通过读取SL811HST的中断状态寄存器中的内容来区分各种不同的中断源。单片机通过SL811HST的片选线nCS对其进行统一编址,而SL811HST片内缓冲区读写操作则由单片机根据读写时序通过其nWR(写控制线)、nRD(读控制线)完成。SL811HS的片内带有256B的RAM,前16B是寄存器区,用于为USB事务、微处理器接口和中断提供控制和状态信息,其余的240B是数据缓冲区。由于USB总线的数据传输是采用差分信号的方式,为了避免测井作业中电磁干扰,在设计PCB板时对DATA+和DATA-这两根数据线的处

理,采用了尽可能短的平行走线方式,且对 PCB 做了覆铜处理,提高了信号传输的稳定性,保证了 12Mb/s 的传输速率。

三、单片机对 U 盘的读写控制驱动

根据上述 USB 主控芯片与 51 单片机的硬件连接,系统对 U 盘文件的存取应在 51 单片机的系统软件对 SL811HST 的初始化后,通过中断例程实现对 U 盘插入的检测,之后通过子程序调用完成 USB 设备的速度检测、设备枚举过程;并且在系统软件中应实现 U 盘所采用的 USB 批量传输协议和 FAT 文件系统访问功能。本文所设计单片机系统软件 USB 主机模块驱动的工作流程如图 3 所示,具体实现过程分析如下。

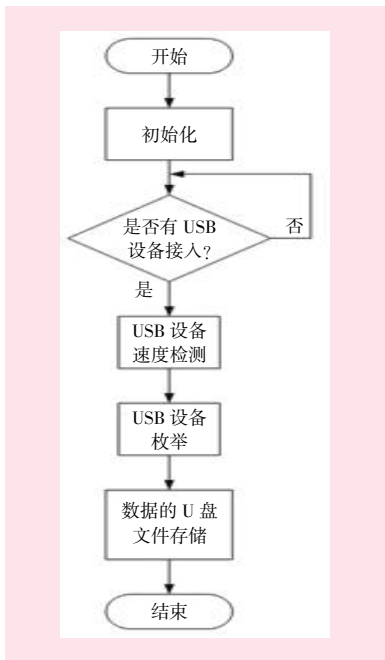


图 3 USB 主机工作流程

(一)SL811HST 的初始化

作为 USB 主机工作的 SL811HST 的初始化是通过配置片内相应的寄存器进行的。本系统采用 12MHz 的时钟频率,由于主机需要间隔 1ms 发送 SOF,所以对高低计数寄存器写入值为 12000,即 0x2EE0。另外,由于 SL811HS 工作在主机模式,寄存器 0x0F 的 bit8 要置 1,所以寄存器 0x0E 初始化为 0xE0,寄存器 0x0F 初始化为 0xAE。寄存器 0x05 的 bit4 bit3 为 01 时强制 USB 复位,寄存器 0x05 的 bit4 bit3 为 00 时则恢复到一般工作模式。寄存器 0x06 的 bit6 bit5 为 11,允许 USB 设备插入/移除探测中断,且 bit0 为 1,允许 USB-A Done 中断。最后,为了避免误触发,清楚所有中断状态位,即将寄存器 0x0D 的 bit0~bit7 全部置 1。SL811HS 初始化完成后,USB 主机开始工作。如果有 USB 设备接入,USB

设备插入/移除探测中断就会触发中断,检测 USB 设备是低速设备还是全速设备,为下一步操作做准备。

(二)USB 设备的速度检测

在 USB1.1 协议规范中,信号的传递状态分为 J 状态和 K 状态。但是,这两种状态在全速设备和低速设备中的定义刚好相反。因此,在与 USB 设备通信之前,必须确认 USB 设备是全速设备还是低速设备。当 USB 总线处于 IDLE 闲置状态时,对于全速设备,D+是高电位,而对于低速设备,D-是高电位。寄存器 0x0D 的 bit7 提供了 D+的状态,所以,当寄存器 0x0D 的 bit7 位为 1 时,说明 USB 设备是全速设备,反之,为低速设备。寄存器 0x0D 的 bit5 为低速/全速模式控制位,如果是低速设备,该位置 1,否则,清 0。在本系统中,USB 主机仅支持全速设备。

