

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0344-03

激光打标控制原理及嵌入式系统设计

阳彦宇, 李建武, 汪盛烈, 赵学民, 何云贵, 王晓东, 杨海

(华中科技大学激光加工国家工程研究中心, 湖北 武汉 430074)

摘要 介绍了基于射频(RF)激励激光打标系统的控制原理。并设计出一种基于PC/104模块的嵌入式激光打标控制系统,着重介绍了该系统的硬件结构设计。

关键词 激光打标; PC/104; 射频激励; 脉冲宽度调制

中图分类号 TN249

文献标识码 A

Principle of Controlling Laser Marking and an Embedded System Designed

YANG Yan-zhi, LI Jian-wu, WANG Sheng-lie, ZHAO Xue-min, HE Yun-gui,
WANG Xiao-dong, YANG Hai

(National Engineering Research Center for Laser Processing, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract The principle of laser marking system is introduced, including controlling of the RF excited laser power and dual galvanometer scanning. An embedded system with PC/104 module is designed. Its hardware form is presented in the article.

Key words laser marking; PC/104; RF excited; PWM

1 引言

激光打标在国民经济中的应用越来越广泛。其中射频(RF)CO₂激光器以其突出的优点(长寿命放电、注入功率密度高、工作电压低、功率调节方便智能化等)在打标市场占据很大份额。采用PC/104嵌入式计算机设计激光打标控制器,复杂的图像处理有主频较高的上位机PC完成,处理后的多个文件下载到控制器,用来实时控制激光打标过程,从而实现脱机打标。在多台激光打标机的车间中应用可以节省成本,提高系统实时性和稳定性。

2 振镜扫描打标控制原理

对于常用的振镜扫描打标,控制系统主要完成两个控制任务:实时控制激光器输出功率和根据待打标图案信息控制振镜扫描。在飞行打标中,还要求能够提供监视产品移动速度、计数等功能控制。

2.1 激光器输出功率控制

在多灰度图打标过程中,激光器的输出功率要进行实时控制。射频激励CO₂激光器电源由5个部分组成,如图1。由直流电源供电,通过输入回路,对

振荡电路供电。经振荡电路转换成要求频率的射频信号,该信号经过控制电路调制或直接送到放大电路,放大后输出要求功率的射频能量,最后经匹配网络输入激光放电室。功率控制器输出的信号对激光器内的射频驱动电路进行调制,从而控制了通过放电电极耦合进入激光腔内的电功率,因此实现了对输出功率的控制^[1]。

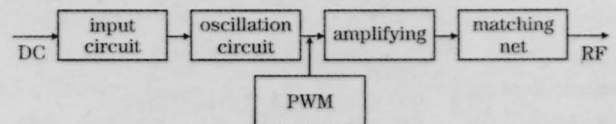


图1 激光功率控制原理

Fig.1 Principle of laser power control

实践证明激光器输出平均光功率是外控信号占空比的非线性递增函数,在占空比达到95%时,平均功率趋于饱和。95%占空比有利于CO₂气体的冷却,从而使激光器的效率更高,气体寿命更长。控制信号的时钟频率对激光器输出光功率有显著的影响。时钟频率越高,输出的光功率稳定性越好。

2.2 振镜扫描控制

振镜扫描采用高速振镜扫描器做X-Y扫描机

作者简介: 阳彦宇(1979-),男,华中科技大学激光加工国家工程研究中心硕士研究生,主要从事激光加工过程控制方面的研究。E-mail: oyhust@163.com

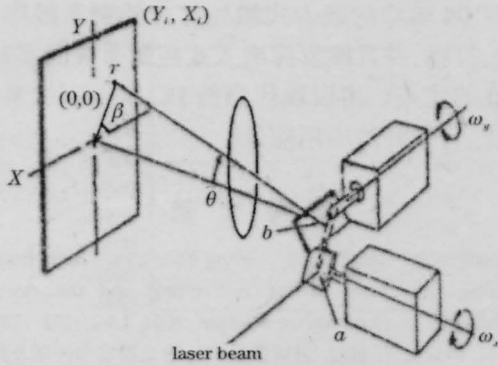


图2 双振镜扫描系统

Fig.2 Dual galvanometer scanners system

构(如图2)。控制器将待打标图形数据信息通过两路位分辨率的D/A芯片转换成模拟电压,经过电机驱动电路控制反射镜电机偏转方向,从而控制激光光斑在待标刻工件上的移动。振镜扫描一定的范围会现几何畸变,所以要对其所固有的几何畸变做出校正,在本系统中,采用软件校正方法。

