

具有防止过流误判断功能的 LD 驱动电源的设计

王志鹏, 张新英, 赵曾伟, 宋海飞, 毛海涛, 王庆国
(河南大学物理与电子学院, 河南 开封 475004)

摘要:研制了一种新型的基于单片机和 FPGA 控制的半导体激光器(LD)驱动电源,该电源通过采用越限计数的方法实现过流保护,有效地消除了宽幅大脉冲电流干扰,具有防止过流误判断和失效保护的功能,从而保证 LD 工作的连续性、可靠性。

关键词:半导体激光器;过流保护;越限计数

中图分类号:TN248.4 **文献标识码:**B

Design of LD driver with function of avoiding wrong judgment for over-current

WANG Zhi-peng, ZHANG Xin-ying, ZHAO Zeng-wei, SONG Hai-fei, MAO Hai-tao, WANG Qing-guo
(School of Physics and Electron, Henan University, Kaifeng 475004, China)

Abstract: A novel LD driver controlled by single-chip microcomputer and FPGA is designed, which achieves over-current protection by taking count of spillage, and it can effectively eliminate the interference of large current with great pulse width, and has functions of avoiding wrong judgment for over-current and disabled protection, so it makes LD to run continuously and reliably.

Key words: semiconductor laser; over-current protection; spillage counting

1 引言

传统半导体激光器驱动电源的过流保护功能比较单一,由于过流保护设计的不完善,导致激光器在使用过程中出现过流误判断或被损坏的情况时有发生,甚至造成工作延误和不必要的经济损失。对于中小功率半导体激光器,其驱动电流最大限度值通常设定在典型值的 1.03 ~ 1.4 倍。尽管参考文献[1]所设计的驱动电源能实现自适应过流保护功能,但把过流保护值取为设定电流值的 1.02 倍,对于典型值和最大限度值差别较大的半导体激光器,会被过早地判为寿命终结,因而不能最大限度的使用。针对上述缺憾,本文设计一种驱动电源,采用单片机和 FPGA 相结合,操作人员可根据 LD 的不同参数自行设定过流保护值和输出光功率值,具有可靠的过流保护功能。

2 理论依据和基本原理

在恒温环境下,恒定的电流输入能够得到稳定

的光功率输出,但随着 LD 工作时间的推移,会因 LD 老化而导致输出光功率的下降。图 1 所示为 LD 的 $P-I$ 特性曲线。LD 通常工作于恒流状态或恒功率状态,恒定光功率工作方式是目前较为广泛采用的一种驱动方式,本文亦采用恒功率控制。

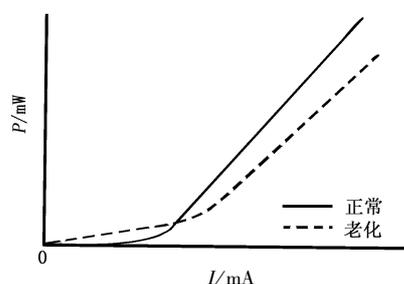


图 1 LD 在不同状态下的 $P-I$ 特性曲线

为得到稳定的光功率输出,大多数 LD 驱动电

作者简介:王志鹏(1983-),男,回族,在读硕士研究生,主要从事激光电源的研究。E-mail:wangzhipeng.1983@yahoo.com.cn
收稿日期:2009-03-02

源通过实时检测输出光功率的大小,采用负反馈闭环回路的方式来不断调整驱动电流的大小。但随着LD的不断老化而导致输出光功率下降时,如果继续采用加大输入电流的方式来稳定光功率输出,容易对LD造成永久性的损坏,甚至有可能烧毁驱动电源,因此必须采取可靠的过流保护措施。

因为驱动电流最大限定值 I_{\max} 通常设定在典型值的 1.03 ~ 1.4 倍,故本设计中 LD 恒功率输出时,若实际驱动电流 I_c 大于最大设定电流 I_{\max} ,则超限计数器计数加 1,并将 I_c 降低到最大设定电流的 70%,进而转入自动光功率控制。每次系统上电时超限计数器清零,且每间隔时间 t 就对超限计数器进行一次清零,以避免在长时间使用过程中因偶尔几次大电流干扰而做出过流误判断。在使用过程中若超限计数器计数结果为 N ,则认为系统真正处于过流状态,进行声光报警,提示用户及时更换激光二极管,延时 10 s 后关闭输出。超限上限值 N 可根据不同情况由操作人员自行设定,一般取 $N \geq 3$ 。其过流保护程序流程图如图 2 所示。

