

功率自适应 LD 开关电源的设计

陈瑞霞¹, 孟展¹, 白金柯¹, 毛海涛^{1,2}, 张锦龙¹

(1. 河南大学物理与电子学院, 河南 开封 475004; 2. 河南大学民生学院, 河南 开封 475004)

摘要:设计了一种基于开关电源的具有功率自适应功能的半导体激光器(LD)驱动电源,以单片机作为控制核心,结合外围硬件系统,利用PID算法,通过改变开关电源绝缘门极晶闸管(IGBT)的占空比实现了LD的恒流驱动和功率自适应调节。经实验证明,该驱动电路纹波系数低、效率高,光功率输出稳定度优于0.5%,可满足LD实际工作的需要。

关键词:半导体激光器;开关电源;功率自适应;PID算法

中图分类号:TN248.4

文献标识码:B

Design of LD switching power supply with power adaption

CHEN Rui-xia¹, MENG Zhan¹, BAI Jin-ke¹, MAO Hai-tao^{1,2}, ZHANG Jin-long¹

(1. School of Physics and Electronics, Henan University, Kaifeng 475004, China;

2. MinSheng College, Henan University, Kaifeng 475004, China)

Abstract: The design of a laser diode (LD) driver based on switching power supply with power adaption is introduced. The design uses the monolithic microcontroller as the control unit, together with external hardware circuits and PID algorithm. It can realize the constant current drive and power adaptive adjustment of the LD by adjusting the insulated gate bipolar transistor's (IGBT) duty cycle. The experiment results show that the developed driver has low ripple factor, high efficiency, and high stability. The laser power output is of a stability better than 0.5%, which meets the practical needs of the LD.

Key words: laser diode; switching power supply; power adaption; PID arithmetic

1 引言

半导体激光器(LD)以其体积小、价格低、高效、可靠性好、工作寿命长、单色可调等优良特性被越来越广泛地应用于国防、科研、医疗、加工等领域。但传统的LD驱动电源一般都是用线性稳压电源^[1-3],该种电源体积大、转换效率低、功耗大。针对上述缺点,本文设计了一种稳压范围宽的开关型LD驱动电源,利用单片机自动调节开关电源绝缘门极晶闸管(IGBT)的占空比,使电源输出稳定电压进而实现LD的恒流驱动,该电源还具有根据不同规格LD在一定范围内进行功率自适应调节功能。

2 系统结构原理

本文设计的半导体激光器驱动电源,以单片机作为控制核心,利用开关电源技术,采用闭环反馈系

统,通过控制IGBT的占空比来控制开关电源的工作,从而实现恒压控制、电流源驱动及保护和光功率控制等功能,系统结构如图1所示。

本设计采用ATMEL公司生产的ATmega16单片机为控制核心,该芯片包括16 K字节FLASH在线可编程的低功耗8位CMOS微控制器,数据处理速度可达8 MIPS,带有512字节的EEPROM、4路PWM通道、8通道10位A/D转换,无需扩展外部I/O资源,能够实现快速控制和满足精度要求^[4]。液晶显示器LCD用来实时显示LD的输出光功率、驱动电流和温度的大小。报警电路主要由发光二极

作者简介:陈瑞霞(1985-),女,在读硕士,主要从事激光电源的研究。E-mail: crx1129@126.com

收稿日期:2010-05-29

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。

市电首先通过输入电路的防电磁干扰电源滤波器(EMI)滤除电源的高次谐波并由桥式整流电路进行整流,再经功率变换电路、高频桥式整流、LC滤波得到恒定直流电压,最后由V/I转换电路实现对电流的控制^[5]。光功率及电流采样电路将采集到的LD的电流和光功率信号经放大器进行信号放大后

送入单片机内部进行A/D转换处理,从而得到PWM控制量并由单片机内部的PWM模块输出,以调节IGBT的占空比从而控制功率变换电路,最终实现LD的输出光功率的闭环控制。数字式温度传感器DS18B20采样得到LD的温度信号,直接以数字信号形式送入单片机处理,将得到的温度控制量经D/A转换后送入温度控制电路,最终实现LD的温度闭环控制^[6]。

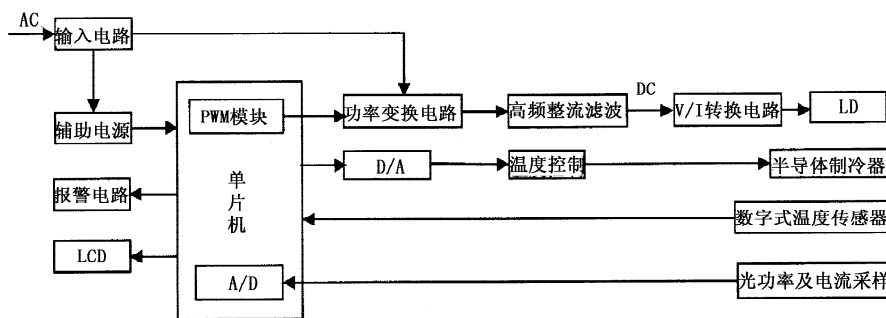


图1 系统原理框图

3 功率变换电路

开关电源的调节与稳压是通过调节变换电路功率开关管的占空比来实现的^[7]。本设计主要采用脉冲宽度调制(PWM)来对开关电源进行控制,保持开关频率不变,通过改变导通时间来改变占空比,从而达到改变输出电压的目的。本文采用双IGBT管组成半桥式功率变换电路,其主电路拓扑为图2所示。

