

基于 UC3842 的单端反激式开关电源的设计与分析

时间：2009-01-12 12:25:49 来源：电源技术应用 作者：夏泽中，王彬，李军

0 引言

电源装置是电力电子技术应用的一个重要领域，其中高频开关式直流稳压电源由于具有效率高、体积小和重量轻等突出优点，获得了广泛的应用。开关电源的控制电路可以分为电压控制型和电流控制型，前者是一个单闭环电压控制系统，系统响应慢，很难达到较高的线形调整率精度，后者，较电压控制型有不可比拟的优点。

UC3842 是由 Unitrode 公司开发的新型控制器件，是国内应用比较广泛的一种电流控制型脉宽调制器。所谓电流型脉宽调制器是按反馈电流来调节脉宽的。在脉宽比较器的输入端直接用流过输出电感线圈电流的信号与误差放大器输出信号进行比较，从而调节占空比使输出的电感峰值电流跟随误差电压变化而变化。由于结构上有电压环、电流环双环系统，因此，无论开关电源的电压调整率、负载调整率和瞬态响应特性都有提高，是比较理想的新型的控制器件。

1 电路设计和原理

1.1 UC3842 工作原理

UC3842 是单电源供电，带电流正向补偿，单路调制输出的集成芯片，其内部组成框图如图 1 所示。其中脚 1 外接阻容元件，用来补偿误差放大器的频率特性。脚 2 是反馈电压输入端，将取样电压加到误差放大器的反相输入端，再与同相输入端的基准电压进行比较，产生误差电压。脚 3 是电流检测输入端，与电阻配合，构成过流保护电路。脚 4 外接锯齿波振荡器外部定时电阻与定时电容，决定振荡频率，基准电压 V_{REF} 为 $0.5V$ 。输出电压将决定变压器的变压比。由图 1 可见，它主要包括高频振荡、误差比较、欠压锁定、电流取样比较、脉宽调制锁存等功能电路。UC3842 主要用于高频中小容量开关电源，用它构成的传统离线式反激变换器电路在驱动隔离输出的单端开关时，通常将误差比较器的反向输入端通过反馈绕组经电阻分压得到的信号与内部 $2.5V$ 基准进行比较，误差比较器的输出端与反向输入端接成 PI 补偿网络，误差比较器的输出端与电流采样电压进行比较，从而控制 PWM 序列的占空比，达到电路稳定的目的。

