

喷墨印刷机压电陶瓷驱动电源研究

郑新¹, 冯灿东²

(中山火炬职业技术学院, 中山 528436)

摘要: **目的** 研究开发喷墨印刷过程中压电陶瓷的驱动电源。**方法** 提出以单片机 AT89C52 和 CPLD 为控制核心的驱动电源设计方案, 设计考虑了抗干扰、纹波和相位补偿的影响, 开发控制电路板和编写控制软件, 并进行实验测试。**结果** 得到了 $\pm 100\text{ V}$ 的电压脉冲, 输出电流 $0\sim 5\text{ A}$, 脉冲宽度数字可调。**结论** 电源具有精度高、纹波小、驱动能力强和稳定性好的特点, 为开发能应用于喷墨印刷的驱动电源设计提供了理论和技术支持。

关键词: 压电陶瓷; AT89C52 和 CPLD; 驱动电源; 数字控制

中图分类号: TS853^{+.5} **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)17-0112-04

Driving Power Supply for Piezoelectricity in Ink-jet Printer

ZHENG Xin, FENG Can-dong

(Zhongshan Torch Polytechnic Department of Packaging and Printing, Zhongshan 528436, China)

ABSTRACT: Objective To study and develop a driving power for piezoelectricity used in ink-jet printer. **Methods** In this paper, the circuit design method of piezoelectricity ceramic power supply was proposed, which was based on AT89C52 and CPLD. The effects of anti-interference, ripple and phase compensation were taken into account during the designing process. The control circuit board was developed and the control software was programmed. At last, experimental validation was conducted. **Results** The maximal output voltage was $\pm 100\text{ V}$ (peak to peak) and its output current was in the range of $0\sim 5\text{ A}$. The width of driving pulse was digital adjustable. **Conclusion** The unique features of this design included high precision, low ripple, strong driving capability and high stability. This study could provide theoretical and technical support for design of inkjet printing drive power.

KEY WORDS: piezoelectric ceramics; AT89C52 and CPLD; driving power supply; digital control

随着计算机及信息处理技术的发展以及在印刷行业的应用,传统印刷行业在一些领域完全或部分被数字印刷取代。由于数字印刷具有可变信息印刷的特点,在即时印刷领域具有传统印刷不可比拟的优势。在数字印刷中,目前主要有静电和喷墨两大印刷方式,喷墨印刷因其印刷幅面宽、适应面广,应用极为广泛,其具备个性化印刷、实时印刷和可变数据印刷等特点,市场份额逐年增加,特别是在物联网和电子监管码中的应用使市场规模不断扩大,国内对于喷墨

印刷设备的需求量也在不断增加。但目前喷墨印刷设备在国内只有少数几家生产,不能满足市场需要。而且,国产设备因起步较晚,无论在印刷速度还是印刷质量上与国外设备相比都有较大的差距^[1-3]。中国印刷装备制造业“十二五”发展规划中提出,2015年在喷墨印刷中的一些核心技术与关键部件上要取得较大突破,打破进口产品的垄断局面^[4]。在喷墨印刷中,喷墨头的制造和驱动电源是其关键技术。其中,驱动电源又是决定喷头输出墨滴的大小、速度以及均匀性

收稿日期: 2014-01-10

基金项目: 2012年中山市科技计划(工业攻关计划)项目(20123A369)

作者简介: 郑新(1976—),男,陕西人,中山火炬职业技术学院讲师、高级工程师,主要研究方向为包装印刷工程技术。

的关键因素。压电陶瓷驱动电源与其他电源不同的是:应具有较高的稳压性能,输出电压要求能够随着控制信号的幅值变化而变化,线性要好;标称功率可以较小,但要求能在瞬间给出较大的电流。因此,研究具有高可靠性、高精度及稳定性的驱动电源,对于提高喷墨打印设备的印刷质量具有重要的意义^[5-6]。

