

doi: 10.7690/bgzdh.2014.06.023

# 基于 TL494 升压型 DC-DC 稳压电源的设计

贾正松<sup>1</sup>, 罗凌<sup>1</sup>, 余青松<sup>2</sup>

(1. 四川信息职业技术学院电气工程系, 四川 广元 628017;

2. 重庆军代局驻广元地区 081 军代室, 四川 广元 628017)

**摘要:** 根据开关电源在各种电子产品中的发展趋势, 介绍一种 12 V 转 24 V 的升压型 DC-DC 稳压电源。该电源采用 TL494 作为控制器件, 根据其工作原理, 合理选择了电源中的开关管、滤波电容、储能电感和续流二极管的参数设计, 利用脉冲宽度调制技术进行电路控制, 并通过控制开关管的导通时间, 保持输出电压的稳定。仿真测试结果表明: 该电路输出电压满载时变换效率大于 70%, 具有较高的安全性和可靠性。

**关键词:** 稳压电源; TL494; DC-DC; 仿真**中图分类号:** TP303<sup>+</sup>.3 **文献标志码:** A

## Design of DC-DC Power Supply Based on TL494 Boost

Jia Zhengsong<sup>1</sup>, Luo Ling<sup>1</sup>, She Qingsong<sup>2</sup>

(1. Department of Electrical Engineering, Sichuan Information Technology College, Guangyuan 628017, China;

2. Chongqing Military Representative Bureau in Guangyuan District 081 Military Representative Office, Guangyuan 628017, China)

**Abstract:** According to the development trend of switching power supply in a variety of electronic products, introduce a 12 V transfer 24 V step-up DC-DC power supply. The power supply uses TL494 as a control device, according to its working principle, a reasonable choice of power switch, filter capacitor, inductor and freewheeling diode design parameters, the use of pulse width modulation circuit control technology, and through the control switch the on-time, maintaining stable output voltage. The simulation results show that: the conversion efficiency of circuit output voltage at full load is greater than 70%, with high security and reliability.

**Keywords:** stabilized power supply; TL494; DC-DC; simulation

### 0 引言

开关稳压电源具有体积小、重量轻、效率高优点, 特别适应电子设备的轻、薄、短、小与节能要求; 因此, 开关电源在各种电子产品中应用非常广泛, 代表了稳压电源的发展趋势, 已成为 DC-DC 稳压电源的主流产品。

笔者利用脉冲宽度调制 (pulse width modulation, PWM) 技术, 在电路中采用 TL494 集成芯片作为控制器件, 设计一种 DC-DC 升型稳压电源, 要求在输入直流电压 12 V 时, 得到输出电压 24 V, 输出电流为 1 A。

### 1 升压型开关电源的基本原理

DC-DC 升压型稳压电源的基本原理如图 1 所示。当开关管 VT 导通时流过电感 L 的电流  $i_L$  不断增大, 电感储能, 电感产生左 (+) 右 (-) 的电动势使

二极管 D 截止, 同时输出电容 C 放电向负载  $R_L$  释放能量, 且电荷量不断减少。当开关管 VT 截止时, 电感中流过的电流有减小的趋势, 电感产生左 (+) 右 (-) 的反向电动势并阻碍电流  $i_L$  的减小, 使二极管导通并对输出电容 C 充电, 电感释放能量, 电容上的电压  $U_C$  (即输出电压  $U_O$ ) 可超过输入电压  $U_1$ , 从而达到升压的目的。

通过调整开关管 VT 栅极脉冲信号  $V_i$  的宽度, 可以使输出电压  $U_O$  达到设计要求, 并保证输出电压  $U_O$  在微小范围内上下浮动<sup>[1]</sup>。

### 2 稳压电源主要器件选择

在图 1 中, 稳压电源升压用到的器件主要由储能电感 L、开关管 (场效应管) VT、续流二极管 D 和滤波电容 C 组成。元器件参数的正确选择有利于电路功能的实现, 下面依据设计指标和系统功耗要求进行元器件参数设计。

收稿日期: 2014-02-19; 修回日期: 2014-03-17

基金项目: 广元市科学技术和知识产权局资助项目 (广科知发 (2013) 38 号)

