

网络化半导体激光通信电流驱动自动控制

郭雯雯

(郑州财经学院 信息工程学院, 河南 郑州 450000)

摘 要: 针对传统的半导体激光器控制系统在进行网络化时, 一直存在控制精度低、偏离度大的问题, 提出并设计了一种新的网络化半导体激光通信自动控制系统, 该系统的硬件部分主要由数据显示电路、微处理器模块、信号转换电路、电源转换电路、存储模块电路、驱动单元电路构成, 其中通过引入了半导体激光通信驱动单元电路, 提高网络化半导体激光通信自动控制系统的控制精度, 给出了软件部分设计步骤及源代码, 并进行实验对比分析. 实验结果表明, 采用改进设计的半导体激光通信自动控制系统, 控制系统的稳定性及偏离度, 均优于传统的控制系统, 具有一定的优势.

关键词: 网络化; 半导体激光; 通信; 自动控制系统; 设计

中图分类号: TN24

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2017)08—0099—04

Automatic Control of Current Drive in Semiconductor Laser Communication

GUO Wen-wen

(College of Information Engineering, Zhengzhou Institute of Finance and Economics, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: According to the traditional semiconductor laser control system in the network, has low control precision, large deviation problem, proposed and designed an automatic control system for the new network of semiconductor laser communication, the hardware of the system includes data display circuit, microprocessor module, signal conversion circuit, power conversion circuit the memory module circuit and a driving circuit unit, through the introduction of the semiconductor laser drive circuit unit, improve the network of semiconductor laser communication control precision automatic control system, gives the design steps of software and source code, and compare the results. The experimental results show that the improved design of semiconductor laser communication automatic control system, control system stability and deviation, are better than the traditional control system, has certain advantages.

Key words: network; semiconductor laser; communication; automatic control system; design

1 引言

随着半导体物理学在半导体技术里迅速扩展, 半导体激光通信应运而生^[1]. 半导体激光通信的产生也增加了电子科技在众多区域的使用及数字集成方面运用, 不但容易操作, 其硬件设计及元器件电路的成本也大大降低^[2], 所具有的可靠度高、体积小、能耗小、重量轻、效率高等特点, 让其变成了现如今电子科技发展的重点, 被普遍使用在工业加工、精密

测量、通讯、信息处理、医学和军事等领域^[3-5]. 半导体激光通信使用区域的快速增大, 很多使用领域的普遍性激光通信, 已慢慢被半导体激光通信所代替, 也因其使用领域的增加^[6-7], 对半导体激光通信进行网络化自动控制成为了该领域亟待解决的问题, 受到广大学者的关注, 也出现了很多好的方法.

文献[8]根据半导体激光通信的工作原理, 采用两片 AVR 单片机 ATMEGA16 作为核心控制部件, 并结合触摸屏式人机控制界面和外部硬件电路,

实现半导体激光通信功率输出的稳定性,达到半导体激光通信自动控制的目的.该系统包括恒流源、光功率采样反馈、保护电路等部分,并对此系统进行实验分析,结果表明,此系统具有一定的控制性能,但是存在控制精度低的问题;文献[9]为了满足精密测量领域对半导体激光通信控制稳定性的要求,设计了一种高稳定度、低噪声的半导体激光通信控制系统,该系统主要由电流驱动和恒温控制两部分组成,电流驱动部分采用负反馈控制保持电流稳定,恒温控制部分采用高度集成的 MAX1978 作为主控芯片,进行恒温控制.但此系统存在控制效率低的问题.

针对上述问题的产生,提出并设计了一种新的网络化半导体激光通信自动控制系统,并进行实验对比分析.实验结果表明,采用改进设计的半导体激光通信自动控制系统的稳定性及偏离度,均优于传统的控制系统,具有一定的优势.

2 网络化半导体激光通信自动控制系统硬件设计

2.1 数据显示电路

数据显示电路采用 MAXIAM 公司生产的 MAX7219 串行式译码功能显示芯片,该显示芯片可驱动 8 位数码管或 64 位图例的 LED 显示器^[10],串行接口可与微处理器直接相连,节省了微处理的端口资源,数据显示电路模块图如图 1 所示.

