

基于计算机平台的多喷头喷绘机控制系统的设计与实现

张秋风, 刘 晋

(辽宁师范大学 计算机与信息技术学院, 辽宁 大连 116081)

摘要: 为了满足市场对新一代高速高精度喷绘机的需求, 提出了一套自行设计的基于计算机平台的大幅面高速度多喷头彩色喷绘机控制系统的实现方案, 介绍了控制系统的设计思想以及各控制子模块之间的层次结构和逻辑关系, 深入讨论了在系统实现过程中遇到的几个典型问题, 并针对这些问题给出了具体的解决方案。经研究测试, 该系统能够实现高速喷绘全彩色高清晰画面, 目前处于业界领先水平。

关键词: 控制系统; 多喷头喷绘机; 最小二乘法; T-V 曲线

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)24-0093-03

Design and realization of multi-nozzle printer based on PC platform's control system

ZHANG Qiu Feng, LIU Jin

(Computer and Information Technology College, Liaoning Normal University, Dalian 116081, China)

Abstract: In order to meet the market demand for a new generation of inkjet printer, this paper presents a self-designed computer-based platform for high-speed large-format full color inkjet multi-nozzle control system implementation of programs, introduces the design ideas of the control system and the structure and logical relationship of the slave modules, in-depth discussions with several typical problems in the system realization process and give some solutions for these problems. After research and test, the machine can improve the full color high-definition screen printing speed in the market-leading level.

Key words: control system; multi-nozzle printer; least-square method; T-V curve

随着大型喷绘机应用领域的拓展与普及, 社会对喷绘产品的需求量与日俱增, 同时人们对喷绘产品质量的要求也越来越高。优良的喷绘机系统设计和喷绘机喷头性能高低是决定喷绘产品的质量和喷绘机喷绘速度的关键, 本实验室引进一种新型高 DPI 工业用压电喷头, 研制出一种新型高速多喷头彩色喷绘机。该机器与国内外市场现有机器相比, 具有高速度、高质量、高分辨率、适用于多种喷绘材质等优势, 特别是对大幅面纺织品的印染优势明显。本文介绍了机器的总体设计, 主要讨论在设计控制系统^[1-4]的软硬件过程中遇到的一些问题, 并针对这些问题给出了较优的解决方案。

1 控制系统硬件设计

本系统可以由一台 PC 机控制下运行, 采用新一代工业用压电喷绘机喷头, 每喷头 510 孔, 180 dpi, 为了提

高喷绘速度, 采用分组喷头, 每组 6 色或者 8 色, 共 3~6 组可选, 支持打印 1~4 灰度等级的墨滴, 垂直运动采用仿步进电机的开环控制伺服电机, 能实现 1、2、4、8 pass 的打印。

因此, 本喷绘系统采用独立的运动控制板和可组合的数据传输板以及各喷头独立的喷头控制板结构, 方便调试、运输和部件更换, 整体设计图如图 1 所示。

1.1 硬件层次结构

本系统以 PC 机为总控制平台, 由图像数据处理单元、机械运动控制单元、喷头控制单元、喷头和电机组五大单元组成。考虑到喷绘的高速度和高精度的客户需求, 采用一个喷头控制单元控制一个喷头, 一个图像数据处理单元分发一组喷头数据, 一个机械控制单元协调 X 轴水平运动和 Y 轴垂直运动的控制。PC 机总控制程

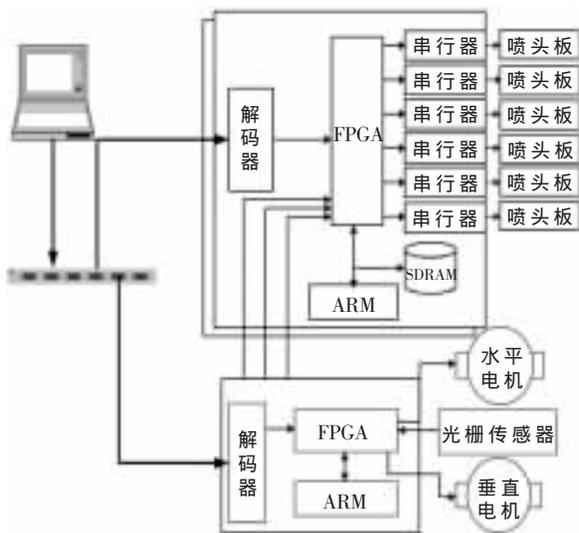


图1 控制系统整体结构

序统筹数据的分发和总体运动的控制,实现了喷头执行喷绘任务、图像数据传输和机械运动控制的并行化。

1.2 喷头控制单元逻辑结构

喷头控制单元的逻辑结构如图2所示,PC机控制平台根据所需载入的图像数据设定好喷绘参数,通过USB总线把对应的图像数据下载到每个图像数据处理单元,图像处理单元由FPGA和32位MCU对喷绘数据进行处理,通过数据分流传输接口与喷头控制单元进行图像数据传输,再经过喷头控制单元内CPLD进行信号分配解码与同步,将数据通过喷头排线传输到喷头。



