

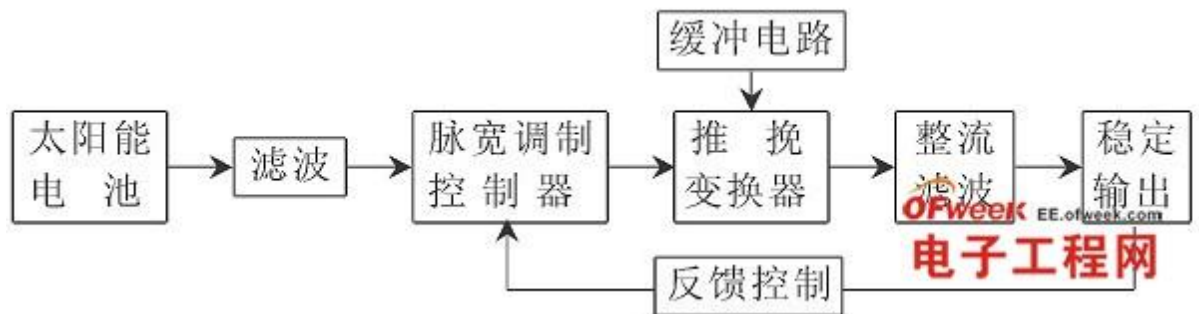
## 太阳能电池升压电路的设计与仿真

随着太阳能发电技术的发展，太阳能电池已在交通、通信、家庭灯具电源、卫星、航天器的电源系统等很多领域被广泛使用。它是一种很有前途的新型电源，具有永久性、清洁性和灵活性等优点。但太阳能电池也存在不稳定性，这将导致在昼夜、不同天气等条件下对负载正常供电产生影响，同时在日照不足时蓄电池的储能也存在不能工作的问题。

针对这个问题，国内也有关于太阳能电池升压控制电路的相关设计，但只给出了主体设计及充电电路，未进行深入的分析与验证。本文根据 DC-DC 变换电路的特点，设计了电源输入电路、脉宽调制电路以及推挽电路，通过 Multisim 软件对各部分电路进行仿真，验证了该方案的可行性。

### 1、设计方案

单节太阳能电池最低电压一般在 0.4-0.7V 之间，将 20 节太阳能电池串联起来，当光照不足时，该电源产生的电压约为 9V 为了将电压升高至 14V 直接对 12V 的蓄电池充电，本文设计了一款 DC-DC 升压电路，该电路主要由脉宽调制控制和推挽电路两部分组成，主要设计框图如图 1 所示



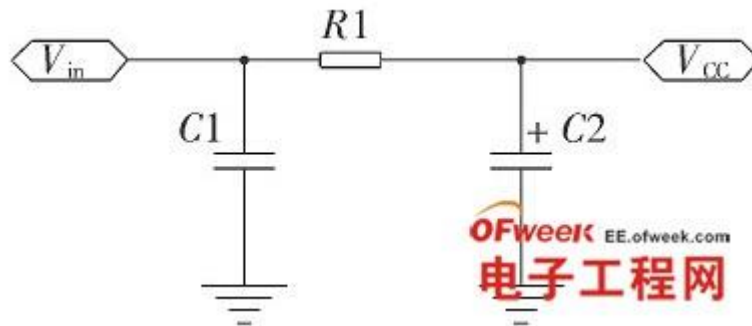
由图 1 可见，太阳能电池输出的直流电压经滤波除掉噪声干扰后，由脉宽调制控制器实现脉宽调制。经推挽变换器和滤波电路后输出直流电压。输出电压与反馈控制电路进行比较，如输出电压为 14V，可直接对蓄电池充电；如小于 14V，则经升压电路升压至 14V 后对蓄电池充电，由此可保持电源持续工作。

