基于 PIC 单片机的胶印机墨斗电机控制系统设计

李建平，张跃明，李太亮
（北京工业大学，北京 100124）

摘要： 以四色胶印机墨斗为平台，以 PIC18F2580 单片机为控制核心，设计了一套完整的直流电机闭环调速控制系统。详细设计了系统硬件电路，着重设计了与操作台和 PC 机通讯的 CAN 通讯接口电路、电机控制与驱动电路、电机位置闭环反馈电路和电机 PWM 调速电路，编写了系统的 C 语言驱动程序。经实验和实际环境下的运行证明，该系统具有良好的驱动性能、调速性能和抗电磁干扰性能，有利于降低成本，有利于国产胶印机的自动化、智能化进程，有良好的市场应用前景。

关键词： 直流电动机；闭环控制；CAN 总线；PWM 调速
中图分类号： TS803.6；TP273　**文献标识码：** A　**文章编号：** 1001－3563(2011)03－0063－04

Design of Motor Control System for Inking System of Four-color Offset Press Based on PIC Microcontroller

LI Jian-ping，*ZHANG Yue-ming*，*LI Tai-liang*
(Beijing University of Technology，Beijing 100124，China)

Abstract： The DC motor control system with closed loop and speed regulation was designed with PIC18F2580 microcontroller as control unit for inking system of four-color offset press as basement. The circuit was designed in details. CAN bus interface circuit for communication to the console panel and PC，motor control and drive circuit，closed loop motor location feedback circuit，and PWM motor speed regulation circuit were designed with emphasis. The system software was compiled with C language. Experiment and actual operation showed that the system performs good driving performance，speed regulation and anti-electromagnetic interference performance. It can reduce costs and accelerate the automation and intelligent process of domestic offset. It has good market prospects.

Key words： DC motor；closed loop control；CAN bus；PWM motor speed regulation

胶印机墨斗是胶印机控制墨色的装置，是胶印机的核心部件，墨键开度的控制精度直接影响胶印机的印刷质量。传统胶印机墨斗的墨键开度的控制是通过印刷工人手工调节，生产准备时间长，纸张、油墨、人力资源浪费严重，对印刷工人的依赖性强，印刷企业的产品质量和效率难以保证。随着自动控制技术的发展，数字化墨斗控制系统在国外印刷行业已经得到了广泛应用，这种新的墨斗控制系统能大大降低印刷工人的劳动量，缩短生产准备时间，提高墨斗的控制精度，减少浪费，降低生产成本，提高效率，更重要的是能够逐步实现印刷数据化，可采用仪器客观数据而非视觉感觉来判断印品质量[1－2]。当前我国的高端印刷机所使用的数字化墨斗主要依靠进口，严重制约了我国印刷机的发展[3]。笔者所描述的直流电机控制系统，就是在跟踪国际先进数字化墨控技术的基础上，设计符合我国国情的数字化墨控产品，这对提高国产胶印机的印刷质量和自动化水平有重要意义。

1　电机控制系统总体方案

本系统是一个典型的机电控制系统，采用分布式结构，系统由控制中心、基本外围电路、电源模块、电机驱动模块和墨键开度位置反馈模块组成，结构见图1。通过操作台或 PC 机控制直流电机运动，电机驱

收稿日期： 2010-11-16
作者简介： 李建平(1982－)，男，甘肃人，北京工业大学硕士生，主攻数字化印刷设备的自动化控制。

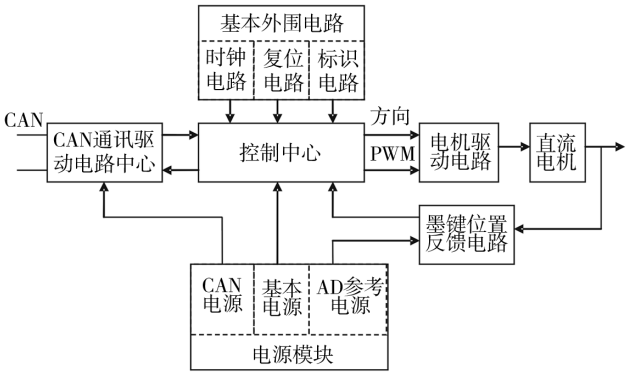

图 1 电机控制系统

Fig. 1 Diagram of motor control system

动多级减速器驱动墨键机构，最后将电机的正反旋转运动转化为墨键的直线往复运动，通过对电机旋转角位移的控制，可以有效地控制墨键的位置。系统操作台控制中心、PC 机和电机控制系统通过 CAN 总线[3]联系起来。电机位置控制采用闭环控制方式，单个电机在停机前加入脉宽调速控制(PWM)，有利于减小冲击，使墨键位置控制更加精确，从而满足系统的精确控制要求。

