

# 一种基于SG3525的半桥高频开关电源

唐军, 尹斌, 马利军

河海大学电气工程学院, 江苏南京 (210098)

E-mail: [jeeffrain@163.com](mailto:jeeffrain@163.com)

**摘要:** 文中简要介绍了SG3525芯片的功能及内部结构, 介绍了一款基于SG3525芯片的半桥高频开关电源。给出了高频变压器、PWM 控制电路的设计方法, 并给出了实验结果。

**关键词:** SG3525、开关电源、半桥、高频变压器

## 1. 引言

随着PWM技术的不断发展和完善, 开关电源以其高的性价比得到了广泛的应用。开关电源的电路拓扑结构很多, 常用的电路拓扑有推挽、全桥、半桥、单端正激和单端反激等形式。其中, 在半桥电路中, 变压器初级在整个周期中都流过电流, 磁芯利用充分, 且没有偏磁的问题, 所使用的功率开关管耐压要求较低, 开关管的饱和压降减少到了最小, 对输入滤波电容使用电压要求也较低。由于以上诸多原因, 半桥式变换器在高频开关电源设计中得到广泛的应用。

## 2. SG3525芯片的工作原理

PWM控制芯片SG3525 具体的内部引脚结构如图1及图2所示。其中, 脚16 为SG3525 的基准电压源输出, 精度可以达到  $(5.1 \pm 1\%)$  V, 采用了温度补偿, 而且设有过流保护电路。脚5、脚6、脚7 内有一个双门限比较器, 内设电容充放电电路, 加上外接的电阻电容电路共同构成SG3525 的振荡器。振荡器还设有外同步输入端(脚3)。脚1 及脚2 分别为芯片内部误差放大器的反相输入端、同相输入端。该放大器是一个两级差分放大器, 直流开环增益为70dB 左右。根据系统的动态、静态特性要求, 在误差放大器的输出脚9 和脚1 之间一般要添加适当的反馈补偿网络。

