

文章编号: 100124322(2004)1121449204

脉冲激光引信用 PFM 和 PWM 式 LD 驱动电路的研究^x

江小华, 陈炳林, 张 河, 孙全意

(南京理工大学 机电工程系 204 教研室, 江苏 南京 210094)

摘 要: 在激光引信的通讯系统中,针对引信用脉冲式半导体激光器驱动电路的脉冲宽度、频率、功率可调的需要,根据 LD 驱动电路的工作原理,建立了 LD 驱动电路的一般模型。然后用电子多频振荡器提供驱动信号,用双 MOS 驱动器来驱动半导体激光器,通过大量的实验、仿真、分析、比较,设计出了方便可调的大功率 LD 的驱动电路,该电路的脉冲频率和脉冲宽度可方便调整。并且该驱动电路的频率调节范围大(10Hz ~ 20kHz);脉冲宽度可以从几 ns 到几百 ns 进行调节,大大提高了激光引信通讯系统的性能与可靠性。

关键词: 激光通讯; 驱动电路; 脉冲频率调制(PFM); 脉冲功率调制(PWM)

中图分类号: T43.92 文献标识码: A

在激光引信的通讯系统中,为了防止敌方对我方信号的识别以及其他的环境干扰,许多情况需要频率、脉冲宽度和功率变化,输出不同的激光信号来用于不同的探测场合,这就需要一种驱动电路来实现这一功能。在实际的激光引信系统中许多性能,如目标的识别能力、定距精度、抗干扰和低功耗等,都取决于半导体激光器发射的激光脉冲质量,而半导体激光器发射的光脉冲是由激光电源产生的电脉冲直接调制得到的,即激光脉冲质量的决定因素在于脉冲电源调制的质量^[1]。因此,PFM(脉冲频率调制)和 PWM(脉冲功率调制)激光脉冲电源的设计是激光探测和目标识别中的一项极其关键的技术。针对这些关键点和难点设计出 PFM 和 PWM 调制式激光引信通讯用脉冲激光驱动电路。

1 脉冲半导体电源电路模型的建立和分析

图 1 给出了脉冲半导体激光器驱动电路的一般形式和相应的等效电路。其中 L 为寄生电感(包括放电电容、开关元件、激光器放电回路内部的寄生电感); C 为储能电容; R 为电路的总电阻,包括激光器等效电阻、开关元件电阻和电路串联电阻。为了减小体积,储能元件一般选用电容,放电开关元件考虑到放电的速度,一般用可控硅、晶体管、功率 MOSFET 管、雪崩晶体管^[2~4]。

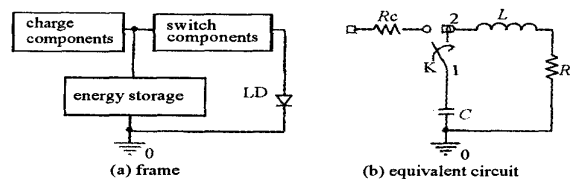


Fig. 1 Circuit of pulse semiconductor laser power

图 1 脉冲激光电源电路

假设开始时电容充电达到电压 V ,那么电路的放电回路可以看作零输入响应的串联 RLC 电路,方程如下^[2~5]

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int i dt = 0 \tag{1}$$

对上式微分可以得到一个线性常系数二阶齐次微分方程

$$L \frac{d^2i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} i = 0 \tag{2}$$

在驱动电路放电的情况下是工作在欠阻尼状态,也就是

$$\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC} < 0 \tag{3}$$

因此,可得到(1)式的解为

$$i = Ae^{-t} \sin(\omega t + \phi) \tag{4}$$

^x 收稿日期:2003211207; 修订日期:2004207215

基金项目:总装备部十五计划项目资助课题

作者简介:江小华(1974—),男,博士,讲师,主要从事激光探测和目标识别的研究。

式中：

$$\begin{cases} = \frac{R}{2L} \\ = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} \end{cases} \quad (5)$$

当开关 K 闭合即 $t=0$ 瞬间, 放电回路电流为零, 电容上的电压全部加在电感上, 即

$$\begin{cases} i = 0 \\ L \frac{di}{dt} = V \end{cases} \quad (6)$$

把初始条件代入(4)式, 得

$$\begin{cases} = 0 \\ A = \frac{V}{\sqrt{\frac{L}{C} - \frac{R^2}{4}}} \end{cases} \quad (7)$$

