

基于 Linux 的嵌入式间歇染色机控制器研究*

俞利国, 张建新*, 常 卫

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 针对传统间歇式染色机控制器的人机界面不友好、控制功能单一、联网功能不足等缺点, 提出了基于嵌入式技术的染色机控制器方案。该方案以嵌入式 Linux 作为控制器的操作系统, 选用 ARM 芯片作为组合式控制器的 CPU, 并根据控制柜要求设计了外围电路, 采用 QT 设计了控制器界面并实现了触摸屏显示。现场运行结果表明, 该控制器在人机界面、控制功能、联网等方面都得到了完善, 染色机控制器的性能得到了较大幅度的提高。

关键词: 间歇染色机; 控制器; Linux; ARM; QT

中图分类号: TP273; TS19; TH39

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)12-1483-05

Research on embedded batch dyeing machine controller based on Linux

YU Li-guo, ZHANG Jian-xin, CHANG Wei

(Faculty of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the defects of the traditional batch dyeing machine controller such as unfriendly human-computer interaction, single control function, deficient network interconnection and so on, a new batch dyeing machine controller scheme was put forward on the embedded technology. The embedded Linux was taken as operating system for controller, ARM chip was choosed as CPU of a modular controller and peripheral circuit was designed based on cabinet requirements, QT was used to design controller interface and implementing touch screen display. The results of field operation show that the human-computer interaction, control function, network interconnection of controller is consummated, and the capability of dyeing machine controller is greatly improved.

Key words: batch dyeing machine; controller; Linux; ARM; QT

0 引 言

早期开发的间歇式染色机控制器主要由 PLC 和单片机构成, 其只能执行简单的顺序控制功能, 控制功能单一; 运行简单的控制算法, 控制效果不稳定; 在联网功能上存在不足, 难以实现与企业信息系统的集成; 往往只采用简单的字符显示器, 人机界面不友好; 故已经不能满足现代染色机控制器技术的要求, 需要对其进行改进。嵌入式系统是计算机软件与硬件的综合体, 以应用为中心, 以计算机技术为基础, 软、硬件可裁剪, 从而能够适应实际应用中功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统, 具有很

强的联网功能和实时计算功能, 而且操作使用方便。无论从功能还是性能上来讲, 嵌入式系统都比传统的 PLC 系统和单片系统优越^[1]。

本研究提出采用嵌入式技术来开发染色机控制器, 势必大幅度提高传统间歇式染色机控制器的功能和性能。

1 方案构建

间歇式染色机控制器属于染色机控制系统的“智能节点”, 它既具有现场控制功能, 能独立地根据染色工艺的要求进行间歇式染色机的单独控制, 也能通过网络与其他间歇式染色机控制器组成现场控制网络,

收稿日期: 2011-07-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61074154)

作者简介: 俞利国(1987-), 男, 浙江宁波人, 主要从事纺织测试技术及仪器方面的研究. E-mail: 1987yuliguo@163.com

通信联系人: 张建新, 男, 副教授, 硕士生导师. E-mail: zjx@zstu.edu.cn

并与中控系统通信,进而与染色厂的企业信息管理网络联网,从而实现管控一体化,解决了传统染色机控制系统的存在的自动化信息孤岛问题^[2],如图 1 所示。本研究为了解决通信的实时性和保障报警等问题,提出采用高速网络(工业以太网)以及高性能嵌入式现场控制器(采用嵌入式 ARM9 技术)来使得现场层得控制响应达到最短。本研究根据染色工业的功能要求和技术特点进行了嵌入式控制器的硬件平台和操作系统的选型与定制。

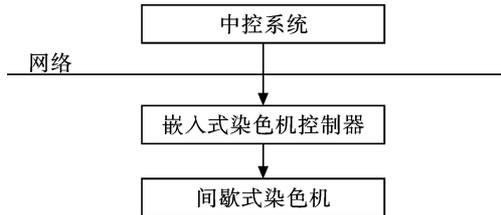


图 1 系统框架图

2 硬件电路设计

根据控制器设计的硬件配置要求^[3]如下:

- (1) 工艺存储量:9 999 个染程,每个染程 999 步;
- (2) 输入/输出点数:至少有 8 路模拟量输入(其中 3 路为 Pt100 温度探头输入),8 路模拟量输出,20 路开关量输入,5 路脉冲输入,40 路开关量输出;
- (3) 人机界面:液晶触摸屏、图形显示、菜单驱动式操作;
- (4) 网络接口:2 路 485 接口以及 1 路以太网接口。

