

Design and Manufacture of Digital Electronic Ballast for Metal Halogen Lamp

Feifeng Xia¹, Yuwen Bao², Liying Chai²

¹School of Physics and Electronic Technology, Hubei University, Wuhan Hubei

²School of Materials Science & Engineering, Hubei University, Wuhan Hubei

Email: 355683733@qq.com, 382923559@qq.com, 2764264930@qq.com

Received: May 20th, 2017; accepted: Jun. 3rd, 2017; published: Jun. 7th, 2017

Abstract

Metal halogen lamp is a new generation of green electric light source with high luminous efficacy. In this paper, a 250 W laboratory prototype is designed with two level topology, PIC chip as control circuit, half-bridge inverter circuit as driving circuit. And the design idea, working principle and test results are described. The final results show that the main technical indicators and environmental adaptability meet the design requirements, and the metal halogen lamp has the advantages of smooth start, constant power output, high efficiency, silent resonance and so on.

Keywords

Electronic Ballast, Metal Halogen Lamp, Digital Control

金卤灯数字电子镇流器设计与研制

夏飞凤¹, 鲍钰文², 柴荔英²

¹湖北大学物理与电子科学学院, 湖北 武汉

²湖北大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

Email: 355683733@qq.com, 382923559@qq.com, 2764264930@qq.com

收稿日期: 2017年5月20日; 录用日期: 2017年6月3日; 发布日期: 2017年6月7日

摘要

金卤灯是一种发光率很高的新一代绿色电光源, 本文以单片机PIC芯片为控制电路, 以半桥逆变电路为驱动电路, 采用两级电路拓扑结构, 设计了工作软件, 研发出了250W的金卤灯电子镇流器并且阐述了设计思路、工作原理、样机研制和测试结果。结果显示, 主要技术指标及环境适应性达到设计要求, 且

具有启动平稳、功率输出恒定、工作效率高，无声共振等优点。

关键词

电子镇流器，金卤灯，数字控制

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

金卤灯(Metal Halogen Lamp)是新一代高效电光源，具有优越的性能。传统的电感式镇流器不仅功率因数低，造成电能的浪费，而且亲“频闪”现象会对人体皮肤、眼睛及大脑神经系统造成损害。我们致力于解决传统电感式镇流器的这些问题，研究出功率因数高、无频闪、易实现调光控制并且工作效率高的金卤灯电子镇流器。我们采用 PIC 单片机芯片设计控制电路，以半桥逆变电路为驱动电路，根据金卤灯从启动到正常工作各个阶段不同的控制模式，设计了工作软件，研发出 250 W 的金卤灯电子镇流器。该电子镇流器主要技术指标及环境适应性均达到设计要求。

2 工作原理

金卤灯用电子镇流器工作原理如图 1 所示，电路采用两级拓扑结构[1]。前一级是功率因数校正(APFC)电路，其作用是产生恒定的 400 V 电压，提高电子镇流器功率因数和电磁兼容性，降低电流谐波。后一级是高频逆变电路，它由半桥逆变电路、控制芯片和谐振回路组成。其作用是产生高频方波电压，该电压通过选频回路加在金卤灯上，又通过电流取样和芯片控制来实现电子镇流器恒流、恒功率调节，图 1 为电子镇流器两级拓扑结构原理图。

3. 主要电路设计

3.1. 功率因数校正电路

图 2 为功率因数校正电路[2]，MC33262 控制芯片产生的方波脉冲，通过 7 脚控制功率管 Q1 的导通与断开，当 Q1 管导通时，续流二极管 D8 反偏，整流后电流通过升压电感 T1、Q1、采样电阻 R11 形成回路，升压电感电流线性增加、储能，当电感电流达到峰值电流 I_m 时，Q1 关断，由于电感电流不能突变，它所产生的感应电势阻止电流减小，电势的极性相反，续流二极管 D8 导通，电感中储存的能量通

