

基于 ARM 及 CPLD 的烟支在线打孔控制系统设计

邬金余,张乐年

(南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016)

摘要:基于现阶段烟支激光打孔系统打孔精度差、监控能力欠缺等问题,设计一种新型的烟支在线打孔控制系统。该控制系统采用 ARM 与 CPLD 相结合的方式,搭配外围的一套 PLC 电控模块来完成对整个系统的控制以及状态的监测。ARM 的主要功能是数据传输及通讯,CPLD 完成一系列的时序逻辑处理、数据运算及存储等功能。运行调试表明,本系统运行稳定可靠,抗干扰能力强,脉冲打孔频率最高可达 200 MHz,脉冲打孔时间精度提升至 0.1 μ s。

关键词:激光打孔;ARM;CPLD;烟支打孔;控制系统

中图分类号:TP273 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2020)04-0000-00

Design of Online Punching Control System for Cigarettes Based on ARM and CPLD

WU Jinyu, ZHANG Lenian

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Due to poor punching precision and lack of monitoring ability existing in the current cigarette laser punching system, a new type of cigarette online punching control system is proposed. The combination of ARM and CPLD are adopted in this control system, which are used with a set of PLC electronic control modules to complete the control of the whole system and its condition monitoring. The main function of ARM is used for data transmission and communication and CPLD is used to implement a series of logic control functions, data acquisition and operation storage and other functions. In the operation and debugging, the system shows its smooth operation, and strong anti-interference ability, the pulse punching frequency is up to 200 MHz, and the pulse punching precision is improved to 0.1 μ s.

Keywords: laser punching; ARM; CPLD; cigarette punching; control system

0 引言

中国是烟草生产及消费的大国,拥有厚实的烟民基础。根据最新的吸烟人群分布统计,中国由于吸烟而引发疾病的人群正逐步增加,由此,降低卷烟的焦油含量已然成为烟草行业发展趋势^[1]。为此国家烟草专卖局明确提出降低烟支焦油含量的要求,要求从现在的 8.5 mg 降低到 6.5 mg。而烟支在线激光打孔技术,是降焦经济快捷、有效的手段^[2]。

目前,我国所使用的烟支激光打孔设备相对落后,其控制系统主要采用单片机、DSP 等单处理器来实现,而国外这样一成套系统的价格高达 50 多万欧元,加上关税和安装调试费用后近 600 多万人民币,如此高昂的费用让众生产厂商望而却步。

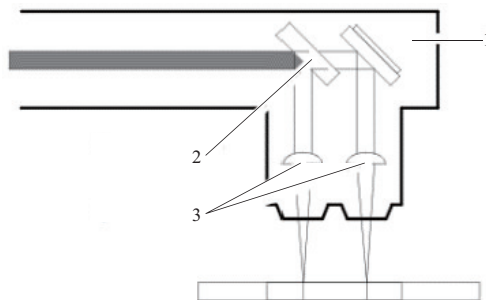
针对以上问题,本文提出一种高性价比的烟支在线激光打孔控制系统,并且搭配一个相对友好的人机交互界面,实现数据的有效传输及系统状态的监控。

1 系统整体结构

1.1 烟支在线激光打孔工作原理

激光器产生高能激光束,通过射线分束器实现光束分

离,反射镜作用后光束产生透射或反射,最终聚焦在烟支表面形成微小孔洞。由于待打孔的双倍长烟支在两相对转动机械鼓轮作用下仅作旋转运动而不移动,从而确保烟支打孔间距的均匀性^[3]。烟支在线激光打孔工作原理如图 1 所示。



1—射线分束器;2—透射率 50% 的反射镜;3—聚光透镜。

图 1 烟支在线激光孔工作原理图

1.2 系统整体框架

激光打孔控制系统通过工控机与 PLC 通讯,通过

COM 口与脉冲电路控制板通讯。

脉冲电路控制板根据上位机烟支打孔预设的参数及来自卷接机组的烟支检测信号(脉冲信号)来实现对激光器的控制。此外,由于实际工况复杂,现场设置的变频器、电机等自动控制设备,会对系统产生一定的电磁干扰,因此,基于以上要求,提出如下技术指标:

