

文章编号: 1001-3806(2004)03-0225-03

利用 51 单片机实现对激光器电流的精度控制

刘 睿

(吉林大学 电子科学与工程学院, 长春 130023)

摘要: 讨论了一种大功率半导体激光控制器的设计方案,能够对激光器提供一个稳定的受控电流,并能实时监视、控制激光器的温度,以达到保护激光器的目的。主控器采用 MCS-51 单片机来实现对整个系统的精确控制,对电流的监控达到毫安级,温度可达 0.1℃。激光二极管热电制冷器驱动电路采用高效、大功率 H 桥驱动集成块 DRV592。与当前普遍采用分立元件设计相比,简化了 80% 的设计。

关键词: 激光控制器;单片机;热电制冷器;H 桥;DRV592

中图分类号: TN206;TP29 **文献标识码:** A

High-accuracy current and temperature control for laser diode using MCS-51 microcontroller

LIU Rui

(College of Electronics and Engineering, Jilin University, Changchun 130023, China)

Abstract: A laser controller consisting of MCS-51 microcontroller and Texas Instruments DRV592 power driver is presented. The DRV592 is a high-efficiency, high-current H-bridge ideal for driving a wide variety of the thermoelectric cooler (TEC) elements in systems powered from 2.8V to 5.5V. The MCS-51 microcontroller implements a digital proportional-integral-derivative feedback controller using an analog-to-digital converter to read the thermistor, and direct output of pulse-width modulated waveforms to the H-bridge DRV592 power amplifier. The laser controller can achieve $\pm 0.1^\circ\text{C}$ temperature and milliamperage accuracy, which is internally protected against thermal and current overloads.

Key words: laser controller; microcontroller; thermoelectric cooler; H-bridge; DRV592

引 言

近年来,随着光电技术的迅猛发展,激光器已广泛应用于医疗、国防、测量等各个领域。而环境温度变化会直接影响激光器的波长。把关键元件(如高性能晶振、SAW 滤波器、光放大器、激光二极管)的本机温度限制在窄范围内,可以提高电子系统的精度。一般需要将温度控制在 0.1℃内,激光器的工作精度才能很好地保持在 0.1nm 内^[1]。文中的设计方案能为大功率半导体激光器提供有效支持,最大电流可达 2.5A。

1 半导体激光控制器的设计

激光控制器由受控恒流源、温度监视及控制电路、主控制器及显示器构成。整体结构原理见图 1。

作者简介:刘睿(1982-),男,学士,主要研究方向为计算机接口技术、SOC 系统集成芯片、微电路控制及应用。

E-mail: liurui@mail.jlu.edu.cn

收稿日期:2003-07-24;收到修改稿日期:2003-12-02

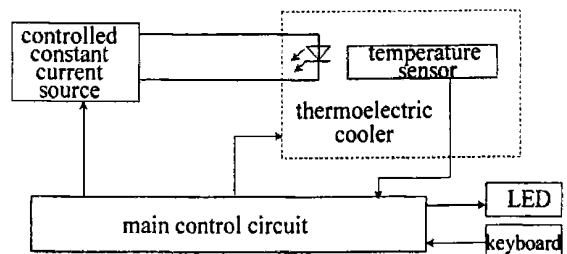


Fig. 1 Laser controller functional block diagram

1.1 受控恒流源

为了使激光器输出稳定的激光,对流过激光器的电流要求非常严格,供电电路必须是低噪声的稳定的恒流源。恒流源可以从 0A~2.5A 之间连续可调,以适应不同规格的半导体激光器。该恒流源是以大功率的 MOS 管为核心,激光器作为负载与之串联,通过控制 MOS 管的栅极,来实现对激光器电流的控制。但 MOS 管是非线性器件,难以直接控制,因此必须将其转化为线性控制。

如图 2 所示,在 MOS 管串联一个 0.1Ω 的电阻,用于采样反馈,MOS 管的电流变化范围是 0A~2.5A,输入控制信号的电压范围是 0V~5V,将采样

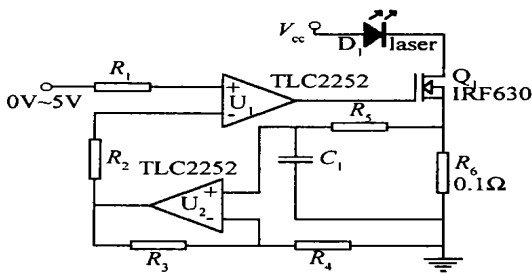


Fig. 2 Controlled constant current source circuit

电阻的电压放大 20 倍正好与输入电压匹配。这样控制电压 0V~5V 与电流 0A~2.5A 之间建立起线性的对应关系。但由于整个反馈是开环系统,十分容易产生自激,因此在采样电阻连一个 1μF 的电容,破坏自激产生条件、消除自激,并且应采用稳定的电源以减小电压波动。