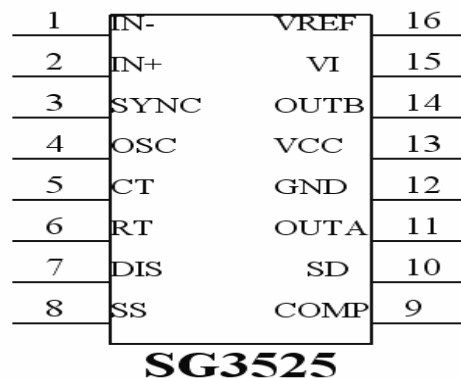


图1 SG3525的引脚

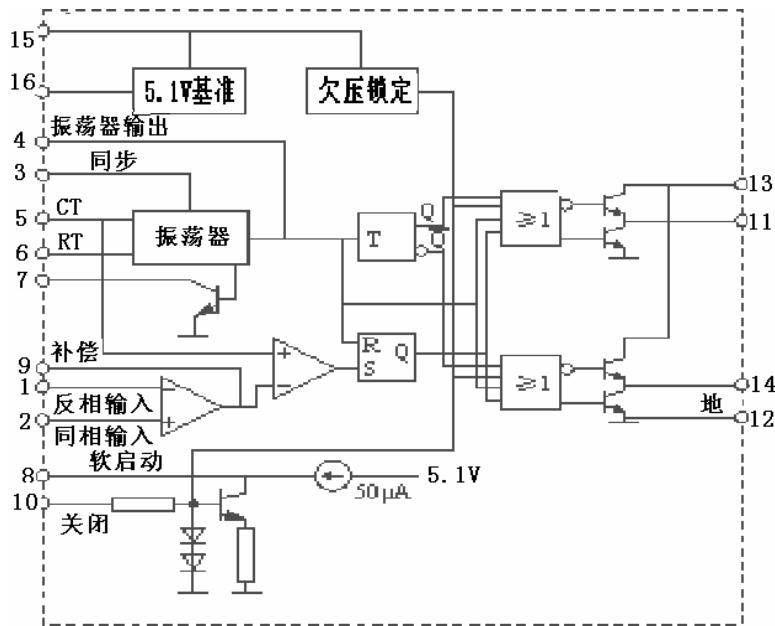


图2 SG3525的内部框图

### 3. 电源系统介绍

本文设计的是 250v/3A 的半桥高频开关电源，电路由主电路和控制电路组成。

#### 3.1 主电路结构及其工作原理

半桥式开关电源主电路如图3 所示。图中开关管Q1、Q2 选用MOSFET，因为它是电压驱动全控型器件,具有驱动电路简单、驱动功率小、开关速度快及安全工作区大等优点。半桥式逆变电路一个桥臂由开关管Q1、Q2 组成，另一个桥臂由电容C6、C7 组成。高频变压器初级一端接在C6、C7 的中点，另一端接在Q1、Q2 的公共连接端，Q1、Q2 中点的电压等于整流后直流电压的一半,开关Q1、Q2 交替导通就在变压器的次级形成幅值为 $V_i/2$ 的交流方波电压。通过调节开关管的占空比，就能改变变压器二次侧整流输出平均电压 $V_o$ 。Q1、Q2断态时承受的峰值电压均为 $V_i$ ，由于电容的隔直作用，半桥型电路对由于两个开关管导通时间不对称而造成的变压器一次电压的直流分量具有自动平衡作用，因此该电路不容易发生变压器偏磁和直流磁饱和的问题，无须另加隔直电容。变压器原边并联的R2、C5组成RC吸收电路，用来吸收高频尖峰。值得注意的是，在半桥电路中，占空比定义为<sup>[2]</sup>：

$$D=2t_{on}/T_s$$

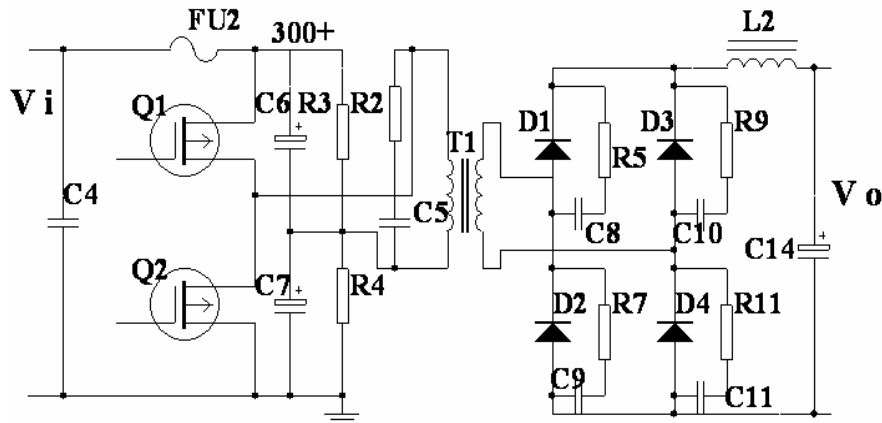


图3 半桥电源主电路图

### 3.2 控制电路

控制电路是开关电源的核心部分，控制环节的好坏直接影响电路的整体性能，在这个电路中采用的是以SG3525芯片为核心的控制电路。如图4所示，采用恒频脉宽调制控制方式。误差放大器的输入信号是电压反馈信号，是由输出电压经分压电路获取，与普通误差放大器的接法不同的是该电压反馈接成射极跟随器形式，反馈信号比较精确，因而可以精确地控制占空比调节输出电压，提高了稳压精度。SG3525芯片振荡频率的设定范围为100~500kHz，芯片的脚5和脚7间串联一个电阻R<sub>d</sub>就可以在较大范围内调节死区时间。SG3525的振荡频率可表示为<sup>[2]</sup>：

$$f_s = 1 / (C_T (0.7R_T + 3R_d))$$

式中： $C_T$ 、 $R_T$ 分别是与脚5、脚6相连的振荡器的电容和电阻； $R_d$ 是与脚7相连的放电端电阻值。此处 $C_T$ 、 $R_T$ 、 $R_d$ 分别为图中的C53、R47、R48，取值分别为2200p、10k、100，即频率为62kHz。管脚8接一个电容的作用是用来软启动，减少功率开关管的开机冲击。11和14脚输出采用图腾柱输出，本电路采用外加驱动隔离电路，增强了驱动能力和电源的可靠性。驱动隔离电路如图5所示。