作者简介: 贾正松 (1973—), 男, 四川人, 学士, 高级工程师, 从事电子技术应用与开发、立体图像处理研究。

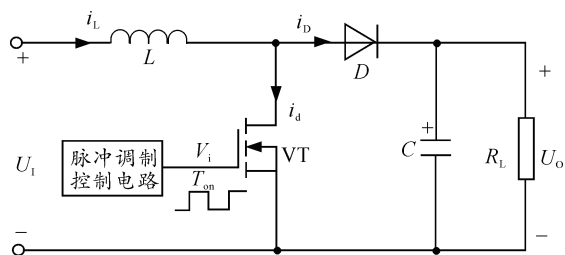


图 1 稳压电源原理

### 2.1 开关管的选择<sup>[2]</sup>

开关管 VT 的最大承受电压  $U_{DSM}$  为电路的输出电压  $U_O$ ，由于输入电压  $U_1$  波动会引起输出电压  $U_O$  波动，同时电感上产生的反峰电压也会作用到开关管 VT 上。因此，在选择开关管时，其最大承受电压应满足  $V_{DSM} > 1.1 \times 1.2 U_O$ 。在实际选择时开关管最大允许工作电压应留有一定余量，一般选择原则为  $V_{DSM} = (2 \sim 3) 1.1 \times 1.2 U_O$ ，而开关管的最大允许工作电流一般选择原则为  $I_{DM} = (2 \sim 3) I_1$ 。同时，考虑到开关管导通时电阻要小、开关工作频率要高、以及驱动电路简单等因素，在本次设计的稳压中选择 N 沟道功率场效应管 IRF3205，该器件的最大承受电压  $V_{DSM}$  为 55 V，导通电阻为 8 mΩ，最大工作电流  $I_{DM}$  为 110 A，能够满足本次设计的要求。

### 2.2 滤波电容的选择

在开关管 VT 导通  $T_{ON}$  期间，滤波电容 C 放电为负载提供能量，设在  $T_{ON}$  期间电容 C 上的电压为  $U_C$ ，输出电压  $U_O$  的纹波分量为  $\Delta U_O$ ，则滤波电容 C 的选择应为

$$C \geq I_O \frac{T_{ON}}{\Delta U_O} \quad (1)$$

由于

$$T_{ON} = \frac{U_O - U_1}{U_O} T \quad (2)$$

因此

$$C \geq \frac{I_O (U_O - U_1)}{f U_O \Delta U_O} \quad (3)$$

本次设计的稳压电源，其工作频率  $f$  选择为 50 kHz，根据电路设计的参数要求可计算出滤波电容的值为 10 μF，为留有一定的余量，可选择 100 μF/50 V 的电容。

### 2.3 储能电感的选择

稳压电源工作时，流过电感的电流包括直流分量和纹波分量 2 部分，若忽略电路中的损耗，则流过电感的直流分量即为从电源取出的平均电流，而流过电感的纹波分量为一般为三角波。设电感电流增量为  $\Delta I$ ，在选择  $\Delta I$  时应满足  $\Delta I = \frac{U_1 T_{ON}}{L} \leq 1.4 I_1$ ，

则电感选择原则<sup>[3]</sup>为

$$L \geq \frac{U_1 T_{ON}}{1.4 I_1} \geq \frac{U_1 (U_O - U_1)}{1.4 \frac{U_O I_O}{U_1} f U_O} \geq \frac{U_1^2 (U_O - U_1)}{1.4 f U_O^2 I_O} \quad (4)$$

在稳压电源工作频率为 50 kHz 和设计要求的下，计算可得电感值为 42 μH，为留有一定的余量，可选择 100 μH/2 A 的电感或自行绕制。

### 2.4 续流二极管的选择

由于二极管承受的最大反向工作电压为  $U_O$ ，最大工作电流为输入电流  $I_1$ 。因此，续流二极管的选择必须考虑管子的额定电压和额定电流的大小，并保证有一定的余量。同时要求其开关工作频率要高、导通电阻要小等因素，在本次设计的稳压电源中可选择型号 MBR10100CT 的肖特基二极管，它的最大反向工作电压为 100 V，最大工作电流为 10 A。