对于喷墨头驱动电源的研究,从已查明的国内外文献来看,专利基本被国外企业垄断,且未见相关文献报道其相关研究。为此,提出了基于AT89C52和CPLD的喷墨头驱动电源的设计方案,开发了硬件控制电路,编写了相应的控制软件,并进行了实验测试。从实验测试的结果来看,该电源具有精度高、电压可控性强、波形频率高、纹波^[7]小、驱动容性压电晶体能力强和稳定性好的特点。

1 驱动电源系统组成

驱动电源系统组成见图1,主要由计算机系统、单片机和CPLD模块^[8-9]、D/A和高压线性放大模块、喷墨头4部分组成。另外,由高压直流电源和低压工作电源组成的电源系统给各个模块进行供电。

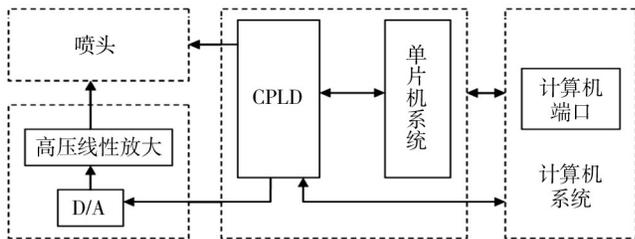


图1 驱动电源组成

Fig.1 Composition block of the drive power

1) 计算机系统分别与单片机和CPLD连接,进行数据通讯和编程控制。单片机使用C语言编程,CPLD使用VHDL语言编写,都与计算机进行通信。

2) 主控电路MCU与D/A转换电路通过CPLD连接,单片机和CPLD共同使用,从而增加数据传输的实时性和减少元器件的数量。单片机控制CPLD和高速D/A生成各种波形(方波、梯形波、三角波等),以增加对波形的可控性。

3) 高压线性放大^[10]电路应用OP07电压放大电路和PA84^[11]功率放大电路构成的复合放大电路,进行低压脉冲波形放大。低压波形在OP07处进行二阶滤波

后,经由放大模块生成高压脉冲波形传送到喷头。

4) 喷头与CPLD控制的芯片连接,并由CPLD控制喷头各喷墨通道的工作,CPLD数据传送到喷头内部2个串行连接的32位驱动芯片上,高压脉冲也与喷头内置驱动器连接,每个驱动芯片具有高电压开漏输出特性,进而由2个芯片形成的64位移位寄存器控制喷嘴。

2 驱动电源硬件电路设计

电源主控系统的结构见图2,CPU模块包括单片机、串行通信接口电路和数字逻辑隔离电路等,是控制电路的核心,使各个模块协调工作。CPLD和单片机进行通信,并在同步脉冲有效时刻生成激励到U3,同时,能够与计算机系统连接控制喷墨通道的时序;DAC是波形转换电路,生成低压脉冲的模拟信号与运算放大器连接;U4是控制系统运行的监测和显示模块。

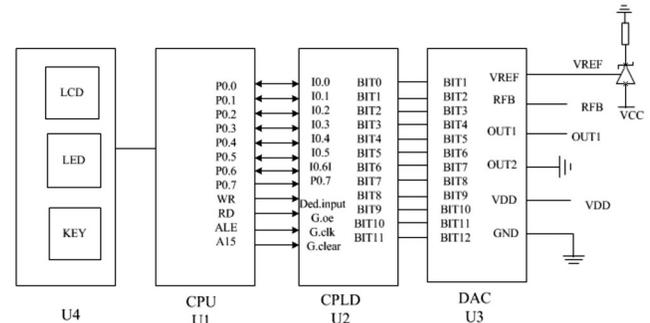


图2 驱动电源控制电路

Fig.2 Controlling circuit of the drive power

2.1 数模转换电路

在D/A转换电路中,选择MAX7541作为数模转换芯片。单片机和CPLD以并行方式传输数据,单片机控制CPLD,并由CPLD产生数字信号,以并行方式与D/A芯片BIT0-BIT11连接。MAX7541是12位并行高速D/A转换器,可以方便地与CPLD连接。通过其输出的低压激励波形精度为1/4096 V,并最终决定高压脉冲的电压精度。由于MAX7541功耗特别低,线性失真可低到0.012%,因此,该器件特别适用于精密仪器的输出控制系统。MAX7541采用TL431提供±10 V的基准电源,TL431是精密电压基准集成电路,其RFE