2 电机控制系统硬件设计

2.1 控制中心及其基本外围电路

控制中心采用 Microchip 公司的 PIC18F2580 单片机[5]，该单片机片内有 32Kbyte FLASH ROM，1536byte SRAM，256 byte E2PROM，25 个 I/O 口，8 通道 10 位 AD 转换，内部集成 CAN 控制器，串行外围接口模块，捕捉/比较/PWM 模块，4 个定时器，且价格便宜，性能稳定。为了提高墨斗电机控制系统在复杂工业环境中的可靠性和稳定性，本系统还使用了单片机内部集成的上电复位电路、上电延时定时器和监视定时器。

系统时钟采用外部无源晶振提供 8 MHz 的时钟频率，单片机指令周期为 0.5 μs；PIC18F2580 单片机复位引脚是低电平复位方式，系统硬复位采用按键复位电路；各个电机驱动板为相同电路，电机站号的区分，采用 8 位拨码开关标识的方法来实现，该方法最多可以标识 255 个电机，可以超过常用四色墨斗的电机数量总和。

2.2 电源模块

本系统中直流电机采用 9 V 直流电源供电，单片机、CAN 通讯、反馈模块中的 AD 采集参考电压及其他芯片，都需采用 5 V 供电，为了简化系统供电且尽量消除通讯、反馈中由于电源因素的干扰，分别设计基本电源、CAN 通讯电源和 AD 采集参考电源。

2.2.1 基本电源

基本电源所要完成的主要功能是将外部输入的 9 V 直流电转变为 5 V 直流电，给控制中心和其他外围芯片供电。基本电源采用 LM2594－5.0 芯片作为电源转换芯片[6]，该芯片是一款能提供 5 V 电压(±4%)和 0.5 A 电流输出的开关电源转换芯片，具备良好的线性负载调节能力，它的输入电压范围很大，可达 60 V，芯片内部提供 150 kHz 的固定转换频率，具有非常高的转换效率，具有过热、过电流保护功能，可满足系统要求。基本电源电路见图 2。

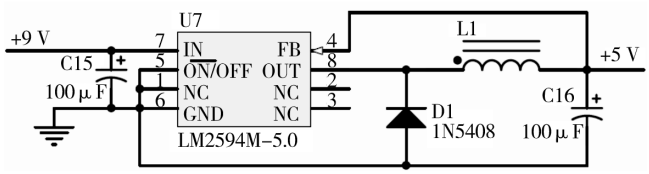

图 2 基本电源电路原理

Fig. 2 Schematic of basic power circuit of motor control system

2.2.2 CAN 通讯电源

为了保证 CAN 通讯数据传输正确，提高系统通讯的可靠性和稳定性，在 PIC18F2580 单片机与 CAN 总线驱动器之间，采用高速光电耦合器进行信号隔离，采用稳压电源 IB0905LS-1W 来实现 9 V 电源到稳定 5 V 的变换。该模块的转换效率达 78%，隔离电压高达 1000 VDC，输入电压范围宽，输出稳定的 5 V 电压，功率是 1 W，体积小，温度特性好，功耗低，外围电路简单。

2.2.3 AD 采集参考电源

墨键开度位置反馈是闭环控制的重要组成部分，其精确度直接影响墨键开度的精确调节。墨键开度是通过测量直流电机角位移来间接获得的，直流电机输出轴驱动一个固定传动比的减速器，减速器驱动墨键驱动机构；同时，减速器也驱动电位器的机械滑动端，电位器的机械滑动端的运动与墨键的直线运动之间存在固定的传动关系，通过测量电位器的抽头电压即可间接反映墨键开度。因此，电位器抽头电压的准确性显得尤为重要，影响因素除了电位器的机械抽头

的制造误差、运动误差外，其固定端的参考电压的稳定性也是影响抽头电压准确度的关键因素之一。为了保证参考电压的稳定，反馈模块 AD 采集参考电压与系统其他电源独立走线，主芯片采用 TL431AID[6]，该芯片的输出电压连续可调范围大，工作电流宽度达 0.1～100 mA，动态电阻典型值为 0.22 Ω，输出电压稳定，杂波低，能够很好地满足系统的需要。AD 采集参考电源电路见图 3。

