

基于 DSP 控制的新型 半导体脉冲激光电源设计

Design of a New Diode Laser Pulse Power Supply Based on DSP

武汉大学电子信息学院 (武汉 430079) 陈华炜 吴翔 邓德祥

摘要:介绍了一种基于 DSP 控制的半导体脉冲激光电源,主电源电路采用半桥逆变的电压反馈式谐振变换电路,控制和保护电路以 TI 公司的 TMS320F2812 数字信号处理器为核心,外加外围驱动电路和硬件保护电路,DSP 准确程控电源输出信号的频率、脉宽、脉冲电流幅度和电压大小。

Abstract: This thesis introduces a design of a new diode laser pulse power supply. A voltage feedback and half bridge convert resonance transform circuit is used in the main power circuit. The new digital signal processor of TI, TMS320F2812, which is the core part of the power source, some peripherals, and the hardware protection circuit make up the control and protection part. The DSP can exactly control the frequency, pulse width, the amplitude of the current and the voltage of the output.

关键词: DSP 脉冲激光电源 半导体激光器 TMS320F2812 MOSFET

Key words: DSP Pulse laser power Diode laser TMS320F2812 MOSFET

自第一台激光器诞生以来,短短几十年,激光技术迅速发展。特别是半导体激光器(LD)已广泛用于科研、工农业、军事及医疗等许多领域。激光器电源是激光装置的重要组成部分,其性能的好坏直接影响到整个激光装置的技术指标,激光器电源是随着激光器的发展不断完善的。最初的固体激光器电源采用直流线性电源和 RC 充电电路,这种电源充电效率不高。为减小电源的体积和重量并提高充电精度,开关电源技术引入到激光电源中,它具有低功耗、高速度、高可靠性等优点,被广泛采用到大功率激光电源中。同时计算机技术和数字信号处理器也进入激光电源中,用微处理器和 DSP 控制的智能型数字电源也相继出现。本文讨论的半导体激光器(LD)电源是基于 DSP 控制的开关型半导体二

极管脉冲激光电源。

1 系统总体结构

激光二极管工作电压低,使用储能电容,使得电源结构小巧紧凑。对半导体脉冲激光电源的基本要求是,其在低电阻负载上应该能产生快速大电流脉冲,是一种大电流开关电源电路。又由于半导体激光器两端的电压是由 PN 结、串联电阻压降、开关管电压降组成,所以电源除了能提供足够大的电流脉冲外,还应给出匹配的脉冲电压。

激光二极管阵列驱动器电源是一种低压开关网络,它为激光二极管阵列提供恒定大电流脉冲信号。根据激光二极管阵列的要求,允许以快速功率 MOS-FET 作为开关元件。开关电源通过储能电容器充电,

储能电容通过 MOSFET 和电阻 R 向激光二极管阵列放电，电路结构如图 1 所示。

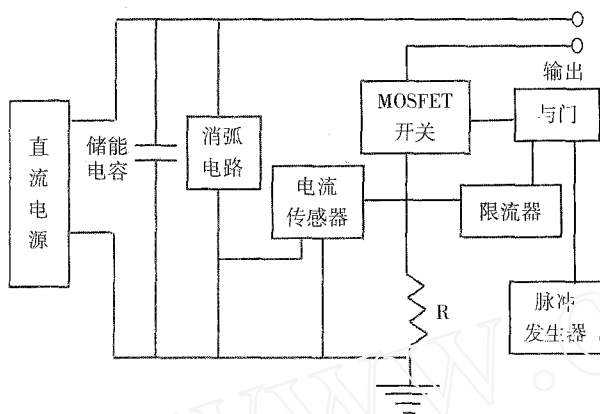


图 1 电源示意图

直流电源是将工频交流电信号转换为稳定可调的直流电压信号，可调直流电源由电网滤波逆变电路、工频整流滤波逆变电路和高频整流滤波电路、放电回路、软启动电路等部分组成。采用半桥式 T 形谐振逆变电路，幅值稳压电路采用反馈比较关断型幅值充电式稳压电路。

