

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.015

基于 ARM 的染色机控制器设计

汤 炜, 史伟民, 彭来湖, 林云飞

(浙江理工大学 浙江省纺织装备重点实验室, 浙江 杭州 310018)

摘 要:针对当前传统染色机控制存在效率不高、资源浪费严重等问题,设计了基于 ARM 的染色机控制器解决方案。该设计包含系列信号调理电路,并引入了 V/F、V/I 转换电路,从而以较高性价比实现了单板的完整电气隔离,并在程序上实现对采集数据的分析处理。控制器通过 RS485 高速总线与上位主控系统进行通信,接受控制指令及工艺信息,可以实现工厂多机间的集散控制。该控制系统可较大提升生产效率。

关 键 词:染色机;电压频率变换;电流环;ARM 处理器

中图分类号:TP273

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)05-0063-05

Design of Dyeing Machine Controller Based on ARM

TANG Wei, SHI Weiming, PENG Laihu, LIN Yunfei

(Zhejiang Provincial Key Laboratory of Textile Equipment, Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract:In view of the current traditional dyeing machine controllers` problems, such as poor efficiency and high wastage of resources, the design puts forward a solution of the dyeing machine controller based on ARM. This design includes series of signal conditioning circuit, and V/F, V/I conversion circuit, achieve the complete electrical isolation with highest cost-efficiency of single board, and enforcing the analysis and process of the collected data on by program. Controller communicates with upper main control system through RS485 high-speed bus, receives the control instruction and process information, and realizes distributed control multi-machine factory. This control system can greatly improve the production efficiency.

Key words:dyeing machine; voltage-frequency conversion; current loop; ARM processor

染色机是通过调节压力、温度和流量等元素,以一定的组合工序来实现对布料着色的一种染整装备。由此可见,染色机的控制技术对于染整生产过程具有非常重要意义^[1-3]。

传统的染色机控制器一般采用 PLC 或工业 PC 的方案,存在着成本过高,控制算法简单,人机交互性能差,不易实现多机间集散控制等问题^[4]。本文所采用的是最新的嵌入式解决方案,可以提高整体的系统的控制精度和可靠性,并较大幅度的降低硬件成本,具备面向未来染色机发展的扩展性。

方案设计将控制器分为人机模块和 IO 控制器两部分,本文主要论述 IO 控制器的软硬件设计。

1 控制器方案设计

1.1 染色工艺

开始方案设计之前,必须要先了解染色机的工作过程以及染色工艺,再据此工艺设计控制器。

染色过程的本质是外部介质中的染料向纤维转移扩散的过程,一般包含 3 个基本过程:吸附、扩散、固着。染色设备根据加工方式不同可分为连续式染色机和间歇式染色机。本文主要研究以间歇式染色机中的溢流喷射染色机为例来说明工艺。溢流喷射染色机的控制系统包括以下六大部分:加料控制、液位控制、温度控制、压力控制、附加控制以及报警系统。因此整个控制系统的控制需求包括:入水、入布、备料、加料及备料桶水洗、升温、保温、降温、压力控制、检测 pH 值、取

收稿日期:2014-03-12;修回日期:2014-05-28

基金项目:国家科技支撑项目:浙江省数控一代机械产品创新应用示范工程(2013BAF051301)

作者简介:汤炜(1989),男,浙江兰溪人,硕士研究生,主要研究方向为机电控制技术及其自动化。E-mail:strivehappy@gmail.com

样、水洗、出布、排水。

典型的间歇式染色机的控制过程中可用温度随时间变化为依据的工艺曲线进行展示,如图1所示。

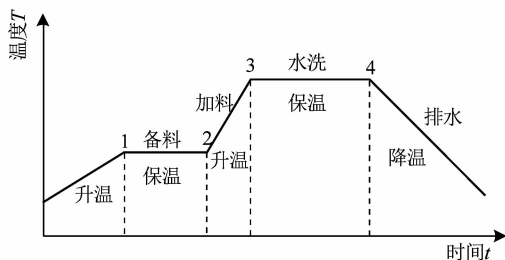


图1 间歇式染色机典型的工艺曲线

Figure 1 Typical process curve of the batch dyeing machine

1.2 方案设计

以溢流喷射染色机为例,其控制器需至少具备:8路模拟输入(AI)、20路数字输入(DI)、4路模拟输出(AO)、20路数字输出(DO)。限于篇幅,选取其中部分由表1示出。

