

基于 Linux 的薄壁管材冲孔自动化生产线设计

孙建辉, 陈雨晴

(浙江工业大学 机械工程学院, 杭州 310000)

摘要: 为了开发一种结构简单、控制灵活的冲压自动化装置, 简述了一种基于 Linux 下的冲孔自动化生产线, 用于薄壁管材的冲孔; 设计了以 ARM 为主控制器, CPLD 为协处理器的方式来作为整个生产系统的控制核心, 通过控制交流伺服电机、电磁阀等执行元件完成动作要求; 建立了气缸驱动系统和冲压机械手, 机械手通过伺服电机的驱动完成取料和旋转, 在与冲床的相互配合下完成冲孔要求; 构造了生产线系统的故障树, 利用定量分析结合定性分析的方式对故障进行分析; 整个设计以 Linux 操作系统为平台, 利用跨平台的图形界面应用程序 Qt 编写了人机界面, 采用电容式触摸屏通过界面向操作人员发送故障提示, 大大减少了设备停机时间; 实验结果表明该系统完全能满足生产要求, 稳定可靠, 操作便捷, 响应速度快。

关键词: 机械手; 故障树; CPLD; ARM; Linux

Automatic Production Line of Thin-walled Tube's Punching Based on Linux

Sun Jianhui, Chen Yuqing

(Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310000, China)

Abstract: To design a simple and flexible punching automation equipment, a automatic line based on Linux which was designed for thin-walled tube's punching was expounded. To control servo motor and magnetic valve, ARM as a main controller and CPLD as a coprocessor for completing the motion requirement which are core system was designed, principle figure of cylinder drive system and manipulator were established, manipulator's feeding and rotating were driven by a servo motor. Then completed the requirements with the help of puncher. The fault tree method was designed. qualitative and quantitative analysis was used for fault analysis. Linux as a platform, human interface was built by GUI application called Qt. Capacitive touch screen offered workers tips, equipment downtime was greatly reduced. The results show that the system can fully meet the demands, fast response and convenient operation.

Keywords: manipulator; fault tree; CPLD; ARM; Linux

0 引言

随着嵌入式系统在工业生产领域的普及, 建立一套高效智能简单的自动化生产线系统是提高企业生产效益的必然选择。由于数字信息技术和网络技术的蓬勃发展, 给冲压加工行业带来了一股新的生机与活力。

金属冲压是目前工业生产中生产率最高的一种加工方法, 同时也是人工上料操作较多的一个行业。生产工人劳动工资增加, 人工上料经常出现手指被冲断的安全事故, 这样的后果是劳动者安全受到威胁, 企业利润无法提高, 而国内大型企业多采用价格高昂、自动化程度较高的进口装置, 小型企业多选取手动冲压机。手动冲压采用人工来进行上下料, 安全性能差, 电气控制系统简单, 各种参数都需要手动调整, 难以保证稳定的生产精度。由于冲压加工本身属于重型加工作业, 对人身安全来说也难以得到保障。目前国内在冲压自动化生产线领域, 多采用单片机控制的方法, 这种控制方法扩展性差, 精度低, 处理速度不足以满足复杂算法的要求, 且送料装置多采用机械式凸轮传动机构, 导致的结果是结构复杂, 造价高, 柔性

差^[1]。冲压设备多采用液压技术, 功率需求极大, 控制复杂且费用很高, 液压油泄露也给整个生产加工过程造成了诸多不便^[2]。

为了适应冲压自动化生产的需求, 为中小型企业解决冲压生产成本过大及工人安全无法得到保障的问题。课题研究采用了处理速度更快的 ARM9 微处理器和复杂可编程逻辑器件 CPLD 作为控制核心, 并结合了速度更快的气缸驱动技术, 优化了机械臂的设计。操作系统移植了 Linux2.6 的内核作为应用程序的开发平台, 使得系统的实时性有了很大的提高。在人机界面方面, 采取 1 024 * 600 的电容式触摸屏, 通过主菜单、对话框的方式实现参数输入、产量记录, 具有智能故障诊断功能, 用消息提示框显示故障提示和维护建议, 友好的人机界面为上下位机的通讯提供了一个快捷方便的纽带, 提供了一个灵活稳定高效的自动化控制系统。