从以上要求可看出,间歇式染色机控制器具有 I/O 输出点数较多、控制功能运行较为复杂的特点,则采用组合式的设计方案:主控制器采用高性能的 ARM9(S3C2440),运行嵌入式操作系统和控制功能软件;I/O 控制器采用 ARM7(STM32F103),可同时处理较多的 I/O 要求。主控制器之间通过高速串口进行通信。其硬件配置方案如图 2 所示。

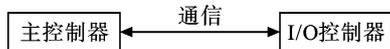


图 2 硬件配置方案

2.1 电源电路设计

本研究根据选用芯片所需辅助电源最高为 24 V,则设计输入端为 24 V,经过 DC/DC 芯片 LM2596S-5.0,LM2596S-3.3,LM1117MPX-3.3 降压成数字电压 5 V 和 3.3 V 以及模拟电压 3.3 V,提供板上其余芯片所需电源。

2.2 8 路模拟量输入设计

由于染色机控制器运行于高温、高压条件恶劣的

环境,则对 A/D 转换器的精度有所要求。本研究选用 ADS7871 的原因在于其集成了 14 位、48 kHz 的逐次逼近(SAR)模拟转换器、四通道差分/八通道单端的多路复用器(MUX)、可编程的增益放大器(PGA)、高精度的参考电源、参考源缓冲放大器、片上时钟发生器以及用于控制及数据传输的串行接口等。满足了设计所需的 8 路模拟通道,14 位高精度采集、数据采用串行接口传输使得其实时性得到保证。LN0、LN1、LN2 为 Pt100 温度采集输入,其余为模拟量输入,数据通过 SPI^[4-5]与 STM32F103 通讯,电路如图 3 所示。

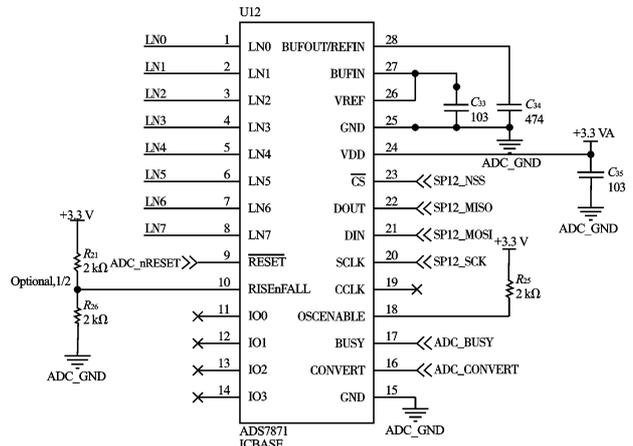


图 3 ADS7871 AD 转换器

3 路为 Pt100 温度探头输入模块,采用顺源 ISO Z1-W3-P1-O4 隔离变送器,它是一种将热电阻信号按温度高低隔离转换成与温度成与温度线性标准信号的混合集成电路。该电路在同一芯片上集成了一组多路高隔离的 DC/DC 电源,几个高性能的信号隔离器和热电阻线性化、长线补偿、干扰抑制电路,特别适用于 Pt100 热电阻信号隔离转换成标准信号,温度信号的变送与失真远送,工业现场 PLC 或 DCS 系统的温度信号采集与隔离,并且能满足染色工业级宽温度、潮湿、震动的现场恶劣工作环境要求。Z1:热电阻类型 Pt100;W3:输入温度范围 0 °C~150 °C;P1:辅助电源 DC 24 V;O4:输出信号 0~5 V。其电路如图 4 所示。

