

# 仿真软件在脉冲激光器驱动电源设计中的应用

孙红兵

(淮阴师范学院 物理系, 江苏 淮安 223001)

**摘要:** 分析了半导体激光器对驱动电源的要求,介绍了仿真软件 Multisim 的主要功能及特点,利用 Multisim 设计了性能稳定的脉冲激光器驱动电源,给出了脉冲频率、占空比等参数的理论及实验值。

**关键词:** Multisim; 激光二极管; 驱动电源; 仿真

**中图分类号:** TN702 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-6876(2004)02-0117-04

## 0 引言

半导体激光器以其超小型、高效率、结构简单、价格便宜、可直接调制等优点,在光信息存储、材料加工、医疗设备、光学精密测量等领域得到广泛的应用,其中用得最多的是激光二极管(LD)。LD是依靠激励器激励工作的,通过调节激励电流的大小可以调整输出光功率,另外环境温度对输出光功率也有一定影响,图1所示为不同温度下流过激光二极管的驱动电流与输出功率的关系曲线<sup>[1]</sup>。由图可知,激光二极管输出光功率在一定范围内与驱动电流成正比(温度一定时)。由于半导体激光器是一个二极管,因此激励器的工作负载是二极管的伏安特性负载,这要求半导体激光器的激励器放电系统的外特性与负载相匹配。

在许多应用场合,要求激光器能输出稳定的占空比可调的脉冲激光。根据激光二极管的输入输出特性,可以用脉冲调制电流去驱动激光二极管来实现,这就需要根据脉冲激光的具体要求设计适宜的激励电路以获得理想的驱动脉冲。另外在电路装配或工作过程中,激光二极管极易受电压、电流或静电荷的浪涌冲击而损坏,流过LD的正向过电流所产生的光功率很大,也可能使LD的解理面受到损伤,从而降低LD的输出功率甚至使其产生永久性损坏。为合理使用激光器件,充分发挥其性能潜力,提高工作效率,必须从多方面优化激光二极管驱动电源的设计<sup>[1]</sup>。

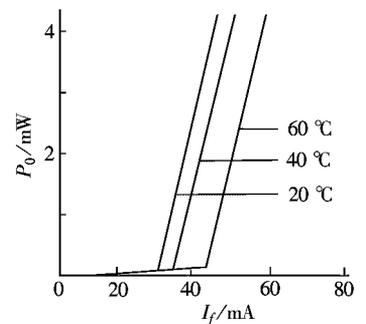


图1 不同温度下电流-功率曲线

EDA (Electronics Design Automation) 技术是现代电子工程领域的一门新技术,它提供了基于计算机和信息技术的电路系统设计方法,EDA技术的发展和推广极大地推动了电子工业的发展。在众多的电路辅助设计软件中, Multisim 2001 软件具有界面友好、分析功能强大、操作简单、使用方便等特点,特别适合电子电路的计算机辅助设计与分析。本文利用 Multisim 2001 软件设计了脉冲激光器驱动电源,给出了脉冲频率、占空比等参数的理论及实验值,并成功地将这款电源应用于某型发动机参数测量系统,工作稳定可靠。

## 1 Multisim 简介

Multisim 是加拿大 Interactive Image Technologies 公司新近推出的电路分析和设计工具,是仿真软件

收稿日期: 2004-02-30

作者简介: 孙红兵(1970-),男,江苏灌南人,讲师,硕士,主要从事计算机测控、光电检测等研究。

EWB (Electronics Workbench) 的升级版,其内核为 SPICE3f5. Multisim 2001 继承了 EWB 的许多优点:可以对模拟、数字和混合电路进行电路的功能仿真和分析;它采用图形界面创建电路,选用元器件和测试仪器均可直接从屏幕图形选取,且测试仪器的图形与实物外形基本相似,可以实时显示测量结果;带有丰富的电路元件库,可提供多种电路分析方法等.此外, Multisim 的功能在 EWB 的基础上还作了较大的改进:扩充了元件数据库,提供了超过 16,000 个组件,全部采用实际模型,确保了仿真结果的真实性和实用性;增加了射频电路的仿真功能.这是目前大多数电路仿真软件所不具备的;在原有的 7 种仪器基础上,新增了瓦特表、失真仪、频谱分析仪和网络分析仪等虚拟仪器,更加完善了电路的测试功能,并且允许同时调用多台仪器;采用开放式的库管理模式,能自动的由技术参数生成模拟和数字组件模型,这对新器件的补充十分有利,用户可利用元件编辑器,根据需要自己创建或修改元件模型;具有较强的 VHDL 和 Verilog HDL 设计与仿真功能;开设了 EdaPARTS.com 网站,可不定期地对元件库进行升级处理.