保护电路是开关电源中必不可少的补充，在这个电路中采用了输入过流保护、输出过流保护、过热保护等。输入过流保护是通过在原边主电路中串入小磁环，小磁环感应电压输出经过整流桥将电流信号转为电压信号（plp）经一个三极管接至软启动8脚，当原边电流大于设定值即plp高于0.7V时则将8脚电压拉低，关断3525的PWM的输出从而保护电路。输出过流保护

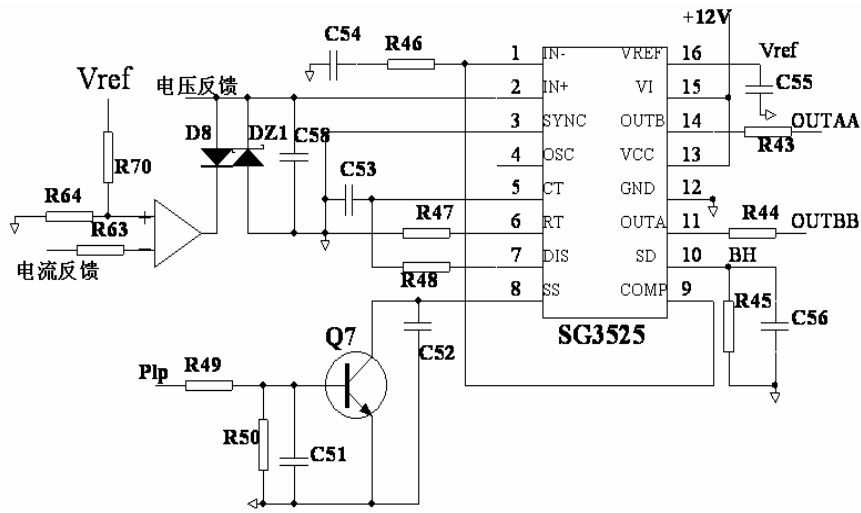


图4 SG3525的控制电路

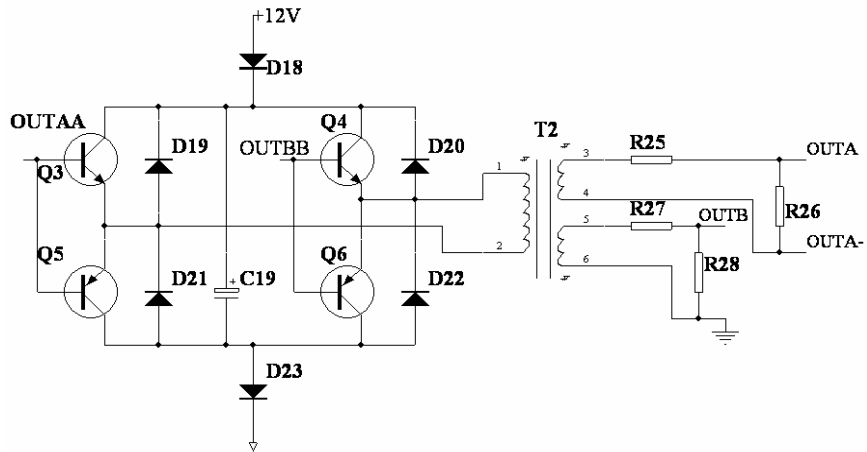


图5 开关管的驱动电路

是通过在副边主回路中串联分流器，取样分流器两端的电压信号送到误差放大器的反相端，正常工作时运放输出高电平，当输出过流时，运放输出为低电平，从而拉低电压反馈信号，从而使 PWM 占空比减小，实现输出电流保护。过热保护是通过一个温控开关接到 3525 的 10 脚来实现的，当过热时温控开关闭合以关闭使 8 脚电压拉低从而关闭 PWM 输出。

