

嵌入式并纱机总控制器设计

张 斌, 陶 冲, 金 堃, 李 宏*

(宁波大学 信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 针对当前并纱机控制器中存在的操作不便, 数据存储管理功能不够完善等弊端, 设计了一种基于LPC1788微控制器的并纱机总控制器. 该总控制器采用uC/GUI图形支持系统设计完整的用户界面, 利用触摸屏进行交互, 系统设置与生产数据以文件的形式存放在Micro SD卡中, 实现高效的数据管理. 同时基于文件系统的IAP编程可以实现系统升级, 采用RS-485通信完成数据与指令的可靠传输, 通过变频器频率控制电路实现变频调速, 控制并纱过程中的走纱速度. 实际应用表明, 该系统界面友好, 操作便捷, 运行稳定可靠.

关键词: 并纱机; LPC1788; uC/GUI; 数据存储

中图分类号: TP368

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2016) 01-0047-06

并纱机是一种用来将棉、毛及其同化纤短纤混纺的单纱筒子合并成股纱筒子, 供倍捻、捻线等后道工序使用的纺织机械^[1]. 为了提高并纱机生产效率, 通常将多台并纱机连成一个整体, 由一个总控制器进行集中控制. 随着纺织工艺的不断发展, 对并纱机控制器的技术性能提出了更高的要求. 通过对并纱机控制器发展现状的研究可以发现, 现有的多种并纱机控制器设计还存在一些不足: 如文献[2]设计的系统以51单片机为核心, 采用按键操作和LED显示, 操作复杂, 显示不直观, 人机交互不够友好; 文献[3]采用触摸屏操作实现了友好的人机对话界面, 但是系统数据存储设计不够完善, 系统具有一定的缺陷.

针对以上设计中的不足, 本文采用LPC1788微控制器设计了并纱机总控制器. 该控制器采用大尺寸液晶和触摸屏, 基于uC/GUI进行顶层应用软件设计, 极大地提高了系统人机交互的友好性. 采用文件系统实现系统数据的高效管理, 同时利用RS-485通信技术实现与单锭控制器之间的数据交互, 由总控制器集中管理, 单锭控制器分散控制, 提高了系统的可靠性和工作人员的工作效率.

1 系统总体结构

并纱机控制系统主要由并纱机总控制器, 左、右变频器, 通信网络和单锭控制器组成, 系统结构如图1所示. 并纱机总控制器是并纱机控制系统的核心, 它通过485通信网络将命令下发到单锭控制器, 由单锭控制器对并纱机进行现场控制. 单锭控制器现场采集并纱机工作参数, 并根据命令将其上传至总控制器进行集中管理. 同时, 总控制器根据生产工艺的要求, 对左、右变频器进行实时变频控制, 使并纱机按照要求变化运行速度.

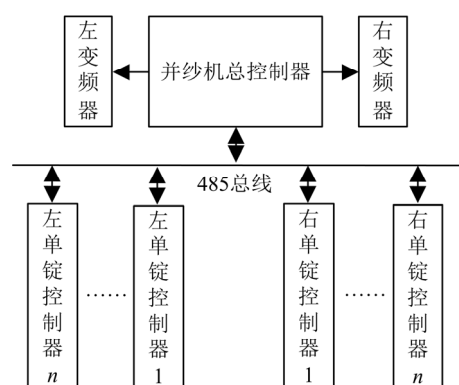


图1 并纱机控制系统总体结构

收稿日期: 2014-11-28.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省教育厅科研项目(Y201329962); 浙江省大学生科技创新活动计划(2014R405035); 宁波大学教研项目(JYXMxsj201406).

第一作者: 张斌(1989-), 男, 河南光山人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统. E-mail: zhangbin_abc@126.com

*通信作者: 李宏(1960-), 男, 浙江宁波人, 副教授, 主要研究方向: 嵌入式系统. E-mail: lihong2@nbu.edu.cn

2 硬件设计

并纱机总控制器以微控制器为核心, 主要由 LCD、触摸屏、数据存储电路、RS-485 通信电路等组成, 如图 2 所示。系统的数据显示和各种操作均在 LCD 和触摸屏上完成, 数据存储电路以 Micro SD 卡作为存储介质, 实现对系统数据的实时存储, RS-485 通信电路实现总控制器与单锭控制器之间的通信, 变频器频率控制电路控制变频器的快慢速频率, SDRAM 存储模块为 LCD 显示提供缓存, 掉电保护电路能有效地防止系统意外断电时的数据丢失。