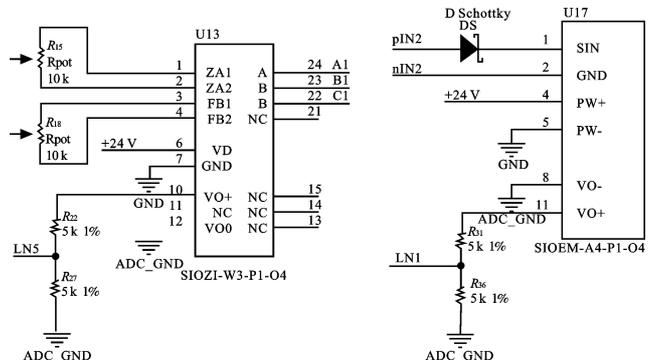


图 4 ISO Z1-W3-P1-O4 隔离变送器

图 5 ISOEM-A4-P1-O4 隔离放大器

5 路模拟量输入采用顺源 ISOEM-A4-P1-O4 隔离放大器,该 IC 在同一芯片上集成了一个多隔离的 DC/DC 变换电源和一组磁电耦合的模拟信号隔离放大器,它采用磁电耦合的低成本方案,主要用于对 EMC (电磁干扰)无特殊要求场合。A4:输入信号 4 mA ~ 20 mA;P1:辅助电源 DC 24 V;O4:输出信号 0~5 V。其电路如图 5 所示。

2.3 8 路模拟量输出设计

本研究选用 TLV5630 作为 D/A 转换器,该芯片为 8 路输出,转换精度 12 位,符合配置所要求,数据通过 SPI^[4-5]与 STM32F103 通讯,其电路如图 6 所示。

本研究 8 路模拟输出采用顺源 ISOEM-U4-P1-O1 隔离放大器。U4: 输入信号 0 ~5 V;P1: 辅助电源

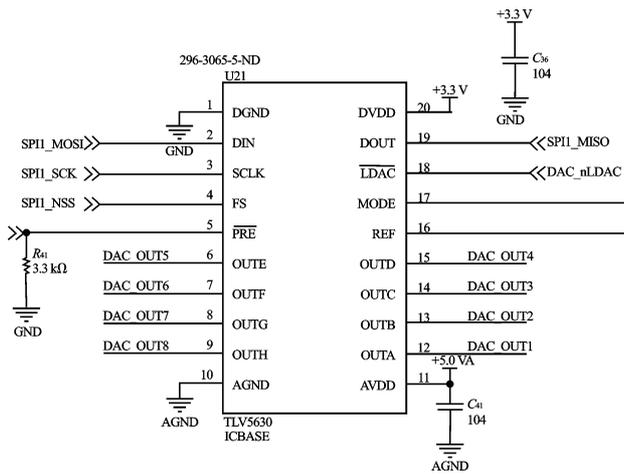


图 6 TLV5630 DA 转换器

DC 24 V;O1:输出信号 4 mA ~20 mA。

2.4 通讯端口设计

本研究配置 2 个 RS485 接口和 1 个高速 LAN 接口,组成现场总线设备网络。所制定的通信协议内容为:一部分是外部网络通信协议;一部分是主控制器和 I/O 控制板之间的内容通信协议。

2.5 主控制器与 I/O 控制器通信协议

通信协议精确地定义了双方通信控制信息和解释信息:发送方能将特定信息(文本、图片、音频、视频)按协议封装成指定格式的数据包,最终以串行化比特流在网络上传输;接收方接收到数据包后,根据协议将比特流解析为本地化数据,从而获取对方发送过来的原始信息^[6]。

通信协议包括 3 个要素:

- (1) 语法:规定了信息的结构和格式;
- (2) 语义:表明信息要表达的内容;
- (3) 同步:规定涉及双方的交互关系和事件顺序。

协议设计过程中的分组发送接收模型如图 7 所示。

内部通信协议是主控制器读取输入输出数据时和 I/O 控制器之间所遵循的协议,它们之间通过高速串口进行通信,通信协议如表 1、表 2 所示。

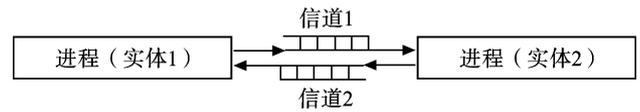


图 7 分组发送接收模型

表 1 命令帧格式

字节数	1	2	3	4	n-1	n
含义	帧头 0xAA	本字节以后的字节数 (n-2)	命令字符	数据字节	数据字节	数据字节	CRC 校验码

表 2 帧含义解释

序号	命令字符	数据字节	回应命令字节	回应数据字节	注释
1	0x00 读取版本号	无	0x10	版本号	
2	0x01 读取数字输入	无	0x81	返回 3 个字节:IN22_17, IN16_9, IN8_1	从左往右依次对应,有输入为 1,无输入为 0
3	0x02 读取输入频率	无	0x82	返回 5 个通道的频率值: CH1, CH2, CH3, CH4, CH5	每个频率值两个字节,小端方式
4	0x03 读取数字输出	无	0x83	返回 40 个继电器输出值: RELAY1_8, RELAY9_16, RELAY17_24, RELAY25_32, RELAY33_40	继电器 1 输出对应 RELAY1_8 的 bit0, 1 表示输出, 0 表示无输出
5	0x04 读取 ADC 值	无	0x84	返回 8 路模拟输入通道采样值,前 5 路对应 20 mA 输入,后 3 路对应温度采样输入,AIN1~8	小端方式,0~0x1FFF 对应 0~20 mA,对应温度值应该根据不入, PT100 温度探头自行标定

(续表 2)

序号	命令字符	数据字节	回应命令字节	回应数据字节	注释
6	0x05 读取 DAC 输出值	无	0x85	返回 8 路模拟输出通道值 AOUT1~8	小端方式,0~0xFF 对应 0~20 mA 输出
7	0x08 读取 AUTO 值	无	0x86	返回一个字节 AUTO 值	AUTO=0:无数据自动上传 AUTO=1:模拟量变化超过 0x40,频率变化超过 0x10 或者数字输入有变化则上传 AUTO=2:在 1 的基础上,每秒钟自动上传一次数据
8	0x10 写数字输出	第 1 字节为通道号:1~40; 第 2 字节为 0 表示不输出,非零表示输出; 第 1 字节为 0xE1 时,第 2 字节对应 01~08,0 表示不输出,非零表示输出; 第 1 字节为 0xE5 时,第 2 字节对应 043~040,0 表示不输出,非零表示输出; 第 1 字节为 0 时,第 2~6 字节对应 01~040,0 表示不输出,非零表示输出;	0x90	无	第 1 字节为 0xE1 时,经 2 字节 bit0~bit7 一一对应 01~08,以此类推。 第 1 字节为 0 时,第 2~6 字节 byte2~byte6 的 bit0~bit7 分别一一对应 01~040。
9	0x11 写 DAX 输出	第 1 字节为通道号:1~8 第 2、3 字节为输出值:0~0xFF,小端方式 第 1 字节为 0 时,第 2~17 字节分别对应 1~8 通道的输出值,0~0xFF,小端方式	0x91	无	
10	0x12 写 AUTO 值	一个字节 AUTO 值:0~2	0x92	无	

3 软件设计

本研究在软件开发环境上选用嵌入式 Linux (内核版本:linux-2.6.32)作为操作系统,并在此基础上采用 QT4.6.3 库编写染色机应用软件界面^[7],该软件功能包括系统设置、染程设置和显示、状态显示以及染色机自动控制^[8]等功能。其功能模块如图 8 所示。

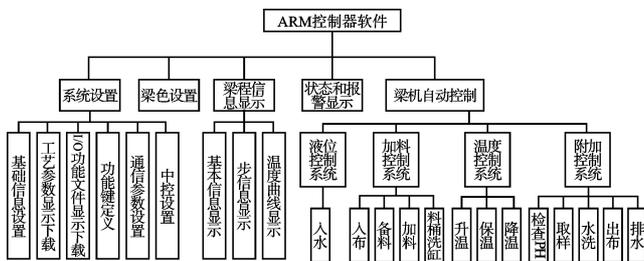


图 8 控制器功能模块

3.1 参数设置功能

通过系统设置功能模块可以查看和设置系统各类参数,包括基本信息、染机参数浏览和下载、控制器功能键定义、控制器 I/O 分配、通信端口设置以及中控服务器设置等。

3.1.1 参数浏览/下载

该选项卡主要用于设置染色机工作参数,例如染缸最大温度、温度报警值、入水报警时间、PID 参数、主泵速度等等^[9]。用户在该选项卡可以浏览当前使用的参数的类型和值,也可以点击“浏览”或者“下载”按钮,选择或者下载新的参数文件来代替当前使用的参数文件,界面如图 9 所示。



图 9 参数浏览 / 下载界面

3.1.2 控制器功能键定义

嵌入式控制器上设置有 F1、F2、F3、F4 和 F5 共 5 个功能键,这 5 个功能键的功能可在此选项卡进行重

新定义。操作时,先选择功能键名左边的复选框,表示对当前功能键进行功能重定义,再在右边的下拉框中选择某个功能,点击应用按钮即可改变当前功能键的功能为所选择的新功能。