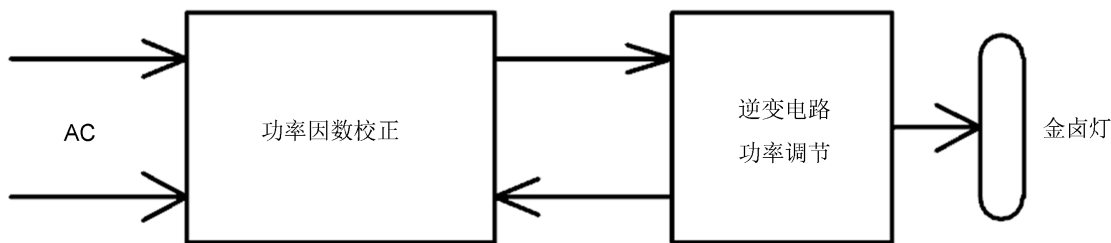


Figure 1. Two level topology structure
图 1. 两级拓扑结构原理图

过 D6 流入电容 C21、C22 并提供给负载。升压电感上的电流线性减小，直到减小到 0，当零电流检测器检测到电流为 0 时，控制 Q1 的开通，使升压电感的电流从 0 开始线性增加，又开始了新的开关周期。考虑到电子镇流器工作频率高，会产生电磁干扰，因此在工频 220V 输入端插入 EMI 滤波电路。

3.2. 逆变及点火电路设计

本课题电路设计采用半桥逆变电路[3]，点火电路为谐振点火电路[4]，具体电路如图 3 所示。其中 Q1、Q3 构成半桥逆变电路，在两个互补脉冲驱动下交替工作，完成逆变，R17、R18、C24、C25 构成软开关，降低功率管功耗。L4、C28、C29 构成谐振点火电路，逆变电路产生的脉冲，通过 C26、C27 耦合至谐振回路，当逆变脉冲频率接近谐振回路的频率时，发生谐振，产生高压，金卤灯被击穿，完成点火，