表1 输入输出与端口的部分对应关系

Table 1 Partial matchup between IO and ports

方式	编号	功能需求	IO 类型
模拟输入	1	染缸温度	AI
	2	药桶温度	AI
	3~8	保留	AI
数字输入	1	主马达保护液位	DI
	2	主马达反馈	DI
	6	染缸水位3	DI
	10	压力开关(高)	DI
	16~20	保留	DI
模拟输出	1	比例阀	AO
	2	变频器	AO
	3~4	保留	AO
数字输出	1	主马达	DO
	2	入冷水	DO
	6	入水报警灯	DO
	10	药桶加药提示灯	DO
	16~20	保留	DO

在表1中,模拟输入主要为温度检测,由现场工艺得知,该温度范围在0~130℃,设计选择Pt100作为温度检测传感器,专门设计了Pt100的检测转换电路;另外预留的AI端口统一设计作为4~20 mA模拟输入。

模拟输出的控制对象主要为变频器、比例阀等通用接口的工业设备,所以统一将4路输出都设计为4~20 mA输出^[5]。

数字输入与数字输出都采用24 V直流开关电源

供电。数字输入采用光耦 TLP185 进行隔离转换,将输入数字信号至 MCU;数字输出信号先经光耦 TLP185 隔离,再通过控制小功率 MOS 管 FQU13N10L 实现数字输出。

由上,数字信号的输入输出都可实现电气隔离,为了保证电气安全,需要将模拟输入输出部分也实现电气隔离。出于成本角度以及测量范围较小的现实考虑,选择了V/F转换的方式实现对模拟信号的隔离,即将输入的4~20 mA 调理至合理范围的电压信号,再经由V/F转换电路转换为频率信号通过高速光耦隔离传至MCU进行计数,最后由软件去实现换算。

同理,对于模拟输出,令MCU编程输出对应空比的PWM,经由高速光耦隔离后,经过一级二阶RC滤波电路,得到了稳定性较好的模拟电压,该模拟电压最后经由电压/电流转换电路实现4~20 mA的电流环输出。

系统设计IO控制器通过RS485总线实现与上位主控的通信。

2 控制器硬件设计

主控选用ST推出的ARM Cortex-M3内核的STM32F205ZET6,该MCU最高主频可以达到120 MHz,对于实现本控制系统更高速度的端口扫描很有优势^[5-6],并留出更多时间实现上下位机的通信以及数据转换提炼。同时该芯片LQFP-144的封装,可以很好满足本系统多路输入输出的要求。并且其自带512 KB内部Flash,可以用于存储相当数量的指令及参数。

控制器的硬件结构框图如图2所示。本节将着重分析Pt100的采集调理电路、V/F转换电路、电流环输出电路。

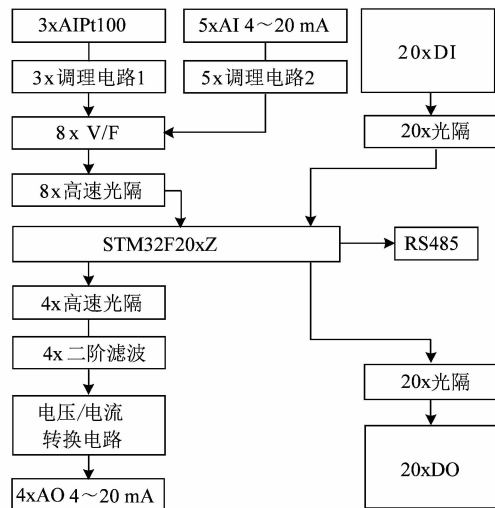


图2 控制器硬件结构框图

Figure 2 Hardware structure diagram of the controller

2.1 Pt100 采集调理电路

设计采用了恒流源方式进行检测^[7],为减少电流过大使 Pt100 发热造成的误差,设计恒电流值为 1 mA。

在图 3 电路中,运放采用 12 V 供电, V_1 值为 3.00 V, V_2 值为 4.00 V。U4B 和 R_{32} 构成对 Pt100 电阻的恒流源,即

$$I_0 = \frac{V_1}{R_{32}} = 1 \text{ mA} \quad (1)$$

U4A, U5A, U5B 及其外围电阻构成了一级仪表放大电路,将采集进来的 Pt100 两端电压放大 50 倍,再由 U6A 及外围组成的差分放大 3 倍。最终,在 0 ~ 130 °C 情况下的采集到的电压范围为 3 ~ 10.5 V。将该电压送入 V/F 转换电路模块。

