

基于UC3842的反激式开关电源设计与仿真

张俊皓, 杨晓冬, 刘谢玉, 徐 壮

盐城工学院电气工程学院, 江苏 盐城

收稿日期: 2023年4月4日; 录用日期: 2023年5月24日; 发布日期: 2023年5月31日

摘 要

本文介绍了一款反激式开关电源, 采用电流型PWM芯片UC3842进行控制。首先, 简要介绍了开关电源的工作原理和反激变换器的工作原理; 然后, 详细讨论了设计过程, 包括在整流滤波电路、变压器设计、电压反馈电路设计、PWM控制电路设计等; 最后, 利用Multisim软件进行电路仿真模型的搭建, 可以实现24 V稳定电压的输出, 输出电压约3 ms保持稳定。验证了设计的正确性, 为今后类似电源设计和优化提供了参考。

关键词

UC3842, 反激式开关电源, 电路设计与仿真

Design and Simulation of Flyback Switching Power Supply Based on UC3842

Junhao Zhang, Xiaodong Yang, Xieyu Liu, Zhuang Xu

School of Electrical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu

Received: Apr. 4th, 2023; accepted: May 24th, 2023; published: May 31st, 2023

Abstract

This article describes a flyback switching power supply that is controlled by a current-type PWM chip UC3842. Firstly, the working principles of switch power supply and flyback converter are briefly introduced. Then, the design process is discussed in detail, including rectification and filtering circuit, transformer design, voltage feedback circuit design, and PWM control circuit design. Finally, using Multisim software, a circuit simulation model is built, which can achieve a stable output of 24 V voltage, and the output voltage can be kept stable for about 3 ms. The correctness of the design is verified, which provides a reference for similar power supply design and optimization in the future.

Keywords

UC3842, Flyback Switching Power Supply, Circuit Design and Simulation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着现代电子设备对高效、小型、轻量化电源的需求不断增加，反激式开关电源作为一种高效、可靠、适应性强的电源形式，越来越广泛地应用于计算机、通信、工业控制、航空航天、医疗等领域。开关电源是一种将电能转换为所需电压或电流输出的电源，其工作原理是通过开关元件周期性地开关，将输入电压转换为高频脉冲信号，再经过滤波，调节等环节得到稳定的输出电压或电流[1]。反激式开关电源是一种常用的设计，常用于小型化设计和小功率场合。

目前，对反激式开关电源的研究主要集中在小型化、高可靠性、低电磁干扰以及探索新型拓扑结构和控制策略等方面。文献[2]将开关电源反馈回路的补偿设计与控制理论相结合，通过补偿网络来保证系统输出的稳定，选用反激变换器，设计多个输出端，输出稳定且范围可调；文献[3]针对目前对电路效率要求越来越高，基于 UC3842 设计了一款 AC-DC 开关电源，设计电路具有纹波小、效率高的优点。

反激式开关电源中常用的 PWM 控制器 UC3842 芯片，以其精密的电压稳定和高效的电源控制而备受关注。本文利用 UC3842 电流型脉宽调制芯片设计了一种开关电源，旨在稳定输出电压的同时，防止原边电流过高。通过调节可调电阻的参数，可以实现对输出电压的调节。

2. 开关电源基本工作原理

开关电源是利用开关变换器作为关键元件，采用闭环自动控制来保持输出电压稳定的电源[4]。开关电源的总体设计框图如图 1 所示，电路主要有输入整流滤波电路、功率开关管、高频变压器、输出整流滤波电路、PWM 控制电路及电压反馈电路等部分构成[5] [6] [7]。

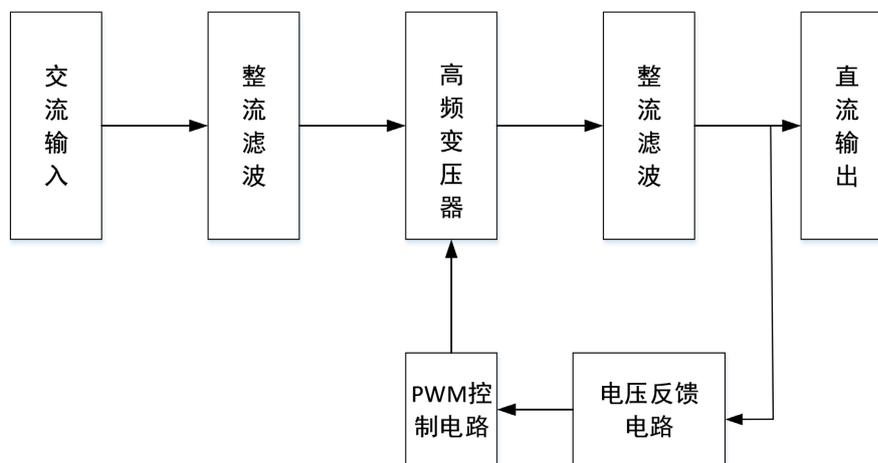


Figure 1. Block diagram of switching power supply system

图 1. 开关电源系统框图

主要工作原理如下：输入整流器将交流电压转换为脉动的直流电压，然后由平滑电容器过滤以去除交流纹波。开关管随后快速开关以生成高频方波，该方波馈送到变压器。变压器按需升压或降压，输出整流器将高频交流电压转换回可用于供电负载的直流电压。通过控制开关管导通、关断时间，从而达到稳压的目的[8] [9]。

