

嵌入式系统在3D打印丝材绕线设备中的应用

倪子涵 褚忠

上海应用技术大学 机械工程学院 上海 201418

摘要: 随着现代工业朝着信息化和智能化的不断发展,嵌入式系统以其高效性、可靠性以及低成本和高拓展性等优势,在工业领域的应用越来越广泛。而对于传统制造业中的丝材生产行业中,仍以传统的PLC控制系统为主,本文通过对嵌入式系统在现代工业中的应用场景并结合丝材收卷设备进行分析,然后以其在3D打印丝材绕线装置控制系统中的应用为实例,选取了合适的嵌入式微处理器作为控制核心,进行了整个装置控制系统的架构设计和软硬件设计,得到了一种能够精准地管理和控制的方案,提高了生产质量和生产效率,并为其他绕线设备提供了实际的实践经验与指导。

关键词: 嵌入式系统; 3D打印丝材; 机械结构; 控制系统

引言

嵌入式系统是专门为完成特定任务而精心设计的计算机系统。这些系统不是独立存在的,而是与其运行环境的其他设备紧密集成,形成了这些设备的核心组成部分。这种集成不仅使设备功能得以实现,还使设备的整体性能得到提升。嵌入式系统的设计和开发都是为特定的应用进行优化。这种优化使得嵌入式系统在功能性、稳定性和性能方面都有出色的表现^[1]。例如,它们可以在有限的硬件资源下,实现高效的数据处理和复杂的控制任务。这种高效性和可靠性使得嵌入式系统在各种应用场景中都能提供稳定且高效的服务。嵌入式系统的另一个显著特点是其体积小。由于嵌入式系统通常需要集成到其他设备中,因此,它们的设计通常要考虑到设备的空间限制。这种小巧的体积使得嵌入式系统能够适应各种大小的设备,从微型的医疗设备到大型的工业设备。此外,嵌入式系统的性价比比较高。由于其专为特定应用优化的设计,嵌入式系统能够以较低的成本实现高效的性能。这使得嵌入式系统在各种领域,如消费电子、汽车、医疗设备和工业控制等,得到了广泛的应用。嵌入式系统的核心通常是由一个或多个微处理器或微控制器构成,这些微处理器或微控制器负责处理数据和控制设备或流程。这些微处理器或微控制器的功能强大,能够处理各种复杂的计算任务,同时还具有低能耗、高效能的特性。这些特性使得嵌入式系统能够在各种复杂的环境和应用场景中提供稳定和高效的服务^[2]。

以3D打印等丝材为代表的各种绕线设备则是传统丝材光缆等生产制造业中的重要机器,这些机器设备的主要功能就是将各种丝材生产机器生产出的丝材和线缆收卷到特定的工件上,这些设备主要由机械结构和控制系

统两大部分组成^[3]。在目前的各种绕线设备中,因其用途的不同,对应的机械结构也各有特点,但他们的控制系统都是为机械结构服务,负责调控各个机构的动作,监控装置整体运行状况并调整,目前这些绕线设备大多以PLC(可编程逻辑控制器)为主控系统对整个设备的动作进行协调和控制,但随着工业4.0的提出,智能制造、工业互联网以及人工智能的飞速发展带动着工厂进行快速转型^[4]。在许多工业应用的控制算法复杂、高定制性和高度互联的要求下,嵌入式系统已然更加适合。本文将围绕嵌入系统在绕线设备中的应用展开,并以其在3D打印丝材绕线装置中的应用为实例进行研究。

1 嵌入式系统的应用领域概述

嵌入式系统以其丰富且统一的接口、强实时性、良好的裁剪性和硬件适应性著称。嵌入式系统的构成主要包括硬件和软件两部分,其中硬件包括嵌入式微处理器、存储器、外部设备和I/O端口等核心组件,而软件则包括操作系统和应用程序编程,这些元素共同构成了嵌入式系统的基本架构。由于其高效、稳定、可靠的特点,嵌入式控制系统在多个领域得到了广泛应用。在智能工厂中,嵌入式系统能够统筹多个机械设备按照规定流程进行生产制造工作并对生产信息进行实时统计并显示^[5]。在智能仓储和物流系统中,嵌入式系统被用于控制货物分拣小车、仓储分类与统计以及整个物流系统的调度。嵌入式控制系统在智能家居领域,能够实现家庭设备