1) 实现高速在线打孔功能且能适应烟机不同的实际生产速度,烟机生产速度为 6 000~8 000 支/分;

2) 实现高精度激光打孔,打孔的时间精度为 $0.1 \mu\text{s}$,误差范围在 $\pm 1\%$ 范围内;

3) 实现对烟支打孔时间、打孔个数、首孔位置偏移量等参数的设置、修改和保存,系统运行过程中有相关设备的状态显示;

4) 系统本身具备自诊断及故障报警功能,如冷却水位的监测、水温的监测、空气压力的监测、激光功率监测等。

基于以上主要技术指标,初步搭建出本系统的总体框架,本系统总体框架图如图 2 所示。

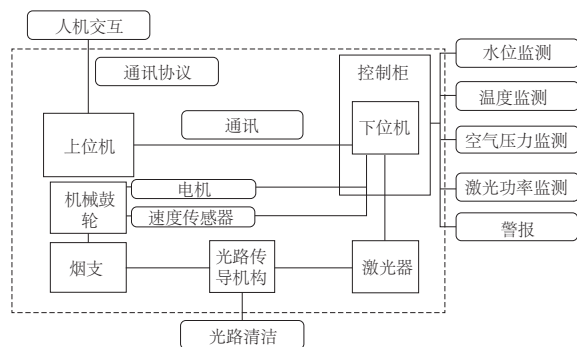


图 2 烟支在线激光打孔系统总体框架图

2 控制系统硬件电路设计

2.1 控制系统硬件结构

烟支在线激光打孔系统整体结构较为复杂,有大量的监测功能需求,且本系统为高速系统(打孔频率最高可达 200 kHz)并对激光打孔的精度要求颇高,仅用 ARM 无法实现,而 CPLD 又兼有时序逻辑控制的良好处理能力,因此本系统采用 ARM 和 CPLD 相结合的控制方式来完成对整个系统的控制。ARM 的主要功能是数据传输,通讯及模拟机器产生相应调试脉冲供 CPLD 使用, CPLD 完成一系列的逻辑控制功能、数据采集运算存储等功能。其中, ARM 处理器采用某半导体公司的 STM32F107VCT6, 其采用先进的 AtmelCortex-M3 内核,具有丰富的片上外设,工作频率高达 72 MHz。CPLD 处理器采用某公司的 EPM240T100C5, 其具有 240 个逻辑单元,80 个用户 I/O 接口,能够满足本系统的需求^[5]。整个系统除了 ARM 处理器及 CPLD 处理器两个主控模块以外,还包含激光器驱动模块、触摸屏驱动模块、数字量输入输出模块、编码器驱动模块及电源模块等。控制系统硬件结构图如图 3 所示。