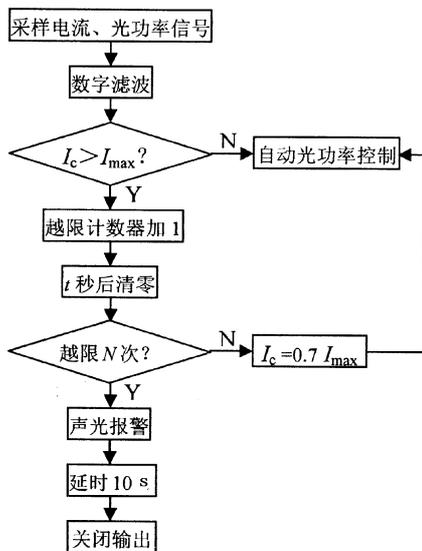


图2 过流保护程序流程图

在以往传统的过流保护方式中^[2-3],当系统检测到输入电流大于最大设定电流时,就判为处于过流状态而关闭输出。然而通过采用本设计的过流保护方式,可以有效消除因干扰等因素造成的宽幅大脉冲电流干扰,避免对激光器造成不必要的伤害,还能防止过流误判断,保证激光器工作的连续性。

3 系统结构原理

该系统的整体结构如图 3 所示。整个系统以单片机作为控制核心,其主要功能是控制数据的采集和发送、LCD 显示、键盘以及与 FPGA 通信

等。FPGA 是一种高密度、高速度、可重复编程器件,其时序电路可利用硬件描述语言 Verilog 设计,将其作为 D/A, A/D 开关量控制和单片机之间的逻辑连接,大大提高了系统的性能指标,具有可靠性高、成本低、研制周期短的优点。由于 FPGA 的使用,在选用 D/A, A/D 等器件时可采用高速串行的 A/D 转换器和 D/A 转换器,减轻了单片机的负担,此外也无需复杂的外围接口电路。通过采用单片机与 FPGA 相结合的方法,由最简单的硬件配置实现了系统控制的智能化,且具有体积小和功能强的特点。

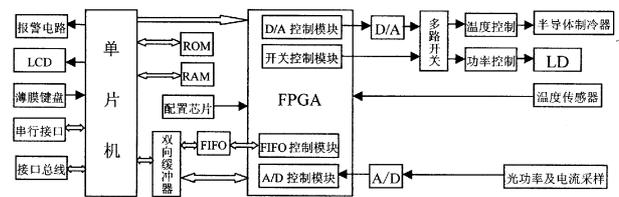


图3 系统原理框图

根据所要实现的功能, FPGA 内部主要包括以下模块:开关量控制模块、FIFO 控制模块、D/A 控制模块和 A/D 控制模块。模块内置了一个看门狗计时器以进行全局复位。可编程器件 FPGA 工作在 AS 模式下,其程序通过数据线存储在配置芯片中,每次系统上电后自动实现 FPGA 的程序配置。FPGA 由单片机控制,通过接收单片机发送来的指令和数据,完成对 D/A 和 A/D 转换器的控制。双向缓冲器的功能是实现单片机与 FPGA 之间数据的双向传输。键盘用来设置 LD 的输出光功率、工作温度和最大限定电流值等参数。液晶显示器 LCD 可清晰直观地实时显示 LD 的输出光功率、驱动电流和温度的大小,以及用来显示各种参数的设置情况。报警电路主要由发光二极管、蜂鸣器等组成,当电路处于过流状态时,进行声光报警,提示操作人员及时进行管理。

从驱动电路采集的电流和光功率信号先由放大器进行信号放大,通过 A/D 转换后与数字式温度传感器采样得到的 LD 温度信号经 FPGA 存储在先进先出存储器 FIFO 中,当 FPGA 收到读数据指令时,将数据发送给单片机处理。FPGA 把由单片机处理后得到的电流、光功率和温度控制量送入 D/A 转换器进行数模转换,通过多路开关分别送入功率控制电路和温度控制电路,最终实现 LD 的输出光功率和温度的闭环控制^[4]。

4 光功率控制

激光器所输出光功率的大小和注入电流有关,

且恒流源的输出电流和输入电压成正比,故本驱动电源系统采用程序控制,根据光功率采样信号由单片机和 FPGA 处理后通过恒流源驱动得到稳定的光功率输出,其光功率控制程序流程图如图 4 所示。