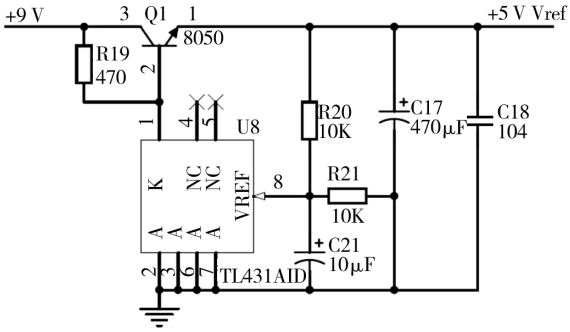

图 3　AD 采集参考电源电路原理

Fig. 3 Schematic of reference power circuit for AD acquisition of motor control system

2.3　CAN 通讯模块设计

PIC18F2580 内部集成了 CAN 模块，外部电路只需要实现单片机的 CAN 模块与 CAN 物理总线的通讯接口即可。系统采用 PCA82C250 为主驱动芯片，提供对总线的差动发送和接收功能[1]，该芯片支持 CAN2.0 协议，具有抗恶劣环境下的瞬间干扰能力，内部具有限流电路和过热保护电路，可防止发送输出级对电源、地或负载短路，实现保护总线的能力。同时，为了保证通讯的可靠性，在 PCA82C250 芯片和单片机之间采用 6N137 高速光耦隔离，降低干扰[4]。

2.4　电机驱动模块设计

电机驱动模块接收控制中心的 PWM 信号及电机方向控制信号，经电机驱动芯片输出，驱动直流电机按照控制中心所发出的位置、速度、方向等控制信号来调节墨键的开度。

模块采用 BD6221F 作为驱动芯片[6]，该芯片采用单“H－桥”MOS 晶体管驱动方式，能实现电动机的换向、制动，其控制逻辑真值表见表 1。芯片可高速响应 PWM 占空比的控制信号，实现对电机的直接 PWM 调速控制[7-8]。芯片内置输出保护电路可防止过电流、过电压、过热、低电压等误动作。芯片待机电流很低，在电机停机的输入条件下实现消耗电流 0 μA，

表 1　BD6221F 芯片控制逻辑真值表

Tab. 1 Control logic truth table of the chip BD6221F of motor control system

VREF	FIA	FIB	OUT1	OUT2
0	H	L	Z	Z
	L	H	Z	Z
	L	L	Z	Z
	H	H	Z	Z
1	H	L	H	L
	L	H	L	H
	L	L	L	L
	H	H	强制制动	

实现低消耗和高效率，工作温度范围－40～＋85 ℃。

为了确保 PWM 输出波形不受外界干扰，在 BD6221F 芯片的输入引脚 VREF 与控制中心 PWM 波输出引脚之间，增加光耦隔离电路。电机驱动模块电路见图 4。

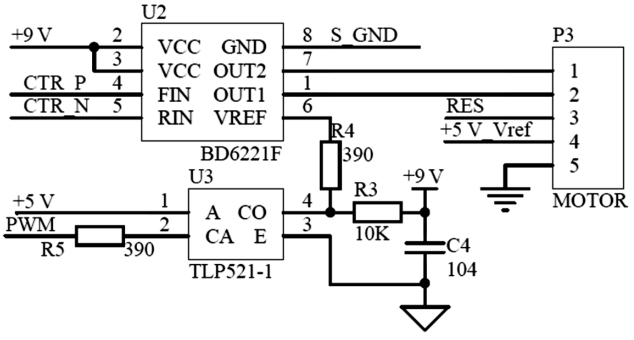

图 4　电机驱动模块电路原理

Fig. 4 Schematic of the motor drive module of motor control system

2.5　反馈电路设计

电位器滑动端电压滤除高频干扰信号后，经控制中心的 10 位 AD 转换模块转变为数字信号，该值再经处理，来反映墨键的位置信息。系统中 AD 参考电压 0～5 V，其分辨率为：0.004 8 V，足以使墨键位置变化平滑，可保证比较高的精度。为了保证数据的准确性，AD 转换的理论有效值取值范围为 108（电压 0.527 V，墨键关闭）～900（电压 4.395 V，墨键全开）；由于电位器运动过程中存在机械误差、制造误差以及机械间隙等误差，在墨键开度增大时，为了消除间隙，通常要将墨键开度调到大于实际所需开度后，再反转将其调回来，这样可降低因机械间隙所造成的误差。所以，AD 转换结果中的实际有效值取值范围

