

一种自激式开关稳压电源的设计

张金波，李俊，宋培卿，陆昊
河海大学计算机及信息工程学院（常州 213022）

摘要：介绍了一种自激式开关稳压电源设计，详细说明了开关电源的工作原理及各部分的功能。

关键词：自激式；开关电源；设计

A self-excited regulated switching power supply

Zhang-jinbo, Li-jun, Song-peiqing, Lu-hao

(College of computer&Information Engineering, Hohai Univ., Changzhou 213022, China)

Abstract: The paper deals with a self-excited, regulated switching power supply and particularly its principle and the function of each part are discussed in detail.

Key words: self-excited, regulated switching power supply, design

1 引言

开关电源是一种利用开关功率器件并通过功率变换技术而制成的直流稳压电源。它具有体积小、重量轻、效率高、对电网电压及频率的变化适应性强、输出电压保持时间长、有利于计算机信息保护等优点，因而广泛应用于以电子计算机为主导的各种终端设备、通信设备，是当今电子信息产业飞速发展不可缺少的一种电源。开关电源又被称为高效节能电源，内部电路工作在高频开关状态，自身消耗的能量很低，一般电源效率可达 80%左右，比普通线性稳压电源提高一倍。目前生产的无工频变压器式中，开关电源仍然采用脉冲宽度调制器 PWM 或脉冲频率调制器 PFM 的原理。本文根据 PWM 原理，利用开关管 BU508A，结合实例介绍一种无工频变压器的反激隔离式的开关稳压电源的设计。

2 主要技术参数

输入电压：AC220V

输入频率：50Hz

输入电压范围：AC165V-265V

输出电压：DC24V，2A

输出功率：48W

3 工作原理

开关电源的工作原理如图 1 所示，输入电压为 AC220v，50Hz 的交流电，经过滤波，再由整流桥整流后变为直流，通过控制电路中开关管的导通和截止使高频变压器的一次侧产生低压高频电压，经由小功率高频变压器耦合到二次侧，再经整流滤波，得到直流电压输出。为了使输出电压稳定，用了 TL431 取样，将误差经光耦合放大，通过 PWM 来控制开关管的导通与截止时间（即占空比），使得输出电压保持稳定。

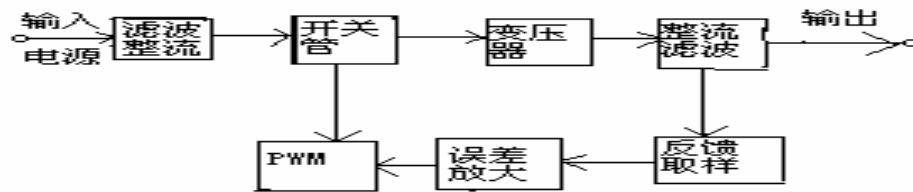


图 1 开关电源的工作原理图

4 开关电源的设计

开关电源电路图如图 2 所示。在此功率转换电路中，采用单端反激式变换器，单端是因为其高频变压器的磁芯只工作在第一象限。按变压器的副边整流器二极管的接线方式不同，单端变换器可分为两种：正激式与反激式。原边主功率开关管与副边整流管的开关状态相反（开关管导通时，副边的整流二极管截止）称为单端反激式。当原边加到高电平激励脉冲使 Q1 导通，直流输入高频变压器的原边两端，此时因副边是上负下正，使整流二极管截止；当驱动脉冲为低电平使 Q1 截止，原边两端极性反向，使副边绕组两端变为上正下负，则整流二极管被正向导通，此后变压器副边的磁能向负载释放。因此单端反激式变换器只是在原边 Q1 导通时储存能量，当它截止时才向负载释放，故高频变压器在开关过程中，既起变压隔离作用，又是电感储能元件。