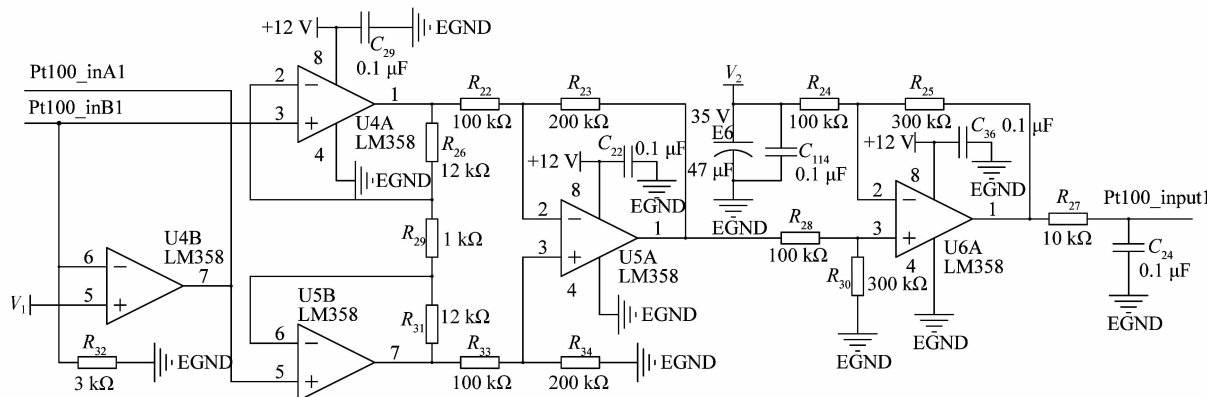


图 3 Pt100 采集调理电路

Figure 3 Acquisition and conditioning circuit for Pt100

2.2 V/F 转换电路

V/F 转换电路如图 4 所示^[8]。设计采用 LM331 作为集成转换模块,其输出频率与输入电压成正比,即

$$f_0 = \frac{V_3 \times R_{158}}{2.09 \times R_{159} \times R_{156} \times C_{94}} \quad (2)$$

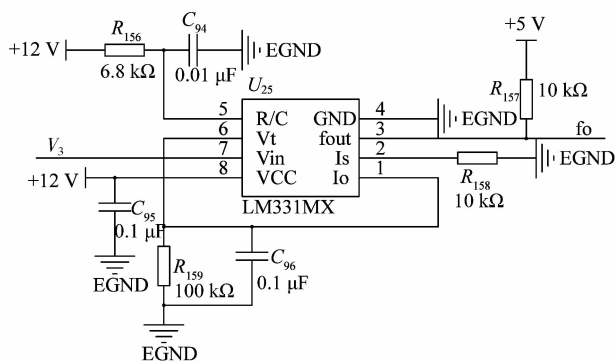


图 4 V/F 转换电路

Figure 4 V/F conversion circuit

其中, V_3 为输入电压, f_0 为输出频率。 R_{158} , R_{159} , R_{156} , C_{94} 分别与芯片内部的基准电路、输入比较器、定时比较器配合实现自激振荡。LM331 输出采用集电极开路方式,遂添加电阻 R_{157} 上拉至 5 V,以符合后端高速光耦 FODM611 的电平要求。并且 LM331 具有 1 ~ 100 kHz 的大带宽输出能力。

2.3 电流环输出电路

V/I 转换电路如图 5 所示^[9]。在该图中 Sig1 为由 MCU 输出并经过高速光耦隔离后的 PWM 波,根据不同模拟电压要求,其占空比不同^[10]。Sig1 经由 R_{89} , C_{54} , R_{90} , C_{55} 组成的二阶滤波电路得到一稳定模拟电压 V_4 ,该电压经 U14B 跟随运放输出至后端 V/I 变换电路输出 4 ~ 20 mA 电流环^[11-12]。

设计的 V/I 变换电路采用的是共地接法。三极管 LMBT3904 起到增强输出能力的作用。根据运放的虚短虚断原理,可得到输出的恒电流 I_0 与输入电压 V_4 的关系,即

$$\begin{cases} \frac{V_B - V_-}{R_{84}} = \frac{V_-}{R_{83}} \\ \frac{V_A - V_+}{R_{94}} = \frac{V_+ - V_4}{R_{88}} \end{cases} \quad (3)$$