如图2所示, X, Y 构成扫描平面, 坐标轴 X 与振镜 b 的转轴平行, 振镜 a 的转轴垂直于 X, Y 平面。振镜 a, b 分别在起始位置上偏转 ω_x, ω_y , 聚焦镜为焦距 f 的 f- θ 透镜, 用几何方法计算得到

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \cos 2\omega_x \cos 2\omega_y \\ r &= f \cdot \theta = f \cdot \cos^{-1}(\cos 2\omega_x \cos 2\omega_y) \\ \tan\beta &= \cos 2\omega_x \sin 2\omega_y / \sin 2\omega_x \end{aligned}$$

则扫描场上每一点坐标可表示为

$$\begin{cases} X = r \cdot \cos \beta = f \cdot \sin 2\omega_x \cos^{-1}(\cos 2\omega_x \cos 2\omega_y) \times \\ (1 - \cos^2 2\omega_x \cos^2 2\omega_y)^{-1/2} \\ Y = r \cdot \sin \beta = f \cdot \sin 2\omega_y \cos 2\omega_x \cos^{-1}(\cos 2\omega_x \cos 2\omega_y) \times \\ (1 - \cos^2 2\omega_x \cos^2 2\omega_y)^{-1/2} \end{cases}$$

定义畸变量

$$\Delta X = X - X_0; \Delta Y = Y - Y_0$$

其中 X_0, Y_0 分别对应于 $\omega_y=0, \omega_x=0$ 时的坐标值, $X_0 = f(2\omega_x), Y_0 = f(2\omega_y)$, 则

$$\begin{cases} \Delta X = f \cdot \sin 2\omega_x \cos^{-1}(\cos 2\omega_x \cos 2\omega_y) \times \\ (1 - \cos^2 2\omega_x \cos^2 2\omega_y)^{-1/2} - f(2\omega_x) \\ \Delta Y = f \cdot \sin 2\omega_y \cos 2\omega_x \cos^{-1}(\cos 2\omega_x \cos 2\omega_y) \times \\ (1 - \cos^2 2\omega_x \cos^2 2\omega_y)^{-1/2} - f(2\omega_y) \end{cases}$$

综合以上各式, 得到加入位移校正和双振镜畸变校正后最终校正公式为

$$\begin{cases} X_n = X_n + f \cdot \sin 2\alpha X_n \cos^{-1}(\cos 2\alpha X_n \cos 2\alpha Y_n) \times \\ (1 - \cos^2 2\alpha X_n \cos^2 2\alpha Y_n)^{-1/2} - f(2\alpha X_n) \\ Y_n = Y_n + f \cdot \sin 2\alpha Y_n \cos 2\alpha X_n \cos^{-1}(\cos 2\alpha X_n \cos 2\alpha Y_n) \times \\ (1 - \cos^2 2\alpha X_n \cos^2 2\alpha Y_n)^{-1/2} - f(2\alpha Y_n) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_n = X_{n0} \\ Y_n = Y_{n0} + \beta \cdot \sum_{m=1}^n \Delta P_m \end{cases} \quad (n=1, 2, 3, 4, \dots, n)$$

其中, α 为振镜控制坐标转换为振镜轴偏转角度的转换系数。将上式化简后用于振镜动态扫描能很好地消除枕形和桶形失真现象^[2]。

3 控制系统设计

3.1 总体结构设计

主控部分采用嵌入式的 PC/104 模块进行硬件设计。采用现场可编程逻辑器件^[3](FPGA)设计外围模块和 PC/104 接口数字电路, 产生脉冲宽度调制(PWM)用来调节激光器功率, 实现计数器功能并产生中断, 实现数字双向输出; 为 16 位 D/A 转换提供信号输入和缓存控制系统如图 3 所示。