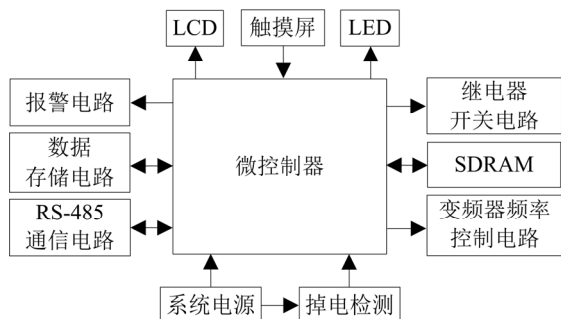


图2 并纱机总控制器硬件结构

2.1 嵌入式微控制器选择

根据系统设计要求, 总控制器需具备可靠的数据通信、高质量的图像显示、大容量数据存储等功能, 因此本设计选择 NXP 公司的 LPC1788 微控

制器为主控制芯片, 该芯片采用 ARM Cortex-M3 内核, 内部集成 LCD 图像控制器、UARTs 波特率发生器、SSP 控制器、SD 卡接口等片内外设, 为总控制器的设计提供了良好的硬件支持, 其最小系统设计如图 3 所示。CON1 与外部触摸屏连接; TX、RX、EN 分别为 485 总线的发送端、接收端和使能端; SCK、DIN、CS 为 SPI 总线的时钟、数据输出和片选端, 用来与 DA 转换芯片 TLC5615 进行通信; SD_DAT0~3、SD_CLK、SD_CMD、SD_CD 为 Micro SD 卡接口; EINT 为掉电保护电路中断输入信号端。

2.2 变频器频率控制电路

总控制器通过改变变频器的频率, 控制并纱机运转部件的运行速度。在实际应用中, 变频器的工作频率调节范围为 0~50 Hz, 频率给定方式为模拟信号给定, 对应的控制模拟电压范围为 0~5 V。设计中选用 10 位数模转换芯片 TLC5615, 采用可调精密稳压源 TL431 输出 2.5 V 作为基准电压。由于 TLC5615 最大输出电压为 $V_{DD} - 0.4$ V, 本设计中设置其输出电压范围为 0~4 V, 通过 LM358 运放对输出电压放大 1.25 倍, 使其满足设计要求。