开关电源输入输出参数如表 1 所示：

Table 1. Input and output parameters of switching power supply
表 1. 开关电源输入输出参数

输入电压	AC85V-AC264V
输出电压	DC24V
PWM 芯片	UC3842 芯片
工作频率	50 KHz
输出纹波电压	≤ 200 mV

开关变换器采用反激式拓扑结构，该结构的核心元件是 MOS 管和高频变压器。其拓扑结构如图 2 所示。通过调节 MOS 管的导通/关断时间，可以实现输出恒定电压。

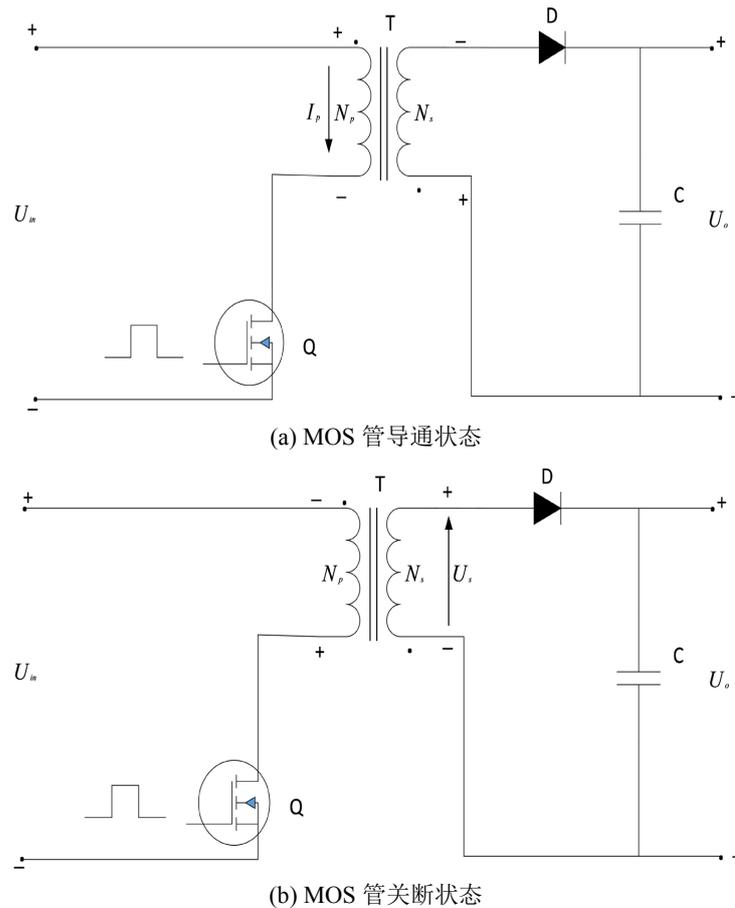


Figure 2. Flyback switching power supply topology structure
图 2. 反激式开关电源拓扑结构

3. 电路设计与参数选择

3.1. 整流滤波电路设计

电路中的交流电通过桥式整流电路变为直流电，并经过 C 组成的滤波电路，最终输出约 310 V 的直流电，整流滤波电路如图 3 所示。

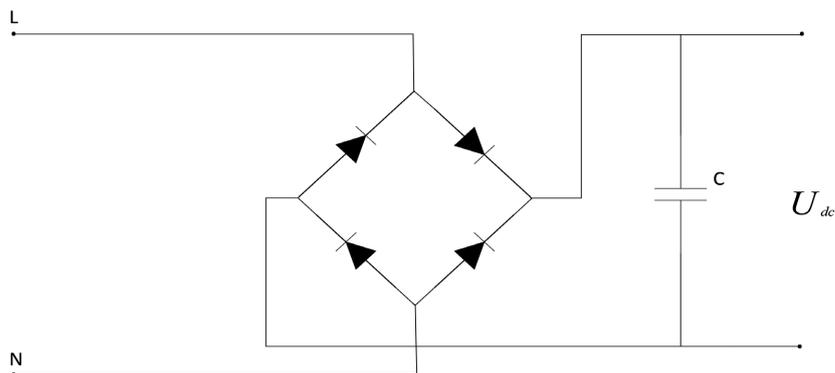


Figure 3. Rectifier filter circuit
图 3. 整流滤波电路

3.2. 功率变换电路

功率变换电路是开关电源变换的主要组成部分，包括高频变压器和 RCD 钳位电路。高频变压器用于将输入的直流高压转换成所需的电压和电流等级，而 RCD 钳位电路则用于限制开关管的电压和电流，保证开关管正常工作并防止过电压和过电流等危险情况发生。