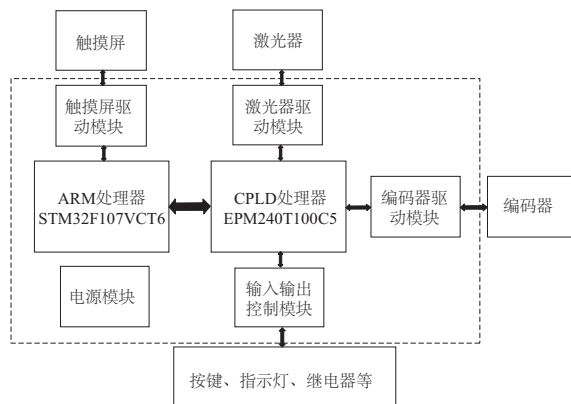


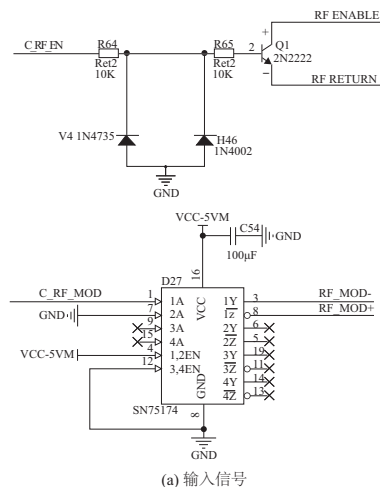
图 3 控制系统硬件结构图

2.2 控制系统主要硬件电路设计

本系统中, ARM、CPLD 及触摸屏间均采用串口通讯。其中,触摸屏和 ARM 通讯采用 Modbus 通讯协议,采用 Max3485 来实现 USART 的 TTL 与 RS485 电平转换,其余部分采用 RS232 来实现; ARM 和 CPLD 供电电压均为 3.3 V, RS485、RS232 通讯模块及激光器驱动模块供电电压为 5 V, 烟支位置检测传感器及按键、指示灯等输入输出模块均采用光耦隔离,光耦的上拉电压均为 24 V,指示灯的工作电压为 24 V。由于通讯模块和电源模块较为简单,故在此不过多赘述,主要针对硬件电路核心部分加以说明。

1) 激光器驱动电路设计

激光器正常工作只需控制 ENABLE 和 MODULATION 两个输入信号即可。由于其需要采用差分信号来进行传输,本设计选择 SN75174 作为转换芯片,该芯片能提供正向和负向电流限制以及热关断功能,从而给线路本身提供很大的保护,且非常适合在嘈杂的环境中使用,其搭配 SN75173 或 SN75175 使用时可以获得最佳性能。激光器输入/输出信号电路图如图 4 所示。其中, C_RF_EN 信号为 CPLD 发出的激光器射偏电源的使能信号,该信号与 GND 接地端分别串联一个稳压二极管和一个开关二极管,可很好地保障当输入信号过高时防止反向电压的冲击并且具备很好的单向导通及隔离性能。C_RF_MOD 信号



(a) 输入信号

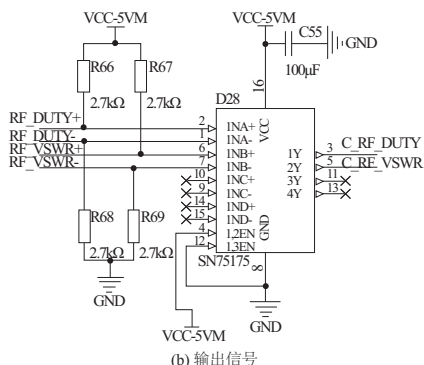


图4 激光器输入/输出信号驱动原理图

为CPLD发出的激光器射偏电源的调制信号,并在SN75174供电电源和GND接地端增加 $0.1\mu\text{F}$ 电容,降低高频信号的干扰,提升系统工作的稳定性。

由输出信号电路设计要求可知,激光器两个输出信号均采用差分输出的方式,而控制器并不能直接接受差分信号,因此需要将差分信号转换为单脉冲信号,选择SN75175芯片是为了搭配SN75174,使得整个系统性能最佳。其中,C_RF_DUTY和C_RF_VSWR信号为经SN75175转换后的单脉冲信号,该信号将连接至CPLD控制器。

2) 光电编码器驱动模块电路设计

本设计中利用光电编码器实现对烟支位移(转速)的采集,该部分硬件电路主要将光电编码器的输出差分信号转换为脉冲信号,输出一个Z相脉冲即表示新的待加工烟支已就位。此部分同样采用芯片SN75175来实现。光电编码器驱动模块电路图如图5所示。

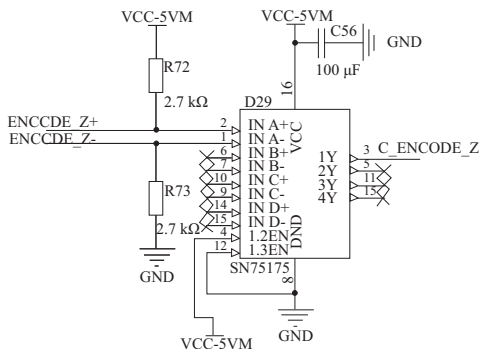


图5 光电编码器驱动模块电路图

3 控制系统软件设计

3.1 ARM 程序设计

ARM 主要实现系统通讯和产生打孔 PWM 信号,其主要使用串口通信,定时器的 PWM 功能,I/O 外部触发等模块。主程序流程图及中断程序流程图如图6所示。

ARM 在上电后,首先进行系统、串口、GPIO 口的初始化配置。系统运行时,通过 Modbus 协议与触摸屏进行周期性通讯和扫描,上传系统状态数据至触摸屏。当所需数