电压范围为 2.5~36 V, 基准电压比较精准^[12]。MAX7541 进行数模转化生成 ± 10 V 的模拟信号, 传送到运算放大器进行放大。

2.2 喷墨通道时序控制

喷孔的喷墨时序控制选择 CPLD^[13]和模拟开关实现。上位机 PC 把图文信息传送到打印机的图像处理装置, 该单元把信息进行处理并传送到逻辑控制单元 ATF1504AS, CPLD 发出指令通过串行数据输入到喷头内部的 64 位移位寄存器中, 该寄存器可采用高电压 ± 100 V 的电压供电, 数字接口电压独立, 同时为每个开关中断提 35 k Ω 的泄露电阻, 能够保证喷墨头上压电晶体进行放电时不损坏元件。

2.3 低压信号放大电路设计

电源控制装置的信号放大电路见图 3, 低压信号的模块是由电压放大模块和功率放大电路 2 部分组成, 采用失调电压很小的 OP07^[14]作为前置相位补偿, 并进行二阶滤波。输入失调电压由输入失调电压较小的前置放大器 OP07 决定, OP07 能够控制精度和漂移作为相位补偿, 使输出电压和输入信号相一致。PA84 作为功率运算放大器, 实现对输入信号的功率放大。OP07 的输入端有二极管提供差模和共模保护, 防止瞬态过压^[15]。PA84 优化了复杂的阻抗匹配增益设置及高输入阻抗和低输出阻抗的性能, 其宽电源范围能达到 ± 150 V, 低偏置电流低噪声。PA84 是快速建立放大器, 有共模瞬态保护, 外部有二极管保护放大器免受反激式脉冲超过供电电压时对元件的损伤, 而且具有超快速回复的二极管, 反向恢复时间不超过 200 ns。信号通过 OP07 和 PA84 放大后, 低压模拟信号被放大成高压信号, 并具有带动负载的能力, 高压信号传送到喷头的压电陶瓷控制喷墨通道。

3 软件设计和仿真

这里使用 VHDL 语言编程 CPLD, 生成梯形波进行测试, 生成梯形波的程序流程见图 4。并且, 通过 quartus ii 进行仿真, 时钟周期 CLK 设定为 10 ns。受篇幅所限, 功能仿真图略。

