

纸币包装机控制系统^①

王夏明, 何志伟, 高明煜, 黄继业

(杭州电子科技大学 电子信息学院, 杭州 310018)

摘 要: 分析了现今银行系统纸币捆扎方式存在的问题, 设计了一种基于 ARM 的捆扎塑封一体的全自动纸币包装机. 对纸币包装机的组成结构、工作原理、软硬件实现进行了详细介绍. 实际测试结果表明本系统满足了纸币包装机一次性完成送钞、捆扎、切膜、封膜等所有过程控制的要求, 提高了纸币捆扎塑封的效率.

关键词: 纸币; 包装机; 控制系统; STM32; 步进电机

Banknote Packaging Machine Control System

WANG Xia-Ming, HE Zhi-Wei, GAO Ming-Yu, HUANG Ji-Ye

(College of Electronic and Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: This paper analyzed the banknote bundling problems in current bank system and designed an ARM-based automatic banknote packaging machine, which integrates with bundling and plastic enveloping. In this paper, the composition and structure of banknote packaging machine, as well as its working principles, software and hardware implementation are described in detail. The actual operating results show that it can accomplish all the motion control in the banknote packaging processes, including sending notes, bundling notes, cutting and sealing plastic film. The new banknote packaging machine has improved the efficiency of banknote packaging.

Key words: banknote; packaging machine; control system; STM32; step motor

1 引言

在银行流通业务中, 纸币回笼捆扎历来是一项十分繁重的工作. 现钞在流通过程中, 要经过收付、初点、整点、保管、调运等许多环节, 在保管、调运等环节中, 容易对纸币造成损伤, 长期保存的纸币容易受潮发霉, 运输过程中也无法避免抽张情况的发生, 为了便于流通和防止抽张, 纸币在流通前, 要进行捆扎和塑封^[1]. 捆钞机是金融系统专用的包装机具, 其功能是将已打把的现钞打捆塑封, 便于现钞的管理、运输和保存. 早前, 国内曾先后研制了“手动式液压捆钞机”、“手摇式棘轮捆钞机”、“电动捆钞机”等, 初步实现了纸币捆扎前的压紧工序机械化, 但纸币捆扎仍由人工进行^[2]. 传统的捆扎方式不仅费时费力, 而且捆扎效果不好, 伤币问题严重, 不能完全杜绝抽张问题. 近些年, 市面上出现了一些基于 PLC 的全自动纸币包装机, 这类纸币包装机的工作过程是: 首先对纸

币进行捆扎, 然后再用 POF 膜进行塑封, 最后对塑封的 POF 膜进行加热收缩成型. 这种包装方法较好的解决了伤币、抽张、受潮发霉等问题, 目前的全自动纸币包装机大多数采用这种方法. 纸币包装的整套工作流程比较复杂, 涉及到的控制量很多, 需要一套高效可靠的控制系统来协调各个设备的工作. 目前现有的纸币包装设备大多都是采用 PLC 为控制核心, 再配合步进电机驱动器, 温控表等一系列设备来组成控制系统. PLC 主要以控制为主, 在算法执行上比较乏力, 而且 PLC 功能比较单一, 内部的具体技术细节不公开, 限制了编程的自由度, 后期设备的维护升级比较困难; 另外, 采用外接的通用步进电机驱动器, 不仅增加了成本, 而且无法针对本系统做特定优化^[3-5]. 随着单片机技术的发展, 单片机的外设越来越多, 利用单片机的技术优势, 可以有效解决目前市面上的同类控制系统存在的成本高, 系统集成度低的问题. 因此, 本文设

① 收稿时间:2015-04-10;收到修改稿时间:2015-05-23

计了基于 ARM 的全自动纸币包装机控制系统。

2 系统总体设计

全自动纸币包装机是机、电、气一体化的全自动包装设备,由控制系统协调各个部件的工作,从而完成纸币捆扎、转运、塑封、热缩成型等一系列工序^[6]。全自动纸币包装机包括一个人机交互系统和一个以单片机为核心的控制系统,人机交互系统与控制系统之间通过 USB 虚拟串口通信。人机交互系统完成包钞的开始/停止的控制、实时显示纸币包装机的工作状态信息以及完成一些初始化参数设置的工作。本文主要介绍以单片机为核心的控制系统。按功能划分,本控制系统主要完成信号检测、动作控制、动作执行、温度控制等工作。