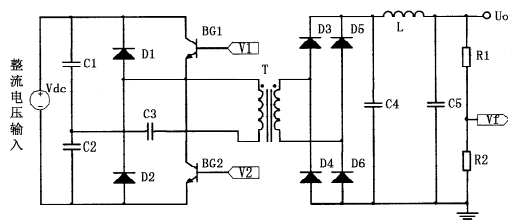


图2 功率变换主电路

在驱动电压的轮流开关作用下,功率变换器两个功率管IGBT交替导通和截止,它们在变压器原边产生高压开关脉冲,从而在副边线圈感应出交变的方波脉冲,再经全桥整流电路和LC π 型滤波器消除电路中的高频成分、电流冲击和减小电路的纹波系数从而得到需要的恒定直流电压。变压器初级在整个周期内都有电流流过,磁芯得到了充分利用。半桥电源的一个突出优点是它具有抗不平衡负载能力,而且通过耦合电容的自动修正可以避免磁饱和。该电路适用于本设计的可变频率应用场合。

4 软件设计

半导体激光器驱动电源的工作运行比较复杂,对于各种瞬变干扰通过适当的硬件电路能予以抑

制,但动作的时序控制,尤其是电流控制以及对温度变化而造成输出光功率起伏变化的控制,采用软件方法却能更加灵活、可靠、有效地实现^[8]。

4.1 软件设计流程

本文设计的电源是一个根据不同规格的LD自动调整输出功率的开关电源。打开开关电源,首先对程序进行初始化,进入调整子程序,根据不同规格的LD进行线性插值计算得出对应的输出调节频率,然后进入电源正常工作程序,主要以PWM调节法对开关电源进行粗调。主程序流程如图3所示。

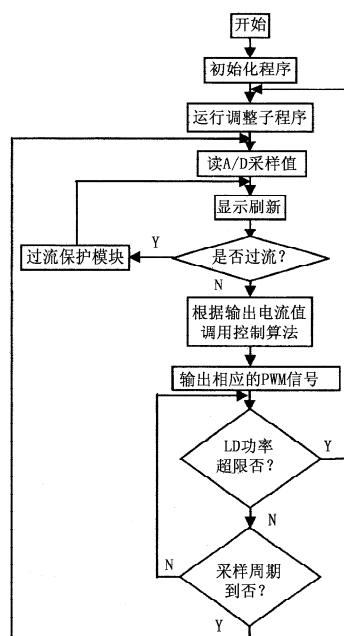


图3 主程序流程图

程序中的过流保护模块采用自适应过流保护流程,能针对不同规格 LD 的工作状态,实时自动调整过流保护值,确定处于过流状态即关闭输出,并发出过流告警信号,达到过流保护的目的。

本开关电源子程序被主程序调用,它的主要功能是对 LD 的输出电流和光功率进行判断,通过查询存储在 EEPROM 中的功率表获得该 LD 正常工作的功率范围。该表参数按折线式分布排列,可以满足不同规格的 LD 控制精度。其包括不同规格的 LD 的工作电流、输出光功率和对应的斜度效率。子程序流程图如图 4 所示。

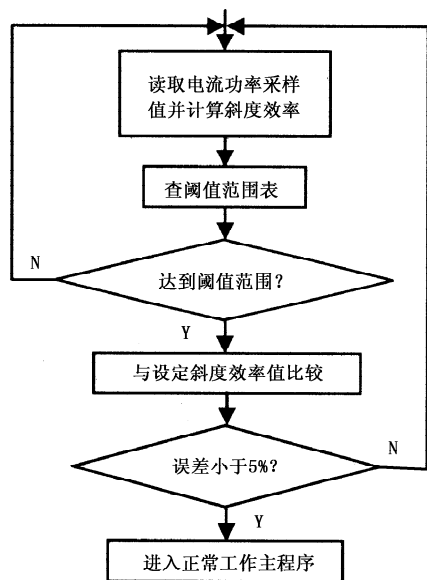


图4 子程序流程图

4.2 软件控制算法设计

开关电源系统通过对输出电压转换来的电流进行采样反馈,形成闭环控制。在半导体激光器电流控制中,主要选用合适的 PID 控制算法^[9]。

PID 控制的离散增量形式为:

$$\begin{aligned}\Delta u(k) &= u(k) - u(k-1) \\ &= K_p \Delta e(k) + K_I e(k) + K_D [\Delta e(k) - \Delta e(k-1)]\end{aligned}$$

