

Design and Implementation of Multiple Driving High Power Supply for LDs

LU Wen, CUI Zhongyi, HUANG Hongbin, LIU Weiping

Department of Electronics Engineering, Jinan University, Guangzhou, China

Abstract: A kind of high-power LD driving system was designed and implemented. While used as pumping source, plenty of high-power LD was always required. However, in traditional tandem-driving system, these LDs, as its' poor tolerance for electrical surge and high temperature sensitivity, might be damaged simultaneously. So a novel "isolated driving" system was proposed, where quite amount of LDs were independently driven and protected in several isolated channels, using both hardware and software methods. Therefore, it was obvious that the power load for any channel is reduced, which lead to the enhancement of both LD's working stability and its' service life. At last, the driving system is demonstrated through the corresponding test results, which show that the driving current can be up to 10 A, with a high stability, whose fluctuation is less than 1% /h.

Keywords: index terms-high power; isolated driving; protection circuit

一种多路大功率 LD 驱动电源的设计与实现

芦文, 崔忠义, 黄红斌, 刘伟平

暨南大学信息科学技术学院电子工程系, 广州, 中国

摘 要: 设计并实现了一种用于同时驱动多路大功率 LD 的电路系统。高功率 LD 作为泵浦源时, 通常需要多个 LD 同时工作。考虑到 LD 对浪涌信号的耐受性较差并且具有明显的温度效应, 传统单路串联 LD 驱动电路在发生故障时, 可能导致几个 LD 同时损坏。本文采用了“隔离驱动”的设计思想, 从硬件和软件两方面着手, 独立地对每一个 LD 进行驱动和保护, LD 驱动通道之间相互隔离, 分散了传统单路驱动的功率负荷, 提高了 LD 工作的稳定性和安全性。测试证明, 多路 LD 同时工作时, 每路的驱动能力达到 10 A, 电流稳定性 < 1%/h。

关键词: 高功率; 隔离驱动; 保护电路

1 引言

半导体激光器(LD) 具有体积小、重量轻、稳定性好、驱动简单等特点。随着半导体激光器的技术日趋成熟, 目前已在通信、印刷、测控、医疗、集成光学等技术领域广泛应用。其中, 大功率 LD 已经被广泛应用于工业加工领域, 以及用作高功率光纤激光器或固体激光器的泵浦源。作为泵浦源使用时, 往往把若干个 LD 的光功率耦合起来, 以产生足够大的泵浦功率^[1]。LD 是恒流工作的器件, 由于其固有的物质结构, LD 对浪涌信号的耐受能力很差, 并且具有明显的温度效应。这就要求 LD 驱动电路有极好的电流稳定性、优良的温度控制系统和必要的安全防护措施^[2]。

为了提高 LD 电流稳定性, 电路上采用深度负反馈的设计方法, 同时在控制程序中采用了 PID 控制算法。为解决多个 LD 同步驱动的问题, 本文没

有采用传统的单路串联驱动方法, 而是采用了独立隔离控制的方法, 用并行的多路独立通道同时驱动 LD, 并由 MCU 统一控制。每一路都各自设置了专属的硬件保护电路。这种方法增加了系统的电路规模, 但是降低了系统设计的复杂性, 并且使系统易于升级和维护, 有效避免了传统驱动电路中一个 LD 损坏使整个输出瘫痪的问题。经测试证明, 系统多路同时输出 10A 电流时, 每路的实际运行稳定性 < 1%/h。

2 系统结构和工作原理

整个系统的控制核心为一款工作频率为 25MHz 的单片机, 它负责各通道的状态检测和输出控制, 以及用户接口。在 MCU 的总调度下, 各个驱动通道之间物理上互相独立, 互不影响。

MCU 控制下通道的驱动电路图如图 1 所示

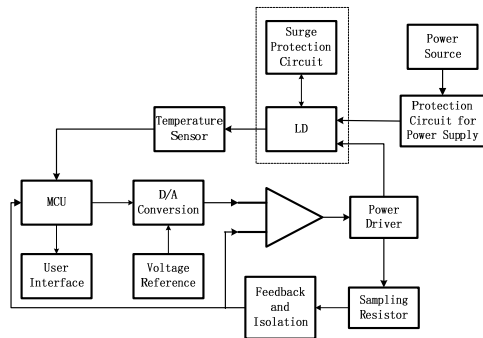


Figure 1. Driving structure diagram for one channel

单路驱动电路利用深度电流串联负反馈的原理向 LD 输出稳定的电流。MCU 读取外部用户输入，向 DA 芯片输入对应的数字控制电压，该电压经过采样电阻深度负反馈后变成恒定电流驱动 LD。为了提高 LD 的驱动电流，在运放输出端添加了功率放大电路以提高输出功率。采样电路同时也将输出反馈到 MCU，由 MCU 自带的 AD 转换模块读取。这样，整个电路就构成了模拟+数字的二级反馈，在软件上可以运用某种合适的算法最大程度地保证 LD 电流的稳定性^[3]。