待检测量主要包括钞把、电机、气缸的位置检测。其中钞把、电机的位置检测采用光电传感器,气缸的

位置检测采用磁环传感器。

动作控制部分通过读取光电传感器和磁环传感器的状态来得知当前工作状态,从而控制执行部分作出相应的动作。其中,光电传感器有 15 个,包括步进电机位置检测光电、卷膜检测光电、热缩炉进、出钞口检测光电、I 型刀检测光电、L 型刀检测光电等。磁环传感器有 10 个,包括 I 型封切上磁环、I 型刀下磁环、压紧磁环、翻转磁环、升降磁环、纵推磁环。

执行部分主要包括气缸、交流减速电机、步进电机、加热棒和热缩炉,其中气缸、交流减速电机和步进电机执行钞把的捆扎、转运以及 POF 的拉膜、卷膜,加热棒控制 I 型刀和 L 型刀的温度,完成 PE 膜、POF 膜的切断和连接,热缩炉完成 POF 膜的热缩成型。全自动纸币包装机控制系统以微控制器 STM32 作为控制核心,外加 IO 驱动电路、步进电机驱动电路、温度采集控制电路和保护电路。图 1 所示为本系统硬件框图。

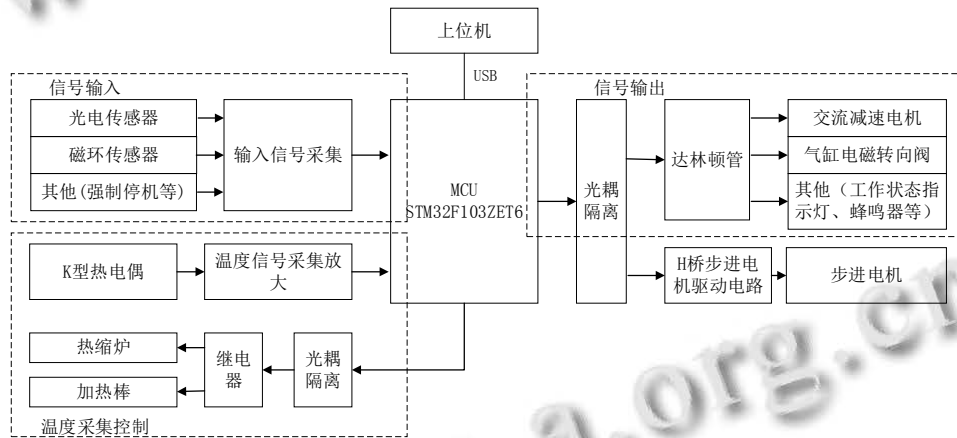


图 1 系统硬件框图

3 系统硬件设计

3.1 单片机处理器

本设计的单片机处理器采用 STMicroelectronics 意法半导体公司的 STM32F103ZET6。STM32F103ZET6 是采用 ARM 公司的 Cortex-M3 内核的大容量增强型 32 位微控制器,具有 512K 字节闪存,8 个定时器,112 个通用 IO 接口,3 个多通道 12 位模数转换器,其工作主频达到 72MHz。该芯片具有 SWD 调试接口,仅需 4 个引脚即可进行硬件调试与仿真,开发方便。在本设计中,单片机处理器作为控制模块核心,负责光电传感器、磁环传感器信号的检测,气缸、交流减速电机的控制,步进电机驱动信号的产生和控

制,与上位机的通信以及加热棒、热缩炉的恒温控制。

3.2 温度采集控制电路

本系统需要恒温控制两个加热棒和一个热缩炉,其中两个加热棒分别加热 I 型刀和 L 型刀。温度采集控制电路分为温度采集、控制输出和保护电路三个部分。本设计中,加热棒和热缩炉温度的检测采用 K 型热电偶,室温(参考温度)的检测采用 LM35 温度传感器。由于热电偶产生的信号非常微弱,必须经过放大才能输入 STM32 的模数转换口。在实际测试中发现,由于热电偶工作的时候需要与机器的金属部分直接接触,导致测量信号中带有较强的共模干扰,因此,本设计的放大部分采用了仪表放大器 INA126,并在后级加了

有源滤波器. 如图 2 所示为本设计的温度采集电路. 其中, TC_{1-} 为热电偶的负极, TC_{1+} 为热电偶的正极,

$K-Temp$ 与单片机的模数转换口连接. 仪表放大器放大倍数计算公式为: $Gain = 5 + 80K/R11$.