2.3 RS-485 通信电路

并纱机总控制器与单锭控制器之间的数据交互采用 RS-485 通信实现, 设计电路如图 4 所示。系

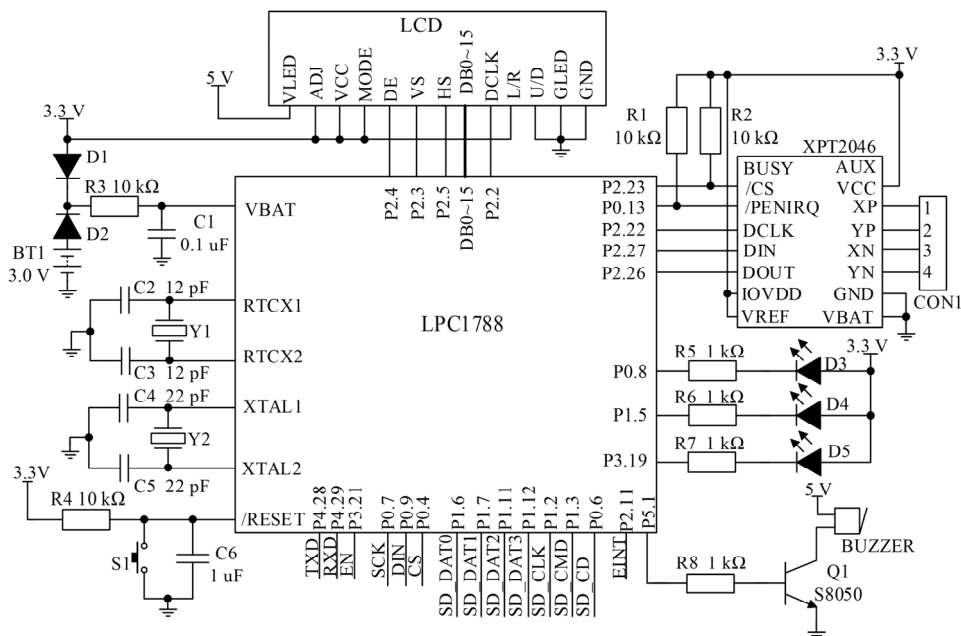


图3 LPC1788 最小系统原理图

统采用半双工的 MAX485 芯片作为 485 通信的收发器, 在传输总线上串接电阻 R7、R8 和上下拉电阻 R11、R9, 当系统总线处于空闲状态时, 可以提供网络失效保护^[4]。R10 为总线终端匹配电阻, 典型值为 $120\ \Omega$, 用来抑制电路中的信号反射。D1、D2、D3 为瞬态抑制二极管(TVS 管), 能够有效地抑制总线上的瞬态高频信号的干扰。此外, 为了消除通信节点上的高共模电压, 提高通信抗干扰能力, 采用光耦进行隔离, 为了最大限度地缓解光耦隔离对通信速率的限制, 此处选用高速光耦 6N137 进行设计。

2.4 数据存储电路

并纱机控制系统工作时, 需要对设定的一系列参数、纱线长度、变频器工作时间等大量系统数

据进行实时存储, 以方便工作人员查询和统计。本设计中采用 Micro SD 卡进行数据存储电路设计, Micro SD 卡是一种具有随机存储能力的多功能存储卡, 通过专门优化的串行接口, 可有效进行快速可靠的数据传输, 因其体积小、存储量大, 被广泛应用于嵌入式系统^[5]。Micro SD 卡接口支持 2 种工作模式: SPI 模式和 SDIO 模式^[6]。相对于 SPI 模式, SDIO 模式具有数据传输速度更快, 读写 Micro SD 卡的效率更高, 因此采用 4 线 SDIO 模式进行设计。

2.5 掉电保护电路

在并纱机总控制器设计中, 为避免系统在意外掉电时丢失重要的数据, 需要设计掉电检测电路, 以提高系统的安全性, 具体设计电路如图 5 所示。220 V 交流电压在经过变压器降压、桥式整流、

