

文章编号: 1672-8785(2013)02-0035-04

一种火焰传感器高压驱动电路的研究

董 硕 张 涛 鞠洪伟 郑伟波 袁士东

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘 要: 针对紫外火焰传感器设计了一种高压驱动电路, 并对其工作原理进行了研究和说明, 最后介绍了所设计的原理样机的相关实验结果。该电路按照定占空比、跳周期的“打嗝”方式工作, 具有结构简单和升压比高等特点, 满足火焰传感器所需的高工作电压条件, 因而对多种小功率光电传感器具有广泛的适用性。

关键词: 传感器; 驱动电源; 高升压比; 升压电路

中图分类号: TM92; TN23 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.02.006

Study of High-Voltage Power Driver for Flame Sensor

DONG Shuo, ZHANG Tao, JU Hong-wei, ZHENG Wei-bo, YUAN Shi-dong

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: A high-voltage power driver for ultraviolet flame sensors is designed. Its operation principle is studied and explained. Finally, the related experimental results of the designed prototype are presented. The power driver operates in the mode of “hiccup”. It has the features of simple structure and high step-up ratio and can meet the requirement of high operation voltage of flame sensors. Therefore, it is suitable for many small optoelectronic sensors.

Key words: sensor; power driver; high step-up ratio; boost circuit

0 引言

随着光电技术的不断发展, 光电检测方法现已具有非接触、精度高、反应快以及可测参数多等优点, 因而在检测与控制领域得到了越来越广泛的应用。在进行火焰检测时, 火焰会产生大量的紫外线, 人们通常采用可靠性和准确率都比较高的紫外线检测方法来进行检测。该方法的关键器件——紫外火焰传感器——通常将紫外光敏管作为传感元件, 其推荐工作电压通常在 300 V 左右^[1]。而火焰检测器的外供电源通常为低压直流电源或干电池, 因此针对这种紫外火焰传感器, 需要设计一种具有高升压

比的 DC-DC 驱动电路, 以达到传感器所需的高压条件。目前高升压比变换器主要包括隔离型变换器、电感耦合式高升压比变换器和非隔离型高升压比变换器, 它们大多出现在大功率应用场合^[2-4], 体积大, 成本高, 因而并不适合小功率传感器。本文设计一种高升压比驱动电路, 其升压比高, 体积小, 结构简单, 适用于多种小功率传感器。

1 紫外火焰传感器的基本原理^[5]

紫外火焰传感器的波长响应范围为紫外波段, 它对其他波长并不敏感, 因此可以有效排除其他光线的干扰。图 1 所示为紫外火焰传感器

收稿日期: 2013-01-19

基金项目: 科技部项目 (Y1K2H001N1)

作者简介: 董硕 (1987-), 男, 湖北荆门人, 博士研究生, 主要从事电源驱动技术研究。

E-mail: sitpds@gmail.com

的工作原理。该传感器是一个密封的玻璃管，其内部充满了某种气体。玻璃管内引出一对金属电极，分为阴极和阳极。其中，光电阴极由对紫外线敏感的金属材料制成，在紫外线的照射下会发射光电子。

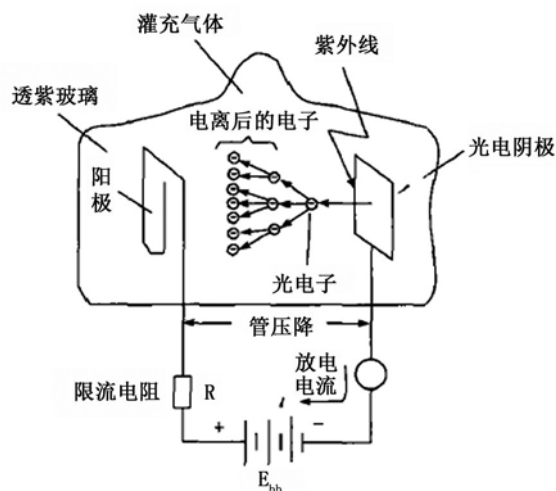


图1 紫外火焰传感器的工作原理图

该火焰传感器的工作原理基于光电效应和电子繁流理论。在传感器的阴极和阳极加上电压后，就会产生电场。当火焰发出的紫外线照射到阴极时，就会产生光电发射效应，使其发射出光电子。这些光电子通过与充入传感器中的特殊气体产生繁流放电，从而增加电子输出。光电子在电场的作用下高速撞向周围的气体分子，使其电离为正离子和电子；电离出的电子在电场的作用下被加速，并以极大的能量继续电离其他气体分子，最终撞向阳极；而气体分子所产生的正离子在电场的作用下也撞向阴极。通过这种方式在阳极和阴极之间形成电流，从而产生放电现象。