1.2 温度检测及控制电路

由于温度对激光的品质有很大影响,在电流恒定的情况下,温度每升高 1℃,激光波长将增加大约 0.1nm,而且温度过高将导致激光器老化甚至损坏。并且激光器是一个电灵敏度高、成本昂贵的器件,因此控制器必须提供监控、限制和过载保护的能力^[2]。包括:自启动和过流保护、热电制冷器(thermoelectric cooler, TEC)电压、电流和温度的感测。异常工作电路停机以避免激光器元件损坏。值得注意的是:环境温度的变化对激光器的影响,要求控制器具备制冷和制热的能力。通常为使元件温度保持稳定是将把元件封闭在固定温度的恒温槽内。为了提供某种调整容限,其所选温度应高于所有条件下的环境温度。这种方法曾被广泛采用,特别是用在超稳时钟的设计中(如恒温槽控制的晶振)。但高温应用此方法有如下缺点^[3]:性能(如噪声因数,速度和寿命)有所降低;环境温度处于中间范围时调整器消耗加热的功率,在环境温度处于低端时需要两倍大的功率;达到稳定温度所需的时间可能相当长。

目前采用半导体 TEC 来实现,因为它可选择调整温度值处在工作温度范围的中间。TEC 可作为热泵或做为热源,这取决于电流方向。某些系统(如冰箱和大功率处理器冷却)只用 TEC 的冷却特性。另一些应用(如晶振和 SAW 滤波器)利用热流两个模式。并且该控制器是真正双向的,使温度从冷端到热端之间没有死区。TEC 的驱动电路通常采用“H”桥式,由两个互补的达林顿管或 MOS 管构成。对 H 桥的驱动宜采用开关式驱动方式,开关式驱动方式功耗小、效率高。对于开关式驱动方式可以使

用 LTC1923 等专用芯片驱动。其原理如图 3 所示。

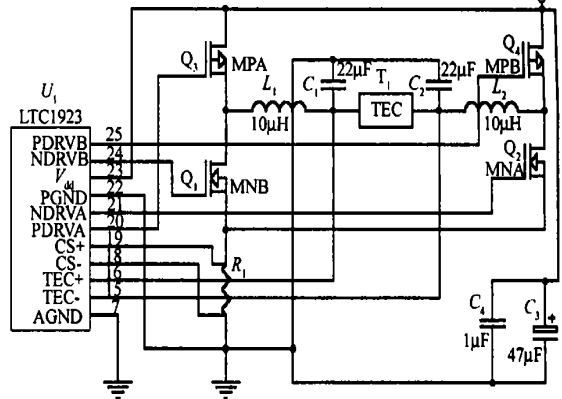


Fig. 3 TEC power driver circuit

DRV592 是 TI(Texas Instruments) 公司出品的高效、大功率 H 桥电源驱动集成块^[4],输出电压范围从 2.8V 到 5.5V,最大输出电流为 3A。DRV592 需要外部 PWM 触发(兼容 TTL 逻辑电平),内置过流、欠压和过热(130℃)保护和电平指示。业界最小封装(9mm×9mm 32 脚 PowerPAD™ 扁平封装模式),具有 -40℃到 85℃工业用温度范围标准。值得一提的是该芯片集成了 4 个大功率 MOSFET 和过载保护电路,与采用分立元件设计(见图 3)相比,简化 80%的设计。并且只需添加几个外部元件就能容易地构成精确的温度控制环路用以稳定激光二极管系统。基于 DRV592 的半导体 TEC 的电源驱动电路见图 4。和图 3 相比,可以看到基于 DRV592 的 TEC 电源驱动电路设计大大简化,并且 DRV592 还有内置过流、欠压和过热(130℃)保护电平指示。引脚功能见表 1。

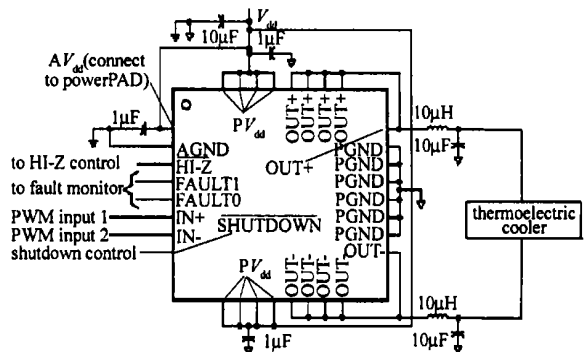


Fig. 4 Typical TEC power driver circuit using DRV592

Table 1 DRV592 fault indicators

fault 1	fault 0	description
0	0	overcurrent
0	1	undervoltage ($\leq 2.8V$)
1	0	overtemperature ($\geq 130^\circ C$)
1	1	normal

由于大电流开关电路会产生很大的噪声干扰,

为减少干扰,可适当增大开关管的转换时间来降低高频开关噪声。虽然这会使开关效率降低一些,不过用这个代价换来噪声的大幅度改善还是值得的。另外由于 TEC 具有热惯性,改变状态会有一些的延迟,会给系统引起振荡。为了消除振荡,可在放大器两端并联积分电路,增加延时,消除振荡产生。要注意的是稳定的温度是由热敏电阻的反馈来决定的,因此要将 TEC 与热敏电阻封装在一个模块中,使它们紧密耦合。