把 quartus ii 进行仿真生成的.vwf 文件另存为.thi

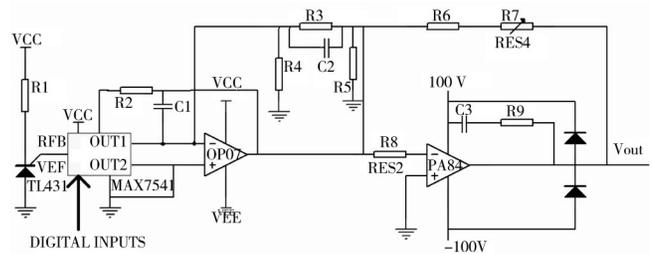


图3 电源控制装置的信号放大电路

Fig.3 Signal amplification circuit of the power control mechanism

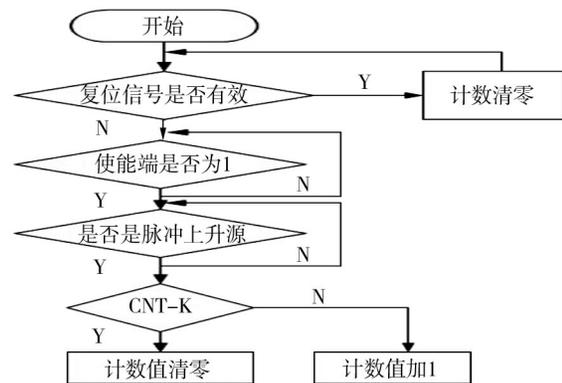


图4 梯形波程序流程

Fig.4 Trapezoidal wave program flow chart

文件, 并使用 Matlab 进行数据的抽取和数值转换, 生成曲线见图 5。采样点越多, 得到的曲线越平滑。由于在 VHDL 语言中取 20 个点做实验, 因此 Matlab 生成的波形不是平滑的曲线。电路图全部设计好以后, 理论上能得到 100 V 电压、持续 5 h, 使用示波器观测输出波形, 并测得激励脉冲电压持续在 (100 ± 0.1) V, 电压线性度较好, 电压上升和下降时间在 1~3 μ s 左右, 电压变化小于 0.1%, 输出纹波小于 10 mV, 基本能满足要求。可见, 该电源能够达到喷头的电压要求, 并且稳定性也很好。

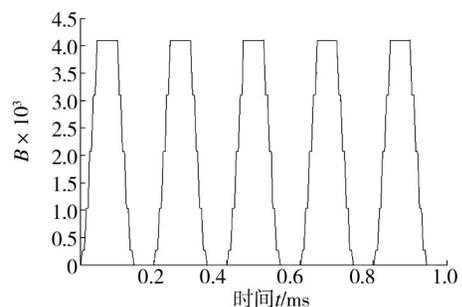


图5 梯形波的 Matlab 仿真曲线

Fig.5 Matlab simulation curve of trapezoidal wave

下面是部分 VHDL 语言产生梯形波的程序:

```
LIBRARY IEEE;
USE IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
USE IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;
USE IEEE.STD_LOGIC_ARITH;
ENTITY tixingboshengcheng IS
    PORT(CLK:IN STD_LOGIC;
         RESET:IN STD_LOGIC;
         EN:IN STD_LOGIC;
         DOUT: OUT STD_LOGIC_VECTOR (11
DOWNTO 0));
END ENTITY tixingboshengcheng;
ARCHITECTURE ONE OF tixingboshengcheng IS
SIGNAL CNT_VAL:INTEGER range 0 to 19;
BEGIN
    ****
    *****
    *****
    WHEN 0=>DOUT<="000000000000";--0
        WHEN 1=>DOUT<="000100000010";--258
        WHEN 2=>DOUT<="010000001000";--1032
        WHEN 3=>DOUT<="100000010000";--2064
        WHEN 4=>DOUT<="110000011000";--3096
        WHEN 5=>DOUT<="111111111111";--4096
        WHEN 6=>DOUT<="111111111111";--4096
        WHEN 7=>DOUT<="111111111111";--4096
        WHEN 8=>DOUT<="111111111111";--4096
        WHEN 9=>DOUT<="111111111111";--4096
        WHEN 10=>DOUT<="111111111111";--4096
        WHEN 11=>DOUT<="100000110000";--3096
        WHEN 12=>DOUT<="000000100000";--2064
        WHEN 13=>DOUT<="100000010000";--1032
        WHEN 14=>DOUT<="000100000010";--258
        WHEN 15=>DOUT<="000000000000";--0
        WHEN 16=>DOUT<="000000000000";--0
        WHEN 17=>DOUT<="000000000000";--0
        WHEN 18=>DOUT<="000000000000";--0
        WHEN 19=>DOUT<="000000000000";--0
        WHEN OTHERS=>NULL;
    END CASE;
END PROCESS U2;
```

END ONE;