## 3 控制电路设计

控制电路的主要功能是为开关管的栅极提供脉冲宽度可调的驱动信号，从而实现稳定输出电压的目的。集成脉宽调制控制电路 TL494 是美国德州仪器公司生产的电压驱动型脉宽调制器，包含了开关电源所有的控制功能，工作可靠性高，广泛用于各种开关电源中；因此，笔者采用 TL494。TL494 的内部结构如图 2 所示，主要由锯齿波振荡器、死区时间比较器、脉宽调制比较器、误差放大器、D 触发器、基准电压发生器和 2 个驱动三极管等组成<sup>[4]</sup>。

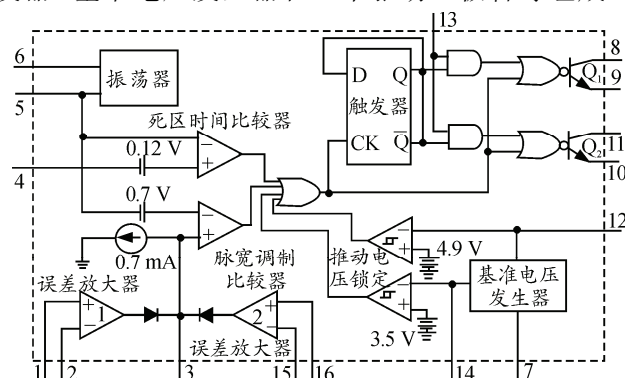


图 2 TL494 管脚及内部电路

TL494 的管脚功能为：1、2 脚为内部误差放大器 I 的 (+) 和 (-) 输入端；3 脚为相位校正和增益控制端；4 脚为死区电平控制端；5、6 脚为锯齿波振荡器外接电阻和电容端；7 脚为接地端；8、11 脚为驱动三极管集电极端；9、10 脚为驱动三极管发射极端；12 脚为电源端；13 脚为输出功能控制端；14 脚为内部 5 V 基准电压输出端；15、16 脚为误差放

大器 II 的 (+) 和 (-) 输入端。

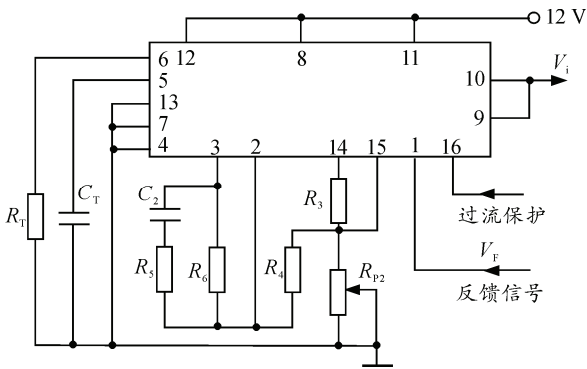


图 3 TL494 构成的 PWM 控制器电路

由 TL494 构成的 PWM 控制电路如图 3 所示，其中线性锯齿波振荡器频率是由  $R_T$  和  $C_T$  来决定，当选择  $C_T$  为 1 000 pF，电阻  $R_T$  为 22 k $\Omega$  可保证开关电源频率为 50 kHz。为了实现单端输出方式和提高带负载的能力，可将 13 脚接地，8、11 脚并联接电源，9、10 脚并联后作为振荡脉冲输出端。为了保证开关电源的输出电压稳定，可将稳压电路输出电压  $U_O$  反馈到 TL494 的第 1 脚，同时将 TL494 的第 2 脚作为参考电压输入，其参考电压是利用 TL494 内部 5 V 基准电源通过  $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_{P2}$  电阻分压网络提供的，调节  $R_{P2}$  使 15 脚电位等于 2.2 V。当稳压电源输出电压增加时，反馈信号  $V_F$  和参考电压比较后，误差放大器的输出增加，则 TL494 的 9 脚(或 10 脚)输出脉冲  $V_i$  的宽度变窄；反之，输出

脉冲变宽。这样通过调节输出脉冲宽度就可以控制稳压电源中开关管的导通与截止时间，从而使输出电压保持稳定。图 3 中，TL494 的 2 脚和 3 脚连接的  $R_5$ 、 $R_6$  和  $C_2$  可调节误差放大器的增益和改善稳压电源的动态特性，16 脚可用来作为过流保护电路的输入控制端。