通过对火焰传感器的电流信号进行采样和处理，便可对火焰情况进行检测。图2和图3所示分别为这种火焰探测器的工作电路和采样原理。其中， V_{in} 通过电阻 R_1 为电容 C_1 充电，使得传感器阳极电压高于其启动电压 V_1 。当有紫外线照射时，传感器的阳极和阴极之间形成电流，并在 R_3 上形成电压，同时电容 C_1 放电。当电容 C_1 放电使得其两端电压降至传感器的工

作门限电压 V_2 以下时，传感器停止放电。这样， R_3 上的电压就变成脉冲输出。同时， V_{in} 继续通过 R_1 为 C_1 充电，使得传感器阳极电压升至启动电压 V_1 以上。此时，若仍有紫外线连续照射，传感器则会继续放电， R_3 上也会继续产生脉冲输出。通过对一定时间内 R_3 上的脉冲数量进行检测，便可获得周围环境的紫外线放射情况。

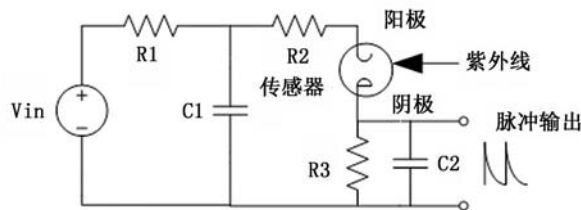


图2 紫外火焰传感器的工作电路

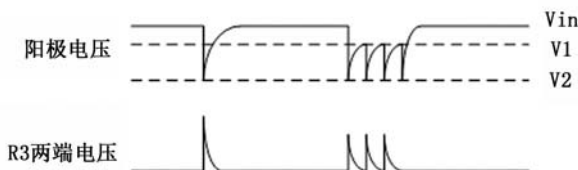


图3 紫外火焰传感器的信号采样原理

然而这种火焰传感器的启动电压很高，通常需要提供300 V以上的高电压才能使其稳定工作。一般火焰检测系统的外供电电源采用低压直流电源或者干电池，因此需要设计一种合适的高压驱动电路来对其进行升压，以获得传感器所需的高压。本文所设计的驱动电路用9 V干电池供电，将其升至320 V后便可保证火焰传感器正常工作。火焰传感器正常工作所需的电流为100 μ A。

2 火焰传感器高压驱动电路设计

传统的小功率升压电路通常采用工作于连续模式的PWM式boost电路或变压器隔离型升压电路^[6]。PWM式boost升压电路的升压比通常小于5^[7]，因此无法从9 V升至320 V，此时就需要改变电感设计，即使用电感耦合^[8]，但其绕制复杂，成本较高，体积较大。虽然反激升压电路可以达到此要求^[9]，但是其结构复杂，绕制变压器体积大，成本高。根据紫外火焰探测器的高电压和低电流特点，本文设计了一种升

压比高、结构简单的高压驱动电路, 其电路结构见图 4。

该电路的基本结构属于 boost 升压电路, 但是其工作模式既不是传统的 PWM 模式, 也不是 PFM 模式, 而是一种定占空比、跳周期的“打嗝”式工作模式。图 5 为这种高压驱动电路的具体工作时序图。

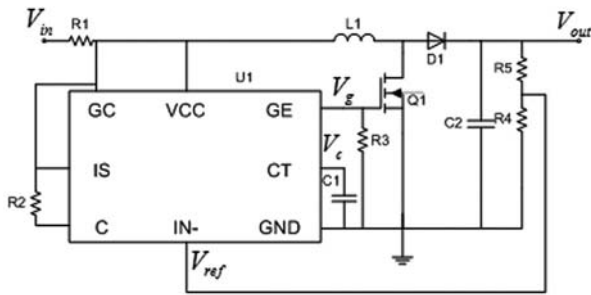


图 4 高压驱动电路的结构图

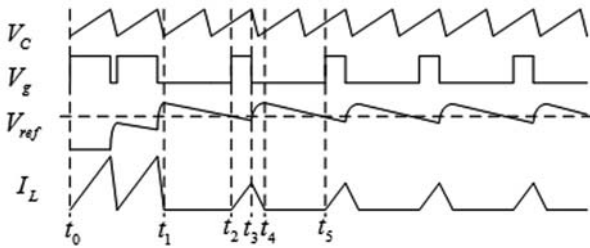


图 5 高压驱动电路的工作时序图

图 5 中, V_c 为电容 C_1 两端的电压 (通过对电容 C_1 进行充放电, 可以决定芯片 U_1 的工作频率); V_g 为芯片 U_1 的 GE 端引脚电压, 用于驱动开关管 Q_1 (高电平时 Q_1 导通); I_L 为流经电感 L_1 的电流; V_{ref} 为输出电压经过电阻 R_4 和 R_5 分压后的反馈电压, 用于控制 V_g 的电平。