由于 R_{83} , R_{84} , R_{88} 和 R_{94} 的阻值很大,可以近似认为

$$V_B = V_+ = V_4 \quad (4)$$

所以最终计算得到

$$I_0 = \frac{V_4}{250} \quad (5)$$

所以也由此可知该恒流源的理论最大负载能力不到 350 Ω。

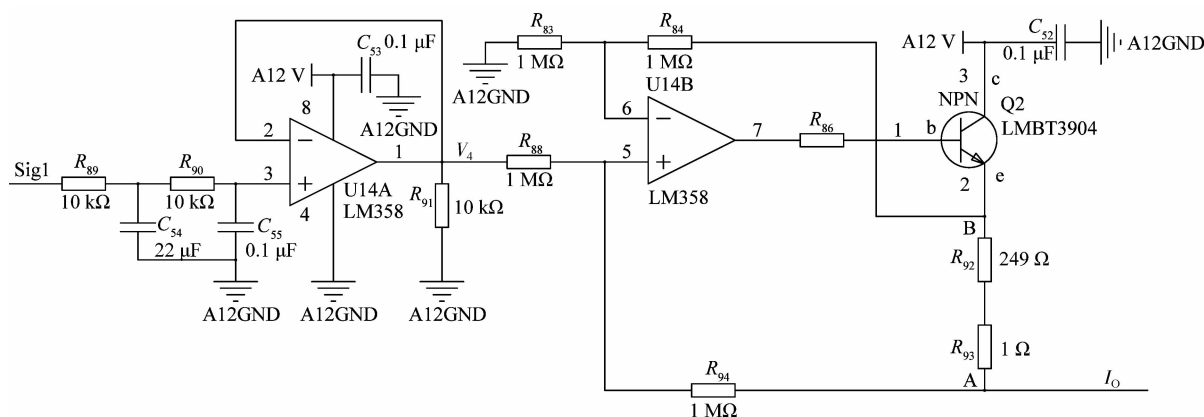


图 5 V/I 转换电路

Figure 5 V/I conversion circuit

3 控制器软件设计

控制器的软件结构框图如图 6 所示。其中参数存储于本地,与上位机通信的串口具有最高的中断优先级,可以修改指令涉及到的参数。输入查询部分包含了对所有模拟输入以及数字输入的查询;逻辑指对查询所得数据进行分析转换,结合指令和工艺做出判断及动作指令;输出控制指执行逻辑处理后得到的动作指令。

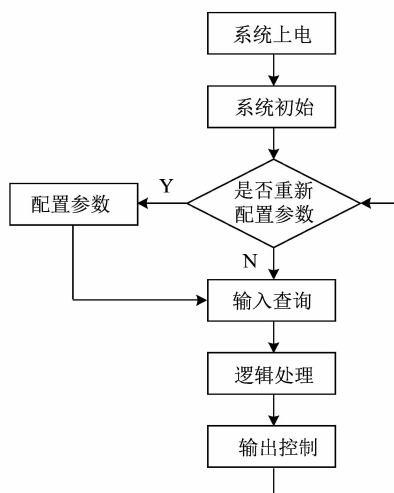


图 6 控制器软件结构框图

Figure 6 Software structure diagram of the controller

3.1 读取模拟输入信号程序

通过前级 V/F 转换的实现,模拟信号输入实质为不同频率的方波输入,正好可以使用了 STM32 定时器带有的捕获功能实现对频率的测定。并且一个定时器可以有多个外部通道实现不同端口的计数。如图 7 所示为模拟信号输入测定的程序流程图。以温度输入为例,由于温度的变化并非十分迅速,系统设计一般为

0.5 s 查询一次即可。每次测得的单个值都会通过 DMA 传输^[13-14]至某个地址空间,再在 DMA 传输完成中断对标记该端口采集情况的变量进行标记,以便后续的逻辑处理部分对这组数据运用系列平均算法得到一具体值,即为滤除了误差干扰后得到的当前端口实际有效频率值。

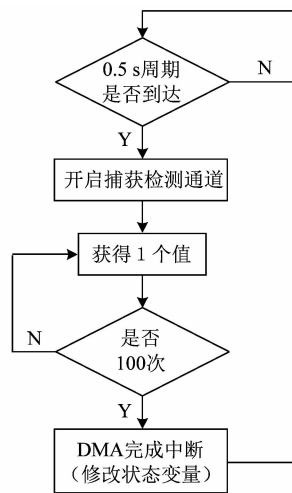


图 7 模拟信号输入读取的程序流程图

Figure 7 Program flow chart of analog signal input

3.2 数据处理程序

在模拟输入部分,最终得到的 100 个频率值保存在数组中。首先通过排序算法,对其进行整理排序,并舍去前后各 25 个值,这样可以有效的将因为偶然误差测得的值去掉,再对剩余的 50 个值进行算术平均,得到当前对应的输入频率。由此频率,通过查表(该转换表一般以通过校验,包括了系统误差的补偿)得到对应的温度值。