### 4 升压型稳压电源的设计

利用 TL494 构成的升压型 DC-DC 开关电源的整机电路如图 4 所示。TL494 的 9 脚(或 10 脚)输出的脉冲信号  $V_i$  直接控制功率开关管 VT 的导通和截止。当  $V_i$  为高电平时，开关管 VT 导通，则流过电感电流  $i_L$  将线性增加，同时电感储存能量，其两端的感应电动势将使续流二极管  $D_2$  截止，则负载所获得的能量将由滤波电容  $C_3$  放电提供。当  $V_i$  为低电平时，开关管 VT 截止，由于电流的突变，电感中将产生反向感应电动势而使二极管  $D_2$  导通，则电感  $L$  中储存的能量将通过续流二极管  $D_2$  对滤波电容  $C_3$  进行充电，并向负载提供能量，这样在整脉冲周期内负载均能获得能量。当输出电压变化时，通过取样电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_{P1}$  得到的反馈电压也跟着发生变化，反馈电压和参考电压比较后，TL494 输出的 PWM 脉冲可以控制开关管的导通时间，保持输出电压将稳定。

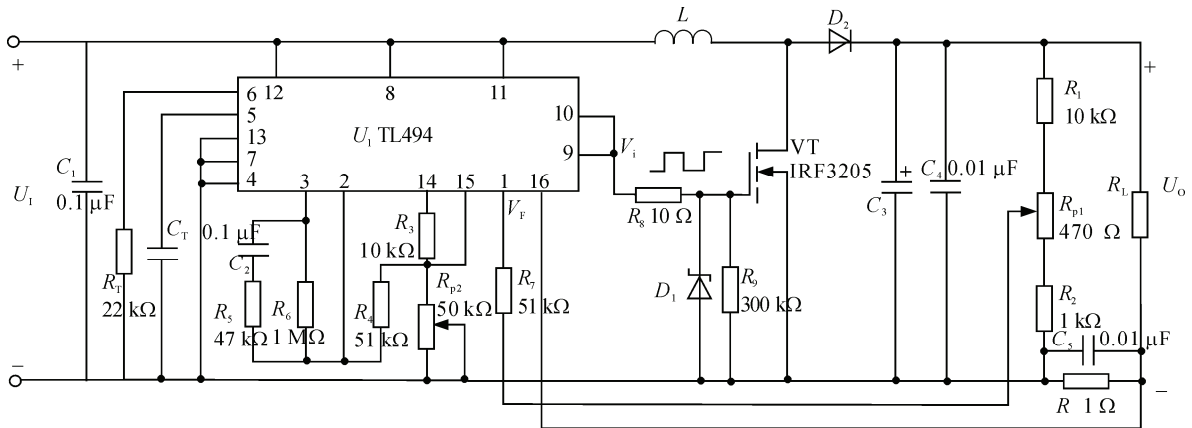


图 4 TL494 构成的 DC-DC 稳压电源原理

图 4 中的 1  $\Omega$ /2 W 电阻  $R$  是用于电路的过流保护， $R$  两端并联的电容  $C_5$  可滤除高频干扰信号。其工作原理为：当输出电流大于 1.2 A 时，输出电流经电阻  $R$  取样后送入 TL494 的第 16 脚，则 TL494 的 16 脚电压将大于 15 脚电压(为 2.2 V)，此时 TL494 内部误差放大器 II 的输出将增加，TL494 输出脉冲宽度将变窄，输出电压  $U_O$  则减小，从而起

到限流作用<sup>[5]</sup>。

### 5 电路仿真与测试

#### 5.1 PWM 脉冲测试

在图 4 中，将 TL494 的输入端 8、11 脚加上 +12 V 直流电压，测试 TL494 输出端 9、10 脚波形如图 5，该波形接近理想的脉冲波形，满足设计要求。