## 4. 高频变压器的设计

### 4.1 原副边电压比 $n$

电压比计算的原则是电路在最大占空比和最低输入电压的条件下，输出电压能达到要求的上限，公式如下：

$$n \leq V_{imin} D_{max} / (V_{omax} + \Delta V)$$

式中  $\Delta V$  为电路中的压降，一般取 2V，取  $V_{imin} = 130V$ ，代入上式得  $n = 0.42$

### 4.2 磁芯的选取及变压器的结构

目前变压器较为简洁常用的设计方法是  $A_p$  法。可根据下面公式选取合适的磁芯：

$$A_p = A_e A_w \geq P_t / (2f \Delta B k_c j)$$

式中， $A_e$  为磁芯截面积； $A_w$  为磁芯的窗口截面积； $P_t$  为变压器传输的总功率； $f$  为开关频率； $\Delta B$  为磁芯材料所允许的最大磁通摆幅； $k_c$  为绕组的窗口填充系数； $j$  为导线的电流密度。在这里有  $P_t = 800 \times (1 + 1/0.85)$ ，0.85 为效率，这里  $\Delta B$  取 0.2T， $k_c$  取 0.4， $j$  一般取  $4A/mm^2$ 。查有关磁芯手册，查得 EE55 磁芯，其  $A_e = 353mm^2$ ， $A_w = 280mm^2$ ，则其  $A_p = 98840mm^4$ 。考虑到留有一定的裕量使电源更可靠地工作，这里采用两个磁芯组合而成。

由于变压器传输的功率较大，寄生参数对其影响很大。所以变压器的绕制方法很重要，否则会引起变压器的性能下降。为了减小漏感，这里采用三明治绕法。同时，为了减小高频噪声和变压器的分布电容，原副边之间加入屏蔽层。

### 4.3 变压器初、次级匝数

为了保证在任何条件下磁芯不饱和，设计时应按照最大伏一秒面积计算匝数。因为电路中电压的波形都是方波，所以最大伏一秒面积的计算可以简化为电压和脉冲宽度的乘积。通常计算二次侧最大伏一秒面积较为方便。对半桥电路有：

$$N_2 = v_o / (2 \Delta B A_e f s), \quad N_1 = n \times N_2$$

代入数值计算得，变压器的次级匝数为 30.6 匝，实际电路中取 35 匝，由原副边电压比  $n$  可计算得到变压器的初次级匝数为 15 匝。

### 4.4 确定绕组的导线线径和导线股数

在选用绕组的导线线径，要考虑导线的集肤效应。为了更有效的利用导线，减小集肤效应的影响，一般要求导线线径小于两倍穿透深度  $\Delta$ ，即应选用线径  $r$  小于  $2\Delta = 0.42mm^2$  的铜导线<sup>[1]</sup>。在此采用 0.31mm 线径的导线多股并绕。原、副边导线的截面积分别为：

$$A_{C1} = I_{omax} / j n = 4/4 = 0.428mm^2, \quad A_{C2} = I_{omax} / j = 4/4 = 1mm^2$$

单股线面积为：

$$3.14 \times 0.31 \times 0.31 / 4 = 0.0754mm^2$$

计算原边和副边的导线股数分别为：

$$1/0.0754 = 13.26 \text{ (股)}, \quad 0.428/0.0754 = 5.67 \text{ (股)}$$

考虑到留有一定的裕量，在此取原副边绕组的实际股数分别为 25 股和 12 股。

## 5. 实验结果及小结

经过以上分析和计算，本文设计的半桥开关电源额定输出功率为 800 瓦，输出电压为 250V，下图为电路工作时的实验波形，输出电压为 250V，输出电流为 3A。图 6 为驱动电路输出的驱动波形，从图中可以看出驱动脉冲的前沿比较陡，电压上升很快，有一个微小的尖峰，可以迅速的驱动功率管，而在关断时，由于关断时驱动信号电压为负的电压，防止开关管误导通，使电源更可靠的工作。图 7 为变压器原边波形图，可以看出，当功率管关断时，MOSFET 寄生的反并联二极管导通，起到了钳位的作用，由于变压器漏感的影响，关断时电压有微小的振荡，因此，在绕制变压器时须尽量减小漏感。图 8 为变压器副边经整流后波形，可以看出，由于在每个整流二极管两侧并联了 RC 吸收电路，电压的振荡相对较小。实测电路效率为 85%，效率较高。该电源电压调整率小、闭环控制可确保输出电压稳定，工作可靠，图 9 为本电源模块实物。