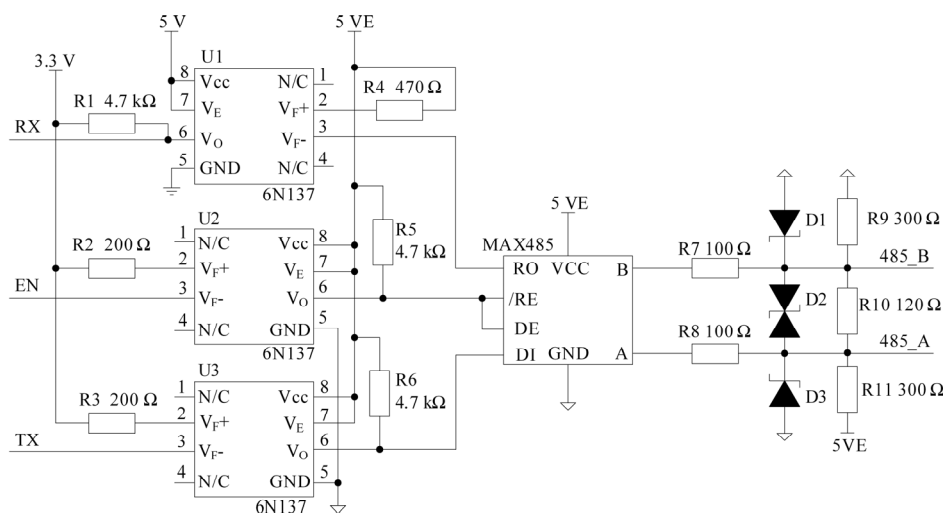


图4 RS-485通信电路原理图

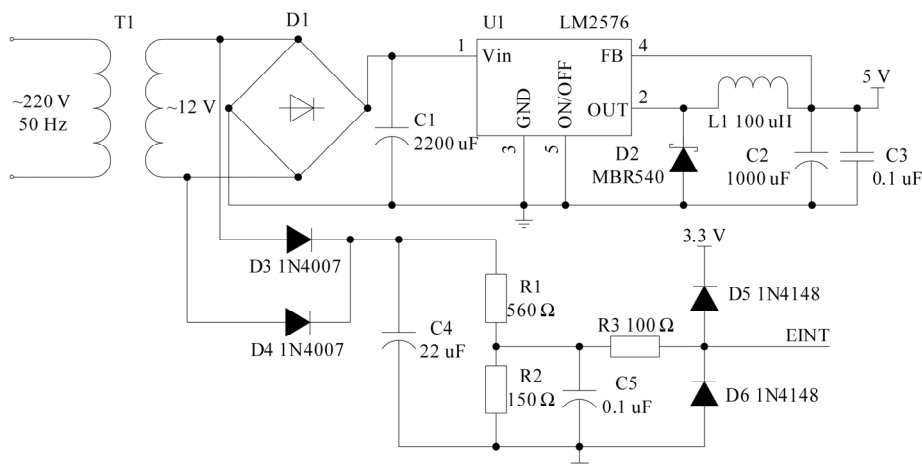


图5 掉电保护电路原理图

大电容 C1 滤波和开关型集成稳压器 LM2576 降压后得到 5 V 电源电压, 同时在变压器降压后增加了掉电检测电路设计, 该电路由整流、小电容 C4 滤波、R1 与 R2 分压、R3 限流后得到 3 V 左右的电源监测电压. 当系统由于意外原因掉电时, 小电容 C4 立即快速放电, EINT 端电压迅速降为 0 V, 为系统提供一个掉电中断预警信号, 而通过大电容 C1 放电, 继续为系统提供一段时间的供电电压. 这样在掉电中断信号产生至系统开始因为欠压而无法正常工作时, 将有足够的时间完成重要数据的保护操作.

3 软件设计

软件设计部分基于 uC/GUI 图形系统, 将并纱机控制器的功能显示及操作以图形的方式进行设计, 总控制器与单锭控制器的 485 通信采用自定义帧格式, 简便易行, 更具灵活性, 同时基于 Micro SD 存储和 FatFs 文件系统进行了系统软件升级和数据存储设计.

3.1 RS-485 通信

在并纱机总控制器与多台单锭控制器的通信设计中, 采用主机轮询, 从机应答的点对点通信方式, 总控制器为主机. 通信采用自定义帧格式(表 1).

表 1 系统通信数据帧格式

发送内容	名称	字节数
同步符	STX	2
起始地址	AdSr	1
结束地址	AdMr	1
控制/状态字	CMD/STE	2
设定/运行数据	sData/rData	6
校验	CHK	1

主机和从机都在接收到同步符后开始记录有效数据, 从机应答时起始地址和结束地址相同, 均为本机地址. 控制字和状态字用来表示主机发送命令和从机对命令的应答, 设定数据由用户根据要求设定, 通过 6 字节功能码形式实现. 运行数据反映当前并纱机的实际运行参数, 设计中采用异或校验方式, 确保传输数据的正确性.

系统采用点对点通信方式, 并纱机总控制器首先主动向单锭控制器发送命令帧, 并通过中断方式进行数据接收, 程序流程如图 6 所示.

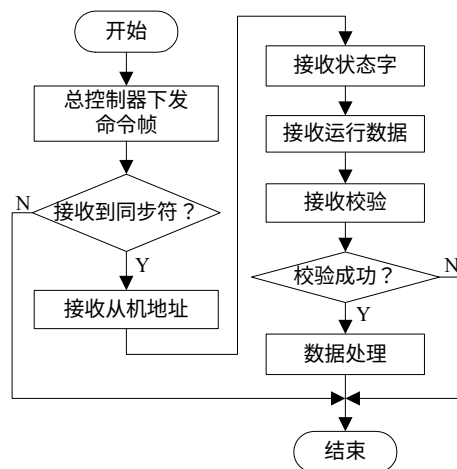


图 6 总控制器 RS-485 通信流程

3.2 系统升级与数据存储

3.2.1 系统升级

在并纱机总控制器设计中, 常常会根据产品软件实际测试情况中出现的缺陷进行系统升级, 由于设备终端数量多, 基于传统的 ISP、JTAG、串口等现场升级方式具有很大的局限性. 本系统基于 Micro SD 的 FatFs 文件系统实现 IAP 功能^[7], 即可实现系统升级与维护. 具体的实现方法为: 将 LPC1788 的 512 kB FLASH 划分为 2 个区域: 引导程序区 (0x0~0x5000) 和升级程序区 (0x05000~0x7FFFF). 首先通过 JTAG 接口将一个类似 Boot Loader 的引导程序下载到引导程序区, 该程序将首先查找 Micro SD 卡中是否存在升级程序, 若存在, 则将其加载到升级程序区, 最后 CPU 自动跳转到升级程序区执行升级后的应用程序, 其核心代码如下:

```

if(FindFile(T_BIN)==1) //检测到升级程序文件
{Bin_name = finfo_fname;
 iap_write_appbin(Bin_name); //加载升级程序
}
iap_load_app(FLASH_PROG_AREA_START);
//程序跳转
  
