

〈微光技术〉

一种 16 mm 微光像增强器电源 MCP 高压调控电路设计

智 强^{1,2}, 倪小兵², 延 波^{1,2}, 杨 眯^{1,2}, 李军国², 姚 泽²

(1. 微光夜视技术重点实验室, 陕西 西安 710065;

2. 北方夜视科技集团有限公司, 云南 昆明 650223)

摘要: 16 mm 微光像增强器电源是 16 mm 微光像增强器的重要组成部件, 为像增强管提供阴极、微通道板 (MCP)、屏极提供所需的工作电压, 实现像增强器的自动亮度控制 (ABC) 和阴极保护功能。本文通过对 16 mm 微光像增强器 MCP 高压的控制方式进行分析研究, 利用开关器件隔离控制功能实现 MCP 高压的动态调控, 设计一种满足小体积电源需求的 MCP 高压调控电路。

关键词: 微光像增强器; 开关器件; MCP 高压调控

中图分类号: TN223 文献标识码: A 文章编号: 1001-8891(2017)06-0564-03

Design of a 16mm Image Intensifier MCP High Voltage Power Control Circuit

ZHI Qiang^{1,2}, NI Xiaobing², YAN Bo^{1,2}, YANG Ye^{1,2}, LI Junguo², YAO Ze²

(1. Science and Technology on Low-Light-Level Night Vision Laboratory, Xi'an 710065, China;

2. North Night-Vision Science &Technology Group Corp., Ltd., Kunming 650223, China)

Abstract: 16 mm image intensifier power supply is an important part of 16 mm LLL image intensifier, which provides working voltage for image intensifier Cathode, MCP, Anode respectively to achieve automatic brightness control(ABC) and image intensifier cathode protection. This paper designs an MCP high voltage control circuit with a small volume meeting the power supply demand through the 16 mm LLL image intensifier MCP high voltage control mode analysis, using switch device isolation control function to attain dynamic control of MCP high voltage,.

Key words: image intensifier, switch device, MCP high voltage regulation

0 引言

微光像增强器是微光夜视技术的核心器件, 是一种能够探测二维弱光图像的光电器件, 它扩大了人眼的视觉功能, 把黑暗条件下人眼看不清或看不见的图像, 通过增强转换成人眼可见的图像^[1]。

微光像增强器主要由微光像增强管和微光像增强器专用电源构成, 其中微光像增强管实现器件的光电转换、电子倍增和成像, 微光像增强器专用电源为微光像增强管提供必要的供电电压和实现控制功能^[2]。

16 mm 微光像增强器是在超二代技术基础上开发的新产品, 是为适应士兵单兵武器系统而新开发的小型化微光夜视器件, 他的主要目的是为单兵提供小体积、重量轻的夜视器件, 并适应大视场微光

夜视仪对视场拼接时的需要。向着这一方向, 国内外有关公司正在开发更小体积的像增强管, 如 14 mm、12 mm 等管型。像管尺寸的减小就意味着超二代像管电源不能满足更小尺寸的像管装配要求, 需要更简化的电路形式才能有效缩小电源尺寸, 满足需求。本文着手从超二代电源技术基础入手, 设计一种能够大幅度减小电源尺寸的 MCP 高压调控电路。

1 16 mm 电源基本原理

16 mm 电源主要为 16 mm 微光像增强器提供高压供电以满足其工作要求, 如图 1 所示, 图 1 上半部分为像管的简单组成; 图 1 下半部分为 16 mm 电源的核心电路模块。

16 mm 电源主要由 DC/DC 转换电路、屏极倍压

收稿日期: 2016-08-20; 修订日期: 2017-05-10。

作者简介: 智强 (1982-), 男, 工程师, 主要从事电子学在微光夜视技术中的应用研究。E-mail: carefree1026@163.com。

电路、MCP 倍压电路、阴极倍压电路、MCP 电压调图 1 给出了 16 mm 电源功能实现所包含的基本电路模块及关系。

2 MCP 高压调控

MCP 是微光像增强器的核心部件, 对微光像增强器的增益起着至关重要的作用, 因此 MCP 电压调控电路对微光像增强器的增益调节控制起到关键作用^[3-4]。由于 MCP 电压是几百甚至上千伏的可调高压, 而电路控制信号是 1V 左右的低压电信号, 这就需要进行隔离控制。传统控制方式是利用一组振荡电路来实现电压调控及高压隔离控制。这种控制方式负载能力强, 进行电压调控是不会干扰其他控制电路, 但是电路复杂, 所占空间较多, 不能满足小型化发展趋势的要求。16 mm 微光像增强器所用电源体积远小于传统超二代电源尺寸, 因此现有电路结构已经不能满足装配需求。考虑到电源电路中采用的变压器及倍压结构难以更改, 因此只能从电源控制电路入手解决。本文从 MCP 高压控制电路入手, 通过改变电压调控方式减小电路体积, 达到小体积电源装配需求。