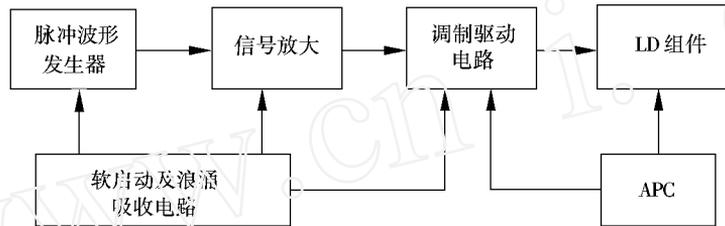


图2 驱动电源的组成框图

由于 Multisim 具有自动化程度高、功能完善、运行速度快,而且操作界面友好,有良好的数据开放性和互换性,因此非常适合电路系统的计算机辅助分析与设计<sup>[2]</sup>.

## 2 LD 驱动电源的设计与分析

在仔细分析研究了激光二极管的性能特点后,结合某型发动机温度测量系统<sup>[1]</sup>的具体要求,有针对性地采取了多种措施优化 LD 驱动电源的设计,在设计过程中利用理论分析与计算机仿真相结合的方法确定电路以及各个元件的参数<sup>[3]</sup>.图2为驱动电源的组成框图.图中脉冲波形发生器产生频率为 10 kHz 占空比可调的矩形脉冲,经过放大送给调制驱动电路,以驱动半导体激光二极管,使其输出所需的脉冲激光.软启动及浪涌吸收电路保证激光二极管更加稳定可靠地工作.自动功率控制电路(APC)利用激光二极管内部封装的光电二极管自动跟踪激光二极管的光输出,进而调节电路使激光二极管的输出光功率稳定在一定的范围.下面分别对有关部分加以介绍.

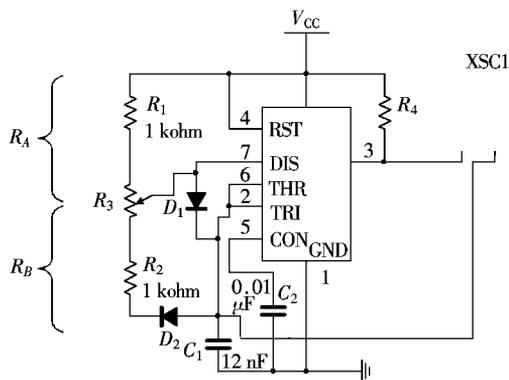


图3 脉冲波形发生器原理图

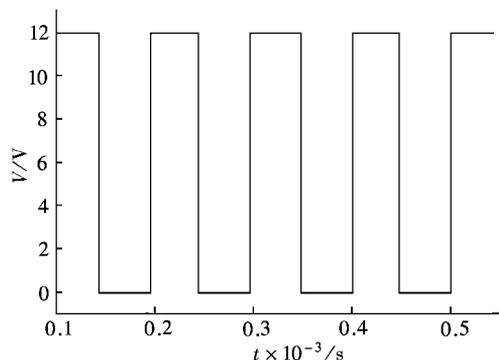


图4 设计电路的仿真结果

### 2.1 脉冲波形发生器

脉冲波形发生器的设计方案有多种,可以选用专用集成芯片 MAX038,也可以选用通用集成电路设计.综合考虑后选用价格低廉的 555 定时器来构成脉冲波形发生器<sup>[4]</sup>.为了满足输出波形的占空比可

调,对电路作了一些改进,增加了 D1、D2 两个二极管<sup>[5]</sup>,如图 3 所示.