半桥式开关电源具有开关管承受的电压低，开关器件少(只有两个)，驱动简单等优点，无直流偏磁现象,在中功率领域获得了广泛的应用。

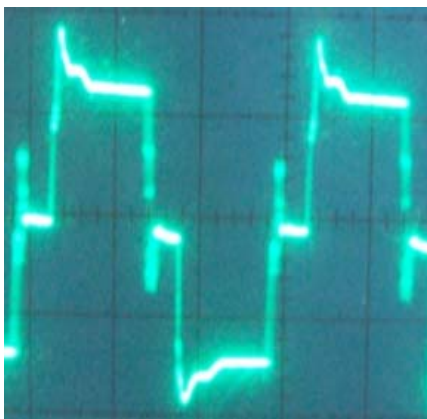


图 6 驱动电路驱动波形

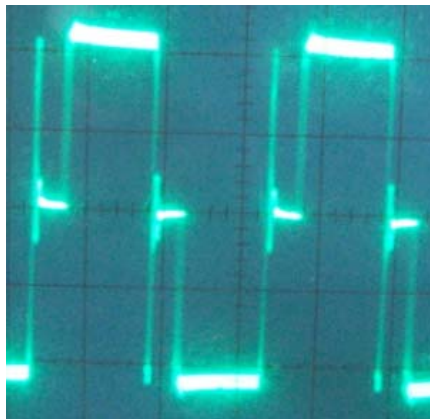


图 7 变压器原边波形

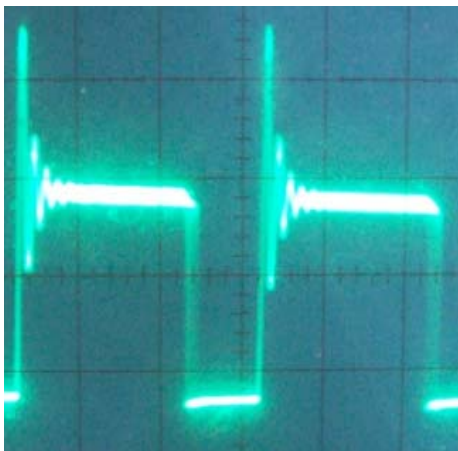


图 8 变压器副边经整流后波形



图 9 电源模块实物图

参考文献

- [1]阮新波, 严仰光, 直流开关电源的软开关技术, 北京: 科学出版社, 2000  
[2]杨旭, 裴云庆, 王兆安, 开关电源技术, 北京: 机械工业出版社, 2004

## A Half-Bridge Mode High-frequency Switching Power Supply Based On SG3525

Tang Jun, Yin Bing, Ma Lijun

Department of Electronic and Engineering, Hohai University, Nanjing (210098)

### Abstract

This thesis briefly presents the functions and internal structure of chip SG3525, and introduced a half-bridge mode high-frequency switching power supply based on this chip. Gave the designing method of the high-frequency transformer and the PWM control circuit, and gave the result of experiment.

**Keywords:** SG3525、 Switching power supply、 Half-bridge、 High-frequency transformer

### 作者简介:

唐军 (1981—), 男, 河海大学电气工程学院硕士, 主要研究方向为电力电子技术;  
尹斌 (1957—), 男, 河海大学电气工程学院副教授, 研究生导师, 主要研究方向为电力电子技术和计算机测控技术;  
马利军 (1981—), 男, 河海大学电气工程学院硕士, 主要研究方向为电力电子技术。