在功率变换电路中，直流高压被斩波调制，这意味着输入信号的大小和方向会被不断地切换，以便实现所需的输出。这种技术被广泛应用于各种电子设备中，例如计算机、手机、电视等等，能够有效地将高压直流电源转换成适合设备使用的低电压直流电源。

电路原理图如图 4 所示，其提供了电路中各个组成部分的连接方式和信号传输路径。

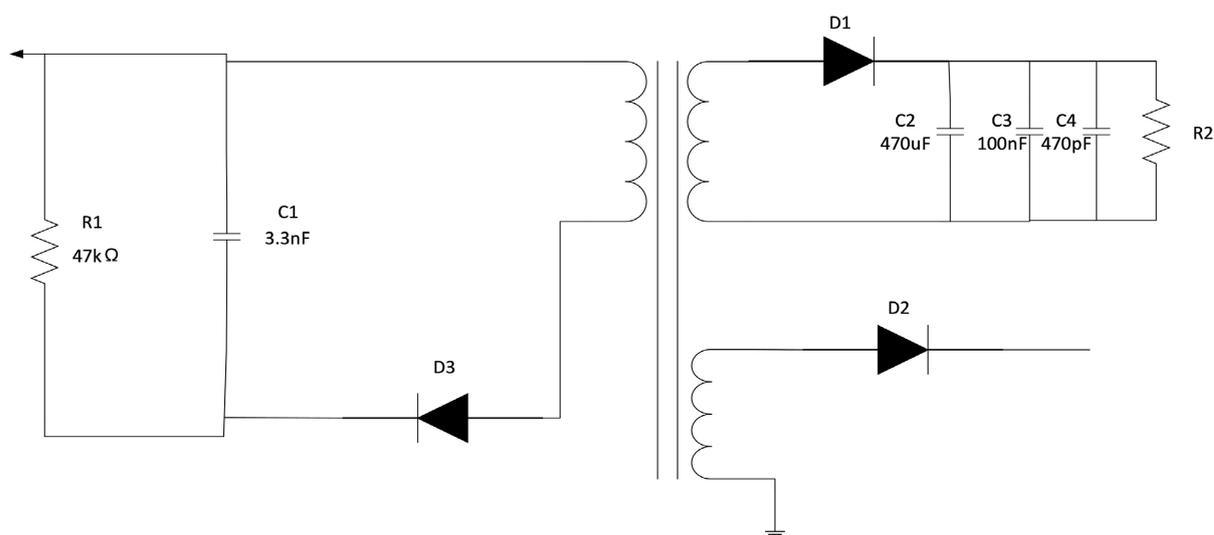


Figure 4. Schematic diagram of power conversion circuit
图 4. 功率变换电路原理图

3.2.1. 变压器设计

变压器是一种利用互感现象来传递能量或信号的器件，可以将输入信号的电压、电流和功率等参数转换为所需的输出参数。本文中，变压器的主要作用是隔离输入和输出，并实现电压变换。设计一款单路输入双路输出的变压器，为了提高仿真时间，工作频率选择 50 KHz，输出电压为直流 24 V，变压器原副边和辅助绕组的匝数分别是 50、4、3。

通过这样的变压器参数设置，输入的高电压直流信号可以被转换成需要的低电压直流信号，同时也实现了输入输出之间的隔离。

3.2.2. RCD 钳位电路

RCD 钳位电路在反激式开关电源设计中起到抑制 MOS 管压力上升、限制 MOS 管开关过程中产生的高峰电压和电流的作用。在 MOS 管关闭的瞬间，由于负载电感分流产生的高电压会形成压力波，而 RCD 钳位电路可以将这个电压波形变为缓慢上升的斜坡形状，从而减小压力波对开关管的冲击，保护开关管不受损坏。