对于图 1 所示电路,设电容器 C<sub>1</sub> 充电所需的时间为 T<sub>1</sub>,电容器 C<sub>1</sub> 放电所需的时间为 T<sub>2</sub>,则:

$$T_1 = -R_A C_1 \ln \frac{V_{cc} - \frac{2}{3} V_{cc}}{V_{cc} - \frac{1}{3} V_{cc}} = R_A C_1 \ln 2 = 0.693 R_A C_1 \quad (1)$$

同理可得:

$$T_2 = 0.693 R_B C_1 \quad (2)$$

所以矩形脉冲的周期为:

$$T = T_1 + T_2 = 0.693 (R_A + R_B) C_1 \quad (3)$$

由 (1), (2), (3) 式可得到矩形脉冲的频率 f 及占空比 q 分别为:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(R_A + R_B) C_1} \quad (4)$$

$$q(\%) = \frac{T_1}{T} = \frac{R_A C_1}{(R_A + R_B) C_1} = \frac{R_A}{R_A + R_B} \quad (5)$$

适当调节 R<sub>3</sub> 即可得到占空比为 50% 的方波. 取 R<sub>3</sub> 的阻值为 10 K, 则由图中参数可计算出信号频率及占空比:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(1 + 10 + 1) \times 12 \times 10^{-3}} = 10.02 \text{ KHz}$$

$$q(\%) = \frac{R_A}{R_A + R_B} = \frac{1 + 5}{1 + 10 + 1} = 50\%$$

为验证设计的电路能否满足要求,利用 Multisim 2001 对图 3 电路进行了仿真,仿真结果见图 4,由图可知脉冲信号的频率为 f = 9.56 KHz,与理论值有较大的误差,这主要是由于理论计算时将 555 内部放电管视作理想开关,而实际上其内阻随饱和程度的不同而不同<sup>[6]</sup>,为得到满足测量系统要求的脉冲信号,充分利用 EDA 软件 Multisim 2001,多次改变电阻及电容的值,最后得到的信号频率为 9.99 KHz,满足测量系统的实际要求.

### 2.2 软启动及浪涌吸收电路

浪涌是一种突发性的瞬态电脉冲,它可使激光二极管瞬时承受过电压,从而使 PN 结击穿.产生浪涌的原因是多方面的,如电源在接通和关闭开关瞬间,驱动电流会出现幅度很大的过冲,这种驱动电流的过冲极易使 PN 结击穿或使解理面损伤,导致激光二极管损坏.为此在电路中设计了软启动及浪涌吸收电路,图 5 是软启动电路原理图. R<sub>1</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 构成电压缓升电路,电源启动后,电流经 R<sub>1</sub> 向 C<sub>1</sub>、C<sub>3</sub> 充电直到电容器两端压降大于 1.3V 后才能使晶体管 T<sub>1</sub> 逐渐导通. L<sub>1</sub>、C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub> 为 LC 滤波网络(浪涌吸收电路),这里 L<sub>1</sub> 的数值取得较大以阻止电流突变,用于防止电网产生的各种浪涌带来的危害.

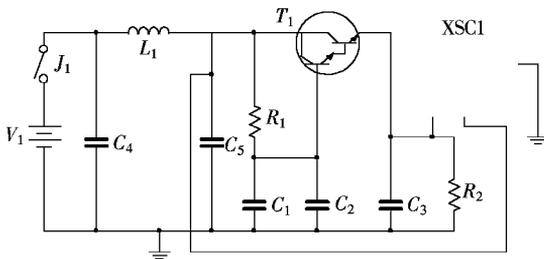


图 5 软启动及浪涌吸收电路

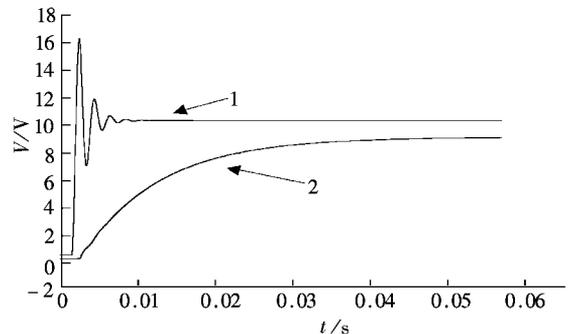


图 6 仿真输出波形

当电源开关开启时,电流逐渐增大,最后稳定到设定的工作电流,整个过程延迟约 30 ms. 关闭时,激光管工作电流 I<sub>f</sub> 能维持 20 ms 以上的延时才降落为零. 图 6 为仿真输出波形,其中波形 1 为开关开启时