1 系统总体设计

1.1 薄壁管材冲孔自动化装置的工作原理

薄壁管材冲孔自动化装置主要由机械手、丝杠传动机构、电磁阀、交流伺服电机、触摸屏、信号灯、储料柜等部分组成, 其结构如图 1 所示。通过滚道将管料输送到机械手, 再通过机械手将管材上料到冲床, 并配合冲孔节拍旋转管料, 完成冲孔。机械手送料及旋转均通过伺服电机驱动, 通过机械手 X-Y 的移动和 Z 轴的旋转来配合三爪气缸的抓紧/放开来实现

收稿日期: 2016-01-25; 修回日期: 2016-02-29。

作者简介: 孙建辉(1955-), 男, 浙江杭州人, 教授级高工, 硕士生导师, 主要从事计算机控制和机电一体化、航天非标地面测试设备研制的工作。

冲孔动作。电磁阀分别控制机械手气爪，送料气缸，冲床控制气缸，推废料气缸，搅拌气缸。

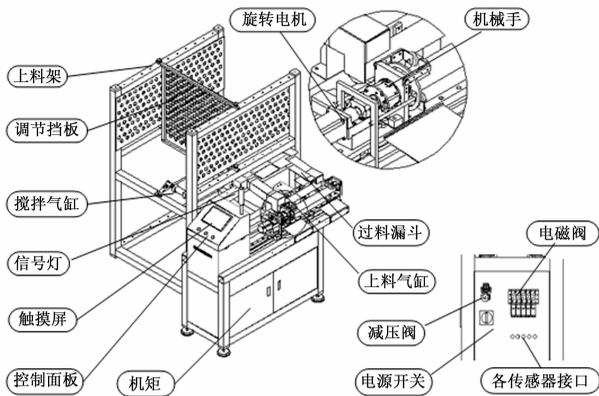


图 1 薄壁管材冲孔自动化装置结构示意图

1.2 控制系统的总体设计方案

控制系统主要由 ARM9 主控制器，CPLD 协处理器，限位开关，增量式编码器，电磁阀，驱动器组成，其整体结构如图 2 所示。ARM9 主要负责操作系统的运行、控制算法的实现、信息存储以及多机通信，并扩展了 A/D 转换器，电容式触摸屏等外部硬件设备。CPLD 主要负责从 ARM 接收信息，产生输出脉冲控制电机，同时增量式编码器将电机运行时的位移和转角的数字信号反馈给 CPLD，CPLD 将接收到的信息交由 ARM 存储，从而实现了闭环控制。CPLD 通过继电器完成对电磁阀的有效连接，从而实现对电磁阀的开关控制，电磁阀分别控制机械手气爪，送料气缸，冲床控制气缸，推废料气缸，搅拌气缸。CPLD 将传感器采集到的信息编码加密后传递给 ARM，ARM 解码后传递给上位机显示，从而实现了了对设备运行状况的实时检测。

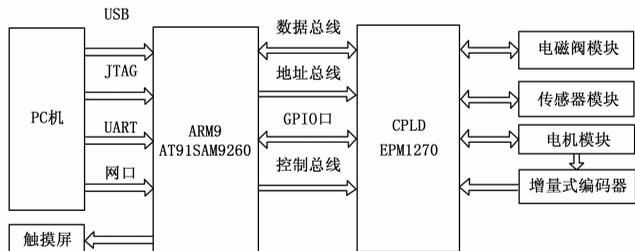


图 2 薄壁冲孔自动化装置硬件结构图

2 系统的硬件设计

2.1 主控模块

系统采用了 Cortex-A9 的内核，主频高达 1.2 GHz，集成了 4 GB 的 FLASH 存储，支持 CAN2.0 协议，扩展了标准 I2C 电容屏接口。该芯片以其体积小、低功耗、低成本、高性能等优点而得到广泛应用。系统在 ARM 开发板上移植了 Linux3.0 的内核，通过 USB、JTAG、UART、网口与 PC 机连接，建立了交叉开发编译环境，方便了程序的调试和数据的传输^[3]。采用型号为 EPM1270 的 CPLD 芯片作为协处理器，CPLD 与 FPGA 同为 PLD (Programmable Logic Device) 器件，CPLD 具有更加丰富的逻辑资源，由于 CPLD 是通过内部

电路的逻辑功能编程，而 FPGA 是通过改变内部连线的分布编程，故而 CPLD 的运行速度也比 FPGA 更快^[4]。

系统的主控模块主要包括运动系统的控制来完成自动上下料和旋转冲孔，为了获得较高的运动精度，X 方向、Y 方向、Z 方向均采用交流伺服电机，CPLD 通过相应的驱动器控制这些电机，交流伺服电机通过驱动精密滚珠丝杠完成传动，电机每接受 10 000 个脉冲转动一圈，通过已知的滚珠丝杠螺距计算出单个脉冲的传送距离为 1 μm，发现完全满足精度要求。