RCD 钳位电路由电阻、电容和二极管组成，其中电容用来滤波、限制电压上升速度，电阻用来消耗能量，二极管用来保护 MOS 管。

3.3. PWM 控制电路设计

本设计采用 UC3842 作为 PWM 控制芯片，图 5 是其内部结构图。

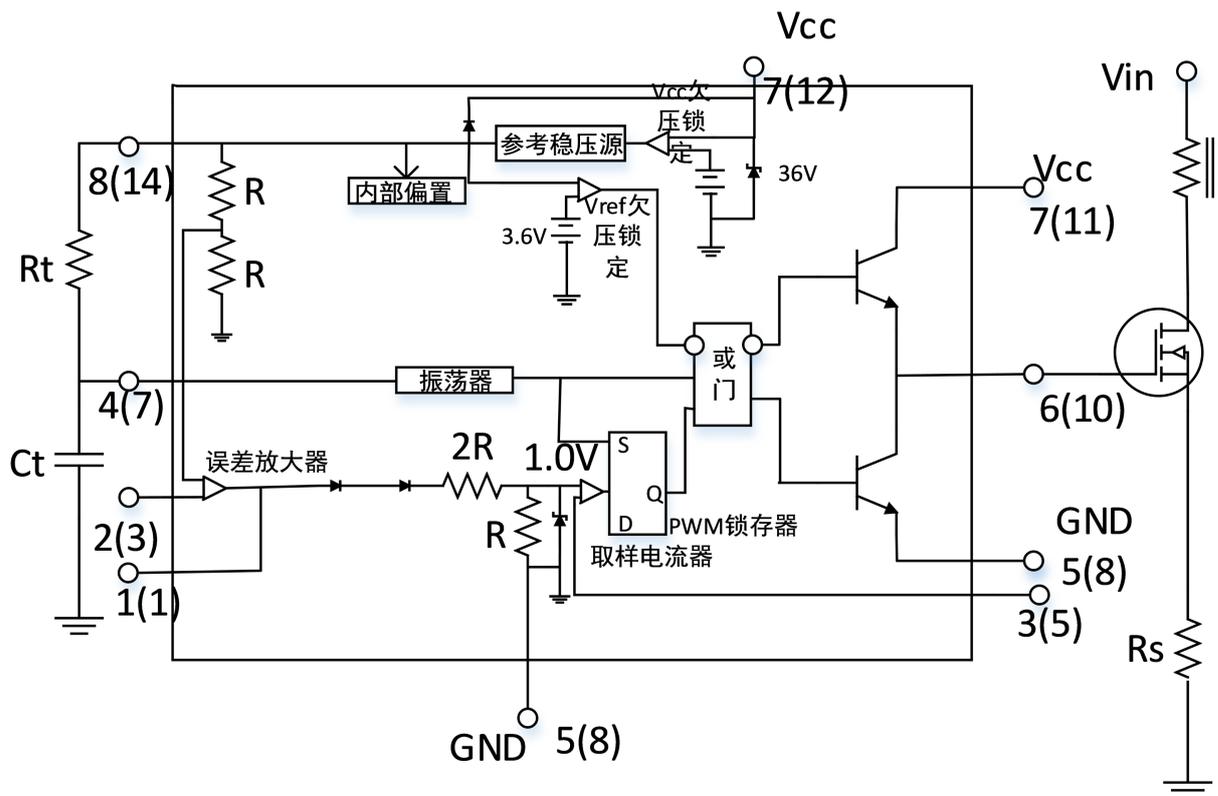


Figure 5. Internal structure diagram of UC3842

图 5. UC3842 内部结构图

UC3842 集成电路是一种在开关电源电路中驱动 MOS 管的理想器件，包括一个集成振荡器、误差放

大器、取样电流比较器、PWM 锁存器和图腾柱输出电路。

UC3842 集成电路具有电流反馈和电压反馈双闭环控制的特点，可以通过调整输入电压和电流的变化，实现电源电压和电流的稳定输出。此外，UC3842 集成电路具有高电压调整率和负载调整率，可以快速响应输入信号的变化，从而保持输出信号的稳定性。

UC3842 集成电路的 PWM 锁存器可以将误差信号转换成脉冲宽度调制(PWM)信号，通过控制 MOS 管的通断时间，实现对输出信号的调节。UC3842 集成电路还具有图腾柱输出电路，可以提供多种输出信号的选择，适用于不同的应用场景。

综上所述，UC3842 集成电路是一种功能强大、特性优异的器件，广泛应用于开关电源、逆变器、电机控制等领域。它可以通过双闭环控制和 PWM 技术，实现对输出信号的高精度控制和稳定输出。

UC3842 各个引脚及其功能表 2 所示：

Table 2. UC3842 pins and their functions

表 2. UC3842 引脚及其功能

引脚编号	引脚名称	功能描述
1	VS+	电源输入
2	VREF	参考电压输入
3	RTCT	外部时钟或内部振荡器调节引脚
4	COMP	误差放大器引脚
5	SENSE	电流传感器输入
6	VFB	反馈输入
7	GND	地线引脚
8	OUT	输出引脚

其中，VS+引脚是用于连接电源电压输入的引脚；VREF 引脚是连接参考电压输入的引脚，用于设置输出电压的基准值；RT/CT 引脚可以用作外部时钟输入，或用于内部振荡器的调节；COMP 引脚是误差放大器的输出引脚，用于控制 PWM 的占空比；SENSE 引脚是连接电流传感器的输入引脚，用于实现电流限制保护；VFB 引脚是用于连接反馈电路的输入引脚，用于控制输出电压；GND 引脚是地线引脚；OUT 引脚是输出引脚，可以控制开关管的开关状态。