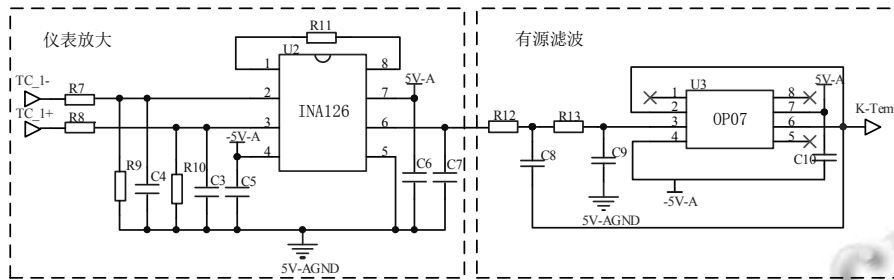


图 2 温度采集控制电路

3.3 步进电机驱动电路

在纸币捆扎和塑封的过程中, 需要将纸币精确推动一定的距离, 本设计采用 2 相混合型步进电机实现此功能, 步进电机采用 MOS 管组成的 H 桥电路驱动. 如图 3 所示为步进电机 H 桥驱动电路. $INA+$ 、 $INA-$ 为

单片机输出的步进电机驱动信号, IR2103 为带死区的半桥驱动芯片, 如图 3 所示的两片 IR2103 外加 4 个 MOS 管组成一个 H 桥, 驱动步进电机的 A 相, 另一个同样的 H 桥驱动 B 相.

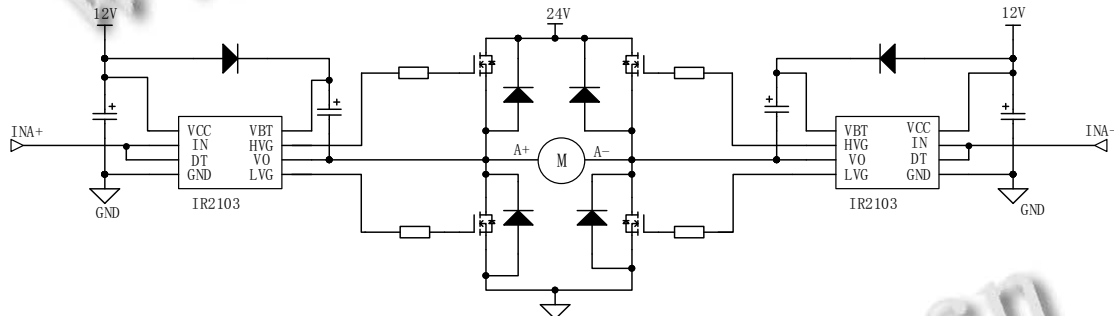


图 3 步进电机 H 桥驱动电路

4 系统软件设计

本系统的软件采用模块化设计, 对每个模块编写独立的子程序, 然后根据捆扎塑封流程把各个部分串接起来. 软件采用模块化设计, 使得修改方便, 可读性强. 本系统的程序主要包括主程序、动作控制程序、步进电机驱动程序、温度控制程序、USB 虚拟串口通信程序、系统错误处理程序. 其中, 动作控制程序又分为连续运行程序和单步调试程序. 在动作控制程序中, 每个动作都编写成一个独立的动作驱动程序, 按照一定的时序调用相应的动作驱动程序就可以实现纸币包装机的动作控制.