### 2、电路的设计与仿真

#### 2.1 电源输入滤波电路设计

电源输入滤波电路主要是抑制直流公共电源噪声耦合，去除串入电源的外来干扰噪声，并可抑制电路自身因电流或电压变化产生的噪声对邻近电路之间通过

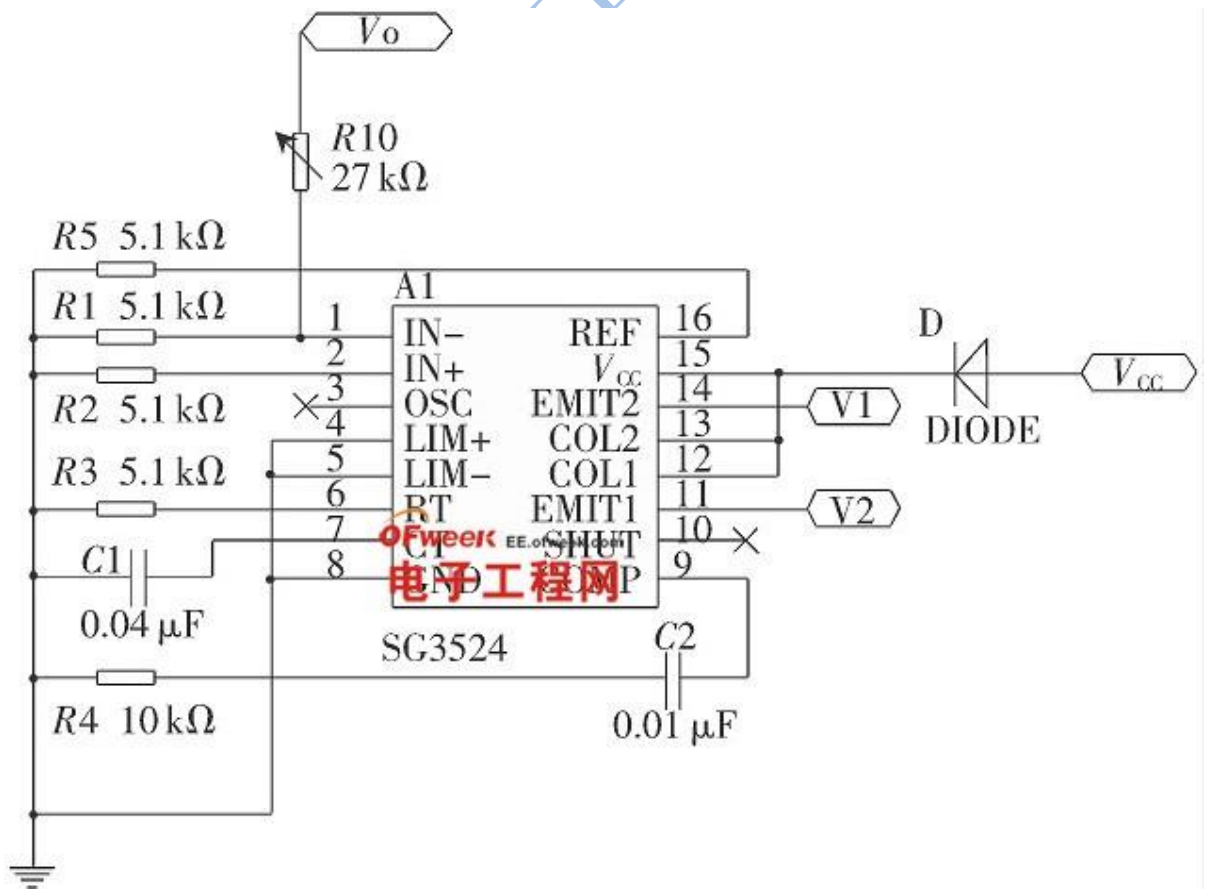
电源的耦合干扰。电路中 C2 采用低阻电解电容，C1 采用高频特性好的瓷片或聚苯乙烯电容，如图 2 所示。