4 结语

提出了一种适合压电式喷墨打印头控制电源的设计方案,并进行了简单验证。采用高压线性运放设计的驱动电源,其输出电阻小,带负载能力强,响应较快,电路结构简单实用。该压电陶瓷驱动电源可以输出 ± 100 V 电压,脉宽可调,输出电流在 0~5 A,可以驱动多个串联负载,具有一定的实用性。

参考文献:

- [1] 李小东,陈路,龚修端. 数字喷墨打印机质量控制分析[J]. 包装工程,2010,31(7):94—96.
LI Xiao-dong, CHEN Lu, GONG Xiu-duan. Quality Control Analysis of Digital Ink-jet Printer[J]. Packaging Engineering, 2010,31(7):94—96.
- [2] 杨雪锋,李威,王禹桥. 压电陶瓷驱动电源的研究现状及进展[J]. 仪表技术与传感器,2008(11):109—112.
YANG Xue-feng, LI Wei, WANG Yu-qiao. Present Situation and Development of Power Supply for Piezoelectric Actuator [J]. Instrument Technique and Sensor, 2008(11):109—112.
- [3] KIM D W, BOURIM E M, JEONG S H, et al. Piezoelectric Electron Emissions and Domain Inversion of LiNbNO Single Crystals[J]. Physical B, 2004, 352(1):200—205.
- [4] 张策,黄琪. 电子雕刻机雕刻头研究现状与发展[J]. 包装工程, 2005, 26(2):45—47.
ZHANG Ce, HUANG Qi. The Current State and Development of Engraving Heads for Electronic Engravers[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(2):45—47.
- [5] IDOGAKI T, KANAYAMA H, OHYA N, et al. Characteristics of Piezoelectric Locomotive Mechanism for an In-pipemicro Inspection Machine[C]// Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science, 1995:193—198.
- [6] HERTZ C H, SAMUELSSON B A. Ink Jet Printing of High Quality Color Images[J]. Journal of Imaging Technology, 1989, 15(3):141—148.
- [7] RONKANE N P, KALLI O P. Current Control of Piezoelectric Actuator with Power Loss Compensation[C]// Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ, 2002:1948—1952.
- [8] SONG Dong-wo, LI C J. Modeling of Piezo Actuators Nonlinear and Frequency Dependent Dynamics[J]. Mechatronics, 1999 (4):391—410.

(下转第 120 页)