式中, k 是采样序号; $u(k)$ 和 $e(k)$ 分别是第 k 次采样的输出控制量和采样值与设定值的偏差; K_p , K_I 和 K_D 分别是比例系数、积分系数和微分系数。

积分环节的目地主要是为了消除静差,提高控制精度。但在过程的启动、结束或大幅度增减设定时,短时间内系统输出有很大的偏差,会造成 PID 运算的积分积累,从而引起系统较大的超调,使激光器电流过大,损坏激光器;如果取消积分环节只进行 PD 控制,会使控制出现余差。本文采用积分分离 PID 控制算法,放大后的信号进入 PID 控制网络,当

被控量与设定值偏差较大时,取消积分作用,以免由于积分作用使系统稳定性降低,超调量增大;当被控量接近给定值时,引入积分控制,以便消除静差,提高控制精度。

积分分离控制算法可表示为:

$$u(k) = K_p e(k) + \partial T K_I \sum_{j=0}^k e(j) + \frac{K_D}{T} [e(k) - e(k-1)]$$

式中, T 为采样时间; ∂ 为积分项的开关系数。设定一个阈值 $\varepsilon > 0$, 有:

$$\partial = \begin{cases} 1 & |e(k)| < \varepsilon \\ 0 & |e(k)| \geq \varepsilon \end{cases}$$

对于开关电源输出电压转换而来的某一范围内的电流,它的频率是常值,可用恒频 PWM 调节。PWM 脉冲宽度高电平时间 T_{ON} 采用此算法进行控制调节,从而通过调节变换电路功率开关管的占空比实现开关电源的稳压,进而达到恒流的目的。

此外, LD 的温度软件控制亦采用此算法,大大提高了温控精度。

5 实验结果分析

本文设计的 LD 驱动电源可对额定功率在 5 mW ~ 1 W 范围内的 LD 进行自适应调节,实验选择该范围内的数十个不同规格的 LD,对其输出光功率每分钟采样一次,得到它们 24 h 连续工作情况。在此仅对其中功率为 50 mW 和 500 mW 的两组数据进行分析,如图 5 所示。

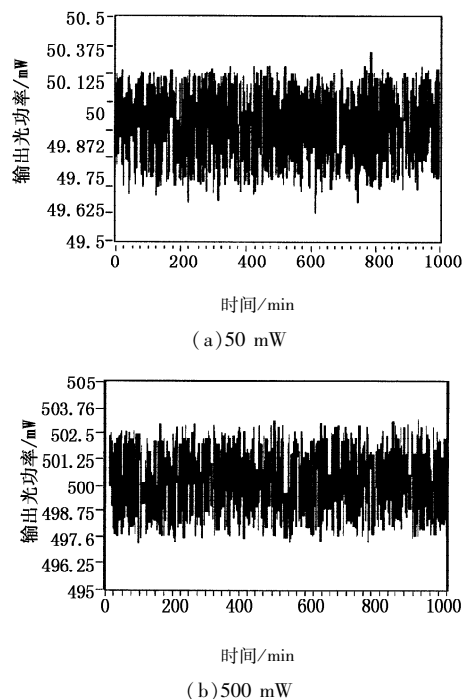


图5 输出光功率监测

从图 5 可以看出,不同规格 LD 的输出光功率

最大误差约为 0.5%。由此表明,该开关电源稳定可靠,自适应功率调节性能良好,可以保证 LD 的正常工作。

6 结 语

实验表明,本文介绍的开关型 LD 驱动电源设计方案,由于采用线性插值和 PID 控制算法,可以针对 5 mW ~ 1 W 范围内不同规格的 LD 自适应输出对应的工作电流,输出光功率稳定度优于 0.5%。该电源具有结构简单、体积小、转换效率高等优点,且输出光功率稳定性良好,能可靠地驱动 LD,具有广泛的应用前景,但其光功率稳定度有待进一步提高。

参考文献:

- [1] 王金定,刘宏林. 新型的半导体激光器保护电路[J]. 应用激光,2006,26(2):119-121.
- [2] 冯志辉,岳永坚,刘恩海,等. 基于 DE150 的高速大电流窄脉宽半导体激光电源[J]. 激光与红外,2009,39(5):489-492.
- [3] 王志鹏,张新英,赵曾伟,等. 具有防止过流误判断功能的 LD 驱动电源的设计[J]. 激光与红外,2009,39(8):865-867.
- [4] 杨兰英,韩震宇. 单片机 ATMEG16 的远程通信[J]. 中国测试技术,2004,(1):61-63.
- [5] 任青毅,曹科峰,刘云涛,等. 一种宽输出低纹波开关电源[J]. 高能量密度物理,2009,(1):24-26.
- [6] 徐广平,冯国旭,耿林. 基于单片机控制的高精度 TEC 温控[J]. 激光与红外,2009,39(3):254-256.
- [7] 周志敏,周纪海,纪爱华,等. 开关电源实用电路[M]. 北京:中国电力出版社,2005:223-228.
- [8] 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.
- [9] 黄立宏,李莉娅. 一种 PID 的温度控制系统设计[J]. 现代机械,2009,1:64-65.