## 2.2 脉宽调制电路设计

脉宽调制是指工作周期不变，通过改变功率开关管的导通时间或者截止时间来改变占空比。这种控制方式的单片集成控制器简单，可靠且使用方便灵活。

本电路选用高集成 SG3524 芯片实现脉宽调制控制功能，脉宽调制电路如图 3 所示。



1) 输出脉冲频率是工作频率，由\*脚到接地端的定时电阻  $R_T$  和 7 脚连到地的电容器  $C_T$  决定，频率值为

$$f = \frac{1.18}{R_T C_T} = \frac{1.18}{5.1 \times 0.04} = 5.78 \quad (1)$$

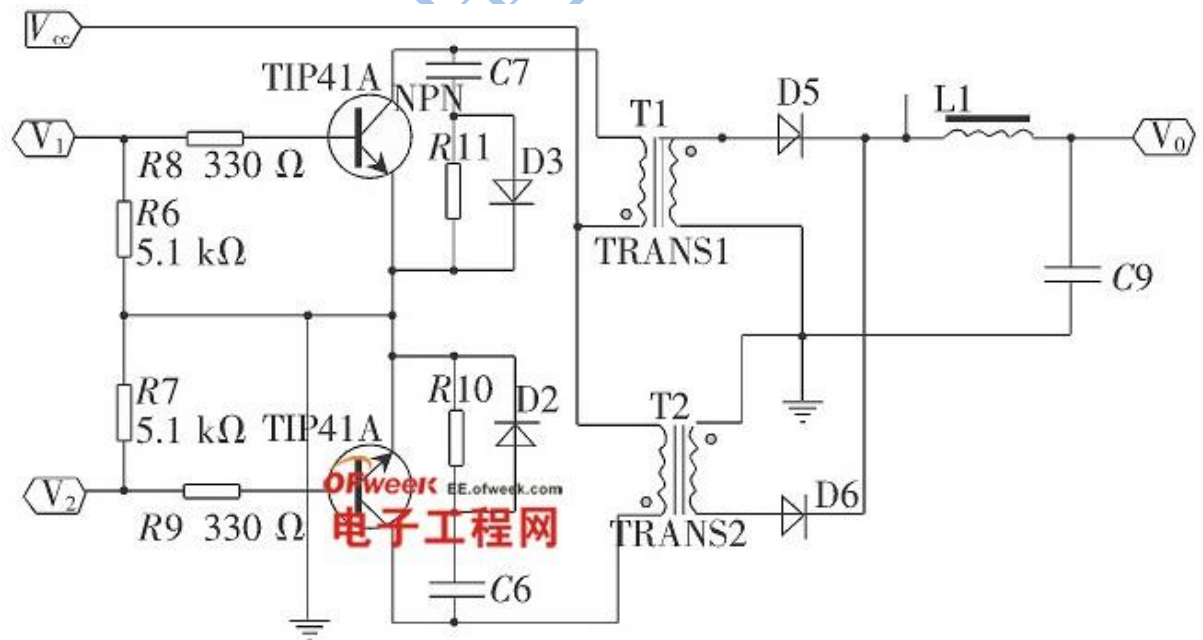
其中  $R_T$  单位为  $\mu F$ ， $f$  单位为 kHz。

2) 2 脚和 16 脚（5V 基准电压稳压输出）均接有  $5.1 k\Omega$  的电阻，经两脚电阻分压后得 2 脚基准电压为 2.5V。

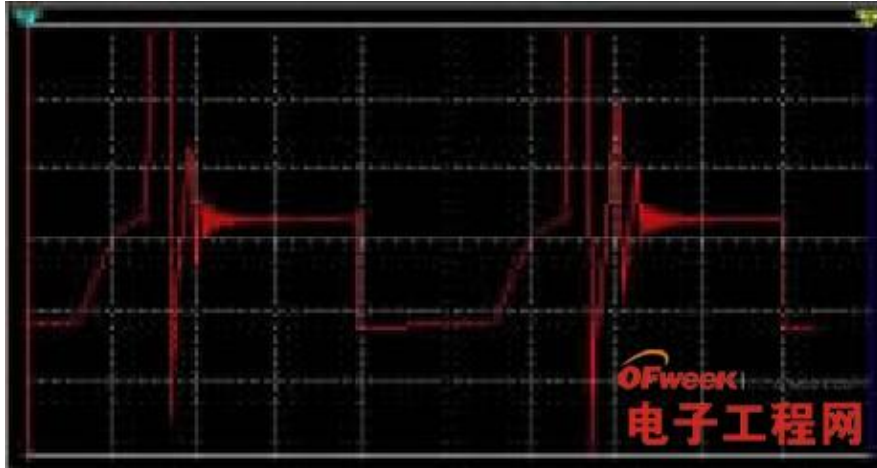
3) SG3524 的 11 脚和 14 脚输出方波脉冲，幅值为 9.0V，频率约为 5.8kHz，相位相反。