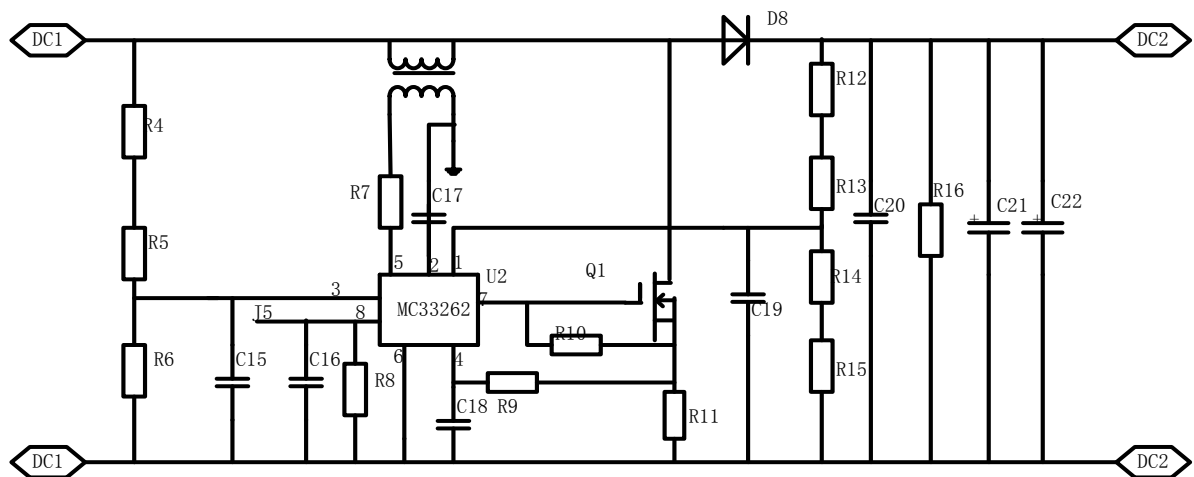


Figure 2. Power factor correction circuit

图 2. 功率因数校正电路

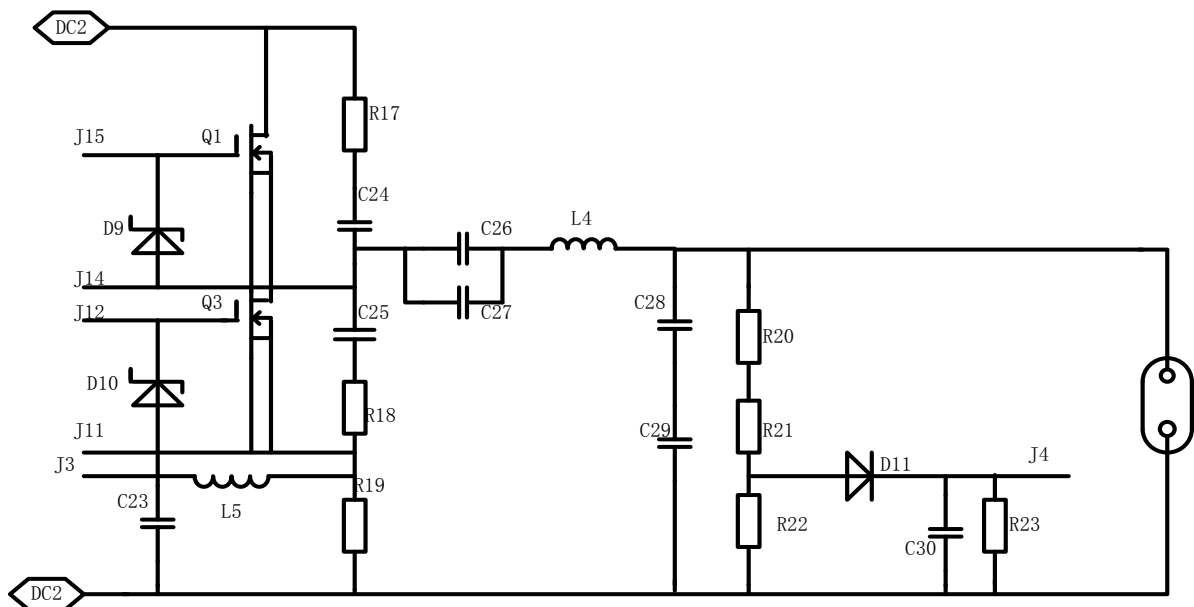


Figure 3. Inverter circuit and ignition circuit

图 3. 逆变及点火电路

当金卤灯正常工作时，灯管两端电压通过 R20、R21、R22 分压采样，此电压采样信号再经过 D11、C30 整流滤波之后，送入运算放大器的输入端。电路中 R19 用于电流采样，经 L5 整流，C23 滤波之后，将电路工作电流转化为电压信号，送入电流采样输入端。

3.3. 主芯片控制电路

电子镇流器芯片控制电路如图 4 所示，核心的控制电路采用芯片 PIC16F690 [5]，PIC^5 为脉冲输出端，内部调制输出的脉冲经过驱动电路后驱动功率管。PIC^7 为电流检测输入端，用于恒功率控制，PIC^8 为电压二次采样输入端，用于点火电压的检测，PIC^9 为电压一次采样输入端，芯片 2 脚与 3 脚之间接 20MHz 晶振。

4. 软件设计

软件设计的关键是根据金卤灯从启动到正常工作各个阶段不同控制模式，确定模式转换，控制变量变化的转折点。选择合理的控制量，使得电子镇流器的输出特性与金卤灯的动态特性相匹配。触发灯时，逆变电路必须提供一个高压脉冲，用于击穿灯管点火，设定一个电压基准变量值，通过电压检测来判断是否触发电点火。判断灯是否触发最重要的标志是金卤灯动态电流的变化，可通过设定电流门坎来判别。一旦检测灯已经触发，数字控制器开始调节灯电流，此阶段灯电流的大小决定灯到达稳定状态的时间，电流越大，灯越容易进入稳态。这个期间根据灯电压变化设定不同的控制电流和功率。灯进入稳态工作时，设定功率基准，进行功率反馈模式，使灯保持在恒功率下工作。DC/AC 电路的驱动方波是采用中断的方式分别由两个 I/O 口产生，I/O 口产生的方波经驱动电路进行隔离放大产生互补的两个波形去驱动半桥逆变电路的功率管。基于上述软件设计思想，本课题设计的金卤灯电子镇流器软件流程图如下图 5 所示。