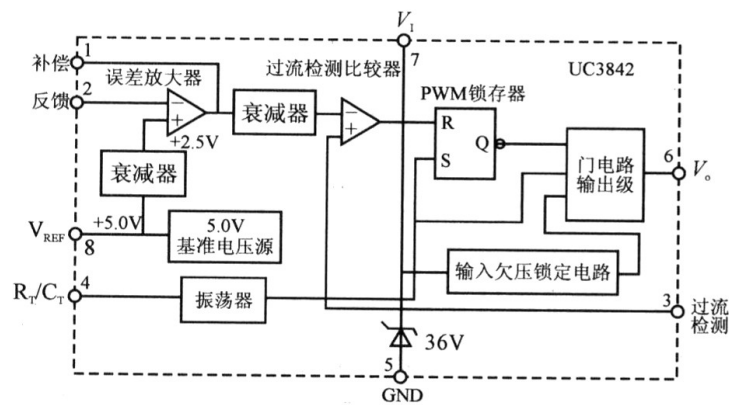


图 1 UC3842 内部组成框图

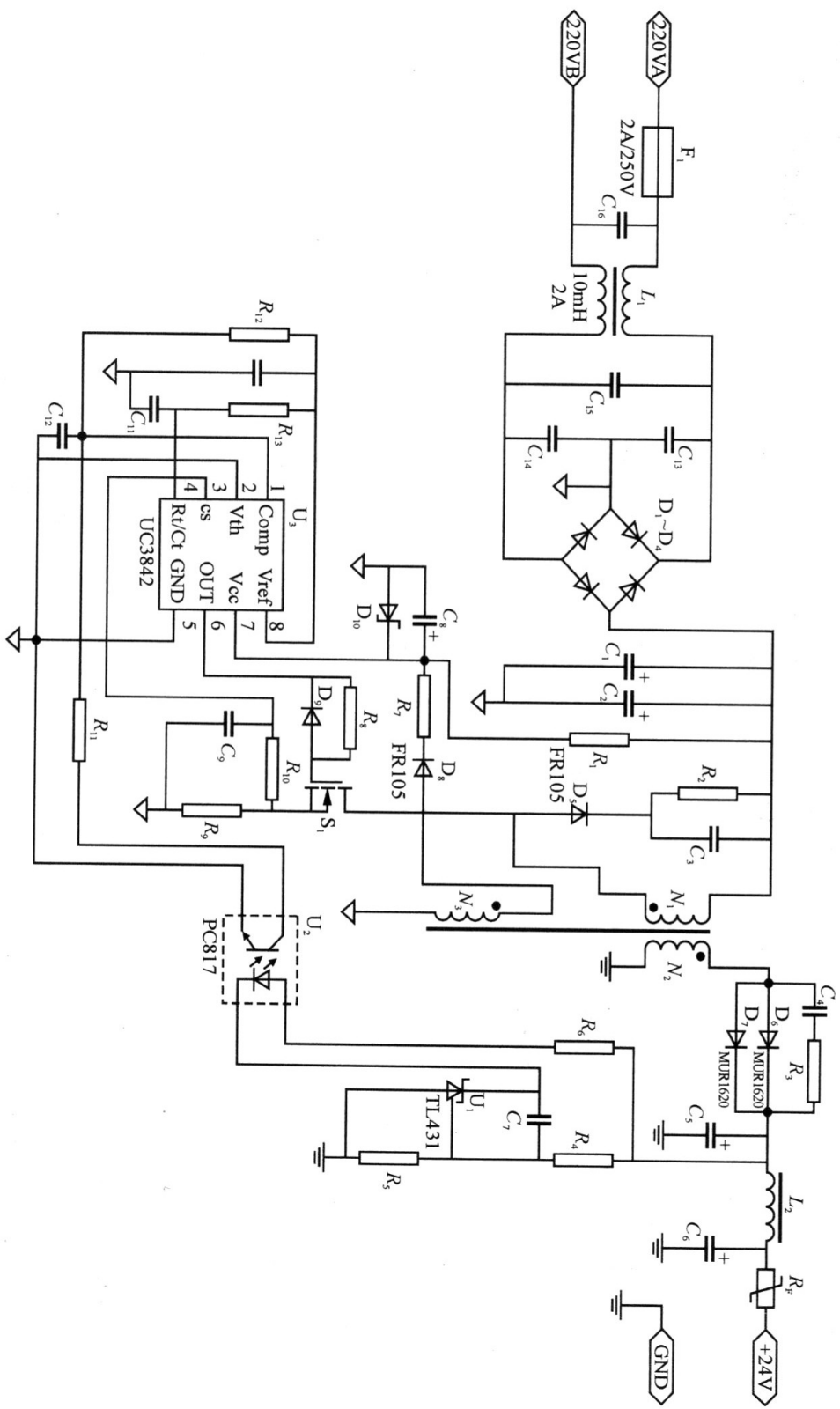


图 2 电路原理图

1. 2 系统原理

本文以 UC3842 为核心控制部件, 设计一款 AC 220V 输入, DC 24V 输出的单端反激式开关稳压电源。开关电源控制电路是一个电压、电流双闭环控制系统。变换器的幅频特性由双极点变成单极点, 因此, 增益带宽乘积得到了提高, 稳定幅度大, 具有良好的频率响应特性。

主要的功能模块包括: 启动电路、过流过压欠压保护电路、反馈电路、整流电路。以下对各个模块的原理和功能进行分析。电路原理图如图 2 所示。

1. 2. 1 启动电路

如图 2 所示交流电由 C16、L1、C15 以及 C14、C13 进行低通滤波, 其中 C16、C15 组成抗串模干扰电路, 用于抑制正态噪声; C14、C13、L1 组成抗共模干扰电路, 用于抑制共态噪声干扰。它们的组合应用对电磁干扰有很强的衰减旁路作用。滤波后的交流电压经 D1~D4 桥式整流以及电解电容 C1、C2 滤波后变成 310V 的脉动直流电压, 此电压经 R1 降压后给 C8 充电, 当 C8 的电压达到 UC3842 的启动电压阈值时, UC3842 开始工作并提供驱动脉冲, 由脚 6 输出推动开关管工作。随着 UC3842 的启动, R1 的工作也就基本结束, 余下的任务交给反馈绕组, 由反馈绕组产生电压给 UC3842 供电。由于输入电压超过了 UC3842 的工作, 为了避免意外, 用 D10 稳压管限定 UC3842 的输入电压, 否则将出现 UC3842 被损坏的情况。