在交流电源的输入端接入的电磁干扰滤波器，由共模扼流圈 L1、C2 和 C3 构成，C2 和 C3 的中点应接地，用来抑制共模干扰。C1 用来滤波，滤除串模干扰，电容量较大。鉴于开关管 BU508A 在关断的瞬间，高频变压器的漏感会产生尖峰电压，利用 C8、R3 和 D1 组成钳位电路，C9 的作用是滤除开关管集电极的尖峰电压，决定自动重启动频率，C9 和 R4 一起对控制回路进行补偿，同时 C9 和 R4 还起原边快速复位的作用，能有效的保护开关管不被损坏。

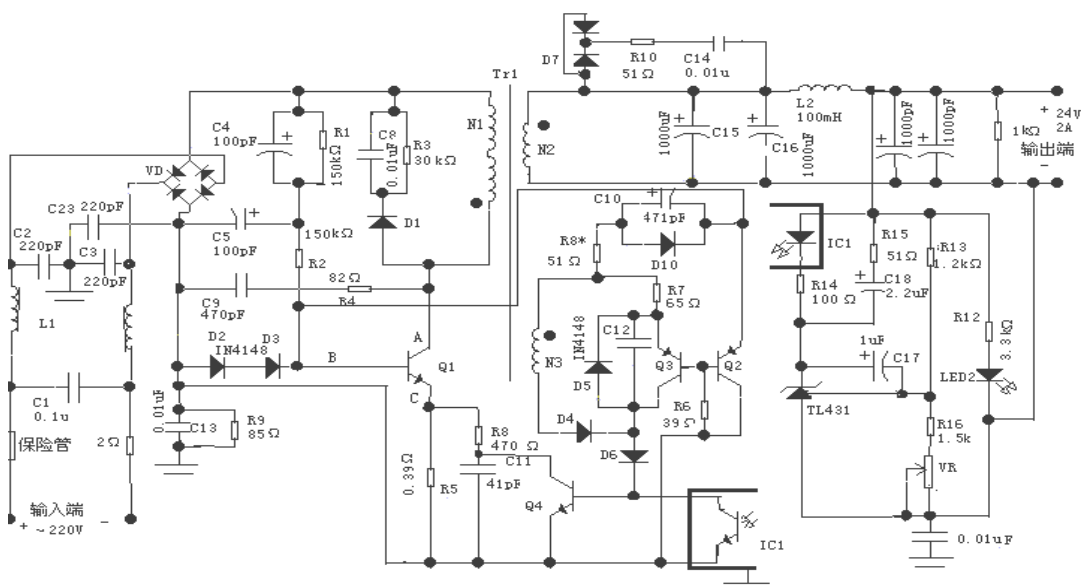


图 2 开关电源电路图

4.1 开关电源的开关控制部分

开关电源其核心是开关控制部分，主要工作过程是通过图 2 中 B 点和 C 点电压的高低来控制主功率开关管 Q1 导通和截止的时间（即占空比的大小）。当 Q1 截止时 A 点为高电平，C5 对 Q1 放电，使 B 点电位迅速提高，使开关管 Q1 基极电位高于发射极，因而 Q1 饱和导通，并对 C5 进行充电。而此时的电流为变压器原边电流与 Q1 导通时的电流之和，所以流经 R5 的电流值很大，C 点电位升高，饱和导通使 A 点电位下降，Q1 也就截止。

D2 和 D3 作用是在 Q1 导通时，使 C 点电位不致很高，否则 C5 的放电时间过长，使 Q1 关断时间 t_{off} 过大，而 Q1 导通时间 t_{on} 保持不变，这样频率变低。若 Q1 导通时 C 点提升太高时，才将 Q1 变为截止，此时 D2 和 D3 正向导通，C 点的电位降低，使得 C5 放电时间很短就能将使 $V_b > V_c$ ，使 t_{off} 也很小，因而可以使频率达到很高。