4.1 系统主程序

要完成纸币的捆扎和塑封要经过一系列复杂的动作, 其中涉及的控制量非常多, 为了提高程序的可维护性, 本设计中把时序的控制和动作的执行分开, 当

需要修改其中一个函数时, 不会影响到另一个函数, 在以后的开发中, 如果需要调整动作的时序, 只需要修改时序控制函数, 如果需要调整动作的执行, 则只需要修改动作执行函数, 改善了软件的易读性和可维护性. 如图 4 所示为本系统的主程序流程图.

系统上电后, 首先进行系统硬件初始化, 包括系统工作时钟滴答初始化、中断初始化、输入输出接口 GPIO 初始化以及定时器初始化, 然后进行驱动程序初始化, 包括步进电机驱动初始化、温度控制程序初始化、USB 虚拟串口程序初始化, 最后进入主循环. 在主循环中, 不断轮询动作时序控制程序 $SFJ_Task()$ 、通信处理程序 $SFJ_USB_CommomdHandler()$ 和动作执行程序 $SFJ_TaskHandle()$. 在纸币包装机工作的过程中, 上位机可以设置各种工作参数, USB 虚拟串口实时接收上位机的指令, 并根据接收到的指令更改相应的参

数值, 从而对下一次动作的执行做出相应的更改。

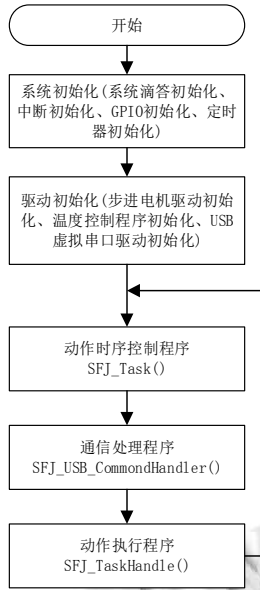


图 4 主程序流程图

4.2 动作控制程序

本系统的动作控制程序是本控制系统软件设计的核心, 包括动作时序控制程序 *SFJ_Task()*和动作执行程序 *SFJ_TaskHandle()*。由于纸币包装机的工作机制相当于一道工序, 每个动作的执行都有先后顺序以及相应的限制条件, 为了在软件上实现这种流水线机制, 设置了动作顺序标志位 *step*, 每执行完一套动作, *step* 加 1 进入下一步动作。为了实现动作的限制条件, 设置了动

作开始标志位 *flag_start* 和动作结束标志位 *flag_end*。动作时序控制程序 *SFJ_Task()*负责动作时序的控制, 当执行到某个动作时, 将此动作的动作开始标志位 *flag_start* 置 1 而不真正执行动作, 动作的执行由动作执行程序 *SFJ_TaskHandle()*来完成。在本系统中, 各个动作的功能主要是对执行元件进行精确定位, 并且根据时序要求进行动作, 动作的实现方法基本相同, 因此, 文中仅列出压紧气缸的工作流程图, 如图 5 所示。

4.3 异常处理

纸币包装机作为工业产品, 其可维护性是作为评判其优劣的指标之一, 除了要实现正常的功能动作之外, 还要能检测各种非正常现象并作相应的提示和处理。

本系统做了以下的异常处理手段: (1)系统动作超时处理。系统每个动作开始的同时, 计时器开始工作, 记录每个动作的动作时间, 如果超过设定的系统动作时间, 则认为系统出现故障, 停机并且上报上位机错误号。(2)温度未达标报警。本系统中, 要控制两个加热棒和一个热缩炉的温度恒定, 当系统出现故障或者受外界条件干扰导致温度超出限定范围时, 系统马上停机并且上报温度异常故障。(3)热缩炉进出钞超时报警。热缩炉的进钞口和出钞口都设有光电传感器, 当钞捆进入热缩炉时, 开始计时, 若超过限定时间还没有在出钞口检测到钞捆, 则马上停机, 并关闭热缩炉热源, 防止钞捆过热损坏。