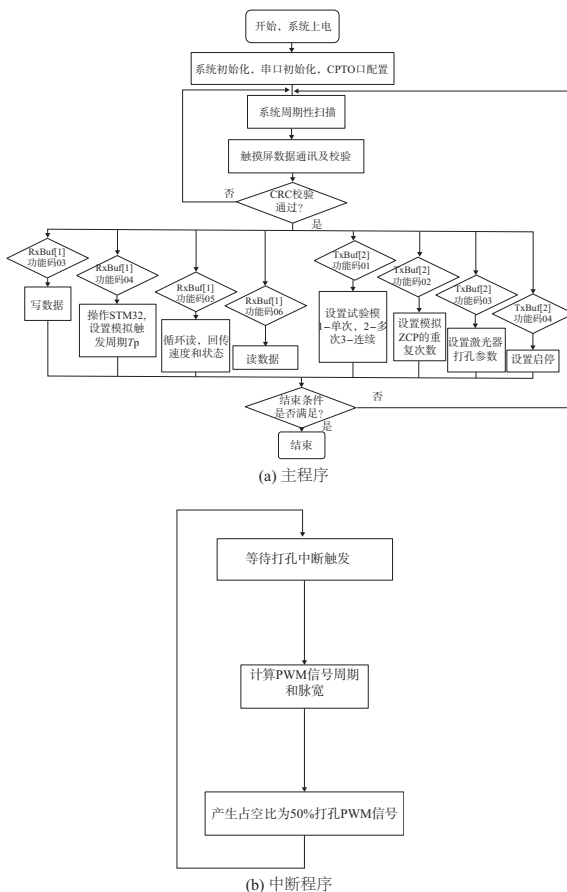


图6 ARM 主程序及中断程序流程图

据帧校验成功时,根据其相应功能码执行相应动作,将系统所需的打孔参数发送至CPLD,主要包含打孔个数Holes,打孔周期Pulse、首孔偏移量Offset、模拟脉冲Zcp周期 T_p ,模拟Zcp重复次数等。另外,当烟支到达预定打孔位置,打孔中断标志位置位,计算PWM周期及脉宽,产生PWM信号,该信号为一个固定50%占空比的模拟Zcp信号供后续CPLD调试使用。

3.2 CPLD 程序设计

CPLD 主要实现烟支位置检测传感器信号的逻辑预处理功能,主要分为以下几个模块:输入信号滤波模块、信号周期计算模块、延时信号输出模块。采用 Verilog 硬件描述语言设计,其硬件结构框图如图7所示。

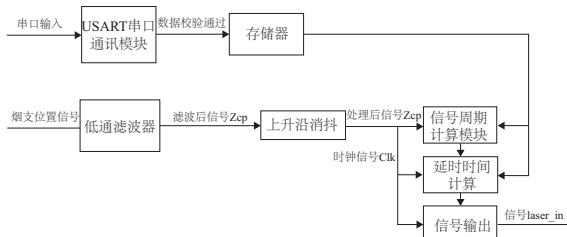


图7 CPLD 程序结构框图

系统工作时,USART 通讯模块一直处于待命状态,当ARM 数据校验通过后,将该数据帧存储至存储器中供后

续使用。在实际工况中低通滤波器用于剔除位置检测传感器可能耦合进的干扰信号,而光电编码器输出信号需经过较长的电缆传输,通过上升沿消抖算法来实现信号的上升沿的提取。处理后的信号 Z_{cp} 和时钟信号 Clk 共同作用,激活信号周期计算模块及延时信号输出模块,在相关计算后得到所需输出信号的周期和脉宽。