1. 2. 2 短路过流、过压、欠压保护电路

由于输入电压的不稳定, 或者一些其他的外在因素, 有时会导致电路出现短路、过压、欠压等不利于电路工作的现象发生, 因此, 电路必须具有一定的保护功能。如图 2 所示, 如果由于某种原因, 输出端短路而产生过流, 开关管的漏极电流将大幅度上升, R9 两端的电压上升, UC3842 的脚 3 上的电压也上升。当该脚的电压超过正常值 0.3V 达到 1V(即电流超过 1.5A)时, UC3842 的 PWM 比较器输出高电平, 使 PWM 锁存器复位, 关闭输出。这时, UC3842 的脚 6 无输出, MOS 管 S1 截止, 从而保护了电路。如果供电电压发生过压(在 265V 以上), UC3842 无法调节占空比, 变压器的初级绕组电压大大提高, UC3842 的脚 7 供电电压也急剧上升, 其脚 2 的电压也上升, 关闭输出。如果电网的电压低于 85V, UC3842 的脚 1 电压也下降, 当下降 1V(正常值是 3.4V)以下时, PWM 比较器输出高电平, 使 PWM 锁存器复位, 关闭输出。如果人为意外地将输出端短路, 这时输出电流将成倍增大, 使得自动恢复开关 RF 内部的热量激增, 它立即断开电路, 起到过压保护作用。一旦故障排除, 自动恢复开关 RF 在 5s 之内快速恢复阻抗。因此, 此电路具有短路过流、过压、欠压三重保护。

1. 2. 3 反馈电路

反馈电路采用精密稳压源 TL431 和线性光耦 PC817。利用 TL431 可调式精密稳压器构成误差电压放大器, 再通过线性光耦对输出进行精确的调整。如图 2 所示, R4、R5 是精密稳压源的外接控制电阻, 它们决定输出电压的高低, 和 TL431 一并组成外部误差放大器。当输出电压升高时, 取样电压 VR7 也随之升高, 设定电压大于基准电压(TL431 的基准电压为 2.5V), 使 TL431 内的误差放大器的输出电压升高, 致使片内驱动三极管的输出电压降低, 也使输出电压 Vo 下降, 最后 Vo 趋于稳定; 反之, 输出电压下降引起设定电压下降, 当输出电压低于设定电压时, 误差放大器的输出电压下降, 片内的驱动三极管的输出电压升高, 最终使得 UC3842 的脚 1 的补偿输入电流随之变化, 促使片内对 PWM 比较器进行调节,

改变占空比，达到稳压的目的。 R_7 、 R_8 的阻值是这样计算的：先固定 R_7 的阻值，再计算 R_8 的阻值，即

$$R_8 = \frac{V_o - V_{REF}}{I_b} \quad (1)$$

$$I_b = \frac{V_{REF}}{R_7} = \frac{2.5}{10 \times 10^3} = 250 \mu A \quad (2)$$

$$R_8 = \frac{12 - 2.5}{250 \times 10^{-6}} = 38 k\Omega \quad (3)$$

1. 2. 4 整流滤波电路

输出整流滤波电路直接影响到电压波纹的大小，影响输出电压的性能。开关电源输出端中对波纹幅值的影响主要有以下几个方面。

(1)输入电源的噪声，是指输入电源中所包含的交流成分。解决的方案是在电源输入端加电容 C_5 ，以滤除此噪声干扰。

(2)高频信号噪声，开关电源中对直流输入进行高频的斩波，然后通过高频的变压器进行传输，在这个过程中，必然会掺入高频的噪声干扰。还有功率管器件在开关的过程中引起的高频噪声。对于这类高频噪声的解决方案是在输出端采用 π 型滤波的方式。滤波电感采用 $150 \mu H$ 的电感，可滤除高频噪声。

(3)采用快速恢复二极管 D_6 、 D_7 整流。基于低压、功耗低、大电流的特点，有利于提高电源的效率，其反向恢复时间短，有利于减少高频噪声。

2 并联整流二极管减小尖峰电压

在大功率的整流电路中，次级整流桥电路存在较大杂散电感，输出整流管在换流时，由于电路中存在寄生振荡，整流管会承受较大的尖峰电压，尖峰电压的存在提高了对整流二极管的耐压要求，也将带来额外的电路损耗。整流桥的寄生振荡产生于变压器的漏感(或附加的谐振电感)与变压器的绕组电容和整流管的结电容之间。

当副边电压为零时，在全桥整流器中 4 只二极管全部导通，输出滤波电感电流处于自然续流状态。而当副边电压变化为高电压 V_{in}/K (K 为变压器变比)时，整流桥中有两只二极管要关断，两只二极管继续导通。这时候变压器的漏感(或附加的谐振电感)就开始和关断的整流二极管的电容谐振。即使采用快恢复二极管，二极管依然会承受至少两倍的尖峰电压，因此，必须采用有效的缓冲电路，有许多文献对此作了研究，归纳起来有 5 种方式： RC 缓冲电路， RCD 缓冲电路，主动箝位缓冲电路，第三个绕组加二极管箝位缓冲电路，原边侧加二极管箝位缓冲电路。在这里提出另一种减小二极管尖峰电压有效的方法：即整流二极管并联，其具体的电路图如图 3 所示。