图2 喷头控制单元逻辑结构

然而,除了上述数据信号,喷头仍需要高压驱动才能执行喷绘任务。由于喷头工业生产工艺的问题,系统所采用的喷头的墨水腔容积总存在微小差别,即每个喷头的容积电压参数值是不同的,所以不能静态写入程序中。针对这个问题,系统解决方案是利用USB总线将参数由PC机控制窗口写入图像数据处理单元,再由该单元通过PC总线动态加载入喷头控制单元。经过测试,该方案能很好地克服这一工艺缺陷,而且在更换喷头时可以方便地对容积电压参数进行调整。

此外,由于喷头内部所盛墨水的温度不同,系统需

要实时调整当前喷头的驱动电压以实现喷头所喷出的墨点大小一致,提高喷绘产品的视觉效果。本系统解决这个问题的方法是利用喷头内置的温度传感器对喷头内部所盛墨水的温度进行温度采样,并将采样电压输入到喷头控制单元的8位MCU的10位A/D通道,MCU通过A/D转换器将采样信号转化为当前的墨水温度值,驱动程序则通过查找事先存储的墨水温度与驱动电压输出特性对应表,即T-V曲线,查找出应该输出的电压值,最后通过PWM脉宽调制加载的高电压,输出对应墨水温度的驱动电压。

1.3 机械运动控制单元

机械控制单元协调X轴水平运动和Y轴垂直运动的控制,即媒体拖动机构运动控制与喷头运动控制^[5-6]。

媒体拖动机构运动是通过电机来控制齿轮滚轴转动,从而带动布匹或者纸张运动进行批量喷绘生产。由于喷绘机喷头的宽度和数目是不变的,喷头在单位时间内的喷绘任务也是不变的,所以媒体拖动机构的运动步长位移是固定的,但是测试的过程中由于滚轴的力矩和质量过大,采用较高的匀速运动控制时产生了较大的惯性,使步长位移产生了过量现象。为了克服这一缺陷,这里采用了通过调节步进电机驱动波形的频率来使滚轴进行阶段性的变速运动,应在运动末尾阶段设定一个减速阶段,从而减少惯性对位移的影响。

喷头的运动控制采用光栅尺位移传感器进行直线位移检测,通过接收来自光栅的差分脉冲编码信号与机械原点信号来产生当前喷头小车距离原点的位置,并将其与喷绘的起始位置和结束位置进行比较,得出喷绘区间信号,通知上位机进行控制。其中光栅正交脉冲解码模块,采用分辨率为180 dpi的光栅尺,利用计数脉冲对两组信号的前后沿都进行检测锁存,利用第一次的锁存结果与第二次的锁存结果进行非运算就能保证产生的前后沿信号都是标准的一个时钟周期,进而可以获得720 dpi的计数脉冲、位置计数及方向信号。位置计数用于计算点火范围,计数脉冲和方向信号用于产生点火信号和双向回差相位校正。因为要采用比较多的比较器,因此表示位置的数据位要仔细选择。位置计数器的位数选择计算如下,画面采用720 dpi定位,因此每英寸有720个计数值,而喷头小车行走的有效行程为5 m,即197英寸,使用的计数值为 $197 \times 720 = 141\,840 = 22A10H$,需占用18 bit,考虑可能出现小车过冲原点的情况,即位置可能出现负数,因此采用19 bit比较合适,最高位仅用于判断计算的符号,而各个寄存器都采用18 bit来保存数据。

2 控制系统软件设计

2.1 对T-V曲线的优化

在设计喷头驱动板的过程中,由于T-V曲线表的数据量过于庞大,(从 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$,设计精度要求为0.1),如果直接存储这些数据将耗费巨大的存储空间,

应用奇葩

Example of Application

那么如何基于上述硬件设计在保证喷绘实时性和节省存储空间的前提下处理这些数据是一个较为棘手的问题,下面给出两种设计方案。

第一种方案是利用多项式对 T-V 曲线进行拟合。如果采用这种方案,首先要将计算好的多项式 $V=f(T)$ 的相关参数事先存入驱动程序,这样极大地节省了存储空间,因为需要存储的仅仅是多项式的若干常数项。当 MCU 接收到温度采样数据时,直接将数据代入实现存储的多项式内进行计算,然后将计算结果进行输出。但是经过计算,该项目的这组数据对应的多项式次幂数高的不可容忍,在进行数据计算时,产生大量的浮点数乘法运算,极大地增加了 MCU 的负担,实时性差。