由以上的分析可知电路的放电电流是衰减的正弦曲线, 3 个参数 ω , A , ϕ , 分别表示了正弦波衰减快慢、电流幅度和周期。在脉冲激光电源中, 只利用第一个正弦波得到脉冲激励电流, 所以, 应要求 ω 值较大即有较快的衰减速度, 以免后续电流脉冲对激光器造成冲击损坏; A 值应较大, 以得到较高的电流脉冲幅度; ϕ 应尽量小, 这意味着第一个正弦波有较快的上升时间和较窄的脉宽。

2 脉冲激光器驱动电路的设计和分析

设计了一种可以调制脉冲激光编码信号的激光脉冲电源, 图 2 为其原理图。根据激光脉冲编码信号的需要, 可以调制出不同的频率和不同脉冲宽度的激光脉冲信号。图 2 中通过 R_{01} , C_{01} 和 D_{01} 给多频振荡器提供振荡信号, 通过 R_{P1} 的调节可以改变充电时间的长短, 来改变脉冲激光信号的脉冲宽度; R_{02} , C_{02} 和 D_{02} 给多频振荡器提供振荡信号来控制输出脉冲激光信号的频率, 通过 R_{P2} 的变化来控制信号频率的大小, 但是 R_{P1} 和 R_{P2} 的精度要高, 其调节过程中一定注意控制, 否则对激光器及其驱动电路都有可能损害^[6,7]。两个多频振荡器的输出可以相互控制。这时的输出信号峰值功率很小不足以驱动大功率的 LD, 必须用一个开关来驱动大功率的 MOS 管来产生大脉冲电流。图中 Q_{01} 和 Q_{02} 分别作为两个高速开关管对后级的高功率双 MOS 管进行驱动。当调节 R_{P1} 为 0 时, 此时 C_{01} 的充电时间最短, 脉冲宽度最窄, 上升沿为几 ns; 当调节 R_{P2} 的电阻为 0 时, 此时 C_{02} 的充电时间最短, 这样可以得到驱动电路的频率最大为 10kHz, 峰值功率为 40A 的脉冲激光信号。该电路克服了在激光引信的通讯系统中, 信号的编码频率难以改变、编码脉冲宽度难以调节等缺点。并且该驱动电路的频率调节范围大 (10Hz ~ 10kHz); 脉冲宽度可以从几 ns 到几百 ns 进行调节, 大大提高了激光引信通讯系统的性

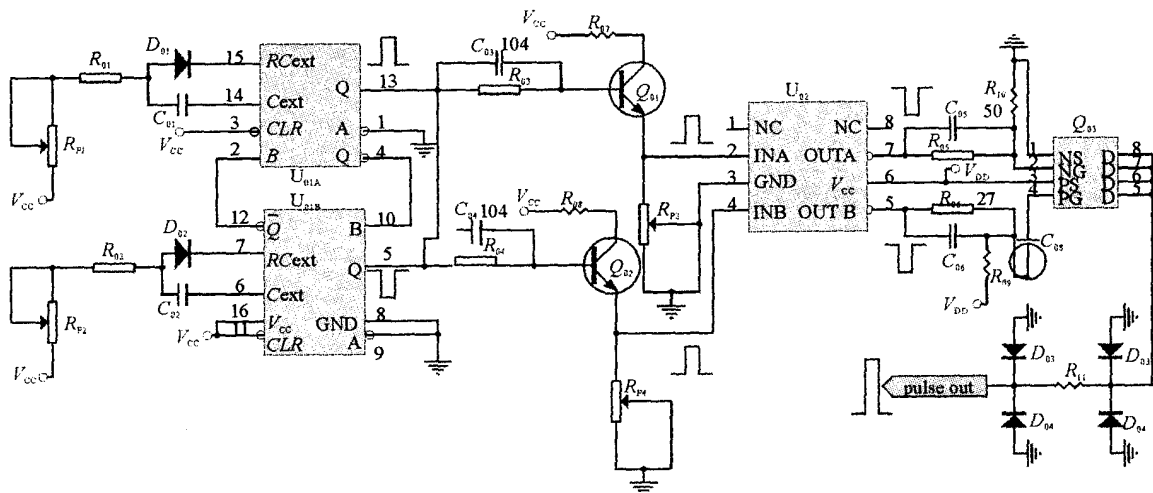


Fig. 2 Sketch of PFM and PWM pulsed LD driver circuit
图 2 PFM 和 PWM 脉冲式半导体激光器驱动电路原理图