3.4. 反馈检测电路设计

图 6 是电路反馈检测电路原理图，该电路采用 TL431 和线性光耦构成外部误差电压放大器，以达到稳压的目的。

已知 TL431 参考输入端电流约为 2 uA，为了避免电流影响分压比和消除噪声，通常取流过电阻 R_3 的电流为参考输入端电流的 100 倍以上可得：

$$R_3 < \frac{U_{ref}}{0.002 \times 100} = 12.5 \text{ k}\Omega \quad (1)$$

其中，参考输入电压 $U_{ref} = 2.5 \text{ V}$ 。选择标称值 $R_3 = 3.3 \text{ k}\Omega$ ，根据 TL431 的特性可以计算出 R_5 。

$$R_5 > \frac{U_{ref}}{0.002} = 1.25 \text{ k}\Omega \quad (2)$$

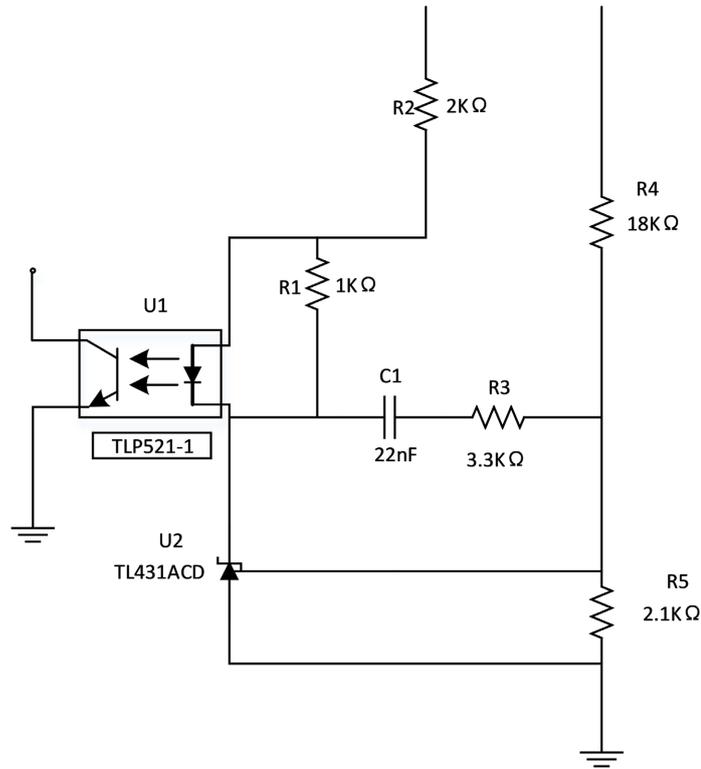


Figure 6. Schematic diagram of feedback detection circuit
图 6. 反馈检测电路原理图

选择标称值 $R_5 = 2.1 \text{ k}\Omega$ ，由式(3)可得 $R_4 = 18 \text{ k}\Omega$ 。

$$\frac{R_5}{R_4 + R_5} = \frac{U_{ref}}{U_o} = \frac{2.5}{24} \quad (3)$$

已知 TL431 工作电流 I_{ka} 范围为 1~150 mA，当 U_{ka} 在最低工作电压条件下 ($U_{ka} = U_{ref} = 2.5 \text{ V}$)， $I_{ka} = 1 \text{ mA}$ ，可得

$$R_2 < \frac{U_o - U_{ka}}{I_{ka}} = 21.5 \text{ k}\Omega \quad (4)$$

选择标称值 $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ 。通常情况下，线性光耦的电流传输比 CTR 范围为 0.8~1.6，当 CTR 取 0.8 时，流过发光二极管的最小电流为