第二种方案是利用最小二乘法曲线拟合对 T-V 曲线进行逼近。该方案在精度保证的情况下,利用最小二乘法对曲线进行动态划分,将 T-V 曲线划分成若干条单调的直线,因此每条直线只需存储对应的斜率值和常数项两个参数即可,在进行数据还原时只需进行一次乘法运算和一次加法运算。在测试中,该方案实际的运行达到了项目的指标,满足实时性与存储空间的要求,被最终采用。

综上,实时性最优的方案是直接存储 T-V 参数表,这样根据读入的温度数据直接查表即可,无需进行计算,但是这样极大地浪费了 MCU 的存储空间,但在存储空间允许或者是参数表比较小的情况下是可以采用的。而耗费存储量最小的方案是利用多项式对 T-V 曲线进行拟合,通过存储多项式参数来实现 T-V 的数据还原,此方案在多项式次幂数低、实时性要求不高的情况下是可以采用的。

2.2 基于 MCU 与 CPLD 进行喷头控制的设计

本系统的喷头控制由 8 位 MCU 和 CPLD 协调完成,MCU 负责驱动电压的输出控制,CPLD 则主要负责像素数据的配置。

MCU 主要包含 LED 显示与按键控制、A/D 转换、PWM 输出、Flash 自编程、定时器中断处理等模块,实现对喷头驱动电压的控制。

CPLD 则主要负责喷头所需时钟信号的产生、配置数据和像素数据的编码,驱动 IC 温度检测及报警信号发出,驱动电压输出控制等功能。

MCU 驱动程序流程如图 3 所示,喷头控制板上电后,MCU 首先初始化各寄存器,并开始与上位机进行通信,判断是否需要重新设定相关参数,如果需要则接收参数,否则直接由指定 Flash 地址读出相关参数,接着采集当前墨水温度,并将采集结果代入 T-V 曲线,计算出当前应输出的驱动电压。此时如果接收到图像处理单元的喷头数据配置完成信号并且喷头驱动 IC 温度检测正常,则开始对高压进行脉宽调制并输出驱动电压,否则继续实时采集当前墨水温度和计算当前应输出的驱动电压。

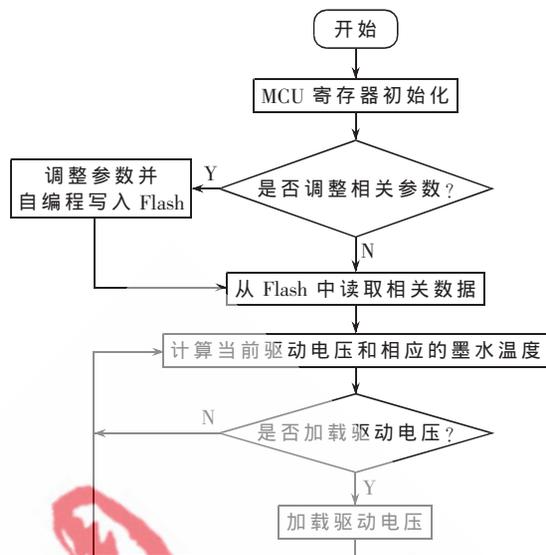


图 3 MCU 驱动程序流程

本喷头系统利用 MCU 和 CPLD 在数字信号处理方面各自的优势并行工作,能高效地完成大数据量的传输和计算任务,满足了大型喷绘机对高速高精度的要求,提高了工作效率。

本喷绘机经测试,达到了客户对喷绘效果和速度的要求。打印幅宽可以达到 3.2 m,水平运动可以达到 720 dpi 的分辨率,点火频率可以达到 14 kHz 以上,具有外吐功能,能在喷头闲置时进行周期性吐墨,避免了喷头堵塞。在国际市场上处于领先水平。但是由于利用 USB 总线进行像素数据的传输,在喷绘高清晰度图像时像素数据传输速度相比喷头的吞吐速度慢,所以如果有一种更高速的数据传输通道来代替 USB 进行数据传输,则有进一步提升喷绘效率的空间。

参考文献

- [1] 杨晖,张凤言.大规模可编程逻辑器件与数字系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [2] VAHID F.嵌入式系统设计[M].骆丽,译.北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [3] 猪饲国夫,本多中二.数字系统设计[M].徐雅珍,译.北京:科学出版社,2004.
- [4] LABROSSE J J.嵌入式系统构件[M].袁勤勇,译.北京:机械工业出版社,2003.
- [5] 汤蕴缪,史乃.电机学[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [6] 李铁才,杜坤.电机控制技术[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000.

(收稿日期:2010-07-27)

作者简介:

张秋风,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统开发。

刘晋,男,1964年生,教授,硕士研究生导师,主要研究方向:数字印刷技术与嵌入式系统开发。