作者简介: 倪子涵(1998.03),男,汉族,安徽安庆人,硕士研究生,研究方向:机械与电子信息;通讯邮箱:nizihan98@163.com。

褚忠(1967年-)男,副教授,博士,主要研究方向为模具CAD/CAM; Email: chuzhong@163.com。

的智能化控制,提升居住体验。除此之外,嵌入式控制系统还在航空航天、医疗设备、能源管理等领域发挥着重要作用。而对于工业自动化场景中,嵌入式系统的应用更加广泛。它们被用于协调自动化生产线上的各种机械设备、传感器和执行器,以及对设备的运行状态和能耗进行监控和调节^[5]。随着工业信息化和智能化的不断发展,未来会有更多的工业场景需要嵌入式系统和设备^[6]。

2 绕线设备常见功能及需求

绕线设备广泛用于电子、电气及汽车等多个行业,其核心作用是将生产出的丝材缠绕到指定的线盘上,便于之后的使用、储存和搬运^[7]。绕线设备的一般功能主要包括线材收卷、排线、计米等。在一些对绕线装置要求较高的行业中,大部分相应的绕线设备还具备故障检测与停机报警功能,以保证整个生产过程的安全可靠。随着机械与电子技术的飞速发展,各种丝材与线缆的生产需求越来越大,对绕线设备的要求也日益增长,因此对于绕线设备还有如下需求:(1)精密排线功能:在对于线缆丝材的绕制过程中要保证其在线盘上缠绕整齐;(2)张力控制功能:丝材张力是影响丝材合格和排线好坏的重要因素,故需要将张力控制在合适的区间内;(3)交互功能:对于工业设备需要实时显示其工作状态,以便人工干预。

3D打印丝材的生产不同于其他丝材和线缆,它是直接由单螺杆挤出机挤出并经过冷却、吹干、计米以及辊压等工序之间牵引至绕线设备上收卷,这对其控制系统的实时性和可靠性提出了较高的要求。

3 3D 打印丝材绕线装置控制系统设计

对于3D打印丝材的绕线装置,目前大多数设备使用的仍是非嵌入式控制的方式。为了适应工业信息化和智能化的发展,本文将设计一种应用嵌入式系统的3D打印丝材绕线装置。

3.1 3D打印丝材绕线装置结构介绍

3D打印丝材绕线装置是3D打印丝材挤出辊压干燥后将其缠绕至线盘上的设备,是打印丝材生产的最后一环。该装置通常由理线机构、张力调节机构、控制机构已经底座组成,理线机构负责对收卷丝材进行整理,张力调节机构能够保持丝材在打印过程中适当的张力,控制机构作为整个绕线装置的核心,负责实现对整个绕线过程的精确控制。这里为了提供其生产效率,提出一种布线机构,能够将线头自动布置到空线盘上。

3.2 控制系统架构及软硬件设计

在以嵌入式系统为控制核心的3D打印丝材绕线装置中,进行合理的控制系统架构和软硬件设计是关键。整

个控制系统的架构应该从硬件层、系统层、通信层、驱动层以及应用层来进行设计。

首先,在硬件层面分为控制核心和外围设备。嵌入式系统的控制核心一般为嵌入式微处理器,对于3D打印丝材绕线装置的控制系统的核心,可以选取意法半导体生产的STM32系列MCU,它们基于ARM Cortex-M的内核,具有高性能、低功耗、易开发、集成度高以及资源丰富等特点,能够很好的满足控制需求;对于外围设备,如显示屏、按键、通信接口等模块则需要根据控制核心的拓展方式设计其电路,包括基本电路、电源电路和保护电路等;其次,在系统层面,为了满足设备对实时性和交互性需求,需要使用以FreeRTOS、 $\mu\text{C}/\text{OS-III}$ 等为代表的嵌入式实时操作系统,这些操作系统相较于裸机系统具有实时性、可靠性以及可扩展性等方面的优势,能够完成多任务操作,对硬件资源进行更加合理有效的分配;在通信层面上,为了实现外部设备与系统间的通信,选择使用IIC、SPI和GPIO等具有灵活性和可靠性的通信协议和接口,而对于系统各个模块相互之间的通信则使用实时操作系统中的信号量以保证各个应用程序间通信的实时性;在驱动层中,则需要对整个装置中涉及到的如电机、传感器、编码器、显示屏以及控制策略等等进行驱动程序的设计和编写,以提供相应的接口供上层调用和下层信息交互;最后,在应用层中对整个装置的各种功能进行实现,如最基础的绕线功能中包含的收卷、计米、换向、张力控制、排线布线等,以及其他如状态显示、按键操作等人机交互上的功能。在完成了3D打印丝材绕线装置中嵌入式控制系统的整体架构设计后,需要对架构中包含的各个模块进行详尽的硬件设计和软件设计。