$$I_{Dmin} = \frac{I_{CE}}{CTR} = 8.75 \text{ mA} \quad (5)$$

其中，线性光耦三极管集 - 射级电流 I_{CE} 经验值为 7 mA，由式(5)可得

$$R_1 < \frac{U_o - U_{ka} - U_D}{I_{Dmin}} = 2.331 \text{ k}\Omega \quad (6)$$

其中，发光二极管的正向压降 $U_D = 1.2 \text{ V}$ 。由于发光二极管所能承受的最大电流为 50 mA，因此

$$R_1 > \frac{U_o - U_{ka} - U_D}{I_{Dmax}} = 0.408 \text{ k}\Omega \quad (7)$$

综上所述，选择标称值 R_1 为 1 kΩ。

4. 开关电源 Multisim 仿真

本文选择 Multisim 仿真来验证开关电源的可行性。仿真电路图如图 7 所示。

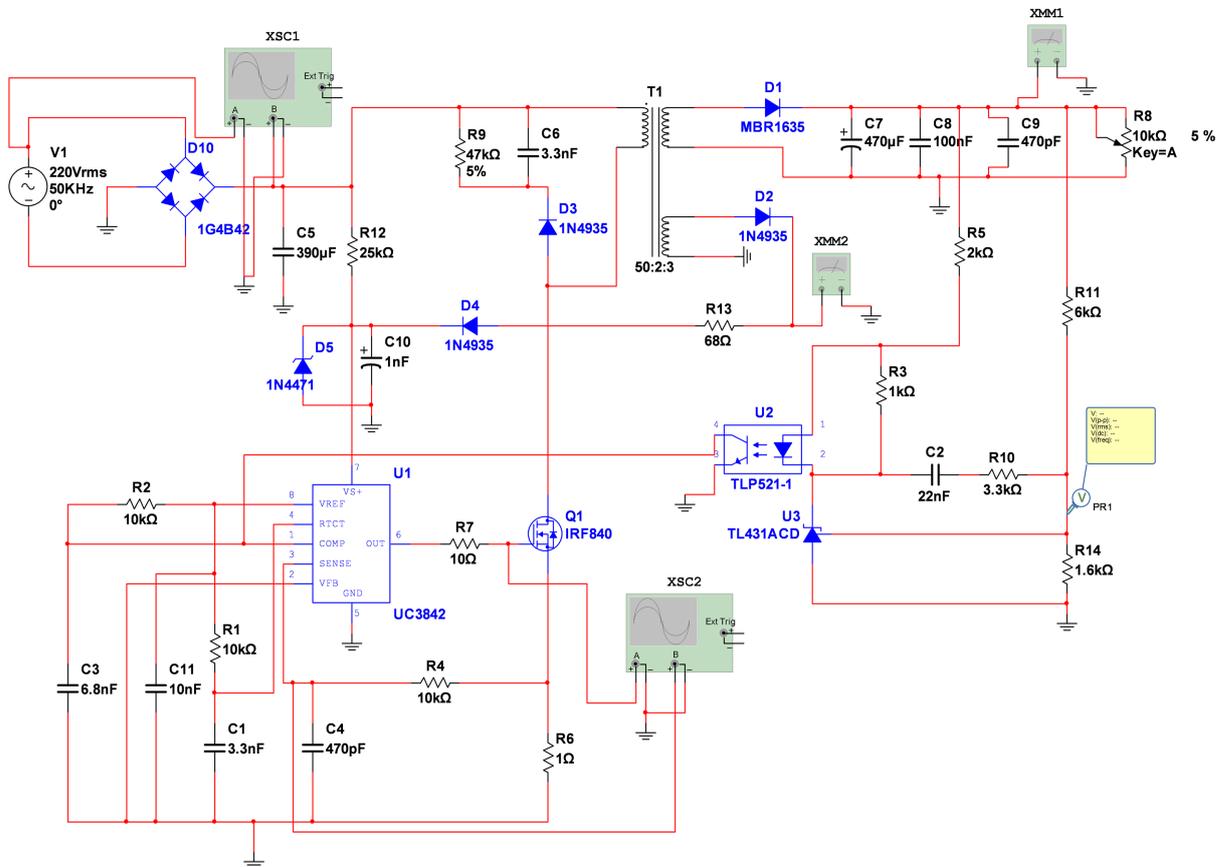
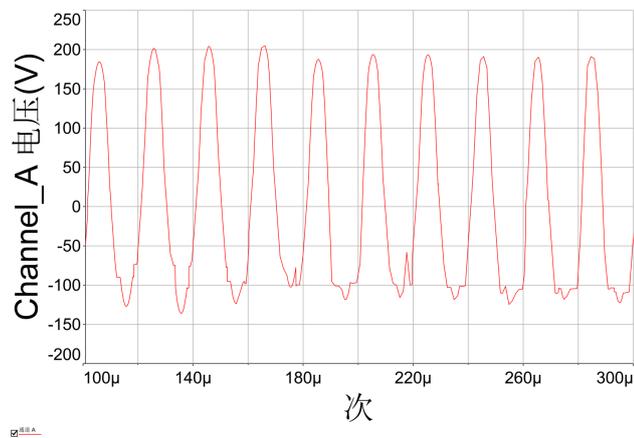


Figure 7. Multisim simulation circuit

图 7. Multisim 仿真电路

电路在仿真运行中，输入交流电压为 220 V，频率为 50 KHz (为了加快仿真速度)，振幅为 311 V。经过整流滤波后，输入电压被转换为直流高压，其电压值大约为 310 V。整流前后电路的波形图如图 8 所示。



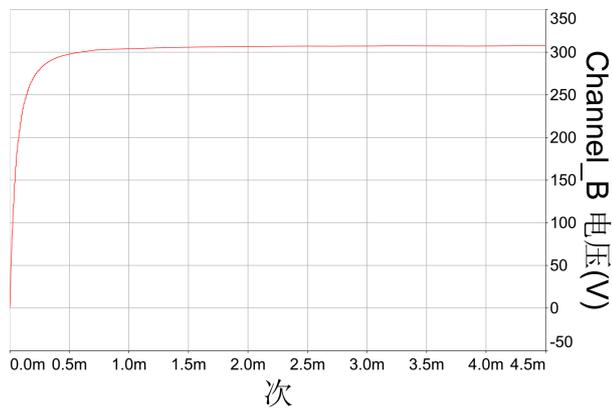
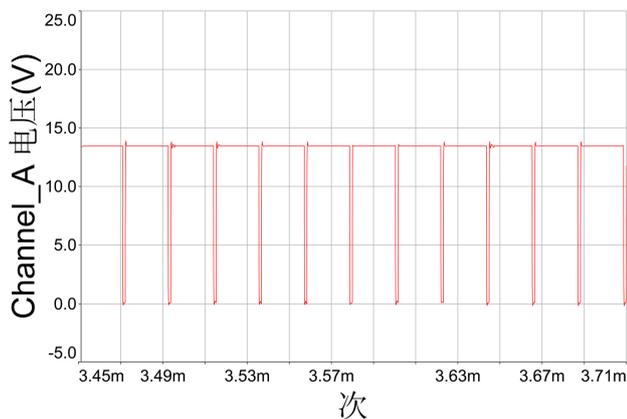
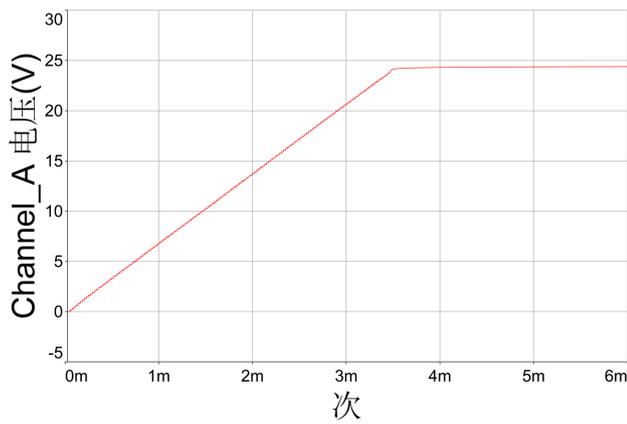