控电路、负反馈电路、振荡电路、保护电路等组成。

3 实现方案

电源电路设计过程中采用一组变压器振荡电路实现阴极、MCP、屏极的 DC/DC 电压转换。DC/DC 转换电路如图 2 所示, 采用了微光电源普遍采用的推挽式振荡方式^[5], 图 1 中 TR1 的 1、2、3 引脚构成低压主振荡绕组; 5、6、7 引脚构成低压辅助振荡绕组; 10、11 引脚构成阳极高压振荡绕组; 9、12 引脚构成阴极关闭电压振荡绕组; 4、12 引脚构成阴极开启电压振荡绕组; 8、12 引脚构成 MCP 电压振荡绕组。倍压电路如图 2 所示, 采用微光电源普遍采用的信克尔倍压(并联倍压)方式^[6], 将交流信号转换为直流高压信号。

本文通过使用高耐压光耦器件实现隔离控制, 通过对倍压电路输出的直流高压进行控制来实现 MCP 高压的可调控制。由一个高变比变压器提供一个交流电压输入给 MCP 倍压模块, 通过倍压模块输出一个直流高压, 利用开关元件控制输出大的直流高压。从

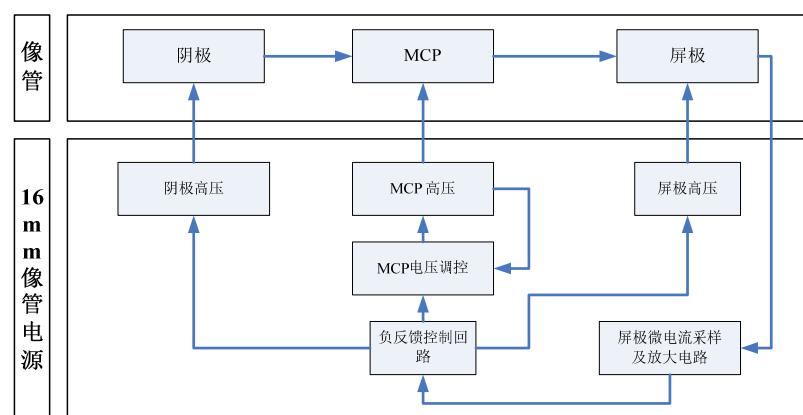


图 1 基于 16 mm 电源基本工作原理框图

Fig.1 Block diagram of basic working principle of 16 mm power supply

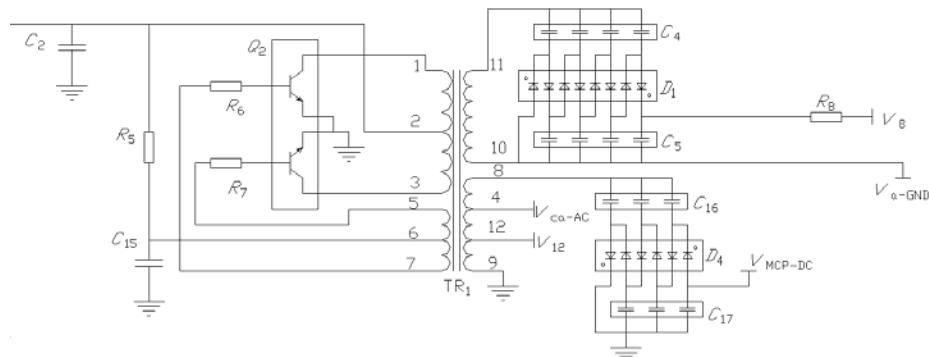


图 2 DC/DC 转换电路与倍压电路

Fig.2 DC/DC conversion circuit and voltage doubling circuit

开关元件输出端取样建立负反馈电路，通过对负反馈电路的控制调整实现开关元件的导通程度的控制，以达到对 MCP 电压的控制。为保证控制范围需求和电路可靠性的要求，光耦输入采用并联方式以保证 MCP 电压的控制灵敏度，如图 3 所示。

