

文章编号: 1001-3806(2007)02-0217-03

脉冲式激光引信用连续可调 LD 驱动电路的研究

孙德刚, 唐海峰

(深圳职业技术学院 电子系, 深圳 518055)

摘要: 为了满足引信用脉冲式半导体激光器驱动电路的脉冲宽度可调、频率可调、功率可调的需要, 根据 LD 驱动电路的工作原理, 建立 LD 驱动电路的一般模型, 并进行了仿真分析。采用电子多频振荡器来提供驱动信号, 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。结果表明, 该驱动电路完全能满足激光近炸引信对脉宽、频率和功率的需要。

关键词: 激光技术; 激光引信; 半导体激光器; 驱动电路

中图分类号: TN86; TJ43⁺9.2 **文献标识码:** A

Study on the PWM driver circuit of LD for laser fuze

SUN De-gang, TANG Hai-feng

(Department of Electronic, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China)

Abstract: In order to meet the needs of variable pulse width, frequency and power for laser fuze, a model of the LD driver circuit is built up based on its principle. By using monostable multivibrators to provide the trigger signal, and using the double MOS driver to drive the LD, a variable high power LD driver circuit, which can meet the requirement of pulse width, frequency and power of laser fuze, is designed through a lot of experiments, emulation and comparison.

Key words: laser technique; laser fuze; LD; driver circuit

引 言

在激光探测和目标识别中, 许多情况下需要将频率、脉冲宽度和功率进行变化, 输出不同的激光信号来用于不同的探测场合^[1]。为达到这样的技术要求, 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。因此, 脉宽调制 (pulse-width modulator, PWM) 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。

用于激光探测和目标识别的脉冲激光电源设计的技术难点在于: 一方面, 脉冲半导体激光器的激励阈值电流很大, 即使是峰值 7W 的脉冲半导体激光器的阈值电流也要达到 6.5A, 直接用单个芯片基本不可能直接驱动这么大的输出电流, 必须利用能量压缩技术,

即把瞬时功率较小的能量通过一定时间 (相对较长) 存储在储能元件中, 在适当时刻瞬时 (相对较短的时间内) 放出, 但是这样设计的驱动电路功率不大, 最大也是 10W; 或者用大功率的开关管来驱动大功率的 MOS 管, 提供大的脉冲电流, 这种设计方法可以设计出功率为 100W 以上的驱动电路。另一方面, 激光引信或激光测距应用场合, 对激光脉冲的脉宽和上升沿要求非常高, 通常在几纳秒到几十纳秒。然而, 在实际产生窄脉冲大电流的电路中, 脉宽和上升沿主要受开关器件速度和电路寄生参数 (在大电流情况下特别寄生电感的影响尤其严重) 的限制。针对这些难点, 作者设计出了 PWM 调制式脉冲激光驱动电路^[2~4]。

1 脉冲半导体电源电路模型的建立和分析

图 1 中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^[5,6]。其中, L 为寄生电感 (包

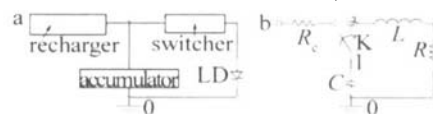


Fig 1 a—structure of pulse laser power b—equivalent circuit of Fig 1a 括放电电容、开关元件、激光器所有放电回路内部寄生电感); C 为储能电容; R 为电路的总电阻包括激光器等效电阻、开关元件电阻和电路串联电阻。为了减小

作者简介: 孙德刚 (1963-), 男, 副教授, 现从事信号处理与识别技术研究。

E-mail: njthfeng@126.com

收稿日期: 2006-01-04; 收到修改稿日期: 2006-06-08

体积,储能元件一般选为电容,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。

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^[3]:

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

对上式微分可以得到一个线性常系数二阶齐次微分方程:

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

在驱动电路放电的情况下是工作在欠阻尼状态,也就是:

$$(R/2L)^2 - 1/LC < 0 \quad (3)$$

因此,可得到 (1)式的解为:

$$i = A e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \theta) \quad (4)$$

其中,

$$\begin{cases} \alpha = R/2L \\ \omega = \sqrt{1/LC - (R/2L)^2} \end{cases} \quad (5)$$

式中, α 为放电电流衰减快慢, ω 为角频率。

当开关 K 闭合即 $t=0$ 瞬间,放电回路电流为 0,电感电压为 V ,即:

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

把初始条件代入 (4)式,得:

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

式中, A 为放电电流的幅度。

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 α, A, ω 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 1 个正弦波得到脉冲激励电流,所以,应要求 α 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; ω 值应尽量小,这意味着第 1 个正弦波有较快的上升时间和较窄的脉宽。利用 OICAD/Pspice 中的 Performance Analysis 可以得到各参数对脉冲质量影响的曲线。

其中图 2a、图 2b 分别表示了储能电容容量 C_v 变化对放电电流幅度和上升沿的影响。可见幅度、上升沿两个参数都随 C_v 值的增大而增大;图 2c、图 2d 分