温度探测器的精度直接影响温度控制的效果。温度探测电路部分与恒流源类似,采用 NTC(负温度系数)的热敏电阻作为温度探测器。其中用陶瓷粉工艺制作的 NTC 元件对温度的微小变化有最大的电阻变化。特别是某些陶瓷 NTC 在其寿命内(经适当老化)具有 0.05 °C 稳定度。并且与其它温度传感相比,陶瓷 NTC 的尺寸特别小。然后将热敏电阻串联入一恒流源,对热敏电阻两端电压采样,将温度转换为电信号。原理如图 5 所示。

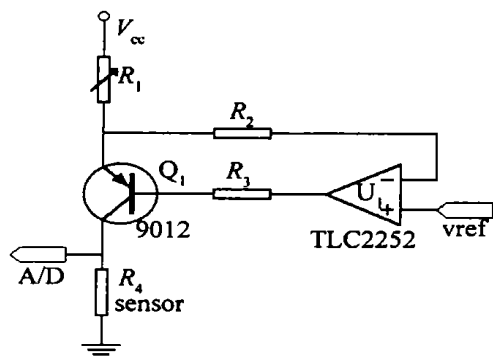


Fig. 5 Temperature detector circuit

温度探测电路中采用的是 TI 公司出品的 CMOS 单电源,低功耗双运算放大器 TLC2252^[5]。TLC225x 系列具有高输入阻抗、低功耗、低噪音等优点,适用于手持移动设备。在 1kHz 的噪音仅为 19nV,是同类产品的 1/4。

1.3 主控制及显示部分

该控制器是以 AT89C51 单片机为核心构成的,它直接控制激光器的驱动电流、温度,并且能够将系统当前温度、电流大小,预设电流和预设温度直观准确的反映出来,而且对仪器操作也更加方便,精确。整个单片机控制部分流程如图 6 所示,程序流程图如图 7 所示。

恒流源的控制电压为 0V~5V,如输入端由 8 位 D/A 控制,分辨度为 $2.5A \times 1/2e8 = 0.01A$,若采用 12 位 D/A,则可精确到毫安级。热敏电阻阻值与温

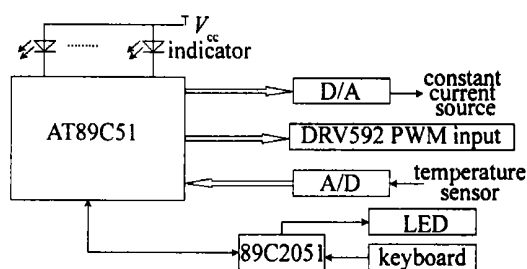


Fig. 6 MCS-51 microcontroller flow chart

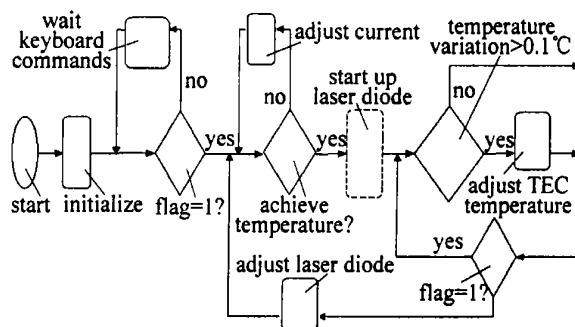


Fig. 7 Program flow chart

度呈非线性关系,大致为 e 指数形式,因此在高温部分,对温度的分辨力会降低,所以 A/D 转换器应在 12 位以上才能有较好的效果。并且在单片机的 ROM 中组织一张热敏电阻温度与电压关系表,通过查表的方法来实现对热敏电阻采样后进行温度换算和对 H 桥温度控制。

此外,像 D/A, A/D 这些器件有些需要使用 -5V 电压作参考。可以用 555 芯片作方波脉冲发生器,滤掉其直流成分,在用二极管将正向电压短路,留下的负电压经平滑处理后得到 -5V 电压。

2 总结

作者设计的激光控制器具有适应性强,输出电流范围大,温度控制精度高,操作简单直观等优点,是一种比较可行的激光控制器方案。

参 考 文 献

- [1] WILLIAMS J. Thermal techniques in measurement and control circuitry [EB/OL]. <http://www.linear.com.cn/pdf/an5.pdf>, 1984-12-08/2003-07-10.
- [2] WILLIAMS J. 光纤激光器用于 TEC 温度控制器 [J]. 电子产品世界, 2001, B12: 38~40.
- [3] RAHBAN T. 稳定度 0.1 °C 的 PWM 温度控制器 [J]. 电子产品世界, 2003, A2: 34~37.
- [4] Texas Instruments Incorporated. DRV592 Data sheet SLOS390A [EB/OL]. <http://focus.ti.com/lit/ds/slos390a/slos390a.pdf>, 2002-05-08/2003-07-10.
- [5] Texas Instruments Incorporated. TLC225x Data sheet SLOS176D [EB/OL]. <http://focus.ti.com/lit/ds/slos176d/slos176d.pdf>, 2001-03-08/2003-07-10.