4.2 PWM 调节部分

Q1 导通时，绕组 N2 上正下负，C10 吸收刚放电时的尖峰电压，防止二极管 D10 正向导通损坏，D10 正向导通，使 B 点电位升高，从而使 Q1 更快饱和导通。同时 Q2 导通，再使 Q3 也导通，B 点电压下降，原边线圈电流减小至截止。这时 N2 边为下正上负，D4 和 D5 导通，Q4 基极变为高电位，Q4 导通，C 点电位降低，截止时间变短，而 TL431 反馈电流使流入 Q4 基极的电流就会减小，C 点电位就下降得慢，截止时间变长。Q1 导通时，TL431 反馈电流决定 C 点电位升高的快慢来达到稳压的目的。C12 是用来保护 Q3，在截止时反向峰值电压过高，而损坏 Q3。反馈控制就是将取样电压与基准电压比较，转化为电流，再经电流放大来调节 t_{on} 与 t_{off} 来控制占空比从而达到稳压的目的。

R12 是输出电压的最小负载，防止负载空载时电压太高，用于提高轻载时的电压调整率。C17 可适当的降低误差放大器的高频增益。TL431 的基准电压与输出电压 V_o 比较，在 R14 形成误差电压，从而使 IC1 的二极管产生不同的电流。R14 是 IC1 二极管的限流电阻。误差放大的频率应由 R13、R16、VR 和 C17 决定。由 C14 和 R10 构成的 RC 吸收网络，能消除高频自激振荡，减小射频干扰。

4.3 高频变换器部分

由于高频变压器原边在单位时间里提供的功率与 t_{on} 的平方和频率成正比、与输入原边直流电压的平方成正比，与原边绕组匝数成反比，若不考虑变压器的消耗，由能量守恒可得变压器副边功率，即输出的功率与变压器副边匝数，以及负载无关，只由原边提供的功率决定。因此要得到不同的输出功率，就只有靠改变高频变压器原边的功率。改变 t_{on} 对输出功率的影响最大，但受到磁通复位条件的限制不宜较大的改变，要改变输入原边的直流电压，只能改变前面电路的滤波电感与滤波电容等参数，还可以在前面加入一个电位器，也能改变直流电压，而频率要受到功率开关管本身条件的限制。所以改变原边绕组匝

数是一个比较好的方法，原边线圈绕组宽度不要太长，而将其分为多层，每一层的接入都用一个开关控制，需要不同的绕组匝数接入不同的开关就能很好的控制原边上的功率，从而得到不同的输出功率。但是， t_{off} 时间内要使高频变压器的原边磁通复位，在 t_{on} 时间内要使其副边磁通复位，如果在开关工作周期结束时，磁通没有回到周期开始的起点，则变压器磁芯内的磁通就会逐渐增加，导致磁芯饱和而损坏功率开关管。要满足单端变换器的磁通复位条件，就要使 T_{on} 与 T_{off} 的时间适当，不能太长，否则使开关管的频率变低，同时与高频变压器原边与副边绕组的匝数有关。

4.4 TL431

TL431 是三端可调稳压器，利用两只外部电阻可设定 2.50—36V 范围内的任何基准电压值。TL431 的电压温度系数很小。动态阻抗低，典型值为 0.2 欧，输出噪声低，具有适合汽车工业等温度范围内所规定的热稳定性，有效输出电路具有很陡的导通特性，从而使得这些器件在诸如板上稳压，可调电源和开关电源的应用中，可以很好的替代齐纳二极管。

5 结 论

根据上述原理，进行了设计并制造了样机，调试后性能稳定。该电路的特点是占空比与输入电压成正比（频率成反比），不受负载影响，因而容易大范围控制。由于开关管的频率受限，能达到 50KHz-100KHz 左右，电源效率稍微比集成开关管低。为了提高此电路的电源效率最好使用频率较高的开关管，频率越高节能效果就最佳。

参考文献：

- [1]沙占友·特种集成电源最新应用·人民邮电出版社，2002.1
- [2]刘胜利·现代高频开关电源实用技术·电子工业出版社，2001.9

作者简介：

张金波 男 67 年生 硕士 副教授 主要从事电力电子及计算机控制等方面的教学和科研工作，已发表论文 20 余篇。

通信地址：江苏常州河海大学计算机及信息工程学院（邮编 213022）

电话：0519—5105164--8069