为 104～930 时均视为有效[5]。反馈电路见图 5。

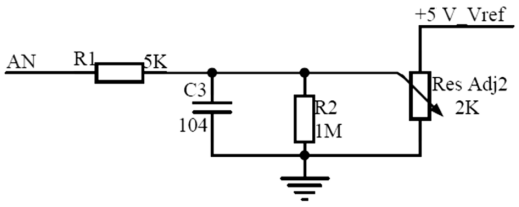

图 5 反馈模块电路原理

Fig. 5 Schematic of the feedback module of motor control system

3 电机控制系统软件设计

系统软件是在 MPLAB IDE v8.00 环境下写的 C 语言程序。主程序流程图见图 6。系统上电之后，单

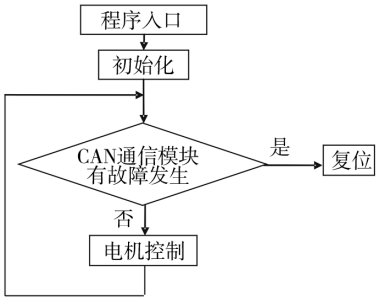

图 6 直流电机控制系统主程序流程

Fig. 6 Flow chart of master program of the DC motor control system

片机完成系统的初始化。初始化内容包括：单片机自身的初始化配置；程序全局变量的初始化；CAN 通讯模块的初始化配置；AD 采集的初始化配置；PWM 模块的初始化；中断模块的初始化；获取该电机的电机标识号和当前的墨键位置，电机标识号作为通讯节点站号地址保存在单片机的内部数据存储器中，墨键初始位置信息发送至控制台和 PC 机，并由控制台控制中心和 PC 机分别实时地显示在控制台和 PC 机上。初始化完成之后程序判断系统是否有通讯故障，若存在故障，系统复位，否则程序跳入电机控制模块。

电机控制模块是电机控制程序的核心，该模块控制流程见图 7。

电机运动状态表见表 2。首先获取墨键开度值，将其存储在变量 MotorPos 中，控制台在任何时刻都可以向电机控制系统发送电机的目标位置信息。电机控制中心接收到目标位置信息后存储在变量 Mo-

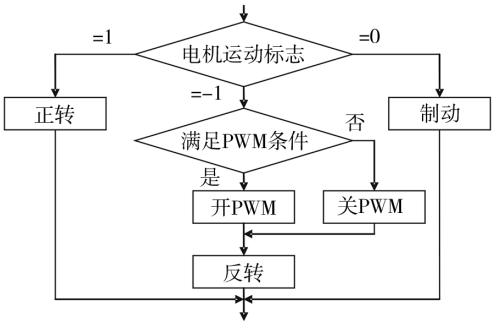

图 7 直流电机控制系统主程序流程

Fig. 7 Flow chart of master program of the DC motor control system

表 2 电机运动状态

Tab. 2 State table of the motor running

MotorPos_New 和 MotorPos 的关系	运动标志	电机运动方向
>	1	正转
=	0	停机
<	−1	反转

torPos_New 中，通过比较 MotorPos 和 MotorPos_New 的值来确定电机的运动。

本系统中通过实验方法拟合了出当墨键开度位置在目标位置前 3 个单位时启动 PWM，且 PWM 的占空比按照线性关系变化，其变化关系：

$$\text{RatioPWM} = 0.0375 \times (P_R - P_T) - 0.075$$

RatioPWM 为 PWM 的占空比；P_R 为墨键当前位置的 AD 值；P_T 为墨键目标位置的 AD 值。

通过上述分析，在减速停机时调用 PWM 功能，因此，P_R 值总是大于 P_T 值，二者差值总是大于零或等于零。电机运动控制每完成一步之后，系统检测一次直流电机故障信息，若无故障，继续循环判断当前墨键的位置开度和目标值的关系；若发生故障，则把故障信息分类，并反馈回控制台和 PC 机，实时显示出来。

4 结论

文章讨论的直流电机控制系统以实际应用项目为依据，采用抗干扰性能较弱的单片机，设计出了抗干扰能力强、控制精度高的工业分布式控制系统，总体方案简单，控制方法简便。设计成果经墨键开度模