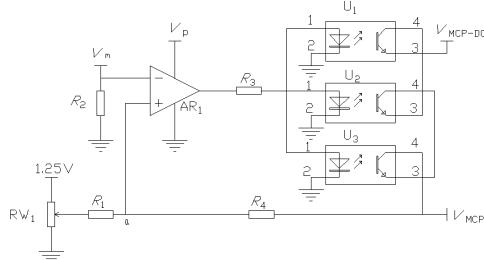


图 3 MCP 电压调控电路

Fig.3 Voltage regulation circuit of MCP

本电路中采用了 TOSHIBA 生产的型号为 TLP174 的光电隔离器件，实现了低压对高压的有效控制。因 TLP174 单只光耦输出端耐压为 400 V，而 MCP 电压调控对光耦耐压要求达到 1000 V，为了电源的可靠性，3 只光耦输出采用串联方式，如图 3 中所示；光耦输入控制电压一般为 1.2~1.4 V，如果采用串联方式，则超出的电源主供电电压范围，故输入采用并联方式。

通过对光耦输出电压进行取样，反馈回运放同向端与反向端屏极取样信号进行比较，可以得到一个随屏极亮度变化而改变的控制信号，通过控制信号对光耦进行控制来实现 MCP 电压随亮度变化的调节。

MCP 电压调控电路由图 3 中 U_1 、 U_2 、 U_3 、 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 AR_1 构成，其 U_1 、 U_2 、 U_3 三只光耦串联连接，通过与运放 AR_1 输出连接的电阻 R_3 控制 3 只光耦内部的光电二极管，实现低压对 MCP 高压的控制； R_1 、 R_4 串联将 MCP 输出电压 (V_{MCP}) 直接分压，反馈到运放 AR_1 的同相端，形成负反馈； RW_1 为 MCP 电压调节电位器，用于设定 MCP 输出电压值；1.25 V 为电路中的参考基准电压，经 RW_1 分压后，与负压反馈信号形成比较，实现对同向端的信号控制。

因电源电路中已经采用了 1.25 V 的基准，因此 AR_1 的同相端电压不会超过 1.25 V，选择 R_1 和 R_4 分压电阻时，其分压点电压不应超过 1.25 V；MCP 电阻通常在 80~200 MΩ，电路设计时为了不影响电源的负载性能，选择的分压电阻应该大于 MCP 负载，但分压电阻选择太大，取样电流太小，又会影响电路稳定性，因此选择了 500 MΩ 和 390 kΩ 的分压电阻，MCP

电压在 0~1000 V 变化时，其对应分压点电压为 0~0.78 V，小于 1.25 V 的设计要求； R_3 电阻选择，因运放最大输出电流为 5 mA，而输出电压为 2.0 V，故 R_3 阻值应该大于 $2.0\text{V}/5\text{mA}$ ，选择了常用的 1 kΩ 电阻。

通过搭建试验电路，最终实现通过调节 RW_1 使 MCP 输出电压能够在 0~1000 V 内进行调节。

4 结论

本文介绍了一种适用于小体积微光像增强器专用电源的 MCP 电压调控电路。通过采用 TOSHIBA 公司生产的型号为 TLP174 的光电隔离器件，实现低压信号对高压输出的电压控制。通过上述电路最终实现 MCP 高压在 0~1000 V 的调节范围，

采用本文电路在满足电源电压调控功能的同时，极大地减小了电路的尺寸，建立了微光源小型化的技术基础，为微光像增强器拓展小型化和大视场功能提供技术前提。

参考文献：

- [1] 向世明. 现代光电子成像技术概论[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2010: 153-161.
- [2] XIANG Shiming. *Introduction to Modern Photoelectron Imaging Technology*[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology press, 2010: 153-161.
- [3] 郭晖, 向世明, 田民强. 微光夜视技术发展动态评述[J]. 红外技术, 2013, 35(2): 63-68.
- [4] GUO Hui, XIANG Shiming, TIAN Min-qiang, et al. A review of the development of low-light night vision technology[J]. *Infrared Technology*, 2013, 35(2): 63-68.
- [5] YANG Ye, ZHI Qiang, YAN Bo, et al. Auto-gated power supply for low-light level image[C]//SPIE, 2013, 8912: 212-220
- [6] Litton Systems, Inc. Night Vision Device Having an Image Intensifier Tube, Microchannel Plate and Power Supply for Such an Image Intensifier Tube, and Method:U.S.Patent#6087649[P][2000-06-11].
- [7] 王俊强. 像增强器用微型高压电源[J]. 光子学报, 1999, 28(2): 264-266.
- [8] WANG Junqiang. The mini high voltage power for image amplifier[J]. *Acta Photonica Sinica*, 1999, 28(2): 264-266.
- [9] 温伟峰, 王伟, 张登洪. 像增强器高压倍压电路的设计与仿真研究[J]. 计算机仿真, 2009, 26(7): 343-346.
- [10] WEN Weifeng, WANG Wei, ZHANG Dengehong, et al. Design and realization of multiple-voltage rectifier used in image intensifier[J]. *Computer Simulation*, 2009, 26(7): 343-346.