其中对于交流伺服电机的控制采用 VHDL 硬件语言编写，CPLD 内部共有 4 个四字节计数器，通过设置 CCTRW1 写地址为 0BH，使得第 0~3 位=1，计数器 1~4 硬件清零。测量电机的转角或位移用编码器，每个编码器为 A、B、Z 三个信号输入。当 Z 脉冲为上升沿 A 为上升沿且 B=0 时对应计数器内容清零，当第 4~7 位=1 时，计数器 1~4 内容立即清零，再将 CCTRW1 的第 4~7 位清零。在进行读取数据的具体操作时，如读计数器 1，先读 00H，得到最低字节，再读 04H~06H (公用锁存器，在读最低字节时高字节内容锁存，以同步得到所有字节内容) 得到低到高字节的全部内容。用 VHDL 编写的部分计数程序如下：

```

PROCESS (clock, rst)
BEGIN
    IF rst='1' THEN cnt<=0;
    ELSIF clock EVENT AND clock='1' THEN
        IF cnt=127 THEN cnt<=0;
        ELSE cnt<=cnt+1;
        END if;
    END IF;
END PROCESS;

```

2.2 采集模块

系统采用 CPLD 对收集到的信息进行编码，主要有增量式编码器的数字信号和传感器的数字信号。ARM 发送相应的指令给 CPLD，CPLD 读取后脉冲发生器产生脉冲，由内部计数器进行计数，达到一定脉冲计数后驱动控制两台交流电机的转动和方向，采用增量式编码器用来测量电机的位移和转角，系统可同时测量四个编码器。每个编码器为 A、B、Z 三个信号输入。当 CPLD 中的值可读后，采用中断方式通知 ARM，ARM 与 CPLD 通过双向总线交换数据。对于传感器采集的信号，选用 AD7656 芯片，共有 6 个模拟量的输入，由于传感器数量众多，不可能给每一个传感器分配引脚，故用可编程逻辑器件 CPLD 对采集的信号进行数字编码，然后将信号传递到 ARM 的 CPIO 引脚并存储，具体的电路接口示意图如图 3 所示。

由示意图可知，A/D 芯片的读写信号 WR 和 RD，片选信号 CS，启动转换信号 CONVSTA 均由 CPLD 译码控制，CONVSTA 信号在上升沿时有效，在硬件设置模式时，分别启动 V1~V2、V3~V4、V5~V6 开始进行数据转换。RD 信号低电平有效时进行读操作，此时 AD 数据读取有效，WR 信号低电平有效时进行写操作，此时 AD 数据输出有效。由于 CPLD 与 AD7656 的接口电平范围不一致故选用 74ALVC164245 芯片进行转换后达到统一标准。CPLD 将数据传递给 ARM9 管理存储后，通过 USB-D+ 和 USB-D- 接口

接收并处理网络实时视频流, 实现实时区域目标检测和对选定目标进行跟踪, 可手动控制监控云台实现大角度跟踪, 也可对入侵目标进行云台自主跟踪。与文献 [6] 结合组成完整的监控系统前后端, 适用于众多监控领域。

参考文献:

[1] 黄凯奇, 陈晓棠, 康运锋, 等. 智能视频监控技术综述 [J]. 计算机学报, 2015, 38 (6): 1093 - 1118.

[2] 黄铁军, 郑 锦, 李波等. 多媒体技术研究: 2013——面向智能视频监控的视觉感知与处理 [J]. 中国图象图形学报, 2014, 19 (11): 1539 - 1562.

[3] 管菊花, 郭 波. 基于 DaVinci 技术的嵌入式智能监控系统 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (9): 2754 - 2757.

[4] 谢永昌, 许少凡, 狄红卫. 基于 DM642 的运动目标实时跟踪监控系统的设计 [J]. 光学技术, 2010, 36 (3): 469 - 473.

[5] 李劲菊, 朱 青, 王耀南. 一种复杂背景下运动目标检测与跟踪方法 [J]. 仪器仪表学报, 2010, 31 (10): 2242 - 2247.

[6] 张纪宽, 彭 力, 陈志勇. 基于嵌入式前端服务器的音视频监控系统设计 [J]. 江南大学学报 (自然科学版), 2015, 14 (1): 38 - 42.