```

3.2.2 数据存储

本系统需要保存的数据具有种类多, 数据量大的特点, 为了方便快捷地管理 Micro SD 卡中的数据文件, 高效地进行数据读写, 系统引入了 FatFs 文件系统. FatFs 是一种免费开源的 FAT 文件系统模块, 专门为小型嵌入式系统而设计. 该系统

分为 3 层: 应用层为用户提供一系列应用接口函数, 中间层 FatFs Module 实现 FAT 文件读/写协议, 底层存储媒介读/写接口 Disk I/O 和供给文件创建修改时间的实时时钟, 需根据硬件平台的不同修改移植代码。

设计中根据系统运行过程中涉及到的存储数据类型及功能创建了相应的 TXT 文件, 文件名称及其存储内容见表 2。

表 2 并纱机控制系统数据存储文件介绍

文件名	文件内容
Calibration.txt	保存触摸屏校准的相关参数
Inverter.txt	保存变频器快、慢速频率等设定参数
SystemSet.txt	保存系统设置相关的参数
Spinner.txt	保存电机转速、线速校正系数设定值
RunTime.txt	保存变频器的运行时间
Factory.txt	保存系统的恢复出厂默认值
Spindle.txt	保存单锭控制器的相关参数
Production.txt	保存单锭控制器上传的相关数据

3.3 应用程序设计

在进行并纱机控制系统的应用系统设计时, 为达到操作方便、显示直观、响应迅速, 充分体现人机交互的友好性的目的, 引入了 uC/GUI 进行设计。uC/GUI 是一种嵌入式图形支持系统, 它为任何使用 LCD 图形显示的应用提供一个不依赖处理器和 LCD 控制器的高效独立的图形用户接口^[8-9]。在使用 uC/GUI 进行应用程序设计时, 通常是进行对话框窗口设计, 其主要设计步骤如下:

(1)建立对话框窗口资源表。对话框通常是一个窗口, 它根据用户需求提供信息输入或输出。在创建对话框时, 首先必须定义一个资源表, 以指定在对话框中所要包括的所有对象。uC/GUI 中提供了用来定义对话框资源表的数据结构 GUI_WIDGET_CREATE_INFO, 该结构体中的成员参数是可选的, 并随着对话框中对象类型的不同而不同。

(2)设计对话框回调函数。在大多数窗口式系统中, 控制流不仅仅从用户程序到图形系统, 而且还会通过用户程序提供的回调函数从图形系统返回用户程序, 此过程称为回调机制。在 uC/GUI 中, 回调机制用来控制窗口的重绘操作, 使窗口管理的有效性成为可能。要创建带回调的对话框窗口, 必须有一个回调函数, 其原型为: void callback (WM_MESSAGE * pMsg), 其中 pMsg 为指向消息的指针。回调函数执行的操作取决于其接受的消息类型。

(3)对话框的创建与关闭。一旦具备资源表和回调函数, 便可以调用 uC/GUI 提供的 API 函数创建或关闭相应的对话框, 本设计中创建的对话框均为非阻塞式, 非阻塞式对话框创建函数为 GUI_CreatDialogBox(), 对话框的关闭采用函数 GUI_EndDialog()。

本系统主要包括 7 个主要的操作、显示界面: 系统主界面、交接班、产量查询、通信查询、用户管理、参数设置以及用户登录, 每个界面都包含其相应的显示或操作功能, 如图 7 所示。