Figure 8. Waveform diagram before and after rectification filtering
图 8. 整流滤波前后波形图

由图 9 可知，输出电压约 3 ms 即可达到稳定的 24 V 直流输出。



(a) 信号发生器占空比波形



(b) 输出电压波形

Figure 9. Multisim simulation results
图 9. Multisim 仿真结果图

通过式(3)，可以得到，通过改变可调电阻 R4 和 R5 的阻值，结合变压器原副边的匝数比可以得到想

要的输出电压，例如想要得到稳定的 12 V 输出，只需将匝数比由 50:4:3 改变为 50:2:3，并将 R4 和 R5 的阻值由 18 k Ω ，2.1 k Ω 调节成 6 k Ω 和 1.6 k Ω 。其输出电压波形如图 10 所示。

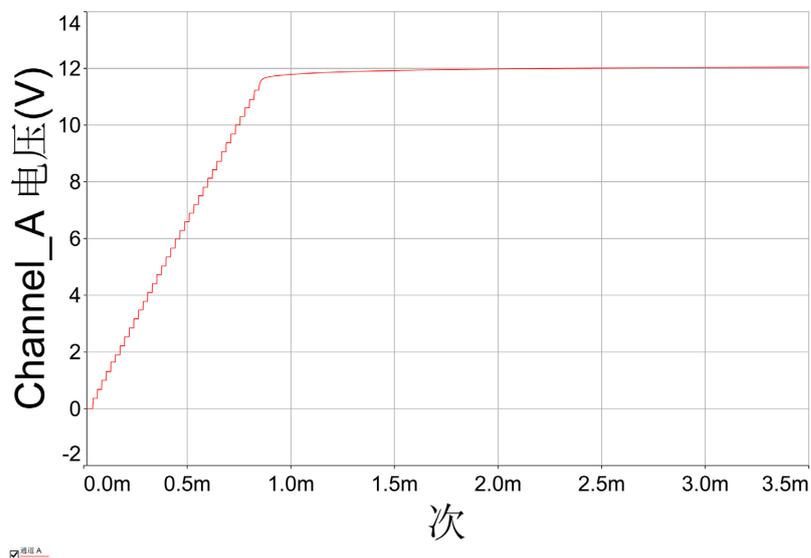


Figure 10. Output voltage waveform

图 10. 输出电压波形

通过添加一个 10 K 滑动变阻器来观察负载变化对输出电压的影响，图 11 表示滑动变阻器满载的时候，输出电压约为 24 V；图 12 表示输出电压从满载到零时，输出电压的变化，可以看到输出电压会降低但在 0.05 ms 即可恢复到 24 V。

这个 10 K 滑动变阻器的作用是用来模拟负载的变化对输出电压的影响，以便测试开关电源在不同负载下的性能表现。通过调节 10 K 变阻器的阻值，可以模拟不同的负载情况，观察输出电压的变化情况，并调整电路参数以保持稳定的输出。