（下转第 102 页）

[17] 张印. 码垛机器人应用、故障处理及性能优化[J]. 硅谷，2009(15)：20－21.
[18] 余晓明，管会生，曾晓芳. 四自由度机器人在米袋码垛系统中的仿真研究[J]. 黑龙江水专学报，2008，35(2)：95－98.
[19] 王玉蓉. 我国啤酒码垛及设备应用研究[J]. 湖北经济学院学报(人文社会科学版)，2010，7(7)：65－66.
[20] 朱作付，徐超，葛红美. 机器视觉技术在包装领域的应用[J]. 包装工程，2010，31(3)：124－127.
[21] 邱泓，张辉. 基于机器视觉的玻璃瓶码垛机检测与搬运系统设计[J]. 仪表技术与传感器，2010(4)：79－80.
[22] 师宁. 计算机视觉在包装行业中的应用[J]. 邢台职业技术学院学报，2008，25(3)：27－29.
[23] 焦恩璋，杜荣. 工业机器人分拣技术的实现[J]. 组合机床与自动化加工技术，2010(2)：84－87.
[24] 蒋明尧. ABB UP6 工业机器人在玻璃自动码垛系统中的应用[J]. 科技资讯，2007(1)：168－169.
[25] 崔秦元，侯约强. 机器人(码垛机械手)发展的前景与应用[J]. 中国食品工业，2008(10)：47－48.
[26] 陈辉. 浅析全自动包装码垛机器人[J]. 科协论坛，2009(10)：78－79.
[27] 杨福馨. 机器人技术在包装中的应用研究[J]. 包装世界，2005(1)：36－39.

(上接第 66 页)

实验检测，系统全程位置控制的绝对误差在了±2.0 μm 内，相对误差 0.667%，控制精度不逊于德国、日本的高水平系统；与目前流行的采用 PLC 作为控制器的进口系统相比，更有利于降低成本。本系统结合墨斗操作台控制系统、PC 机控制系统组成成套产品，通过了印刷车间实际复杂环境的考验，实践证明系统操作简便、性能稳定可靠、抗干扰能力强。同时，本设计为国内胶印机智能化油墨预置系统的实现创造了条件，有利于推动国产胶印机的自动化、智能化进程，具有良好的市场应用前景。

参考文献：

[1] 卫延斌，史仪凯，康晓兵. 胶印机输墨系统计算机控制与设计[J]. 包装工程，2006，27(3)：92－94.
[2] 江丰邑. 信息时代的数字化印刷技术应用与展望[J]. 丝网印刷，2007(2)：4－5.
[3] 高谦，张乃龙，张跃明. 数字化胶印机上位机控制系统的开发[J]. 包装工程，2008，29(8)：7－9.
[4] 邬宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，1996 .
[5] 刘和平，刘林，余红欣，等. PIC18Fxxx 单片机程序设计及应用[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2005.
[6] 吕艳辉，张跃明，苏宇刚. 采用 PIC 单片机的墨斗电动机控制系统的设计[J]. 现代制造工程，2009(7)：125－127.
[7] 孙立志，赵辉. 三相方波无刷直流电动机 PWM 的实现[J]. 微电机，2003(5)：29－38.
[8] 成俊康，张涛. 用 8253 和 L6203 实现直流电机 PWM 调速控制[J]. 中国测试，2009(1)：29－38.

(上接第 76 页)

拟值模拟，验证了模型的准确性。该模型可以较好地对调频加网图像的色彩进行预测，有效控制网点扩大，指导印刷生产实践，进一步提高调频加网印刷品图像的质量。

参考文献：

[1] 邝敏威，陈新. 调频加网技术分析和研究[J]. 包装工程，2002，23(5)：12－14.
[2] 周世生，李举. 调频加网有效网点面积率的研究[J]. 包装工程，2006，27(3)：57－64.
[3] ARNEY J S，ENGELDRUM P G，ZENG H. An Expanded Murray-Davies Model of Tone Reproduction in Halftone Imaging[J]. Journal of Imaging Science and Technology，1995，36(6)：502－508.
[4] 张逸新. 数字印刷原理与工艺[M]. 北京：中国轻工业出版社，2007.
[5] ZHANG Yi-xin，ZANG Dong-juan，GE Jing-huan. Reflectance Model for Color Halftone Images[J]. Acta Photonica Sinica，2007(36)：339－341.
[6] ARNEY J S. A Probability Description of the Yule-Nielsen Effect[J]. Journal of Imaging Science and Technology，1997，41：633－640.
[7] ROGERS G L. A Generalized Clapper-Yule Model of Halftone Reflectance[J]. Color Research & Application，2000，25(6)：402－407.
[8] ARNEY J S，TSUJIFA A. Symmetry Properties of Halftone Images II：Accounting for Ink Opacity and Dot Sharpness [J]. Journal of Imaging Science and Technology，1999，43(4)：359.
[9] NYSTRÖM Daniel. High Resolution Analysis of Halftone Prints[D]. Linköping University，Sweden，2008.