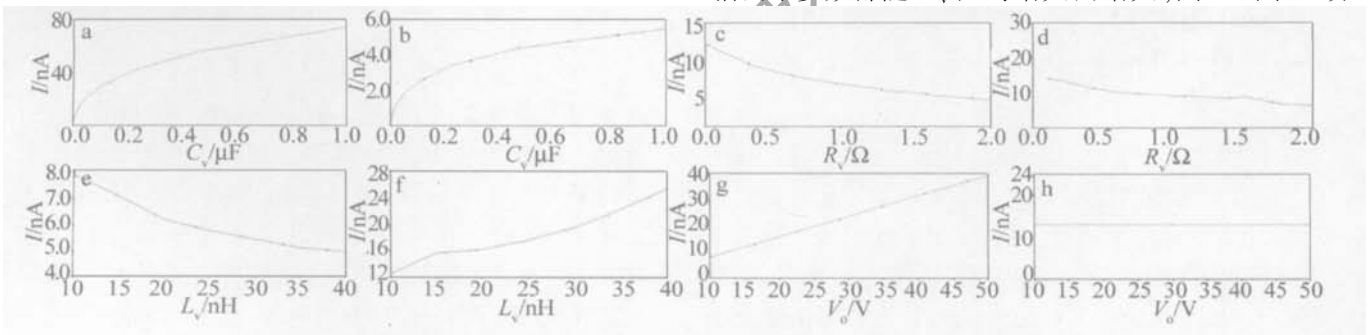


Fig 2 Effect of discharge current wave that changing of discharge circuit parameters(C, R, L, V)

别表示了放电回路等效电阻 R_v 值对电流幅度和上升沿的影响。可见电流幅度随 R_v 增加而减小,而对上升沿时间影响很小,基本上可不予考虑;图 2e、图 2f 分别表示了寄生电感 L_v 值对幅度和上升沿的影响。可见寄生电感对幅度和上升沿都有负面影响,在电路设计和制作时应尽量设法减小;图 2g、图 2h 分别表示了直流偏置电压 V_v 对幅度和上升沿的影响。可见直流偏置电压只对电流幅度有影响,幅度随 V_v 值增加而线性增大,而与脉冲上升时间无关。由上面的分析,可以把电容的值取得小一点,即几十个纳法拉左右,这样可以使电容完全放电,得到较优的电流。在实际的电路中还要经过不断地调试和实验才能够得到性能好的电流脉冲。

2 脉冲激光器驱动电路的设计和分析

在激光近炸引信的通讯系统中,用于半主动式的激光定距引信,需要对激光的发射信号进行编码,当带

有激光接收系统的弹体飞出去一定时间后,载有激光发射系统的平台就不断测量激光引信系统与目标的距离。当到达装定的距离时,发射系统发射出激光编码信号,这个激光编码信号必须能够进行调制,如图 3 所示,设计了一种可以调制脉冲激光编码信号的激光脉冲电源,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激光脉冲信号^[7,8]。

图中, V_{cc} 代表模拟电源的正极, V_{dd} 代表数字电源正极, C_{ext} 代表外接电容引脚。图 3 中通过电阻 R_{01} 、电容 C_{01} 和二极管 D_{01} 给多频振荡器提供振荡信号,通过电位器 RP_1 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;电阻 R_{02} 、电容 C_{02} 和二极管 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,通过电位器 RP_2 的变化来控制信号频率的大小。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 管产生大脉冲电