[7] 王丽梅. 基于 DM642 的智能视频监控系统的设计与实现 [D]. 北

京: 北京工业大学, 2013.

[8] Zhang K, Zhang L, Yang M H. Real-time compressive tracking [A]. Computer Vision - EVCC 2012 [C]. Berlin Heidelberg: Springer, 2012, 7574: 864 - 877.

[9] Wu Y, Jia N, Sun J. Real-time multi-scale tracking based on compressive sensing [J]. The Visual Computer, 2014, 31 (4): 471 - 484.

[10] Zhu Q, Yan J, Deng D. Compressive tracking via oversaturated sub-region classifiers [J]. Computer Vision, IET, 2013, 7 (6): 448 - 455.

[11] Jing J, Xu G, Lei B, et al. Using appearance re-matching to improve real-time compressive tracking [A]. Proceedings of the Fifth International Conference on Internet Multimedia Computing and Service [C]. ACM, 2013: 28 - 33.

[12] Kalal Z, Mikolajczyk K, Matas J. Tracking-learning-detection [J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 2012, 34 (7): 1409 - 1422.

[13] Babenko B, Yang M H, Belongie S. Visual tracking with online multiple instance learning [C] Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Washington DC: IEEE, 2009: 983 - 990.

(上接第 99 页)

式, 触摸屏经过开机画面自动进入工作界面, 如图 6 所示。当钥匙开关打到学习模式, 界面显示各种传感器, 气缸磁性开关的状态如图 7 所示。按下运行按钮, 设备配合冲床开始旋转冲孔。为测试系统的故障诊断功能, 特意不将管料退出, 此时警报声响起, 固定端出料口上方接近开关指示灯亮, 界面弹出故障提示框, 如图 8 和图 9 所示, 按下确定按钮, 并按下运行/停止按钮, 设备重新开始工作。系统采用了跨平台的 C++ 图形用户程序 Qt 作为框架, 提供了应用程序开发人员艺术性的图形用户界面, 通过不断的设备调试, 建立了故障维护数据库, 建立起快速的故障响应机制, 一旦故障发生, 能在短时间内给一线工人提供建设性的意见。



按钮 1: 工件冲孔次数的设置 按钮 2: 退回距离的标定
按钮 3: 加工数量的清零 按钮 4: 当前设备运行状况的显示

图 6 工作界面



图 7 学习界面

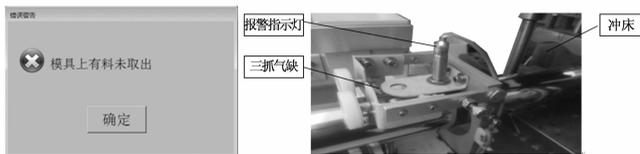


图 8 故障提示框

图 9 故障报警

6 结束语

在冲压自动化生产线领域, 本方案提供了一套智能、高效、稳定的生产系统。其中, ARM 用来实现控制系统的数据存储和传送, CPLD 用来控制上料机机械手的一系列动作, 该控制系统还能实时记录下设备的产量, 大大减少了生产管理部门的工作量, 友好的人机交互界面使得操作更加直观方面。同时, 利用 Linux 系统实现了体积小, 效率高, 可靠性强的应用操作, 具有的智能故障诊断功能减少了不必要的设备停机时间, 提高了企业生产效率。该设计方案已经投入生产并取得了较好的效果, 具有很好的应用前景。

参考文献:

[1] 庄宇昀, 徐 辉. 冲压线的发展 [J]. 一重技术, 2005 (4): 20 - 22.

[2] 李 勇. 新一代冲压技术 [J]. 新技术新工艺, 2003 (4): 31 - 32.

[3] 张海波, 陈 涛, 王建立, 等. 基于 ARM+Linux 的直流伺服控制系统设计 [J]. 电子技术应用, 2012, 08: 33 - 36.

[4] 徐伟业, 江 冰, 虞湘宾. CPLD/FPGA 的发展与应用之比较 [J]. 现代电子技术, 2007, 02: 4 - 7.

[5] 赵明鑫. Linux 内核在 ARM 上的裁减与移植 [J]. 计算机与数字工程, 2009, 07: 81 - 84.

[6] 朱大奇, 于盛林. 基于故障树最小割集的故障诊断方法研究 [J]. 数据采集与处理, 2002, 03: 341 - 344.

[7] 郭晓静, 宋胜博. APU 故障智能诊断系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 11: 3585 - 3588.