### 2.3 推挽变换器的设计

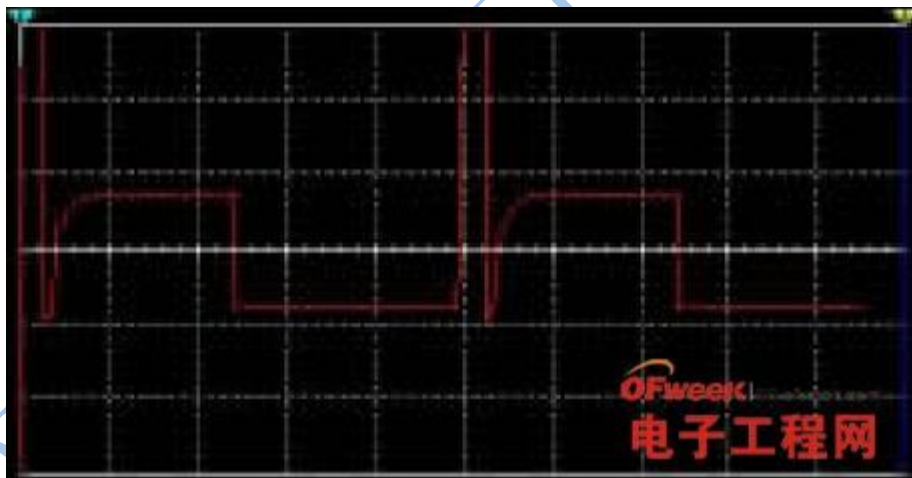
推挽电路结构如图 4 所示，它由逆变器（DC-AC）、高频整流滤波（AC-DC）电路及控制驱动电路组成。两个高频开关三极管 TIP41A 和变压器组成推挽逆变电路，将直流输入变换为高频方波脉冲，其中，开关三极管也有电流放大的作用，二次侧输出的高频正负脉冲电压经二极管整流成 2 倍于开关管频率的正向脉冲。



对推换电路进行仿真，结果如图 5 所示。由图可知，开关管在关断瞬间会产生很高的电压尖峰脉冲，反向恢复过程中也会出现很高的反向恢复电压尖峰脉冲。这是由开关电源电路中变压器的漏感，布线的引线电感和输出整流快速恢复二极管的存储效应引起的。因此，必须在功率器件两端设置尖峰电压吸收电路。



经反复实验调试，确定吸收电路的电容  $C=1\text{nF}$ ，电阻  $R=100\Omega$ ，再次对该电路进行仿真，结果如图 6 所示。与图 5 进行对比发现，加入缓冲电路前产生的脉冲尖峰消失，说明设计的缓冲电路能很好地吸收脉冲尖峰，抑制了噪声。



## 2.4 高频变压器设计

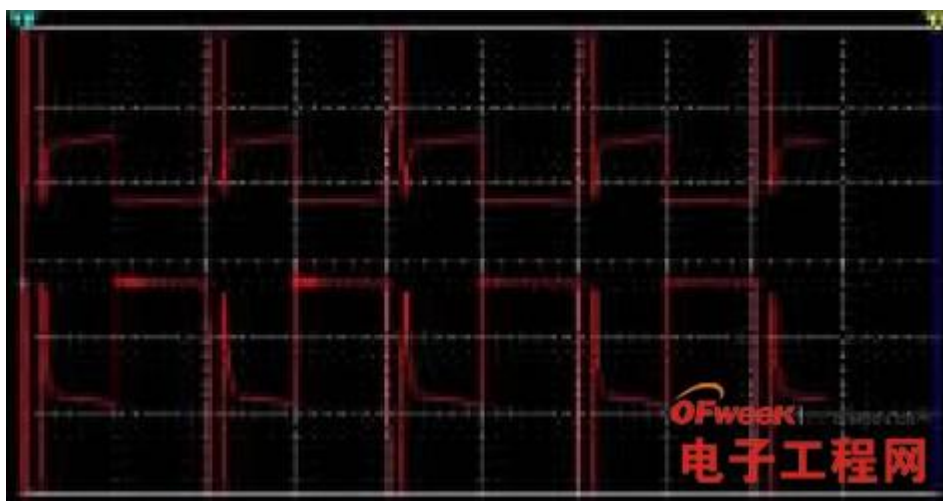
高频变压器设计条件如下：输入电压为  $9\text{V} \pm 5\%$ 、 $5\text{kHz}$ ；输出额定电压为  $14\text{V}$ ；开关频率为  $50\text{kHz}$ ；整流管压降  $V_F$  为  $0.5\text{V}$ ；占空比为  $0.4$ 。