3.1.3 I/O 分配

控制器有众多 I/O 接口,每个 I/O 端口的功能可以根据染色机的需要进行适当地定义。支持通过上位机中控软件进行 I/O 端口设定后,以文件(.fun 文件)的形式下载到控制器上,再在此选项卡上进行 I/O 端口的分配。

3.1.4 通信设置

本研究设置有 2 个串口和 1 个 RS485 端口^[10],在“通信设置”选项卡,可以对这个 3 个端口的参数进行重新设置:包括波特率、校验方式、数据位和停止位等 4 个参数。操作时,先在界面上方选择相应端口,再在界面下方相应下拉框中选择参数即可进行设置。

3.1.5 中控设置

控制器可以和中控系统联网,进行实时生产数据的上传和生产工艺数据的下载。该选项卡可对中控服务器的地址进行设置。

当前端口下拉框用来选择与服务器的通信方式,在服务器端需要进行类似的设置。

3.2 监控功能

该区域整个窗口分为以下几个区域:参数设置区、染程选择和显示、状态信息显示区、染程控制功能。监控界面如图 10 所示。



图 10 监控主界面

3.2.1 参数设置区

该区域显示和设置染色机和染色机控制器的各种参数,点击设置按钮,将打开新窗口进行参数设置。

3.2.2 染程选择和显示

染程选择和显示模块提供了染程选择功能,用于选择当前控制器运行的工作染程,该染程保存在本地存储器的特定位置。被选择的工作染程的信息(包括染程的基本情况)染程所包含的步骤详细信息以及染程的温度曲线信息都被显示出来,并且随着工作染程的进行,其信息的显示会随时更新。注意,只有在染程处于停止状态时,才能选择新的工作染程。某一个工

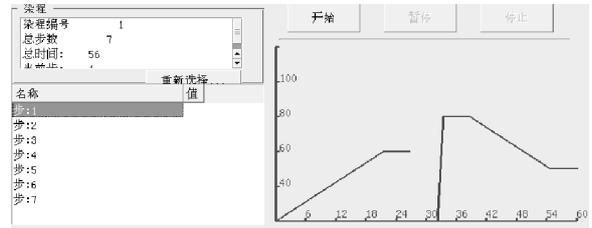


图 11 工作染程

作染程的例子如图 11 所示(图 11 中:左上部的列表框显示染程基本情况,如总时间等,下部以树状形式显示每一步染程的具体动作内容,单击每一步名称可展开。右边显示温度曲线的变化情况)。

3.2.3 状态信息显示区

该区域显示当前染色机控制器的输入/输出状态,染缸状态以及染缸当前温度。

3.2.4 染程控制功能

该软件可以启动、暂停、停止当前的工作染程;也可以执行跳步功能,在染程的第一步、下一步之间进行跳转。可以通过鼠标操作,点击相应的按钮完成染程控制;也可以通过功能键完成相应的功能。功能键的定义如表 3 所示,其中 F1~F5 的功能可以重新定义。

表 3 功能键定义

键名	功能说明
F1	跳到第一步
F2	跳到下一步
F3	手动功能的确认
F4	输出继电器测方式
F5	输出继电器复位
开始	染程开
暂停	染程结束
停止	染程暂停
染程	打开另一个染程
手动	手动功能

4 结束语

本研究设计的基于 Linux 的嵌入式间歇染色机控制器相对于以前的 PLC 和单片机构成的染色机控制器在功能与性能上都得到了提高。对硬件部分,本研究采用耐高温、高压的集成芯片,替代了繁琐的外围电路,从而减除了染厂高温、高压以及湿度过大造成对线路的腐蚀。软件部分则采用开源的 Linux 系统,其移植性得到了加强,并用 QT 设计染色机界面使之更加人性化。该控制器现场运行效果良好,大幅度地提高了染色机控制器的性能,推动了染整企业的自动化和信息化水平的进步。

(下转第 1535 页)

坐标位置的特征点进行比对,判断类型是否相同,对待判定和模板库的指纹的特征点均采用上述方法进行匹配,统计匹配成功的特征点个数。因为两幅指纹图像不可能所有的特征点都匹配,本研究设定一个阈值,如果匹配的特征点数大于该阈值则认为这两幅指纹图像匹配成功,否则匹配失败。