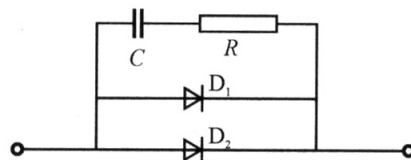
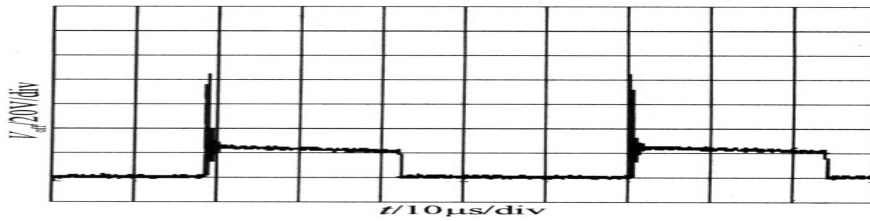


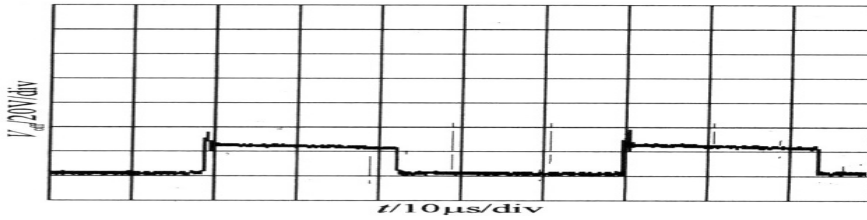
图 3 整流二极管并联原理图

并且这种方法在大功率全桥移相 DC / DC 电源变换器的项目中得到了应用，实验波形验证了该方法，实验结果如图 4 所示，其中图 4(a)是整流桥电压波形，可以看出，由于变压器的漏感和二极管的结电容以及变压器的绕组电容之间发生的高频振荡，使二极管存在

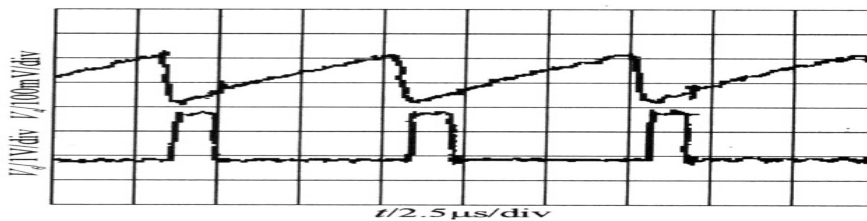
很高的尖峰电压；图 4(b)是采用并联整流二极管之后整流桥电压波形，明显尖峰电压减小多，验证了该方法的有效性。



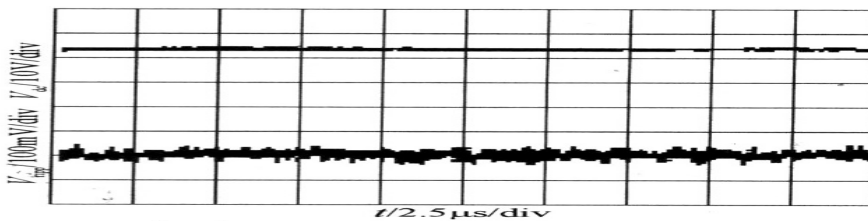
(a) 整流桥电压波形



(b) 采用并联整流二极管后的波形
图 4 二极管尖峰电压波形



(a) 上波为三角波，下波为 PWM 波



上波为满载时输出波形，下波为其交流纹
图 5 实验波形

3 实验结果及分析

对设计的电路进行了实验，图 5 示出了实验波形。图 5(a)上波形为 UC3842 的脚 4 三角波振荡波形，下波形为 UC3842 的脚 6 驱动开关管的 PWM 波；图 5(b)上波形为满载时输出电压直流分量 V_{dc} ，下波形为交流纹波 V_{ripp} 。

4 结语

UC3842 是一种高性能的固定频率电流型控制器，单端输出，可直接驱动晶体管和 MOSFET，具有管脚数量少、外围电路简单、安装与调试简便、性能优良、价格低廉等优点，在 100W 以下的开关电源中有很好的应用前景。