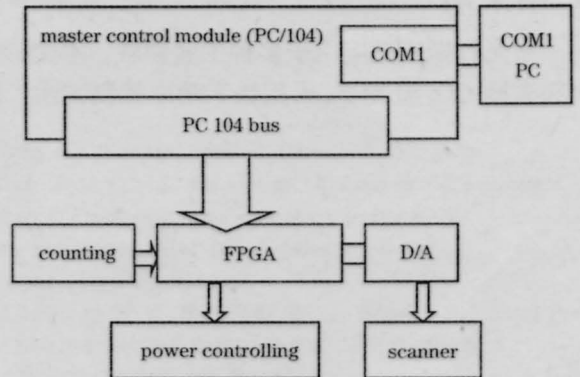


图3 控制系统图

Fig.3 Controlling system

3.2 FPGA 数字电路设计

FPGA 主要实现功能包括: 外围模块和主控制器的总线接口电路、数字式激光功率控制、计时器、

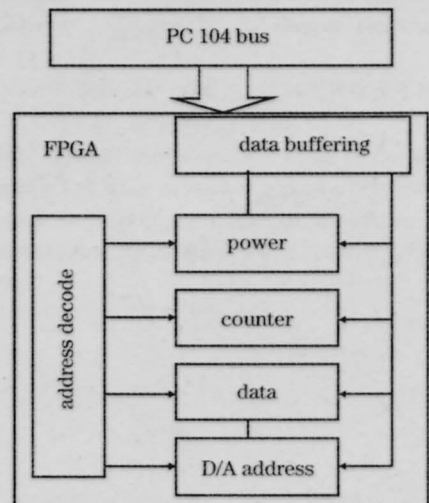


图4 FPGA 设计框图

Fig.4 Frame of FPGA

数字量输出、为 D/A 提供数字锁存等。接口电路主要包括地址译码电路和数据锁存电路。通过拨码确定外围电路的基地址 Baseaddress。A2~A0 三根地址线参加译码,提供 8 个可用的片选信号。用可调的定时器实现功率控制器的不同频率的 PWM 波功能。计数器、数字量双向输出电路都可以用 VHDL 语言编程实现。FPGA 设计的数字电路图如图 4。

3.3 软件设计

控制器主程序首先完成系统的初始化工作,然后扫描输入和串口,实现键盘响应和通信功能。打标图形和数据经计算机处理后生成特定格式的文件(如 BMP),文件通过串口下载到控制器后,打标程序根据文件提供的控制数据和图象数据驱动激光功率控制和振镜扫描电机实现打标功能。

4 结束语

激光打标广泛应用于多种工业领域。本文针对射频激励 CO₂ 激光器,采用数字功率控制方法。基

于 PC/104 模块的嵌入式激光打标控制系统能够实现脱机打标,并且能发挥嵌入式控制系统高实时性、稳定性的优点。可以取代当前 PC 机控制的激光打标系统,有很好的应用前景。

参 考 文 献

- 1 Ye Xiangyang, He Yungui, Wang Shenglie. High frequency inspiring CO₂ laser power controlling and the design of controller[J]. *J. Photoelectron-Laser*, 2001, 12(2):151-153
叶向阳,何云贵,汪盛烈. 射频激励 CO₂ 激光器功率控制及其控制器设计[J]. *光电子·激光*, 2001, 12(2):151-153
- 2 Wan Zhi, Du Wenxi. Revising aberrant graph and compensating the exposal quantity in galvanometer scanning for two dimensions[J]. *Optics Precision Project*, 2000, 4(2):115-118
万志,杜温锡. 振镜二维扫描的图形畸变校正和曝光量补偿[J]. *光学精密工程*, 2000, 4(2):115-118
- 3 Zhao Xuguang. PLD Theory, Development and Application[M]. Xi'an: Xi'an University of Electronic Technology Press, 2000
赵曙光. 可编程逻辑器件原理、开发与应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2000