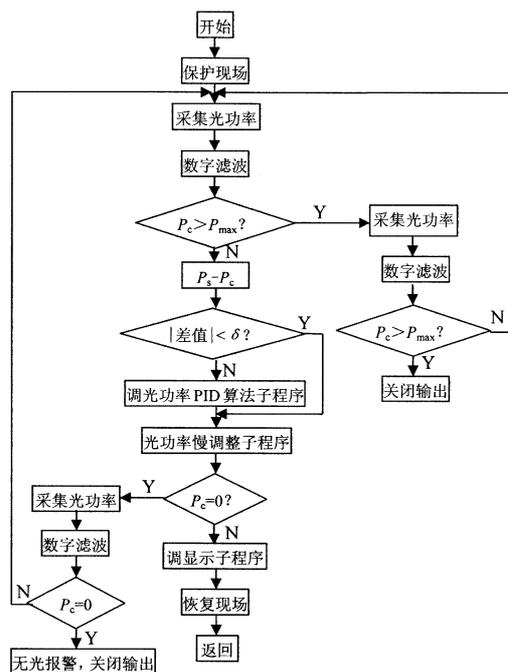


图 4 光功率控制程序流程图

程序先进行现场保护,然后对输出光功率进行采样,数字滤波后所得到的光功率采样值 P_c 与设定的光功率极限值 P_{max} 相比较,若 P_c 大于 P_{max} ,则系统进入光功率异常处理程序重新进行光功率的采样和数字滤波,如果 P_c 还是大于 P_{max} ,系统立刻关闭输出。当 P_c 小于 P_{max} 时,计算光功率设定值 P_s 和光功率采样值 P_c 的差,若差的绝对值大于预设光功率阈值 δ ,则先调用光功率 PID 算法子程序进行计算,再转入光功率慢调整子程序;若差的绝对值小于 δ ,则不需调用光功率 PID 算法子程序而直接进入光功率慢调整子程序^[5]。接下来检测 P_c 是否为零,若 P_c 等于零,重新进行数据的采样和滤波,如果 P_c 仍等于零,则说明激光器线路接触不良或处于开路状态,系统立刻关闭输出且进行无光报警;若 P_c 不等于零,则调显示子程序,最终实现光功率的稳定输出和 LCD 显示。

5 温度控制

温度变化能引起激光器输出波长的模式跳变,温度升高将加速 LD 的老化,缩短使用寿命。因此,需加入温度控制电路,使 LD 工作在合适的恒温状态下,保证 LD 工作的稳定性。目前,激光器的温度控制大多采用比例积分微分(PID)控制算法进行温度的闭环控制,取得了良好的温控效果。本设计亦采用 PID 算法来稳定 LD 的温度,其具体实现方法在文献[6]、[7]中已进行了深入研究,在此不再赘述。

6 结论

经实验测定,在室温 $0 \sim 40^\circ\text{C}$ 环境下,该系统可将 LD 工作温度变化控制在 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 以内,输出光功率的稳定度优于 0.3% 。总之,通过采用单片机和 FPGA 相结合,实现了 LD 输出光功率高稳定度的智能化控制。由于采用了越限计数的方法,不但实现了 LD 过流保护的有效控制,还消除了有害干扰电流的影响,确保了 LD 工作的连续性、可靠性。

参考文献:

- [1] 张书云,朱永涛,杜章永,等. 带有自适应过流保护的 LD 驱动电源的研制[J]. 应用激光,2007,27(6): 492-495.
- [2] 于敏丽,孟红秀,赵美枝. 基于单片机的半导体激光器数控电源控制系统[J]. 激光与红外,2008,38(6): 552-554.
- [3] 朴德慧,郭玉彬,王天枢. 大功率半导体激光器驱动电路及防护[J]. 激光与红外,2007,37(3):230-233.
- [4] 范贤光,孙和义,唐文彦,等. 基于 FPGA 技术的半导体激光器脉冲驱动电源的设计[J]. 激光杂志,2007,28(2):19-20.
- [5] 肖慧荣,邹文栋,伏燕军,等. 大功率半导体激光驱动电源的研制[J]. 激光杂志,2005,26(4):38-39.
- [6] 闫战强,梁勇. 一种小功率高稳定半导体激光器可调驱动电源[J]. 激光与红外,2007,37(11): 1178-1180.
- [7] 曾华林,江鹏飞,谢福增. 半导体激光器温度控制研究[J]. 激光与红外,2004,34(5):339-346.