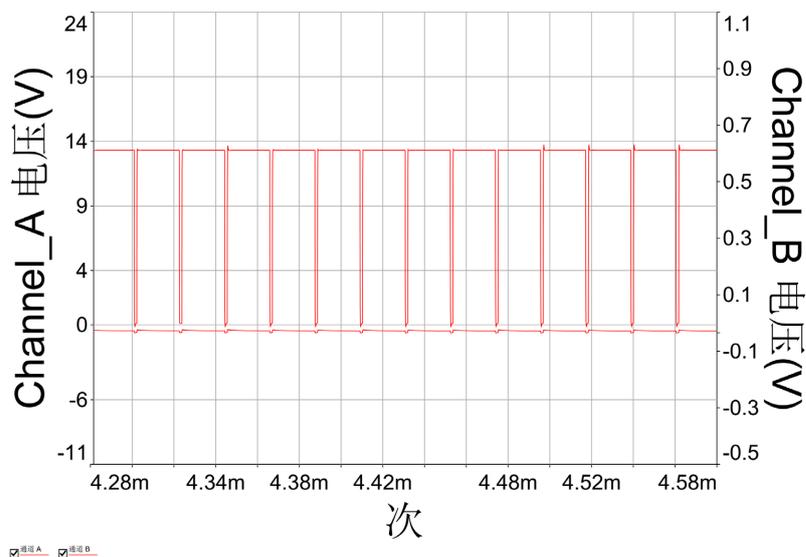


Figure 11. Duty cycle waveform of UC3842 at full load with 10 k Ω load

图 11. 10 k Ω 负载满载时 UC3842 的占空比波形

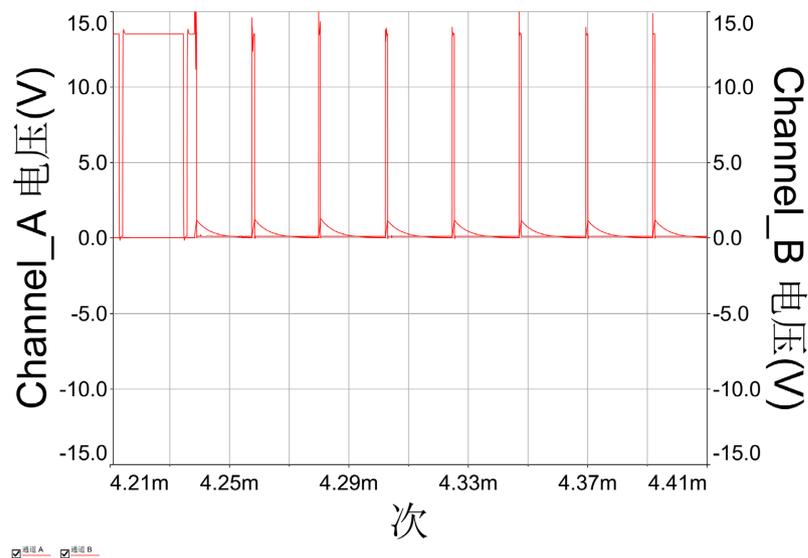


Figure 12. Duty cycle waveform of UC3842 from full load to 0 with 10 kΩ load
图 12. 10 kΩ 负载由满载到 0 时 UC3842 的占空比波形

UC3842 芯片的占空比波形图反映了开关电源在不同负载下的工作状态。在负载变化时, UC3842 芯片会自动调整 PWM 信号的占空比, 以保持稳定的输出电压。在实际应用中, 通过控制 PWM 信号的占空比, 可以实现对输出电压的精确控制, 以满足不同应用的需求。

通过图 11 和图 12 可以看出, 即使不带负载转变到带负载, 输出电压也可以很快保持稳定, 具有很好的稳压效果。

5. 结论

本文介绍了一种反激式 AC-DC 开关电源的总体设计方案, 该方案采用 TL431 和线性光耦构成反馈检测电路, 将反馈信号传递给 PWM 控制电路, 从而形成闭环回路。通过采用 UC3842 芯片驱动 MOS 管的高频开和关, 实现将 220 V 交流电压转换为 24 V 直流电压, 输出电压在约 3 ms 内即可达到稳定。通过使用 Multisim 电路仿真软件对电路进行建模和仿真, 验证了设计的正确性, 为反激式开关电源的开发和设计提供了理论依据, 并且具备一定的实际应用价值。

参考文献

- [1] 王强, 王槐生, 田宏伟. 一种反激式开关电源的设计与仿真[J]. 计算机仿真, 2021, 38(4): 83-88+138.
- [2] 曹子轩, 郎宝华, 杨泽睿. 多输出反激式开关电源的研究与设计[J]. 电子测量技术, 2020, 43(4): 11-15.
- [3] 朱彩莲, 熊丽萍, 魏海红. 基于 UC3842 反激式 AC-DC 开关电源设计[J]. 电子设计工程, 2017, 25(24): 148-151+156.
- [4] 冯延强, 杨建涛, 乔宝强, 等. 基于 UC3845 反激式开关电源设计及其在测井仪的应用[J]. 铀矿地质, 2019, 35(3): 165-169.
- [5] 王志峰, 廖晓文, 王韶军, 等. 基于 UC3842 应用电路设计[J]. 电子设计工程, 2014, 22(19): 126-129.
- [6] 张波, 汪义旺, 凌湘斌. 基于 UC3844 的反激式开关电源设计[J]. 通信电源技术, 2014, 31(3): 27-29.
- [7] 赵志敏. 基于 UC3842 芯片的单端反激式开关电源设计[J]. 科技与创新, 2014(6): 36+38.
- [8] 路子翔, 李开宇, 李磊, 等. 基于 UC3843 的输出可调开关电源设计[J]. 自动化与仪表, 2019, 34(6): 105-108.
- [9] 张厚升, 赵艳雷. 新型多功能反激式开关电源设计[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(1): 113-117.