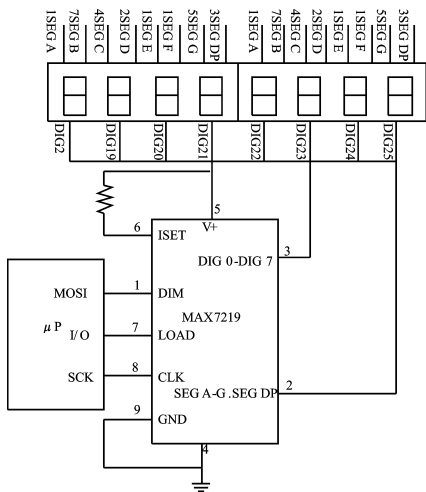


图 1 数据显示电路模块图

2.2 微处理器模块

采用 ST 公司生产的微处理器 STM32F103VE 型号芯片,由芯片名称可知,此芯片是以 ARM 为基础的常用增强型 32 位微控制器,在本系统中重点用

来对数据进行处理及调节,详细说明为:数字传感器把采集到的半导体激光通信实时讯息传递到 STM32F103VE,通过 STM32F103VE 的控制器处理获取相应的控制输出量,形成半导体驱动电路使用的 PWM 波讯号,同时在 LED 显示器上显示出实时数据. STM32F103VE 作为整个控制系统的重点模块,其使用高性能的 RISC 内核,最高工作频率达到 72 MHz,闪存程序高速存储器为 64 kB 字节及 512 kB、两条 APB 总线、丰富的 I/O 端口.微处理器模块图如 2 所示.

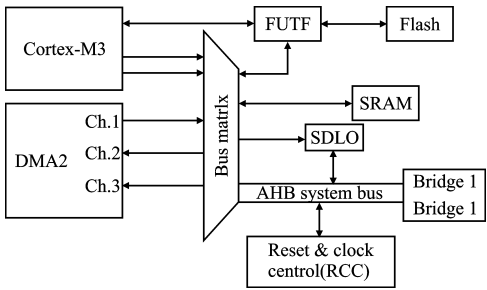


图 2 微处理器模块

2.3 信号转换电路

因控制系统的计算机只可辨别数字讯号,而控制的目标均是模拟量讯号,为让计算机能识别出模拟信号,提高控制精度,需将模拟量信号转换成数字信号来提供给计算机,方便计算机对数据的运算和处理.本系统采用的 A/D 转换单元是通过功率传感器将收集到的光功率信号进行转换,获取输出模拟量电压讯号,再经过 A/D 转变成 FPGA 能辨别的数字电压讯号.

A/D 转换模块电路电源是 ADS7822 芯片,在平时运行时,能供应 5 V 直流电压,ADS7822 的各个管脚连接数据传送接口,主要是对数据传输进行反馈,传输输出的电压信号数值. ADS7822 的管脚连接半导体激光输出功率、功率传感器.对反馈回来的数字电压信号,通过 FPGA 与设置的基准值输出电压控制信号参数值进行对比,若与输出的功率出现偏差,则将 FPGA 进行处理.如图 3 所示.

2.4 电源转换电路

本系统全部器件主要有 3 类供电电压,分别是: 3.3 V、1.5 V、5 V.除 FGPA 外,大部分为 5 V 供电. I/O 电压需 3.3 V 提供,其核心电压需 1.5 V,按图 4 所示,电压转变电路对 5 V 电压实行电压转变.此电路使用两样电压转变芯片:L1117-3.3 V 是把 5 V 转变成 3.3 V,SPX3819M5-L-1-2 是把 3.3 V 转变成 1.5 V.整体系统的供电电源互相独立,

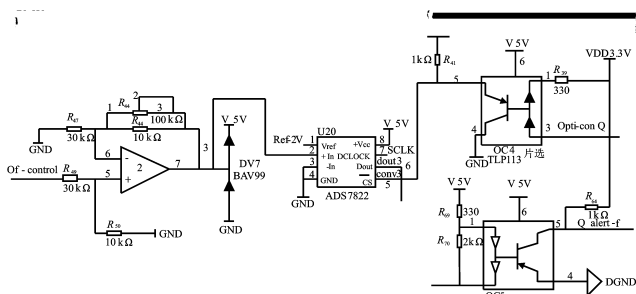


图 3 信号转换电路图

设计紧密, 电路输出电压及电流较平稳, 保障整体系统在一个稳定环境下运行。

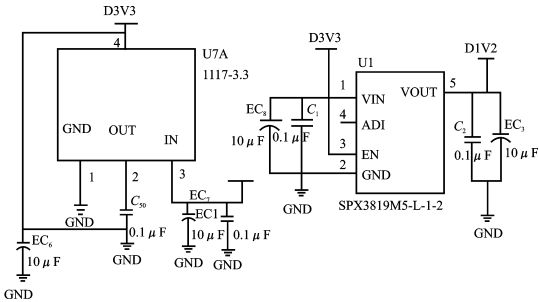


图 4 电源转换电路

2.5 半导体激光驱动单元电路

为了满足本设计中对电流控制稳定性的要求, 电流源设计里所使用器件要具备极致的噪声特性, 采用运算放大器 LT1028 设计压空电流源, 在微小输入情况下 LT1028 能维持极低噪声及无失真输出, 且电压噪声特性要优于电阻噪声特性, 电路设计如图 5 所示, 左端与 DAC1 模块相连不断与半导体激光电流正极引脚相连。