的阶跃波,这种信号对激光二极管有较大的损害,波形为经过软启动及浪涌吸收电路后的信号波形,可以有效保护激光二极管,延长其使用寿命。

### 2.3 调制驱动电路

激光二极管是电流驱动型器件,当工作电流大于阈值电流时发出激光,当工作电流小于阈值电流时不发激光。要使激光二极管发出符合测量系统要求的 10 kHz 方波脉冲激光,需要用 10 kHz 方波脉冲信号对激光二极管进行调制。在设计电路时利用晶体管的开关特性,用脉冲信号控制三极管的开关状态,从而控制流过激光二极管的电流,使其发出 10kHz 的方波脉冲激光。

晶体管在开关状态工作时,有两种状态:截止状态和饱和状态。由于晶体三极管的两个 PN 结存在结电容,将影响电路的开关速度:从截止状态过渡到饱和状态需要一定的时间(导通时间  $t_{on}$ ),从饱和状态过渡到截止状态也需要一定的时间(断开时间  $t_{off}$ ),且有  $t_{on} = t_d + t_r$ ,  $t_{off} = t_f + t_s$ 。其中各个参数的含义如下:延迟时间  $t_d$ 、上升时间  $t_r$ 、下降时间  $t_f$  及存储时间  $t_s$ 。这些参数对电路输出的波形影响很大,同时这些参数将随不同的电路状态而变化。如为了减小上升时间,可以加大晶体管的基极驱动电流,但这样将可能使晶体管进入深度饱和状态,使存储时间加大,限制了电路工作频率的进一步提高。因此在电路设计时采取了抗饱和措施(具体电路及仿真过程另文介绍),这样既加大了基极驱动电流,又有效避免电路进入过饱和状态,减少了存储时间,加快了开关速度。

## 3 结束语

基于上述分析及仿真结果,完成了半导体激光器驱动电源的设计,并用 Utibord 2001 设计制作了印刷电路板(PCB),对电路进行了安装调试,从调试及测量结果来看,这款电源能很好地驱动激光二极管,产生幅度稳定的方波脉冲激光,现已在某型发动机多参数测量系统中得到了很好的应用。通过这款电源的设计,说明 EDA 软件 Multisim 2001 在电路设计中有着强大的作用,通过电路仿真可以及时发现电路设计中的缺陷并加以修改,也可以随时调整元器件的参数以使电路满足系统要求。

### 参考文献:

- [1] 孙红兵,丁万山. 基于激光诊断技术的高温火焰温度实时测量系统 [J]. 淮阴师范学院学报, 2002, 1(3): 30 - 35.
- [2] 郑步生,吴渭. Multisim 2001 电路设计及仿真入门与应用 [M]. 北京:电子工业出版社, 2002.
- [3] 沙春芳. Multisim 2001 在电路仿真中的应用 [J]. 现代电子技术, 2001, 12(11): 77 - 78.
- [4] 郭淑珍等. 555 定时器应用中的问题探讨 [J]. 河北师范大学学报, 2002, 26(2): 149 - 152.
- [5] 康华光. 电子技术基础. 数学部分(第 4 版) [M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [6] 汪蕙,王志华. 电子电路的计算机辅助分析与设计方法 [M]. 北京:清华大学出版社, 1996.

## Application of Multisim in Power Supply Design for Laser Diode

SUN Hong-bing

(Department of Physics, Huaiyin Teachers College, Huaian 223001, China)

**Abstract:** This paper analyzed the requests of power for laser diode, introduced the main function and characteristics of a simulation software, Multisim, with which laser diode power supplies with stable performance were designed, and provided the theoretical and experiment values of the parameters such as pulse frequency.

**Key words:** Multisim; laser diode; driver power supply; simulation

[责任编辑:李晓薇]