能与可靠性。

3 仿真与试验数据分析

利用 OrCAD/ PSpice 中的 Performance Analysis 可以得到该驱动电路的仿真信号图^[8]。图 3 为 PWM 脉冲激光驱动电路脉冲宽度调制仿真信号,图 4 为它的实际测量信号。在图 3 中仿真信号图的横坐标每格表示 10ns,纵坐标每格表示 2.5A,从信号图上我们可以看出,该电路的仿真信号的上升沿为 8ns,峰值电流为 42A;实测电路图中是测量激光器两端的电压,实测电路图的横坐标每大格表示 30ns,纵坐标每格表示 10V,在实测电路信号图上我们可以看到信号的上升沿为 10ns,脉宽为 30ns,可以计算出电流为 45A 左右,这完全可以满足要求。

图 5 和图 6 分别为 PFM 激光驱动电路频率调制仿真信号和实测信号图,从仿真信号图可以看出脉冲频率为 10kHz;当通过调节 R_{P01} 和 R_{P02} 时可以改变激光脉冲信号的频率和脉冲宽度,并且保证了脉冲信号的上升沿为 10ns 左右。从而可以得到所需要的 LD 激光脉冲信号。

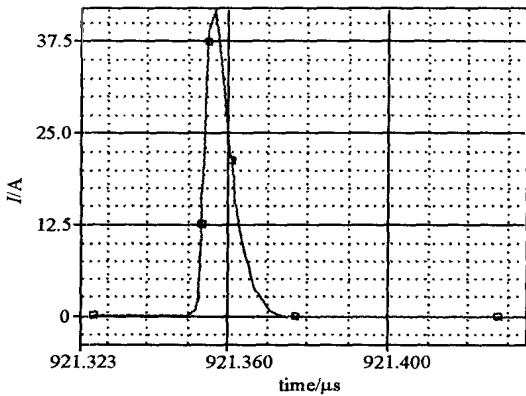


Fig. 3 Simulation signal of PWM pulsed driver circuit
图 3 PWM 激光驱动电路脉冲宽度仿真信号图

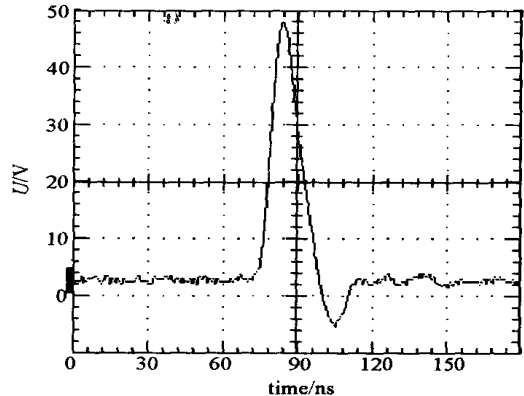


Fig. 4 Measured signal of the PWM pulsed driver circuit
图 4 PWM 激光驱动电路脉冲宽度实测信号图

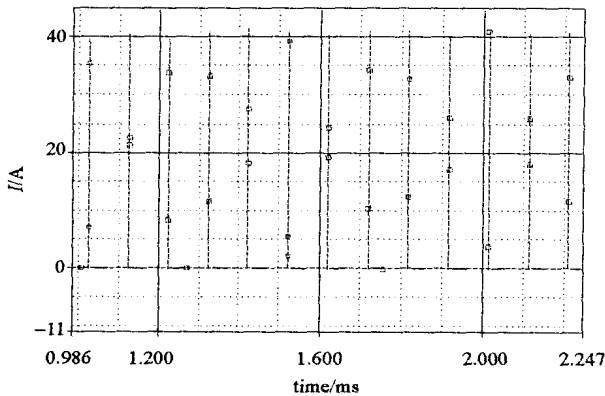


Fig. 5 Simulation signal of PFM pulsed driver circuit
图 5 PFM 激光驱动电路频率调制仿真信号图

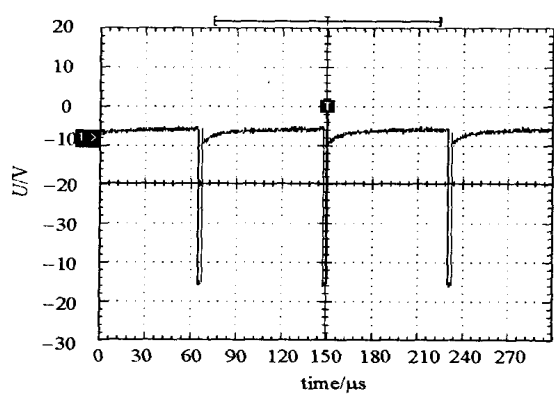


Fig. 6 Measured signal of the PFM pulsed driver circuit
图 6 PFM 激光驱动电路频率调制实测信号图

4 结论

通过对半导体激光器驱动电路模型的建立和分析,经过大量的试验,设计出了可以方便调节脉冲式 LD 的输出信号的驱动电源模块。可以应用在激光近炸引信和激光通讯等领域里,在脉冲式半导体激光探测方面有广阔的前景。

参考文献:

[1] Mitchell R R, Huntsville Aa. Dual field of view optical target detector[Z]. Washington D C: Uspto., 4532867, 1985.

[2] 孙全意. 激光近炸引信的体制、定距与识别技术的研究[D]. 南京:南京理工大学, 2002. 53—61, 77—81. (Sun Q Y. Study on principle, distance measurement and identifying technique of laser proximity fuzes. Nanjing: Nanjing University of Science & Technology, 2002. 53—67, 77—81)

[3] 林晓翰, 苏国彬, 刘建胜, 等. 半导体激光器的大电流窄脉冲驱动电路的研究[J]. 压电与声光, 2000, 22(6): 414—417. (Lin X H, Su G B, Liu J S. Study on the high peak current and narrow pulse driving circuit of semiconductor laser. Piezoelectrics and Acoustooptics. 2000, 22(6): 414—417)

[4] Bagwell B G, Gemell F S. Passive optical proximity fuze[Z]. Motorola, Inc, Schaumburg, . Uspto 4098191, 1978.