为了避免直流电源输出脉冲时出现浪涌，将能量存储在储能电容器中，选用大容量储能电容以获得较高的输出效率。电阻 R 为阻值很小的取样电阻，MOSFET 开关由多个 MOSFET 并联以降低导通电阻和提高输出电流。MOSFET 的作用是通过控制栅极电压的幅度和频率以及脉冲宽度来控制通过激光二极管电流的幅度、频率和脉冲宽度。下面具体讨论 DSP 在电源中的核心作用。

2 DSP 控制电路

电路以数字信号处理器 TMS320F2812 为核心构成。TMS320C2000 系列 DSP 是美国 TI 公司推出的低价格高性能的 16 位定点 DSP，是专为控制应用系统而设计的。C28X™ 是该系列的最新产品，它有 150MIPS 的处理能力，主要由 CPU、存储器和片上外设 3 大部分组成。CPU 含有 32 位的算术逻辑单元 CALU 和 32 位累加器，一个 32×32 位的并行乘法器和 3 个定标器，因而有 64 位的数据处理能力，擅长复杂数学运算，由于其执行效率高，因而控制系统中不需外加其它辅助微处理器，适合用在本文要求的电源控

制系统中。

它可在一个指令周期内完成取指、读数和写数。采用标准外部连接总线，内置 128k×16 位 FLASH，2k×16 位双端口数据/程序 RAM，4k 字的引导 ROM 支持硬件等待状态，一个 12bit 的 16 通道高速 A/D 转换器。TMS320F2812 内含 3 个 32 位 CPU 定时计数器，两个事件管理器，12 个 PWM 输出口。该电源由直流电源、控制和保护电路和主回路等几部分组成，DSP 在其中起到核心的控制作用。

2.1 电源中 DSP 故障保护功能

半导体二极管脉冲激光电源要求有严格的故障保护机制以使昂贵的激光二极管阵列免受损伤。故障保护是整个电源的核心部分，由过电流保护、过脉宽保护、过压保护、欠压保护、过温保护以及消弧等组成。TMS320F2812 的通用 I/O 口线不断检测系统的故障检测信号，使激光二极管免受罕见的破坏性故障的影响。当输出电流过大时，DSP 检测到过流信号使 MOSFET 输出最大设定电流；当输出电压过大时，DSP 检测到分配在 MOS 管上的多余电压产生的过流信号使 MOSFET 断开，避免 MOS 管功率过大损坏；当输出脉冲宽度过大时，DSP 检测到过脉宽信号，使最大脉宽信号控制电子开关，使得 MOSFET 的栅极脉冲信号在承受的脉宽范围之内；当 MOS 管工作期间不能完全导通时，即 MOSFET 两端电压过低时，DSP 检测到欠压故障信号立即使 MOSFET 断开，直流电源停止工作；DSP 检测到过温信号表明工作时间过长或散热不好，也停止电源内部正常工作，停止输出；消弧电路由与负载并联的 RC 吸收电路组成，该电路避免外界电磁场干扰产生过脉冲烧坏激光二极管阵列。

2.2 DSP 的控制功能

DSP 的接口电路如图 2 所示。其控制任务主要为：
 (1) 控制冲放电电路。利用事件管理器 A 中的一个通用定时计数器 1 产生频率为 40kHz 的 PWM 方波，产生一对相位相差 180° 的 PWM 信号控制半桥逆变电路逆变，产生一个频率为 20kHz 的方波信号作为放电脉冲信号控制 VMOS 管栅极对储能电容器放电。

(2) 输出频率和脉宽、幅度可变的脉冲信号。利用 TMS320F2812 的两个 32 位计数器 0 和 1 的中断, 对 I/O 口置位和复位来产生输出脉冲频率和脉宽; 控制电子开关 CD4066 的某一模拟通道通断, 得到脉冲信号控制 MOSFET 的通断; 在电源脉冲输出期间, DSP 的 A/D 转换器不断采样电流信号, 通过 PID 算法不断调整 D/A 的脉冲幅度; 设定输出值, 可调整 MOSFET 的栅极脉冲电压, 稳定输出电流。