3 实验结果

在调试好的样机上,实验结果如图 5 所示。

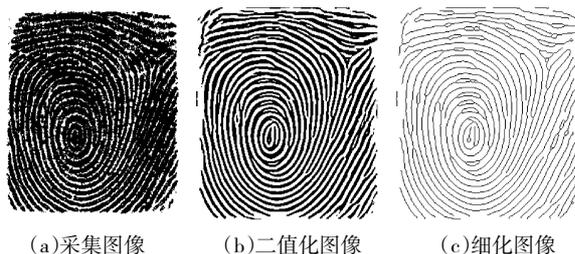


图 5 实验结果

通过 VC 界面显示的匹配结果如图 6 所示。



图 6 VC 界面的图像匹配结果

4 结束语

该设计实现了基于 STM32 的指纹识别系统,指纹

采集方面,本研究通过主控制器和传感器的 SPI 通信采集指纹图像,串口发送数据给 PC 机,VC 界面显示指纹图像;算法方面,本研究通过提取方向场对指纹图像实现 Gabor 滤波增强,细化图像时采用查表法对图像进行细化处理,对细化结果去噪,为提取特征点提供了良好的指纹数据,提高了系统识别的准确性,并通过进一步改进匹配算法来提高识别效率,使该系统能准确、高效地完成指纹识别,总体性能达到要求。当然该系统在识别的效率和准确性上还需要进一步改进,以提高系统的性能。

参考文献(References):

- [1] ST MICROELECTRONICS. STM32F 103xE Data Sheet[M]. ST MICROELECTRONICS,2010.
- [2] VERDICOM. FPS200 Data Sheet V2.1[M/CD]. VERDICOM,2010.
- [3] 胡小虹,李见为,刘元兵. 基于 DSP 的指纹识别模块设计与实现[J]. 重庆大学学报,2004,27(9):26-28.
- [4] 李 昊,傅 曦. 精通 Visual C++ 指纹模式识别系统算法及实现[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [5] 夏振华,石 玉,于盛林. 基于 Gabor 滤波器的指纹图像增强[J]. 工程图学学报,2006,27(5):80-85.
- [6] 胡先东,杨根生. 基于 ARM+S3C2410 的指纹识别系统设计实现[J]. 电脑开发与应用,2009,22(10):55-58.
- [7] 李景萃,王 晶. 基于指纹传感器 FPS200 的自动指纹识别系统 [C] // 过程控制科学技术与应用论文集. 北京:[出版者不详],2008:434-438.
- [8] 陈 征,孙丽华. 基于 WinCE 下的嵌入式指纹识别系统研究与设计[J]. 微计算机信息,2009,25(6):29-30.

[编辑:李 辉]

(上接第 1487 页)

参考文献(References):

- [1] ZHANG Jian-xin,ZHOU Zhi-yu,ZHANG Zhen. A Batch Dyeing Machine's Controller based on Embedded System [C]//International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence. Shanghai:Shanghai University of Electric Power,2009:429-432.
- [2] 胡 明. 染色机微机监控管理系统的研究与开发[J]. 佛山科学技术学院学报,2007,25(9):13-16.
- [3] 汪海燕,张建新. 基于 ARM 的溢流染色机控制系统研究[J]. 丝绸,2009(12):35-37.
- [4] MEEKS D. Two wires control SPI high-speed ADC[J]. EDN,2005(11):82-84.
- [5] 王 耿,王金明. SPI 接口控制器设计与实现[J]. 电子质

量,2010(1):4-6.

- [6] 丸山修孝. 通信协议技术[M]. 王 庆,译. 北京:科学出版社,2004.
- [7] 杨 柳,岳 坤. Qt Embedded 及嵌入式 Linux 在智能监控系统控制中的应用[J]. 计算机应用,2010,30(6):289-291.
- [8] 杨卫东. 高温高压染色机控制系统研究与开发 [D]. 南京:南京理工大学机械工程学院,2006:63-66.
- [9] BLANCHETTE J,SUMMERFIELD M. C++ GUI Programming with Qt4 [M]. 2nd ed. Beijing:Electronics Industry Press,2008.
- [10] LI Cheng,WANG Peng,DING Tian-huai. RS-485 bus-based high-speed serial remote data transmissions[J]. Journal of Tsinghua University,2009,14(5):684-687.

[编辑:李 辉]