- [5] Chen W Y, Liu S Y. Pin avalanche photodiodes model for circuit simulation[J]. *IEEE J Quantum Electronics*, 1996, **32**(12):2105—2111.
- [6] 刘克富, 郑万国. 强激光脉冲电源系统故障分析和对策[J]. 强激光与粒子束, 2001, **13**(6): 717—720. (Liu K F, Zheng W G. The malfunction analysis and countermeasure of heavy pulsed laser supply. *High Power Laser and Particle Beams*, 2001, **13**(6): 717—720)
- [7] 谢敏, 丁伯南. 脱硫用重复频率脉冲电源设计[J]. 强激光与粒子束, 2002, **14**(3): 434—436. (Xie M, Ding B N. Design of pulse voltage generator with repeat frequency for DeSO₂. *High Power Laser and Particle Beams*, 2002, **14**(3): 434—436)
- [8] 高文焕. 模拟电路的计算机分析与设计 PSpice 程序应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998. (Gao W H. Computer analysis and design of analog circuit for PSpice program[M]. Beijing: Tsinghua University Press. 1998)

Study on the PFM and PWM driver circuit of LD for laser fuze

JIANG Xiao2hua, CHEN Bing2lin, ZHANG He, SUN Quan2yi

(*Department of Mechanical and Electronical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China*)

Abstract: Because of the needs of variable pulse width, variable frequency and variable power of LD in the laser fuze communication systems, a model of the driver circuit is brought out for the system based on the circuits' principle. Using retriggerable monostable multivibrators to provide the trigger signal and double MOS driver to drive the LD, with a lot of experiments, emulations and comparisons, the variable frequency, pulse width and power driver circuit is designed. And the pulse frequency and width can be changed easily for its situations. The driver circuit has large range frequency modulated from 10Hz to 2kHz and large range pulse width modulated from several nanoseconds to several hundreds nanoseconds. So the whole system capability and reliability can be improved greatly.

Key words: Pulsed laser fuze; Driver circuit; PFM; PWM