3 主驱动电路的设计和控制流程

驱动电路的主要功能是根据用户的设定，以恒定的电流驱动 LD 工作。作为高功率光纤激光器的泵浦源，LD 必须要有大的发光功率，这取决于驱动电路的驱动电流。为了达到高稳定+大电流这两个设计目标，就必须分析主驱动电路的每个组成部分对整个系统工作性能的影响。

3.1 DA 转换精度和稳定性

LD 工作电流的大小取决于 DA 模块的输出；LD 工作电流的精度取决于 DA 模块的转换精度；在特定的输出电流时，DA 模块的稳定性影响输出电流的稳定性。本系统采用 12 位 DA 转换芯片，其电压基准为 2.5 V，由高精度电压基准芯片提供，最大电压漂移仅为 1 mV。从而使 DA 模块在最大工作电流状态下（10 A），理论转换精度<0.1%。

3.2 运算放大器

运算放大器是构成负反馈结构的核心器件，为了最大限度地为 LD 提供干净稳定的电流源，要求运放拥有较低的偏置电流和低噪声，本系统采用了一款仪表运放符合这些要求。

3.3 功率管的选择和驱动电源的匹配

功率管作为直接提供 LD 电流的驱动部件，要求其

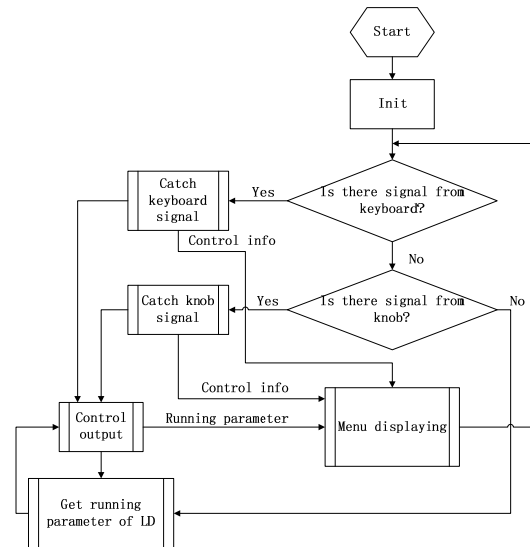


Figure 2. Software procedure

必须具有很高的耐压特性和高达数 10A 的最大漏极电流，并且要拥有较高的温度耐受性，因为 LD 工作电流为数 A 乃至数 10 A 时，功率管的发热是颇为可观的，这就要求系统整体设计时要谨慎地解决散热问题。除此之外，驱动电源的电压匹配也是至关重要的一点，驱动 LD 时最好让 MOS 管始终工作在饱和状态，即要求有 $V_{DS} > V_{GS} - V_{th}$ ，根据电路原理图可知， V_{DS} 受采样电压、LD 电压和总驱动电压的限制，故驱动电源的电压选择必须考虑 LD 的工作方式、最大采样电压以及串联到输出电路中的其它消耗电压。

3.4 取样电阻对电路的影响

LD 工作电流最终是由 DA 输出值和采样电阻值运算决定的。取样电阻阻值的精确度影响 LD 电流控制的精确度，也影响 LD 电流的稳定性。因为电路工作在大电流状态，工作温度对取样电阻阻值的影响也不容忽视。本系统选用 5 个大功率（10W）DALE 军规金属皮膜电阻并联组成取样电阻网络，具有低噪声、低误差、高耐压以及较小的温度系数等特性。

主驱动电路的硬件设计以 C8051F130 单片机为核心，负责人机交互、输出控制、运行状态检测等任务，具体的控制流程如图 2 所示。

初始化完毕后，MCU 依次读取按键输入信息和旋钮输入信息，根据输入信息控制外接 LCD 显示对应的菜单，包括 LD 开关、电流、温度、报警设置等信息。用户可以方便地设置报警电流、报警温度等信息，在检测到 LD 运行电流、温度超过设置值时，系统将通过 LED、蜂鸣器两种方式报警。并自动采用缓降的方法关闭 LD，防止电脉冲给 LD 带来损害。