- F University: Nat. Sci. Ed.), 2012(2):64—70.
- [7] 操欢,朱星宇.磨浆对接木化学纤维形态和成纸性能的影响[J].湖北造纸,2013(3):18—21.
CAO Huan, ZHU Xing-yu. The Influence of Pulp on Chemical Fiber Morphology and the Performance of Paper[J]. Hubei Paper, 2013(3):18—21.
- [8] 王进,刘春景.胶版印刷纸横向耐折度的影响因素和工艺优化研究[J].中华纸业,2011(6):38—41.
WANG Jin, LIU Chun-jing. Influencing Factors and Process Optimization of CD Folding Endurance of off-set Printing Paper[J]. China Pulp & Paper Industry, 2011(6):38—41.
- [9] 张正键,周林杰.纸张的断裂韧性[J].西南造纸,2005,34(5):45—47.
ZHANG Zheng-jian, ZHOU Lin-jie. The Fracture Toughness of Paper[J]. Southwest Paper, 2005, 34(5):45—47.
- [10] 涂亮.香烟软包硬化包装工艺技术的改进[J].印刷杂志,2011(1):64—65.
TU Liang. The Improving on the Technology of Cigarette Pack Hardening Packaging [J]. Journal of Print, 2011(1):64—65.
- [11] 陶劲松,刘焕彬.纸页水分含量对纤维相对结合面积和剪切抗张强度的影响[J].造纸科学与技术,2007,26(2):1—5.
TAO Jin-song, LIU Huan-bin. Effect of Sheet Moisture Content on Fiber Relative Bonded Area and Shear Tensile Strength [J]. Paper Science & Technology, 2007, 26(2):1—5.
- [12] 卢臻.小议包装胶粘剂市场发展趋势[J].包装前沿,2014(1):51—52.
LU Zhen. Brief Analysis about the Development Trend of Packaging Adhesives Market[J]. Packaging Forefront, 2014(1):51—52.
- [13] 陈小锋.烟包用水性丙烯酸镀铝转移胶的应用[J].广东包装,2012(4):71.
CHEN Xiao-feng. The Application of the Acrylic Transfer Adhesive in Tobacco Package[J]. Guangdong Packaging, 2012(4):71.
- [14] 陈小锋.烟包内衬纸的生产与胶粘剂的选择[J].广东包装,2013(4):46—47.
CHEN Xiao-feng. Cigarette Bag Inner Lining Paper Production and the Selection of Adhesive[J]. Guangdong Packaging, 2013(4):46—47.
- [15] 余振华,曾晓鹰.电子束固化涂料在直接真空镀铝纸上的应用研究[J].涂料工业,2012(10):65—68.
YU Zhen-hua, ZENG Xiao-ying. The Research of Electron Beam Curing Coatings Applied in Direct Vacuum Aluminum-Plated Paper[J]. Paint & Coatings industry, 2012(10):65—68.
- [16] 董海普.烟包中转移镀铝纸与转移涂料[J].印刷杂志,2005(6):27—29.
DONG Hai-pu. The Aluminum Paper and Transfer Coating Transfer of Cigarette Package[J]. Journal of Print, 2005(6):27—29.
-
- (上接第115页)
- [9] 于惠钧,张学毅,刘晓燕.包装自动化中一种自适应可调直流电源的设计[J].包装工程,2008,29(8):79—82.
YU Hui-jun, ZHANG Xue-yi, LIU Xiao-yan. Design of the Adaptive Adjustable DC Power Supply for Packaging Automation[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(8):79—82.
- [10] 刘振明,欧阳光耀,刘越.压电陶瓷驱动器动态驱动电源设计[J].电源技术,2011(3):194—196.
LIU Zhen-ming, OUYANG Guang-yao, LIU Yue. Design Of a Dynamic Driving Power for Large Displacement Piezoelectric Actuator[J]. Power Technology, 2011(3):194—196.
- [11] 杜晓兰,吴宝明,王强.PA系列高压功率放大器在医学仪器设计和应用中须注意的几个问题[J].医疗卫生装备,2004(6):83—84.
DU Xiao-lan, WU Bao-ming, WANG Qiang. Some Problems Must be Adverted in the Medical Design and Application of the PA-series High Power Amplifier[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2004(6):83—84.
- [12] 陈丽娜,刘真.喷墨打印输出设备墨量控制的研究[J].包装工程,2011,32(19):11—17.
CHEN Li-na, LIU Zhen. Study on Ink Metering Control for Inkjet Printer[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(19):11—17.
- [13] 杨学锋,李威,王禹桥.基于FPGA的压电陶瓷驱动电源设计[J].微计算机信息,2008(31):209—211.
YANG Xue-feng, LI Wei, WANG Yu-qiao. Development of a PZT Power Supply Based on FPGA[J]. Microcomputer Information, 2008(31):209—211.
- [14] 林伟,冯海.压电陶瓷电源控制系统的设计与实现[J].现代电子技术,2007(16):44—45.
LIN Wei, FENG Hai. Design and Realization of Control System of Piezoelectric Actuator Power Supply[J]. Modern Electronics Technique, 2007(16):44—45.
- [15] 李福良,张辉.基于PA85的新型压电陶瓷驱动电源[J].电子质量,2004,26(1):64—65.
LI Fu-liang, ZHANG Hui. A New Drive Power Supply for Piezoelectric Ceramic Based on PA85[J]. Electronics Quality, 2004, 26(1):64—65.