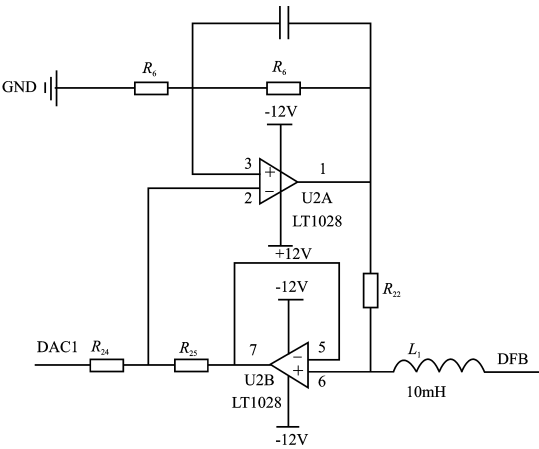


图 5 激光通信驱动单元电路

2.6 存储模块电路

存储模块使用 Winbond 发明的 W25X16 为核心, 其运行时的电压维持在 2.7~3.6 V 之间。储存

介质是 Flash Memory, 2MByte 的总容量, 被划分为 32 个区域, 75 MHz 的最大时钟频率, 150 Mb/s 的最大输送速度, 以 8 引脚 SOIC 进行封装, 其构造图如图 6 所示。

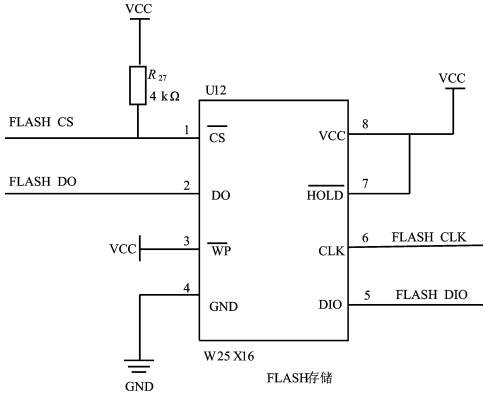


图 6 存储模块电路

根据图 6, 在片选引脚加上拉电阻, 以确定信号的稳定性。维持及写保护性能无用, 需连接 3.3 V 电源。引脚分别与 FPGA、LT1028 相接, 组成 4 线 SPI 形式接口, 经对应读写操作指令达到数据存储及读取的目的。

3 半导体激光通信控制系统软件设计

在进行导体激光通信控制系统设计时, 通过对半导体激光通信进行偏差判断, 确定传递函数, 获取半导体激光通信自动控制增量输出公式, 并以此为基础, 得到增量最终输出公式, 建立半导体激光通信的数学模型, 完成半导体激光通信控制系统的设计。

在实际运行时为防止在长时间运用导致半导体激光通信安全性能降低, 在使用控制系统前, 需进行偏差判断, 有:

$$u(k) = \begin{cases} u_{\max}, e(k) < -A \\ u_{\min}, e(k) > A \\ u(k-1), |e(k)| < \epsilon \end{cases} \quad (1)$$

式中, $u_{\max}$ 为控制器最大输出; $u_{\min}$ 为控制器最小输出; A 表示偏差界限; ϵ 表示任意小正实数。所以, 传递函数为

$$W_c(s) = \frac{b_ms^m + \dots + b_1s + b_0}{a_ns^n + \dots + a_1s + a_0} \quad (2)$$

式中, $a_0, a_1, \dots, a_n$ 和 $b_0, b_1, \dots, b_n$ 为与控制系统相关常数。网络化半导体激光通信自动控制增量输出公式为

$$\Delta u(k) = \lambda_p K_p [\Delta e(k)] + \lambda_i K_i e(k) + K_d [\Delta e(k) - \Delta e(k-1)] \quad (3)$$

式中, λ_p, λ_i 分别为半导体激光通信经过自动控制后的比例、积分调整系数. 为增加系统稳定性, 对输出增量实行限幅处理, 则增量最终输出公式为

$$\Delta u = \begin{cases} \Delta u, & |\Delta u| \leq A_0 \\ A_0, & \Delta u > A_0 \\ -A_0, & \Delta u < -A_0 \end{cases} \quad (4)$$

式中, A_0 为增量限幅值. 建立半导体激光通信的数学模型为

$$W_c(s) = \frac{K_c}{\tau_c s + 1} \quad (5)$$

式中, τ_c 为半导体激光通信的时间常数, 取决于传感器的特性, K 为比例系数.