(3) 采用一片 DAC7625 芯片与 DSP 接口。该芯片为 4 通道 12 位双缓冲的 DAC 芯片, 用其中的 3 路通道设定输出电压基准、电流最大值限制基准、脉冲幅度值。

(4) 人机接口电路。LCD 和 8279 分别作为外部 I/O 设备与 DSP 相连。LCD 用来显示电流、电压、频率、脉冲宽度和电流限制值, 以及故障指示和报警。

(5) 故障检测。故障产生器的中断信号输入到 DSP 的 XINT1 脚, 如果有下降沿的中断产生, 则通过 GPIO 口线 GPIOF8 到 GPIOF11 等 4 个 I/O 口线, 分别检测过压、过流、欠压、过载信号。

(6) 采样电流信号。采样电阻上的电压信号与主回路的电流幅度成线性关系, 检测到的电流信号, 由 DSP 的 A/D 采样送 LCD 实时显示。

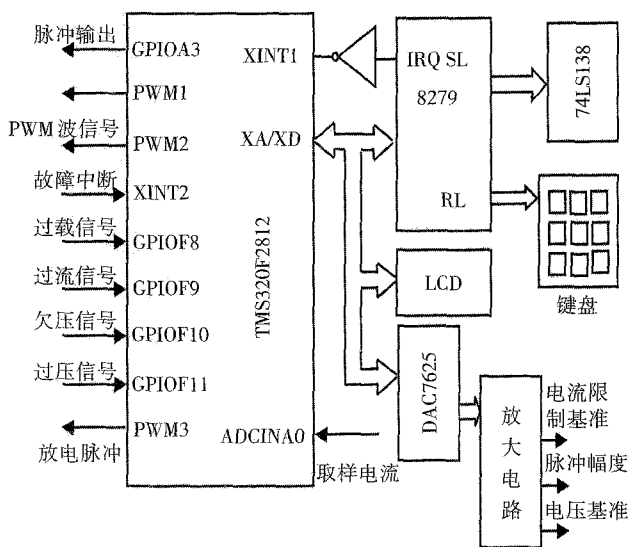


图 2 DSP 外围电路示意图

3 系统软件设计

电源的工作过程如下: 通电后, DSP 初始化, 出

现开机画面, 电源设定输出基准电压、输出基准电流限制幅值、脉冲幅度、频率, 脉宽初始值。然后由 LCD 显示频率、脉宽、电流估计值、电流限制幅度和输出电压, 显示频率处于选中状态。

当按下工作按键时, 工作标志位置 1, DSP 对储能电容放电。接着 PWM 信号有效, 直流电源开始工作对储能电容器充电, 工作指示灯闪烁延时一段时间保证储能电容器充电完毕。DSP 返回主程序。主程序开定时器 0 和 1, 调用脉冲发生程序时, 对工作标志判断, 这时正式进入脉冲发生阶段。对定时器 0 和 1 置初始值, 关断 PWM 波, 开脉冲, 判断过流, 过压、欠压、过载信号。如果有故障则迅速关断脉冲信号, 关断直流稳压电源, 同时开故障指示灯, 返回脉冲发生程序起始位置。如无故障则不断对电流信号进行采样, 对输出电流进行 PID 控制, 对 D/A 输出的脉冲幅度值进行调整, 直到定时器 0 溢出中断后才结束, 然后开直流电源, 关脉冲, 等待定时器 1 溢出, 回到下一次循环。

当任何时候发生故障中断, 则马上置 GPIOA3 无效和停止 PWM 输出。当停止按键按下时, 迅速关脉冲、关电源、关工作指示灯、关故障指示。在电源工作期间, 如果有其它按键按下, 则执行按键中断服务程序后, 对一切设定量重新刷新, 再开始新的工作流程。程序流程如图 3 所示。