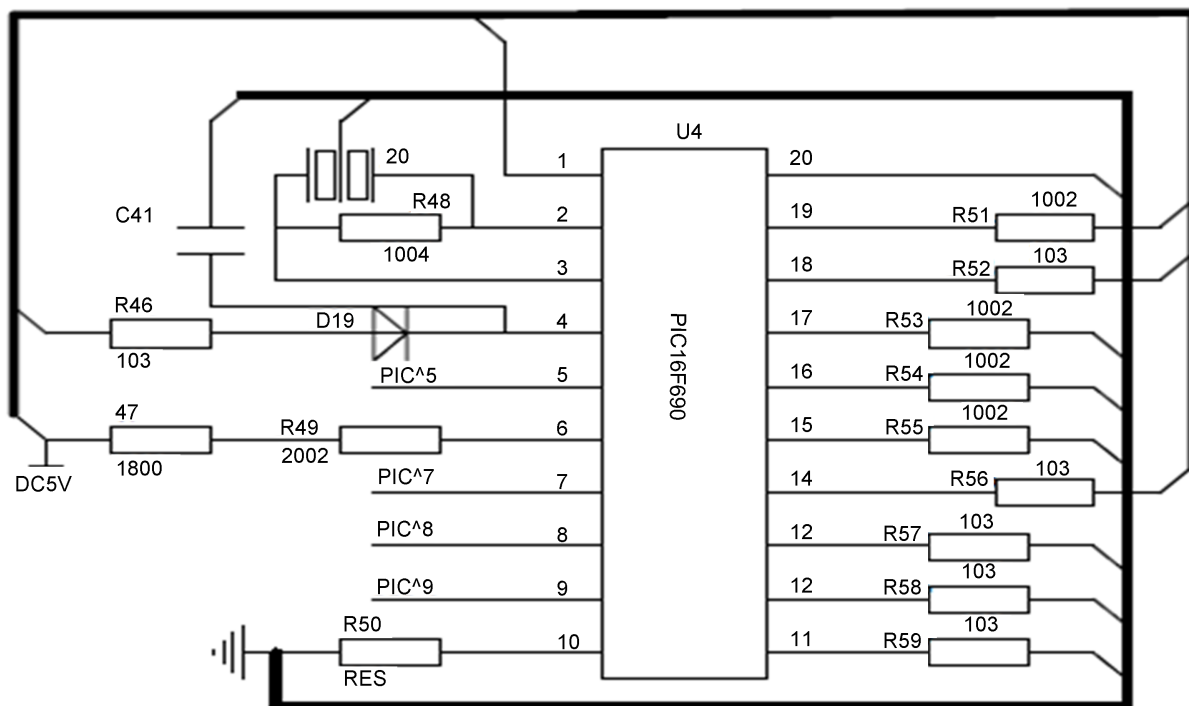


Figure 4. Chip control circuit
图 4. 芯片控制电路

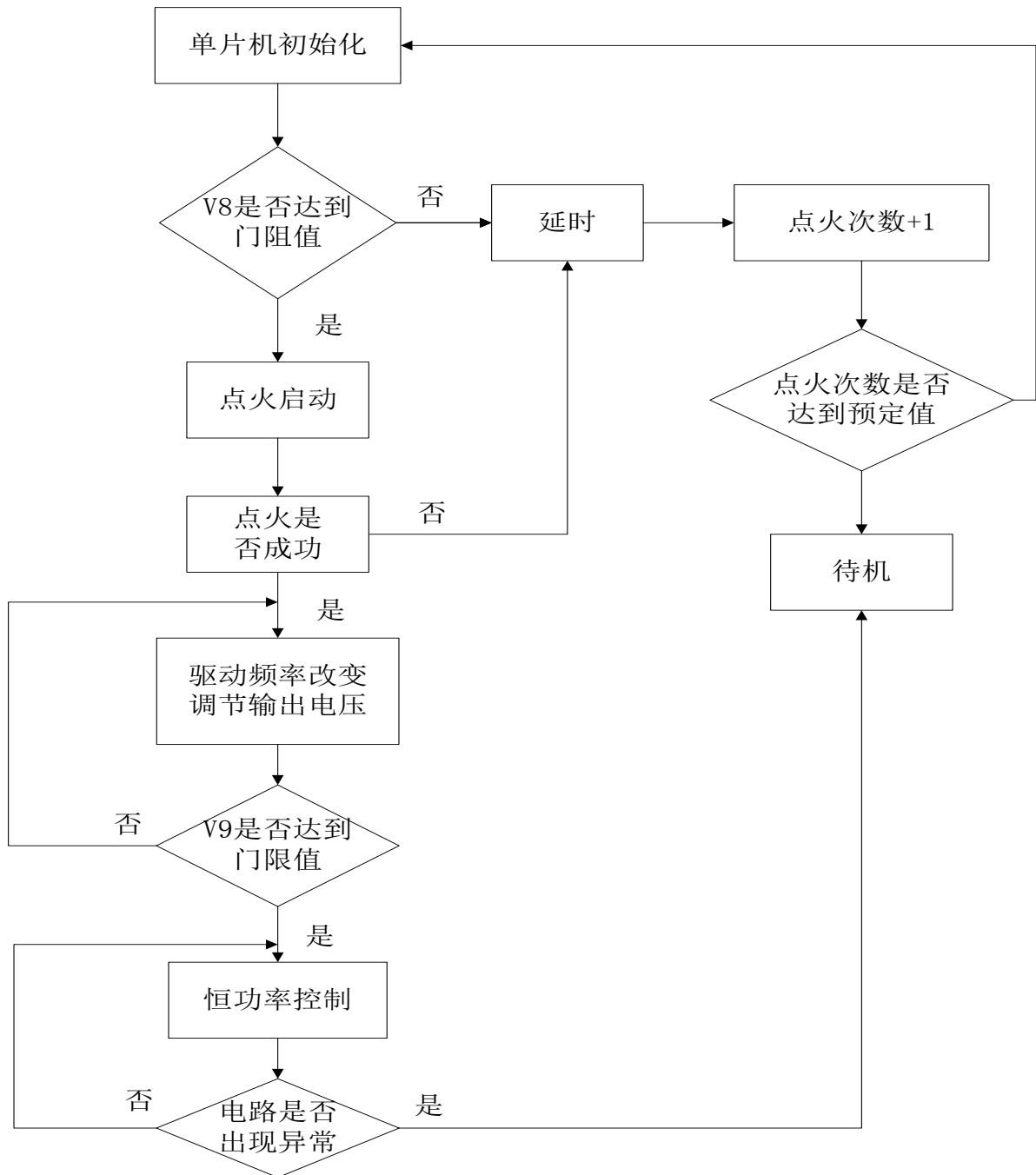


Figure 5. Main program flow chart

图 5. 主程序流程图

5. 样机测试结果

本课题设计了 PIC 控制的 250W 金卤灯电子镇流器，制作了样机，接入 220V 市电进行了测试。如图所示，图 6 是 APFC 电路输入电压波形，图 7 是 APFC 电路输出电压波形，谐波含量小于 10%。图 8 为单片机输出波形，频率为 83KHz。图 9 为电子镇流器正常工作时功率管栅极驱动波形，幅值及频率均符合设计要求。整机在市电下工作，输入电压 220V，输入电流 1.23A，整机效率达 92.3%。