$$V_{ref} = \frac{R_4}{R_4 + R_5} V_o \quad (1)$$

当反馈电压 V_{ref} 低于 1.25 V, 且 C_1 处于充电阶段即 V_c 处于上升沿时, V_g 开始固定占空比的周期变换, 固定占空比约为 0.8; 当反馈电压 V_{ref} 高于 1.25 V, 且 C_1 处于放电阶段即 V_c 处于下降沿时, V_g 维持低电平。

图 5 中, 在 $t_0 \sim t_1$ 阶段 (启动阶段), 开关管 Q_1 按照固定占空比进行开关操作。在 V_g 为高电平时, 开关管 Q_1 导通, 电感 L_1 储存能量; 在 V_g 为低电平时, 开关管 Q_1 关断, 电感 L_1 将储存能

量并将其传递给输出电容 C_2 , 导致输出电压上升。

在 $t_1 \sim t_2$ 阶段, 由于反馈电压 V_{ref} 高于 1.25 V, V_g 维持低电平, 电感 L_1 中的电流为 0, 输出电容 C_2 放电, 输出电压开始下降。由于所需的输出电流很小, 电压下降缓慢。

在 $t_2 \sim t_3$ 阶段, 反馈电压 V_{ref} 降至 1.25 V 以下, 且 V_c 处于上升阶段, V_g 变为高电平, 开关管 Q_1 导通, 电感 L_1 中的电流开始上升 (储存能量)。