对于嵌入式的硬件设计,首先就是微处理器和存储器的选择,对于微处理器通常由控制单元、算术逻辑单元和寄存器组成,这里选择STM32F10x系列,而存储器则是对系统相关信息进行存储,通常有ROM、RAM以及Flash等,其中Flash以其非易失性、存储速度快和存储密度高作为存储器的优选;然后对连接各种设备和模块的接口和总线进行设计,如串口、并口、USB以及以太网等等;硬件设计还涉及到电源设计,需要考虑电源的安全性、完整性、噪声和效率等问题,以保证整个系统运行的安全稳定;最后,还需要其他各种拓展和外设的设计以及总体电路的设计与布局,如互联网应用场景中的无线模块、摄像头等模块的布置和PCB板上各个电子元件及其电路的布局布线。

对于嵌入式的软件设计,一般在集成式开发环境

中完成,常见的如Keil MDK、IAR、embedXcode以及Eclipse等,针对3D打印丝材装置中选用的STM32系列MCU,选用Keil MDK进行软件设计,首先进行通信层程序编写时,需要对各种GPIO接口进行唤醒和初始化,对IIC和SPI等通信协议按照其通信规范和标准进行编写并提供相应的接口;在驱动层中,对各种设备的程序驱动进行代码实现,如对电机舵机等动力元件的控制,对张力相关的控制策略和控制方法的软件层面实现;在应用层,按照控制流程通过调用对应的接口并给出特定的参数对既定功能进行实现;最后需要基于所选MCU进行实时操作系统环境初始化,完成环境搭建,结合各个模块的代码进行调试并完成实时操作系统的移植,还需要根据整体设备的运行环境和对操作系统的需求进行系统的裁剪。最终完成符合3D打印绕线装置自身的一套嵌入式控制系统。

4 结论

本篇文章探究了嵌入式控制系统在多种应用场景中的作用,并根据其特点及常用绕线设备的需求,设计了一套针对3D打印丝材绕线装置的嵌入式控制系统。文章通过详细探讨控制系统的架构和软硬件设计,提出了一套合理的设计方案。该方案通过应用嵌入式微处理器和实时操作系统能够精准地管理和控制3D打印丝材的绕线

过程,提升生产流程的精确度,从而直接提高了最终产品的质量和整体生产效率。该研究展示了嵌入式控制系统在提高工业生产效率方面的潜力,还强调了其在确保产品质量方面的重要性。此外,所得研究成果还为嵌入式控制系统在更广泛的应用领域,如自动化、智能监控和环境监测等,提供了宝贵的技术参考和实践指导。

参考文献

- [1]韦旭东.基于嵌入式系统和深度学习的花卉养护系统[D].电子科技大学,2023.
- [2]王绍伟.嵌入式微系统[M].北京:机械工业出版社,2016:15-24.
- [3]刘海光.3D打印工艺规划与设备操作[M].北京:高等教育出版社,2019:145-176.
- [4]郝凝辉,杨忠强.工业设计赋能制造业高质量发展策略研究[J].美术研究,2022,(05):23-29.
- [5]陈星光,雷先华.嵌入式控制系统在工业控制中的关键应用研究[J].电子元器件与信息技术,2023,7(11):38-41.
- [6]Richard A, Dara O.基于状态的监控对于实现工业4.0至关重要[J].世界电子元器件,2023,(02):12-17.
- [7]雷洋,洪长艳,朱一凡.大过载绕线异步电动机方案设计[J].上海大中型电机,2023,(04):29-31+35.