(三)USB 设备的枚举

在 USB 设备可以被使用之前,USB 主机要进行 USB 总线枚举^[3]。枚举实质上就是使 USB 主机确认设备的功能,实现对设备的配置,并为其分配资源,从而建立起 USB 主机和设备之间的通信机制。在枚举过程中,USB 主机首先通过缺省管道获取设备描述符,从而获得设备缺省管道的最大数据包长度等信息,然后,给设备分配新地址,并通过新地址获取设备描述符和配置描述符,最后,如果 USB 设备是海量存储设备,USB 主机对 USB 设备进行有效的配置,并确认所有接口和端点的属性。USB 设备枚举完成后,即进入等待工作状态。

(四)U 盘的数据存储

USB 设备的枚举操作完成后,USB 主机识别出所使用的 U 盘为遵循单批量传输协议的海量存储设备,子类采用 UFI 命令集。USB 主机与 USB 设备的通信主要使用批量 IN 和批量 OUT 两个端点,传输的数据分为命令、普通数据和状态三种类型,传输流程如图 4 所示。USB 主机首先向 USB 设备发送命令块封包 CBW,USB 设备需要将 UFI 命令从 CBW 中解析出来,为下一步操作做准备,接着 USB 主机根据命令的类型向设备发送数据、读取设备相关数据或不发送读取任何数据,最后 USB 主机将读取反映当前命令执行状态结果的命令状态封包 CSW,USB

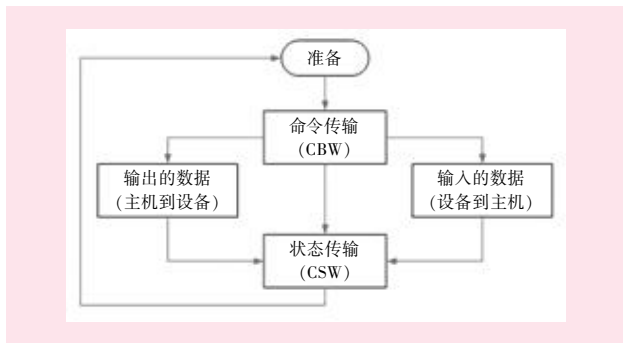


图 4 单批量传输流程

主机根据 CSW 来决定是否继续发送下一个 CBW 或者普通数据。

U 盘一般内建有 FAT16 或 FAT32 等文件系统，由于本系统需要存储的数据量不大，所以本系统仅支持 FAT16 文件系统。USB 主机要实现的是对 FAT16 文件系统的识别和维护^[4]。

在本系统中，USB 主机利用查询、测试单元准备、读、写等命令对 FAT 表进行定位、读和写等操作，实现查找文件、新建文件、读文件、写文件等功能，从而实现 U 盘的数据存储，层次关系^[5]如图 5 所示。



图 5 U 盘数据存储的实现层次

四、结束语

在采用 SL811HST 对油井检测系统进行 USB 主机接口扩展后，测井作业操作人员能够在测井现场，根据人工设定将测井数据以约定的 FAT 文件系统数据文件格式写入 U 盘，实现了对测井数据的实时保存和方便交换，大大提高了油井测井设备的便携性。这一设计也可为其它 51 单片机应用系统提供一种便捷的大容量数据存储和交换方式。

参考文献：

[1] 任博,范蟠果.嵌入式 USB HOST 技术在测井仪中的应用与实现[J].电子测量技术,2007,(7):81-84.
[2] 王成,乔晓军,王纪华,辛本胜.嵌入式 USB 主机接口在温室环境监控中的应用研究 [J]. 农业工程学报,2005,(7):103-106.
[3] 龚宗洋,张为公,于兵.汽车行驶记录仪主 USB 接口的设计[J].测控技术,2009,(2):90-92.
[4] 崔立超,王侃伟,方宗德.基于 SL811HS 芯片的 USB 主机系统的设计应用[J].机械设计与制造,2005,(7):64-66.
[5] 闵信余. 基于 USB 主机结构的数字录音技术研究 [D].合肥:合肥工业大学,2006(5):63.

[责任编辑：刘 骋]

On The Application of USB Mass Storage to the Well-logging

LI Qiong

(Wuhan Polytechnic, Wuhan430074, China)

Abstract: It is important to analyze and subsequently process real-time data of well-logging. To save and exchange data of well measuring easily, the interface of USB host is extended into the instrument of well logging by USB host control chip SL811HST. In this research, the interface circuit of USB host, Bulk-only transfer protocol of USB and the driver which supports FAT file system are designed in the system of well measuring based on 8051 MCU. Accordingly the system of well measuring obtains the function of reading and writing U-disk and the flexibility of well logging instrument is improved.

Key words: well logging; USB; bulk-only transfer; file system