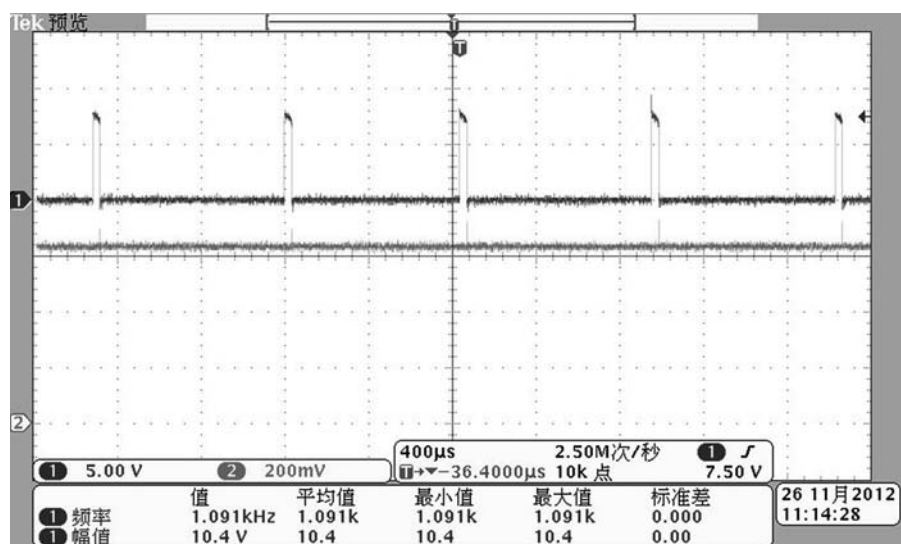
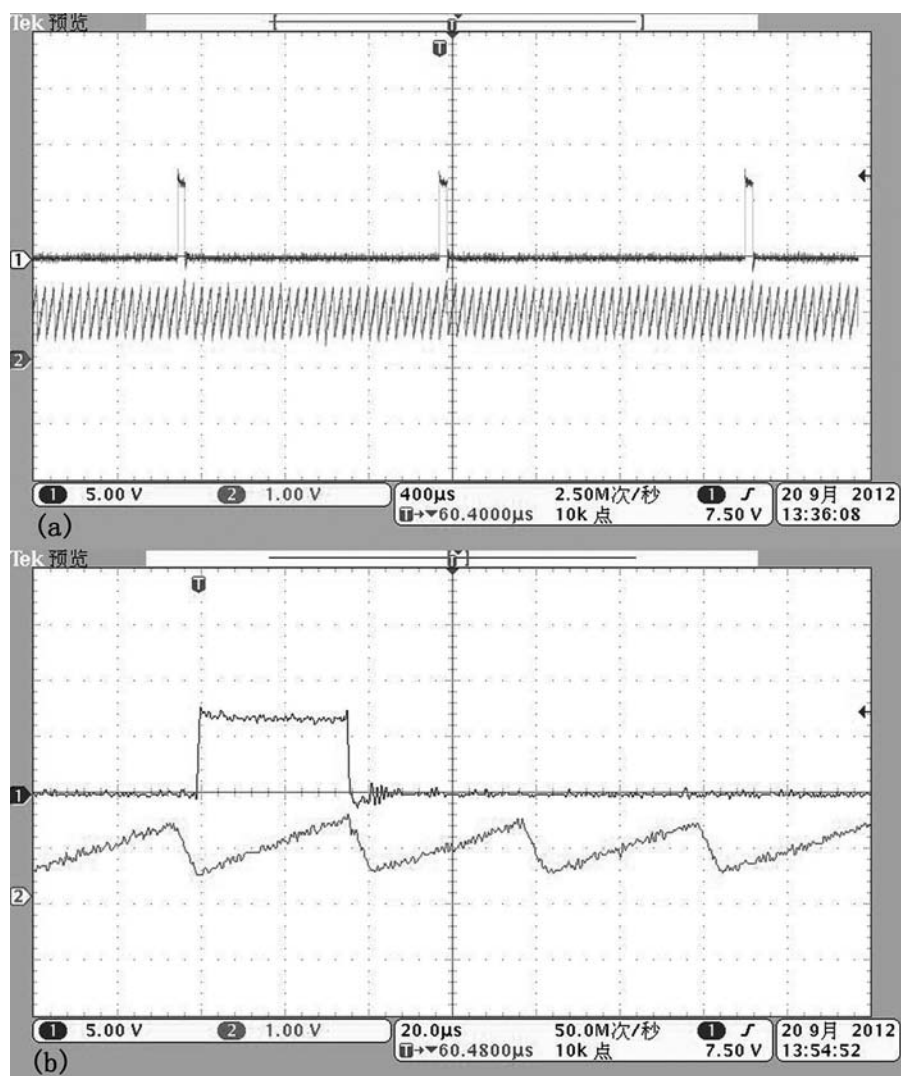
在 $t_3 \sim t_4$ 阶段, V_c 为下降阶段, V_g 变为低电平, 开关管 Q_1 关断, 电感 L_1 中的电流开始下降 (释放能量), 并为输出电容 C_2 充电, 导致输出电压上升。

$t_2 \sim t_5$ 阶段可以被看作是电路工作稳定后的一个周期。设其为 T' , $t_2 \sim t_3$ 为 T_{on} , $t_3 \sim t_4$ 为 T_r , 输出负载电阻为 R_o , 电感 L_1 的电感量为 L , 则输出电压为 [10]

$$V_o = V_{in} \sqrt{\frac{(T_{on} + T_r) R_o T_{on}}{2 T' L}} \quad (2)$$

3 实验与测试

我们根据以上分析制得一台样机, 其输入电压为 9 V, 输出电压为 320 V, 输出电流为 1 mA。图 6 所示为该样机稳定工作时, 用示波器测得的输出电压波形 (缩小 500 倍) 与开关管 Q_1 栅极的工作波形。其中, 蓝色波形 1 为开关管 Q_1 栅极的工作波形, 其“打嗝”周期约为 850 μ s; 红色波形 2 为输出电压波形。从图 6 中可以看出, 由于输出电流较小, 输出电压平稳, 纹波小, 可以稳定、可靠地为火焰传感器提供所需的工作电压。图 7(a) 为开关管 Q_1 栅极的工作波形和电容 C_1 两端的电压波形。其中, 蓝色波形 1 为开关管 Q_1 栅极的工作波形; 红色波形 2 为电容 C_1 两端的电压波形。图 7(b) 为图 7(a) 的放大波形图。可以看出, 开关管 Q_1 按照定占空比、跳周期的“打嗝”方式工作, 即工作一个周期后, 在数个周期内停止工作。通过这种工作模式, 不仅可以使这种升压电路不受传统 boost 升压电路升压比低的限制, 而且还可降低对输出电感的要求, 有效降低了成本和体积。该电路的输出电流

图 6 输出电压波形与开关管 Q_1 栅极的工作波形图 7 (a) 开关管 Q_1 的工作波形; (b) 放大波形

(下转第 48 页)