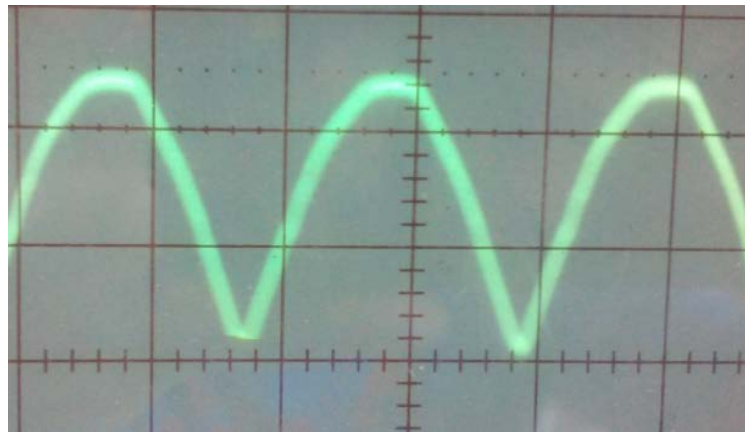


Figure 6. APFC input waveform
图 6. APFC 输入端波形

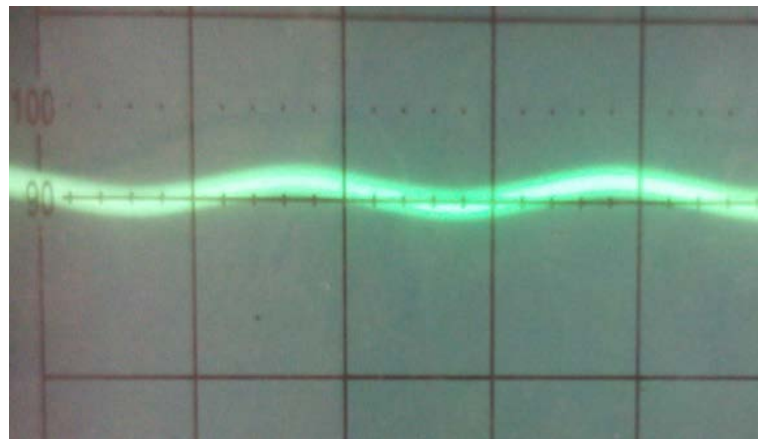


Figure 7. APFC output waveform
图 7. APFC 输出谐波

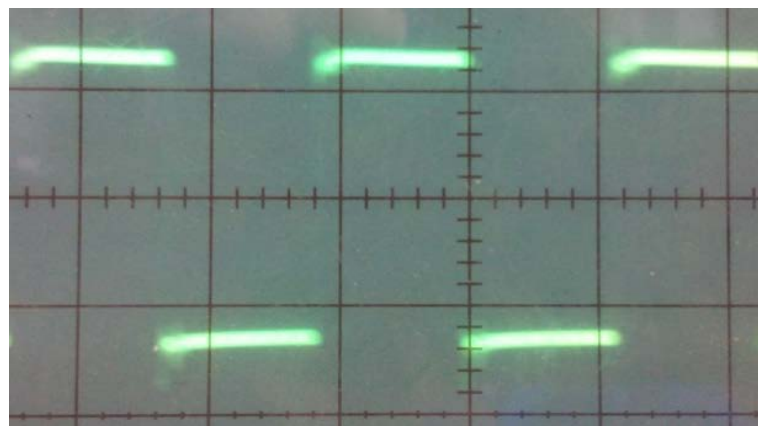


Figure 8. PIC output waveform
图 8. 单片机输出波形

6. 结论

本课题在对电子镇流器的相关技术进行深入分析的基础上，研制出了一种 250W 的金卤灯的电子镇

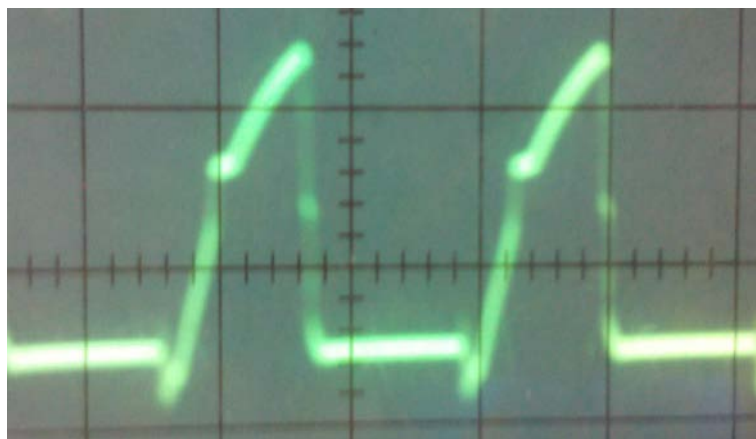


Figure 9. PIC driving waveform

图 9. 工作时驱动波形

流器，主要完成了以下几个方面的工作：

1) 对功率因数校正电路的研究。本文分析了电子镇流器的有源因数校正技术，并设计了以 MC33262 控制芯片作为功率因数校正电路原理图。

2) 对全桥逆变电路和点火电路的研究。本文设计了半桥逆变电路，两个 MOS 管在两个互补脉冲驱动下交替工作，完成逆变，逆变产生的脉冲通过耦合至谐振回路，产生谐振完成点火，实现电子镇流器恒流、恒功率调节灯。

3) 对触发和保护电路的研究。本文设计了基于 PIC16F690 单片机控制的电子镇流器的触发和保护电路，PIC16F690 单片机芯片，能够通过软件的控制，在金卤灯开路或者短路，电压过高或者温度过高时，可以有效地保护电子镇流器。

本课题研制的电子镇流器，采用 PIC16F690 控制，以半桥逆变电路为驱动电路，电路采用两级拓扑结构，设计了工作软件，研发出 250W 的金卤灯电子镇流器。通过样机测试，主要技术指标及环境适应性达到设计要求，且具有金卤灯启动平稳、功率输出恒定、工作效率高，无声共振等优点。

参考文献 (References)

- [1] 牛静霞, 杨之阳. 金卤灯二级拓扑电子镇流器控制策略的研究[J]. 电子世界, 2013(22): 109.
- [2] 张德春. 电子镇流器的全电路参数优化设计[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安石油大学, 2013.
- [3] 蒋胜勇, 胡春元, 彭泽椿, 姚木有. 一种半桥逆变电路节能灯闪烁的原因探析[J]. 中国照明电器, 2015(10).
- [4] 管乐诗, 王懿杰, 等. 基于临界模式 Boost 电路与 LLC 谐振电路的单级交直变换器[J]. 电工技术学报, 2016, 31(11): 41-50.
- [5] Microship Technology Inc. 芯片 PIC16F690 中文资料.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：oe@hanspub.org