4 实验结果

在室温条件下, 由于 LD 的价格昂贵, 首先加假性负载 (如电炉丝), 电源开机后, 先检查电源的保护机制。先使负载断开, 输出电压为 10~20V, 按工作按钮, 当 LCD 显示屏出现欠压/断路指示报警电源并停止工作时, 说明欠压保护正常; 使负载短路, 看过压保护是否正常; 接通负载设定限制电流幅度, 使输出电流大于此值时观察过流保护是否正常。再对频率、脉宽、电流、电压进行设定, 按工作按键, 使负载正常工作。用数字示波器观察到负载上稳定输出的脉冲波形, 得到频率、脉宽、电流峰值并进行校正。实验中得到的输出脉冲波形稳定, 脉冲的上升沿时间不超过 15 μ s, 在脉冲输出期间, 脉冲稳定

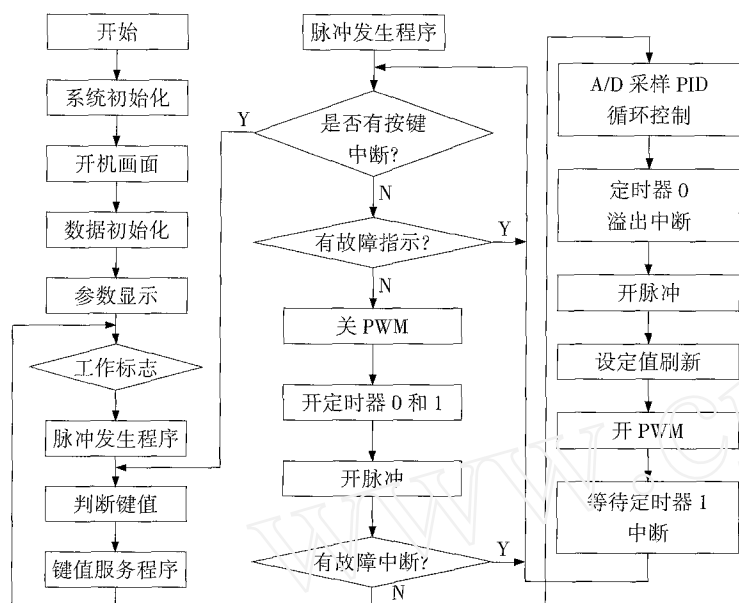


图3 程序流程图

度在 1% 以内。电源输出电压 10~300V，输出脉冲电流幅度 0~150A，脉冲频率 1~1000Hz，脉冲宽度 100~1000 μ s 精确可调。电压可以用 0.1V、1V、10V 步进增减，电流幅度可以用 0.1A、1A、10A 步进增减；脉冲频率可以用 1Hz、10Hz、100Hz 步进增减；

脉冲宽度可以用 1 μ s、10 μ s、100 μ s 步进增减。随后用半导体激光器做测试，并在满载 750W 状态下运行 4h，得到很好的工作效果。

使用者的评价是使用方便，界面友好，操作方便，输出特性好，保护措施得力。此电源已经应用到激光测距、激光仪器维修等领域。先进的 DSP 技术应用到开关电源中，使得电路简单、工作可靠性高，处于国内领先水平。

参考文献

1 w. 克希奈尔著. 孙文, 江泽文等译. 固体激光工程. 科学出版社, 2002,5.
2 张卫宁.TMS320C2000 系列 DSP 原理及应用. 国防工业出版社, 2002,4.

3 江思敏. TMS320LF240X DSP 硬件开发教程. 机械工业出版社, 2003,6.

作者简介：陈华炜，硕士研究生，现主要从事数字信号处理方面的研究。

浙江省缙云县测温传感器厂

专业生产各种精确实用的热电阻：

- 陶瓷铂电阻元件系列 50 种以上规格供选，直径 1.2mm 起。
- 手持式热电阻系列、棒式、表面、针式等。铠装铂电阻、铜电阻系列。
- 聚四氟乙烯、聚全氟乙丙烯保护管防腐热电阻系列。
- 承制电厂专用、纺织专用、干式变压器专用、食品、烟机专用、医药、塑机专用、薄片、端面等各种铂电阻、铜电阻。

以上分度号：Pt100、Cu50、Cu100；温度范围：-50 $^{\circ}$ C~+850 $^{\circ}$ C分段制造。

地址：浙江省缙云县壶镇市心南路 184 号

邮编：321404

电话：0578-3154129、3786898

传真：0578-3155732

手机：(0) 13905781840

联系人：冯志克