4 系统测试

针对上述系统进行实验,首先在触摸屏上设置打孔所有参数:打孔个数 $Holes$ 为 8, Z_{cp} 信号周期 T_p 为 2 ms,打孔时间 $Pulse$ 是 75 μs ,延时时间 $Offset$ 的值为 20%,此时的占空比 $U = Pulse \times Holes / T_p = 75 \times 8 / 2000 \times 100\% = 30\%$ 。然后启动整个系统,当位置传感器检测到烟支传送至打孔工位时,控制系统便实现激光打孔动作。图 8 为上位机预设的对应参数值。图 9 为打孔控制系统的 PCB 电路板实物图。图 10 为通过 Modelsim 仿真后的打孔控制系统信号时序图。为更好地显示波形效果,图中为缩小 1 000 倍后的仿真波形图,其中, Z_{cp} 为烟支位置检测传感器的输入信号, Z_{cp1} 为 Z_{cp} 延迟 20% 后输出的信号, $laser_in$ 在预设打孔参数计算后所得的激光器打孔控制信号。

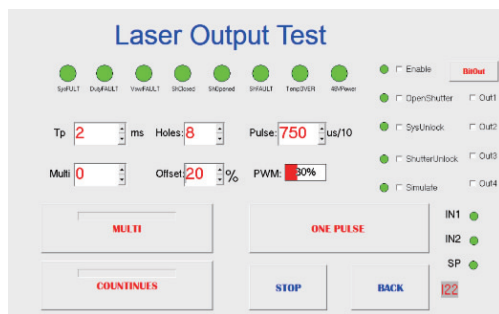


图 8 上位机参数设置图

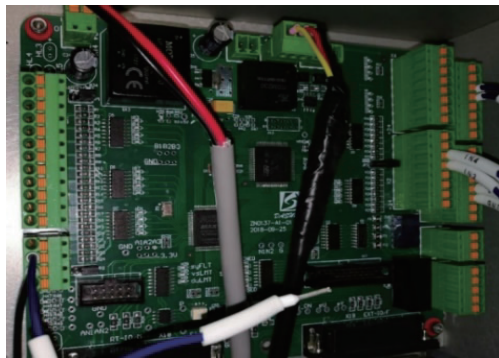


图 9 打孔控制系统的 PCB 电路板实物图

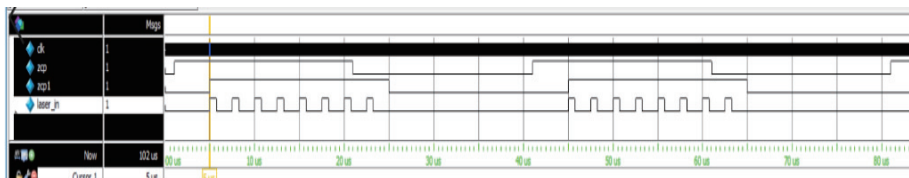


图 10 打孔控制系统的信号时序图

5 结语

本系统采用 ARM 与 CPLD 相结合的方式,搭配外围的电控模块完成对整个系统的控制及状态监测,更好地解决了单处理器的打孔精度差及高速数据通信的问题,并将打孔时间精度提高至 0.1 μs ,更好地满足烟支在线激光打孔设备的应用需求。

参考文献:

[1] 姜愚烽,肖琴.中国烟草流行及控制现状[J].职业与健康,

2018, 34(7):997-999.

- [2] 吴超杰,陈培锋,王英,等.连续 CO₂ 激光在线膏药群孔加工系统的研究[J].激光技术,2016,40(3):422-425.
- [3] 陈汉裕,史棒.毫秒激光打孔时熔融物飞溅实验与数值研究[J].机械制造与自动化,2018,47(6):12-15.
- [4] 周正.双头双光点水松纸激光打孔设备的光路设计[D].武汉:华中科技大学,2013.
- [5] 乔辉,张团善,胥光申,等.基于 ARM+CPLD 的选针器控制系统设计[J].西安工程大学学报,2017,31(4):527-532.

收稿日期:2019-07-05