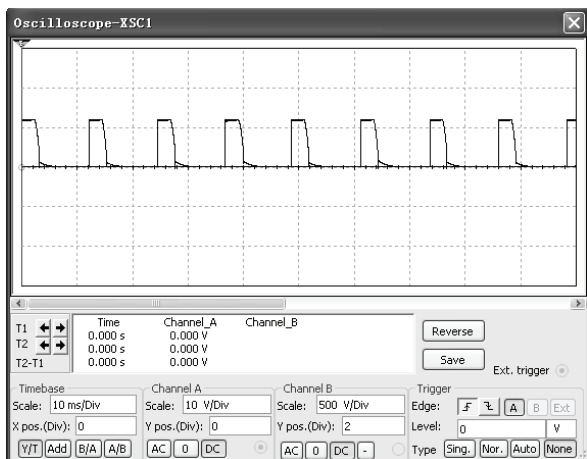


图 5 TL494 输出脉冲波形

### 5.2 电路参数测试

在 TL494 的 9、10 脚输出波形稳定后,将 TL494 输出脉冲信号接到开关管 VT 的输入端,使其控制开关管 VT 的导通和截止。再调节电位器  $R_{P2}$  使 15 脚电位等于 2.2 V,然后在稳压电源输出端接上 50  $\Omega$ /100 W 的电阻负载,调整输入电压  $U_1$  和输出电流  $I_0$  进行以下测试。

1) 电压调整率 ( $U_0=24$  V,  $I_0=1$  A) 见表 1。

表 1 电压调整率

输入电压 $U_1$ /V	输出电压 $U_0$ /V
10	23.95
11	24.15
12	24.05
13	24.17
14	24.45

则电压调整率  $S_V=(24.45-23.95)/24 \approx 2\%$ 。

2) 负载调整率 (在  $U_1=12$  V 时,  $U_0=24$  V) 见表 2。

表 2 负载调整率

输出电流 $I_0$ /A	输出电压 $U_0$ /V
0	24.05
0.2	24.02
0.5	24.01
0.8	23.65
1.0	23.35

则负载调整率  $S_I=(24.05-23.45)/24 \approx 3\%$ 。

3) 输出电压纹波测试如图 6 所示,其纹波电压

$U_{OPP} \approx 0.8$  V。

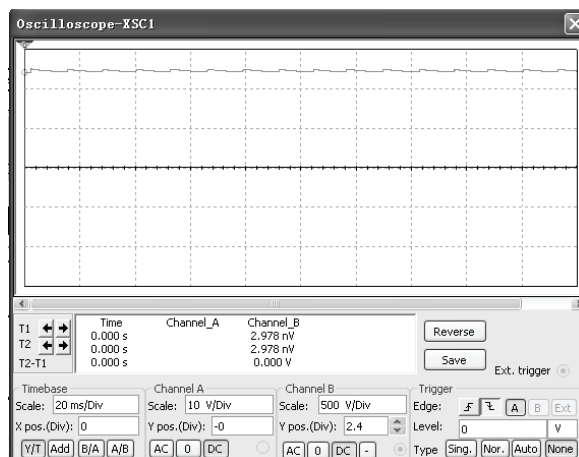


图 6 输出电压纹波波形

## 6 结论

笔者利用 TL494 设计了升压型 DC-DC 开关电源。在仿真与实际测试时,其电路输出电压稳定,具有良好的电压调整率与负载调整率,输出电压纹波小,其电路输出满载时变换效率大于 70%。由于稳压电源的过流保护直接使用了 TL494 的过流保护功能<sup>[6]</sup>,使该稳压电源结构合理,电路简单,具有较高的安全性和可靠性<sup>[7]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 周志敏,周纪海,纪爱华. 开关电源实用技术——设计与应用[M]. 2 版. 北京:人民邮电出版社,2007:123-125.
- [2] 江超,闻长远,王雨曦,等. 一种基于 TL494 Boost 型 DC-DC 电源设计[J]. 通信电源技术,2009(4):39-41.
- [3] 毛景魁,李晓慧. 锂电池并联的 Boost 升压电路设计与仿真[J]. 实验室研究与探索,2012(9):214-218.
- [4] 陆治国. 实用电源技术手册开关电源分册[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2007:97-98.
- [5] 卢守平,张驰. 高稳定度小功率开关稳压电源的实验研究[J]. 电源世界,2007(5):28-29.
- [6] 梁启文. 一款 DC-DC 升压开关电源的设计[J]. 自动化技术与应用,2008(4):123-125.
- [7] 罗凌. 基于 DSP 控制的大功率开关电源抗干扰设计[J]. 兵工自动化,2013,32(12):36-38.