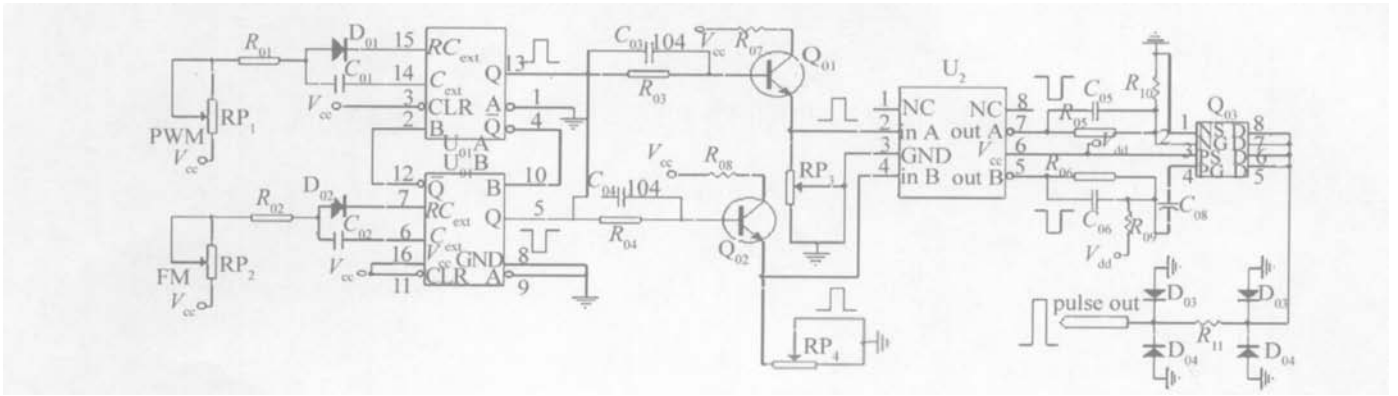


Fig 3 Schematic of PWM driver circuit of LD

流。图中 Q_{01} 和 Q_{02} 为两个高速开关管, U_2 是一个大功率的双 MOS 芯片, 用 Q_{01} 和 Q_{02} 分别控制大功率 MOS 开关管, 实现对储能电容 C_{03} 和 C_{04} 的放电控制, 通过采用高速的开关管 Q_{01} 和 Q_{02} 来对后级的高功率双 MOS 管进行驱动, 这样可以使得 C_{03} 和 C_{04} 上的电荷在几十个纳秒内进行迅速释放, 从而能够产生上升沿为纳秒级、峰值功率为 40A 的脉冲激光信号, 这样就可以解决高功率的激光脉冲电流的产生, 并且脉冲激光的上升沿非常好, 为纳秒级, 功率可以高达 40A ~ 50A。

3 仿真与试验数据分析

图 4 为 PWM 脉冲激光驱动电路的仿真信号, 图 5 为它的实际测量信号。在图 4 中仿真信号图的横坐标

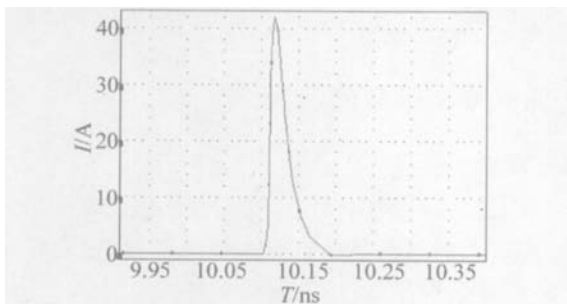


Fig 4 Simulative signal of PWM driver circuit

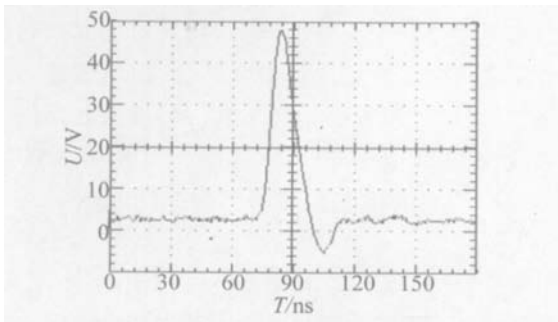


Fig 5 Real signal of PWM driver circuit

每格表示 20ns, 纵坐标每格表示 10A, 从信号图上可以看出, 该电路的仿真信号为 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 50ns, 纵坐标每格表示 10V, 在实测电路信号图上可以看到, 信号的上升沿为 10ns, 脉宽为

40ns, 电流可以计算出在 45A 左右, 这完全可以满足要求。当通过调节 RP_{01} 和 RP_{02} 时可以改变激光脉冲信号的频率和脉冲宽度, 从而可以得到所需要的 LD 激光脉冲信号。实际测试的脉冲激光电流的峰值、脉冲上升沿以及脉冲宽度和仿真的结果存在一定的差别, 这是因为仿真选取的元件都是元件库提供的理想的电子器件, 其电气特性和实际的元器件有一定的差别。比如电容有一定的电阻特性, 这种特性特别是对于纳秒级的脉冲信号来说会使得仿真结果与实测结果差别会更明显。

4 结论

通过对半导体激光器驱动电路模型的建立和分析, 经过大量的试验和分析, 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] L N X H, S U G B, L U J S H *et al* Research on high-peak and narrow-width pulsed driving circuit of LD [J]. *Piezoelectrics & Acousto-optics*, 2000, 22 (6) : 414 ~ 417 (in Chinese).
- [2] MITCHELL R R, HUNT S Dual field-of-view optical target detector [P]. U S Patent: 4532867, 1985-08-06.
- [3] WEI Y Ch, SHI Y L. Pin avalanche photodiodes model for circuit simulation [J]. *IEEE J Q E*, 1996, 32 (12) : 2105 ~ 2111.
- [4] WANG J H, ZHA I G, JN F *et al* Pump uniformity study of solid state laser rods directly side-pumped by laser diode [J]. *Laser Technology*, 2004, 28 (1) : 36 ~ 41 (in Chinese).
- [5] SUN Q Y. Research on system, distance measurement and identification of laser proximity fuze [A]. Doctoral Dissertation of Nanjing University of Science and Technology [C]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2002 53 ~ 61 (in Chinese).
- [6] GAO W H. Computer analysis and design of analog circuit — PSpice program application [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1998. 1 ~ 247 (in Chinese).
- [7] L U K F, QNG Sh H, LI J *et al* Fault analysis and strategy of high pulsed power supply for high power laser [J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2001, 13 (6) : 717 ~ 720 (in Chinese).
- [8] BLOCK D A. Laser proximity fusing device [P]. U S Patent: 4309946, 1982-01-12.