同理,在使用 PWM 输出滤波,再控制获得 4 ~ 20

mA 电流环部分,也是通过事先确认并通过校验的查表方法实现。

4 结语

本文对所设计的基于 ARM 的染色机控制器的硬件设计及软件设计进行分析。经实际测试,该系统可以稳定运行,达到了预期目的。不但提高了染整的生产效率而且减少了资源浪费。

参考文献:

- [1] 王宝华.近三十年针织染整设备发展概况[J].针织工业,2011(12):29-30.
- [2] 刘江坚.第十六届上海国际纺织工业展览会针织印染前处理机械述评[J].针织工业,2013(7):23-27.
- [3] 刘江坚.间歇式染色机技术现状的研究[J].针织工业,2013(6):32-37.
- [4] 郭春花.染整设备工艺参数在线检测亟待攻关[J].纺织服装周刊,2006(20):20.
- [5] 曹圆圆.基于 STM32 的温度测量系统[J].仪器仪表与分析监测,2010(1):16-18.
- [6] 李俊杰.基于 STM32F207 工业核心板的研究与实现[D].长沙:湖南大学,2012.
- [7] 俞利国.基于 Linux 的嵌入式间歇染色机控制器研究与开发[D].杭州:浙江理工大学,2012.
- [8] STOTT M R, KUNST D. Ic building blocks from complete isolated 4~20 mA current-loop systems[EB/CD].(2000-09-27). <http://www.focus.ti.com.cn/cn/lit/an/sboa017/sboa017.pdf>.
- [9] 钟炎平,沈颂华.PWM 整流器的一种快速电流控制方法[J].中国电机工程学报,2005,25(12):52-56.
- [10] 高守玮,邵勇,黄全振,等.基于 CORTEX-M3 ARM 的变频调速节能控制器设计[J].仪表技术与传感器,2010(1):58-60.
- [11] 林健.LM331 的 V_F 电路调试中的若干问题分析[J].集成电路应用,1995(2):36-39.
- [12] 陈启昌.可用于远距离传输信号的 V_I 转换电路[J].电工技术,1999(10):35-36.
- [13] 张滔.基于 STM32 单片机 DMA 机制的多通道数据采集[J].黑龙江科技信息,2013(30):27.
- [14] 郭得权,袁嫣红,张建业.基于 ARM 的手套机控制器设计[J].机电工程,2012,29(1):74-78.

(上接第 62 页)

- [4] XIAO Li, WANG Yufei, CHAI Jianyun, et al. Performance analysis of multi-phase PM brussless DC motor drive system[C] // Electrical Machines and Systems. 北京:万国学术出版社,2013:84-87.
- [5] 赵兴,张珣.无刷直流电机无线组网控制系统研究与设计[J].机电工程,2013,30(2):206-209.
- [6] 王维冬.电动液压助力转向系统控制器的开发与设计[D].江苏:江苏大学,2009.
- [7] 陈晨,王锡准,肖健梅.四相永磁无刷直流电动机系统建模与仿真[J].电子设计工程,2013,21(19):51-53.
- [8] 王秀和.永磁电机[M].2版.北京:中国电力出版社,2010.
- [9] 王丽梅.四相永磁无刷直流电机控制系统研究[D].太原:太原理工大学,2010.

2015 年《丝绸》征订启事

《丝绸》1956 年创刊,由浙江理工大学主管,浙江理工大学、中国丝绸协会、中国纺织信息中心主办。月刊,大 16 开本,72 页,每月 20 日出版。国际标准连续出版物号:ISSN 1001-7003,国内统一连续出版物号:CN 33-1122/TS。主要栏目有:研究与技术、设计与产品、标准与测试、改革与管理、历史与文化等;副栏目有:行业之窗、技术讲堂、经验杂谈、简讯报道等。

《丝绸》是丝绸行业内发行量大且具权威的专业期刊,主要选登丝绸领域内具有较好创新性、新颖性和参考性的原创性论文。文章类型涉及基础研究、工艺技术、产品设计、历史文化、改革管理等。《丝绸》是全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国核心学术期刊和中国高校特色期刊,刊出的文章技术水平高、实用性强、信息量大、可读性强,50 多年来一直深受国内外订户的青睐。

订阅办法:

1. 全国各地邮局订阅(邮发代号 32-28),全年 12 期,240 元/年。
 2. 漏订的读者可以向编辑部补订,订阅办法详见《丝绸》杂志社官网。
- 电话:0571-88839613,88081769;
传真:0571-88839613;
邮箱:zgsilk@189.cn
网址:www.cnsilk.cn
地址:浙江省杭州市下沙高教园区浙江理工大学 1 号楼



欢迎进一步了解杂志!