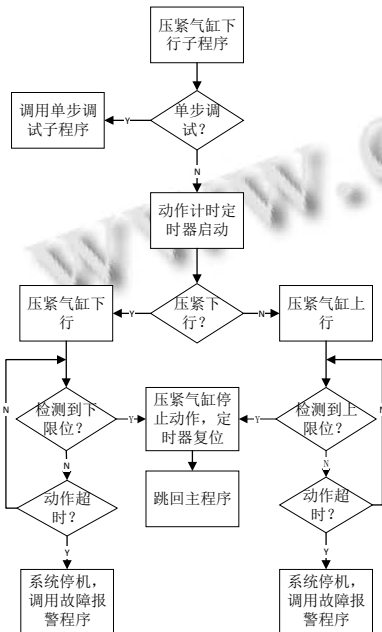


图 5 压紧气缸程序流程图

5 系统测试

一台合格的设备必须经过系统的测试, 特别是像纸币包装机这种银行系统的金融机具, 对设备的安全性和可靠性有着极高的要求。为了验证本系统能否达到要求, 通过以下几个方面对系统进行了测试。(1)功能测试。为了测试系统是否能够一次性完成纸币的捆扎塑封, 采用了银行的练功券来模拟实际的钞把进行捆扎塑封试验。为了模拟银行的实际工作过程, 把 100 张每把的 100 元面值练功券一共 10 把叠在一起放入纸币包装机, 按下开始包装按钮后, 纸币包装机在无人干预的情况下一次性完成钞把的捆扎和塑封工作。测试结果表明, 采用本纸币包装机, 一分钟可以完成四捆纸币的捆扎塑封, 提高了工作效率。(2)系统稳定性测试。为了测试系统的稳定性, 对本设备进行了长时间连续不间断工作测试, 结果表明本设备具有很高的稳定性和可靠性。(3)系统故障报警功能测试。为了测

试系统在非正常工作下的工作状态,模拟实际工作现场可能发生的情况,人为引入多种故障,比如推钞电机故障,PF膜拉断,出钞口被挡住等等.实际测试结果表明在故障发生时,系统马上停机报警,并报告上位机发生的故障类型,达到了设计目标.如图6所示为测试现场图片.

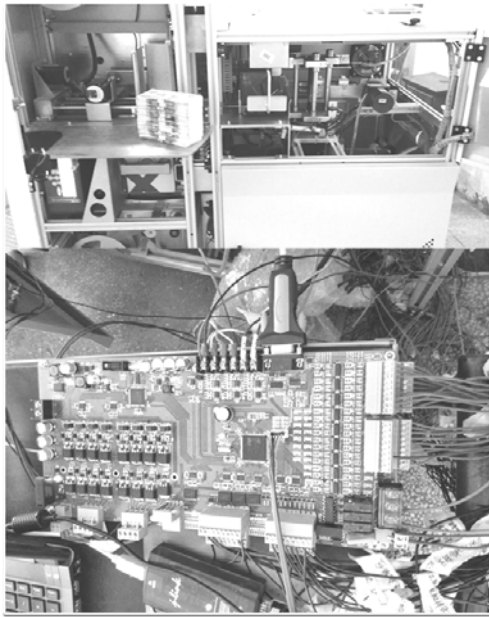


图6 纸币包装机控制系统调试现场

6 结语

本文采用单片机为主控制芯片,充分利用了芯片上自带的资源,结合其他外围电路实现了纸币包装机控制系统.经实践证明,本系统达到了设计要求,完成了纸币的捆扎和塑封,实现了多包钞捆连续运行.与市面上用PLC作为主控制器的同类设备相比,本设计大大提高了系统的简洁度,降低了设备的安装调试难度,降低了设备的生产成本,具有良好的推广价值.

参考文献

- 1 李晔.基于单片机的小型全自动捆钞机设计.科技信息,2010,(8):765-766.
- 2 丁素珍.新型捆钞机及捆扎带的发展趋势.浙江工贸职业技术学院学报,2005,5(4):27-29.
- 3 吴旭东.全自动塑封捆钞机控制系统.轻工机械,2012,(6):43-48.
- 4 林金表,郑子武,孙艺震,李忠辉.Just-II型全自动大把捆钞机的设计.轻工机械,2002,(3):49-53.
- 5 林洪贵,林金表.ZK-400S全自动纸币塑封包装机的电控系统.中国水运,2008,(2):224-227.
- 6 王兴国.基于IPC和PLC的纸币塑封包装机自动控制系统.电气自动化,2014,(4):96-98.