5 采样滤波和 PID 控制算法

对于每一路 LD, MCU 除了需要对取样电阻的电压采样以计算当前的输出电流外,还需要对热敏电阻的端电压进行采样,以计算当前 LD 的工作温度。这两个软件控制过程是完全类似的。

由 MCU 自带的 AD 转换模块进行电压采样时,采用了简单的积分滤波算法,取连续 16 次的采样累加值的平均值作为当前的输出值。

在输出电流到达稳定状态后(指慢启动已经完毕),由于运放偏置电流、采样电阻精确性等的影响,用户设定的输出电流和实际测到的电流之间总会有一定的误差,为此采用数字 PID 控制算法,在实际系统运行中调试 PID 控制因子 K_p 、 K_i 和 K_d 的取值,使系统输出达到相对最稳定的状态。

对 LD 工作温度的控制与上述过程类似,也需要用 PID 控制算法计算当前输出至 TEC 的电流^[5]。

6 系统测试

为了测试分布驱动的通道电流稳定性,选取了其中 3 路通道,同时工作在 10 A 电流时,控制工作温度为 25℃,经过 1h 的不断电测量,每隔 2min 记录一次数据,结果如图 5 所示。

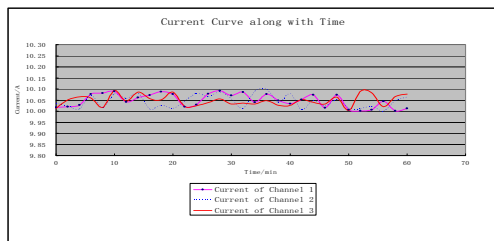


Figure 5. The working current curve of three channels

7 结论

针对高功率光纤激光器对泵浦源 LD 的要求,设

计了驱动系统,独立地解决每一路 LD 的电流驱动和过冲过热保护,从硬件和软件两方面着手,通过模拟驱动和数字控制的有效结合,本文描述的驱动电源实现了如下的功能:①输出电流 0-10 A 可调;②可根据需要同时分布驱动多路 LD,且各路 LD 的电流可同时达到 10 A;③软件上设计了慢启动的调节方式,硬件上针对每一通道设计了浪涌保护电路实现对 LD 的过压保护。同时采用 TEC 器件保持 LD 的恒温工作环境,提高了 LD 输出功率的稳定性并延长了 LD 的工作寿命;④每个通道的供电电源都使用相对独立的滤波电路耦合,增加了通道间的隔离度,较少了外部电源的尖峰信号对驱动电路的干扰。

经过专业测试部门测试,所有通道同时工作时,任一通道的工作稳定性 < 1%/h, LD 电流的控制精度为 0.01 A。

LD 工作在大电流时,功率 MOS 管和 TEC 器件均会散发大量的热量,如何设计整机的散热结构,使热量及时散发,是下一步值得深入研究的问题。

References (参考文献)

- [1] LIU De-Ming, YAN Chang-ling. "Key technologies and applications for high power fiber laser". *Infrared and Laser Engineering*, Vol.35, 2006. P105-P109.
- [2] FU Yan-jun, ZOU Wen-dong, XIAO Hui-rong, GAN Yue-hong. "Optic power control of LD drive circuit". *Infrared and Laser Engineering*, Vol.34 No.5, 2005. P626-P630.
- [3] FANG Jun-bin, LIU Wei-ping, LIN Sin-xiang, HUANG Hong-bin, CHEN Shun-er, CHEN Dong-ming. "SOC-based high-stability laser source driver". *STUDY ON OPTICAL COMMUNICATIONS*. Sum.NO.122, P64-P66.
- [4] LI Ruo-ming, LIU Sheng-chun, YU You-long, LIU Hao, and so on. "A driver circuit for LD". *JOURNAL OF NATURAL SCIENCE OF HEILONGJIANG UNIVERSITY*. Vol.24 NO.2. 2007. P203-P206.
- [5] LIN Sin-xiang, LIU Wei-ping, CHEN Shun-er, HUANG Hong-bin, LIU Min. "High stability digital temperature control for laser source". *LASER JOURNAL*. Vol.27. No.1. 2006, P71-P72.