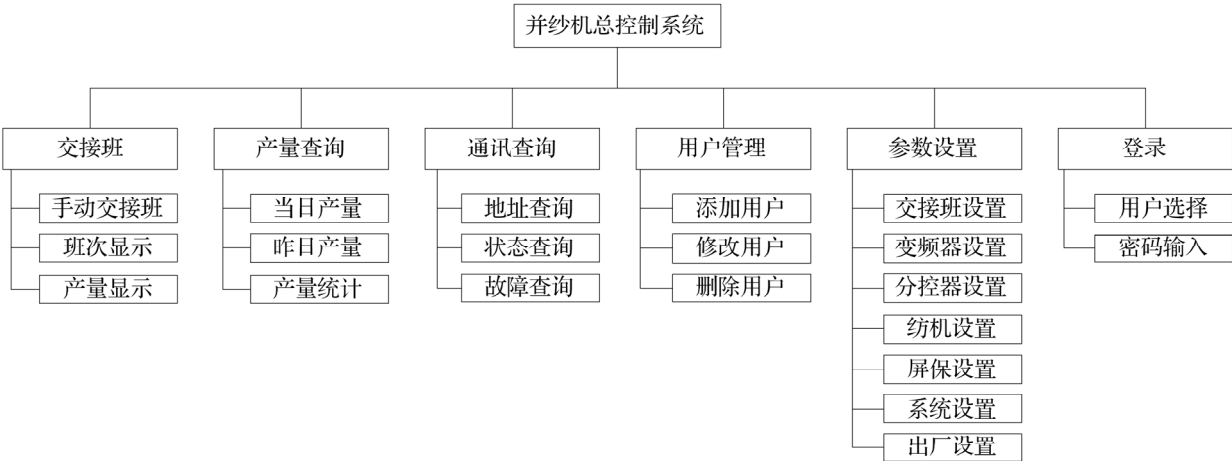


图 7 系统应用程序结构

4 嵌入式并纱机控制系统的实现

按照上述软、硬件设计方案,设计并实现了并纱机总控制器。该总控制器上电后在主界面上对当前班次、左、右变频器产量、系统运行时间等重要参数进行实时显示,通过主界面上交接班、产量查询、通讯查询、用户管理、参数设置、登录6个GUI按键可以进入其相应的子功能模块,每个功能操作都设计了丰富的提示功能,提高了操作的便捷性。初步测试结果显示,该系统人机交互友好、运行稳定可靠,达到了设计要求。

5 结语

以资源丰富的LPC1788微处理器为核心,完成了嵌入式并纱机控制器的设计。系统充分利用微处理器内部集成的高性能LCD图像控制器,结合uC/GUI图形支持系统设计出完整的用户界面,提高了人机交互的友好性。基于FatFs的MicroSD存储不仅增强了系统的数据管理功能,同时结合IAP编程使得系统软件升级更加方便快捷,增强了

系统维护。目前该系统运行稳定可靠,状态良好,有效地提高了企业的生产管理水平。

参考文献:

- [1] 谢曜聪. 基于CAN总线的并纱机监控系统关键技术研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [2] 车怡蕾, 付贵增, 陶洪亮, 等. 并纱机控制系统设计[J]. 辽宁石油化工大学学报, 2005, 25(4):31-34.
- [3] 刘国藩, 刘妍. 横动式并纱机电气控制系统的设计[J]. 纺织机械, 2005(5):32-34.
- [4] 张欣, 李爱军, 单鹏. RS485电路的匹配和保护性设计研究[J]. 航空计算技术, 2007, 37(5):80-82.
- [5] 李世奇, 董浩斌, 李荣生. 基于FatFs文件系统的SD卡存储器设计[J]. 测控技术, 2011, 30(12):79-81.
- [6] SanDisk Corporation. Multimedia card product manual [EB/OL]. [2014-08-13]. <http://www.sandisk.com>.
- [7] 刘海, 朱红. 基于LPC2148的SD卡实现嵌入式系统升级设计[J]. 国外电子元器件, 2008(10):27-29.
- [8] 刘勇, 王学俊, 孔新伟, 等. 基于UCGUI的触摸屏显示设计[J]. 液晶与显示, 2014, 29(5):739-744.
- [9] 李建红, 刘丹, 徐展. 基于UCGUI库的外扩中文字库研究与实现[J]. 计算机工程, 2014, 40(2):271-274.

Design of Embedded Master Controller for Doubling Winder

ZHANG Bin, TAO Chong, JIN Kun, LI Hong*

(Faculty of Electrical Engineering & Computer Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Aimed at tackling the problems identified with data storage management functions in the current doubling winders, a master controller based on LPC1788 is designed, in which uC/GUI is designed for the whole user interfaces. The touch screen is adopted for user-machine interaction, Micro SD card to save system setting, production data as files to implement efficient data management, and file system based IAP programming to realize the system upgrading. RS-485 communication is adopted to guarantee the reliable transmission of data and instructions. With frequency control circuit, the control of inverter and yarn speed are realized. Application results show that the system has a friendly interface, easy operating system and stable running.

Key words: doubling winder; LPC1788; uC/GUI; data storage

(责任编辑 史小丽)