在网络化半导体激光通信自动控制系统中, 半导体激光通信控制系统可表示为

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{K_i} \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (6)$$

式中, $u(t)$ 是调节器输出的信号; $e(t)$ 为偏差信号; K_p 为比例系数; K_i 为积分时间常数; K_d 为微分时间常数.

4 实验结果分析

为了验证设计的网络化半导体激光通信控制系统的有效性, 需进行实验对比分析, 实验步骤为: 换下实验室中控制器, 接上设计的半导体激光通信控制系统, 观察运行是否正常, 再通过手动调节, 观察激光通信运行是否有变化, 确定正常后, 开启工控机、风机, 设置激光通信工作频率, 按下输出按钮, 激光通信开始工作. 若激光通信长时间未工作, 需较长时间预热或者通过提高激光通信重频来使激光通信尽快达到最佳工作点.

4.1 通信自动控制系统稳定性实验

实验时, 激光通信工作频率设为 100 Hz, 采样周期为 0.5 s, 在 T_0 时刻, 提高激光通信工作频率至 500 Hz, 观察控制系统稳定效果. 图 7、8 所示为通信自动控制系统控制下相对较长时间内控制效果图.

由图 7、8 可知, 采用传统半导体激光通信控制系统时, 在 1~6 s 间出现了较大波动, 其稳定性较差; 采用改进设计的通信自动控制系统时, 其在 1~2 s 时出现了波动, 但很快趋于稳定, 稳定性较好, 主要是因为激光通信开启后, 温度会上升, 稳定性会达到相对稳定状态.

4.2 控制偏离度分析

由于控制系统要求的精度在 $\pm 2\%$, 所以达到稳

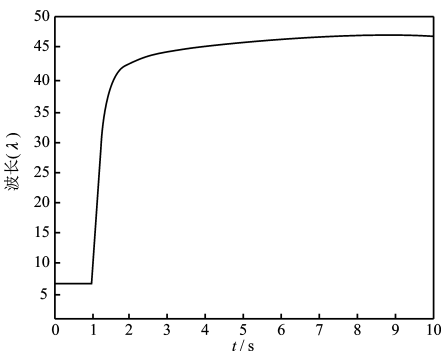


图 7 改进系统控制效果

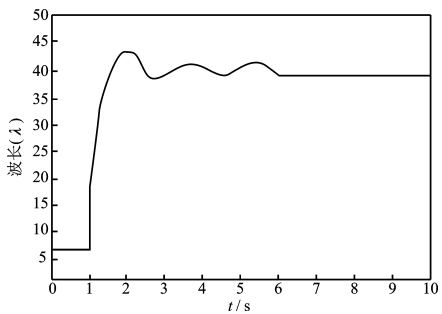


图 8 传统半导体激光通信控制系统控制效果图

定后, 其允许的误差可在 $\pm 2\%$ 以内. 以控制系统达到并维持在其稳态时允许的误差范围内所需的最短时间作为调节时间 t_s , 当达到稳态后, 计算其标准差 σ , 表达式为

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (T_{k+M} - \mu)^2} \quad (7)$$

式中, M 为调节时间 t_s 对应的采样周期数; N 为调节时间到实验结束时这段时间的采周期数; T_{k+M} 为 $k + M$ 时刻采样量; μ 为平均采样量. 控制系统控制半导体激光通信达到稳态后实测控制精度与设定控制数值偏离度 δ , 表达式为

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (T_{k+M} - T_{set})^2} \quad (8)$$

式中, T_{set} 为设定控制值.

由图 9 可知, 采用改进系统时, 虽然与标准值出现了偏离, 但其整体偏离情况, 相较传统控制系统的偏离程度较低, 相反传统控制系统在 20~35 s 中出现了多次大范围的偏离, 导致其整体偏离度较大. 这主要是由于在控制系统中添加了激光通信驱动单元模块的原因.

5 结束语

针对传统的半导体激光通信控制系统在进行网

定,长时间低输入电压的状态只有停车时才会出现,因此低监测频率的模式是可以接受的.

5 结束语

本文针对无电池 TPMS 系统对电源恢复电路的需求,沿着从系统到芯片的设计思路,完成了一种用于无电池胎压监测 SoC 的电源恢复电路的主体部分的设计,针对胎压监测系统的特征如输入电压的幅值变化较大、储能要求较大及电磁干扰、可靠性等做出了相应的调整,后仿真结果显示可以基本满足胎压监测的需求,将幅值 0.8 V 到 7.5 V 范围内的 125 kHz 交流电信号转化为 SoC 所需的 3 V 恒压电源,最大输出电流为 10 mA.

参考文献:

[1] 柴彬. TPMS 技术对汽车行车安全的影响[J]. 科技信息,2010,27(18):1001-9960.
[2] 涂志远. 汽车无电池胎压监测 SoC 关键 IP 核设计与实现[D]. 北京: 清华大学, 2015.
[3] Ma Dongsheng, Rajdeep Bondade. Reconfigurable Switched-Capacitor Power Converters [M]. USA;

Springer, 2012: 72-80.
[4] Toru Tanzawa. On-chip high-voltage generator design [M]. USA: Springer, 2012.
[5] Wang Yi, Wu Liji, Tu Zhiyuan, et al. A 125kHz low frequency power recovery circuit for battery-less TPMS SoC[C]// IEEE 11th International Conference on Application Specific Integrated Circuit (2015). IEEE,2015.
[6] Banba H, Shiga H, Miyaba T, et al. A CMOS bandgap reference Circuit with sub-1-V Operation[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 1999, 34(5):670-674.

作者简介:

赵裕章 男,(1991-),硕士研究生. 研究方向为无电池胎压监测系统与芯片.
乌力吉(通讯作者) 男,(1965-),博士,博士生导师. 研究方向为汽车电子与信息安全.
E-mail:lijiwu@tsinghua.edu.cn.
张向民 男,(1966-),硕士,助理研究员. 研究方向为汽车电子与信息安全.
吴行军 男,(1969-),硕士,副教授. 研究方向为汽车电子与信息安全.

(上接第 102 页)

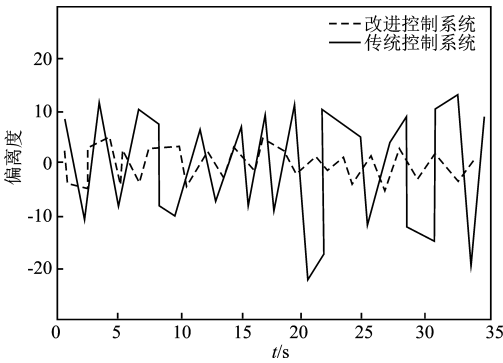


图 9 控制系统偏离度对比分析

络化时,一直存在控制精度低、偏离度大的问题,提出并设计了一种新的网络化半导体激光通信自动控制系统,并进行了实验对比分析.实验结果标明,采用采用改进设计的半导体激光通信自动控制系统,控制系统的稳定性及偏离度,均有优于传统的控制系统,具有一定优势.

参考文献:

[1] 王立军,宁永强,秦莉,等. 大功率半导体激光通信研究进展[J]. 发光学报,2015,36(1):1-19.
[2] 张胤,王青. 自动稳频半导体激光通信研究[J]. 中国激

光,2014,41(6):12-16.
[3] 李江澜,石云波,赵鹏飞,等. TEC 的高精度半导体激光通信温控设计[J]. 红外与激光工程,2014,43(6):1745-1749.
[4] 高平东,张法全. 高精度半导体激光通信温控系统的设计与实现[J]. 激光技术,2014,38(2):270-273.
[5] 汪岳峰,雷呈强,殷智勇,等. 半导体激光通信堆栈填充因子对慢轴光束准直的影响[J]. 强激光与粒子束,2015,27(5):50-55.
[6] 陈彦超,冯永革,张献兵. 用于半导体激光通信的大电流纳秒级窄脉冲驱动电路[J]. 光学精密工程,2014,22(11):3145-3151.
[7] 宋琪,李娜,朱岩. 星载固态存储器数据管理结构的设计[J]. 电子设计工程,2016,24(6):100-103.
[8] 李铁军,宓现强. 一种半导体激光通信自动控制系统的的设计[J]. 应用激光,2012,32(5):424-428.
[9] 曹延昌,熊继军,侯庆志. 可调谐半导体激光通信的精密控制系统设计[J]. 激光技术,2015,45(3):316-319.
[10] 李秀山,宁永强,贾鹏,等. 浅面浮雕矩形台面垂直腔面发射半导体激光通信[J]. 中国激光,2014,41(12):22-27.

作者简介:

郭雯雯 女,(1984-),讲师. 研究方向为软件开发.
E-mail:Guowenwen4698@163.com.