根据实际要求得

$$P_T = (V_0 + V_V) I_0 = 38.5 \text{ W} \quad (2)$$

根据 PT 值，选用 PQ20\20 磁芯比较合适，变压器传输功率为 47W。

通过理论计算和实际应用可取变压器一次绕组的匝数和二次绕组的匝数分别为 18T 和 28T，变压器初级采用线径 0.6mm 的漆包线，次级采用 0.5mm 漆包线。变压器仿真结果如图 7 所示。



由仿真波形可以看出，由于缓冲电路电容和电阻的选值相对较大，尖峰电压吸收较好，在图 7 中几乎看不到尖峰电压，放大后，可以看到有微小的尖峰电压。可见，变压器符合设计要求。

## 2.5 LC 滤波电路的设计

1) 设计的总体要求为：输入电压为 9.0V；输出电压为 14V；占空比 D 为 0.8；允许纹波电流峰值  $\Delta I_L$  为 10mA。

2) 电容的设计要求：推挽变换器输出滤波电容器的计算公式为

$$C_f = \frac{(1-D)V_0}{8L_f \Delta U_0 (2f_s)^2} = \frac{(1-D)V_0}{32L_f \Delta U_0 f_s^2} \quad (3)$$

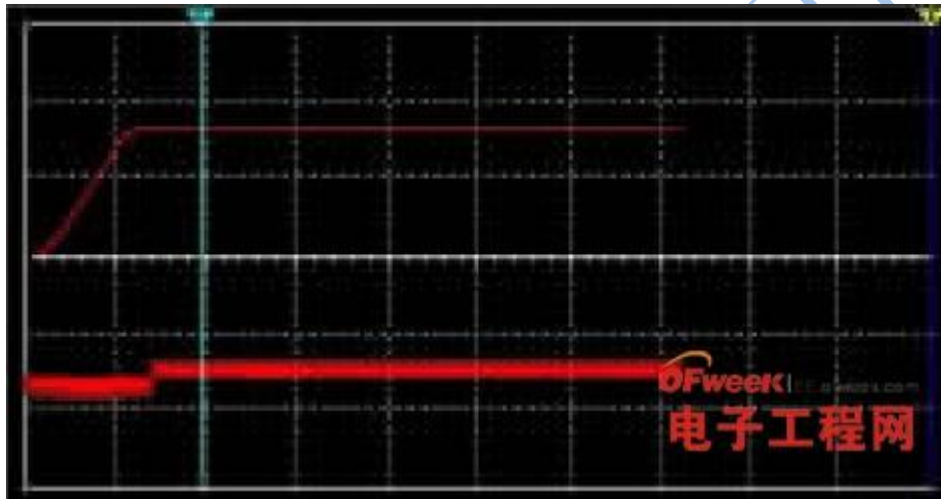
已知  $\Delta I_L = 10\text{mA}$ ，选取工作电压  $V_M = 36\text{V}$ 。由式 (3) 可计算出电路中所需电容  $C = 1200\mu\text{F}$ 。

3) 电感的设计要求：对于推挽、全桥变换器而言，电感计算公式可表示为

$$L = \frac{D(1-D)(1+K)}{2f_s(1-K)I_0} \cdot \frac{N_s}{N_p} V_{in} \quad (4)$$

由式(4)及设计的总体要求,可以计算出所需电感 $L=0.6\text{mH}$ 。通常大一点的电感对减小输出纹波的效果更好,因此这里选取 $L=0.8\text{mH}$ 。

滤波电路参数设定后,用 Multisim 软件进行仿真,结果如图 8 所示。由仿真波形可以看出,该电路能在极短时间内升压至设定电压值,而且经过 LC 滤波电路平滑高频,输出稳定直流电压,可见该升压电路对输入电压有很好的调节作用;对所设计的缓冲、滤波等电路的电子元件的选择是合理的;功率器件也符合该升压电路的设计要求。由此可以说明,本文的设计方法正确,结果符合设计要求。



本文以太阳能电池升压电路为研究对象,根据太阳能的不稳定性问题,确定了以 Boost 电路的 DC-DC 变换电路为解决方案。对滤波电路、脉宽调制电路、推挽变换器和整流滤波电路进行了分析和设计。用 Multisim 软件对电路进行了仿真,结果证明本文的设计在理论上是可行的。该设计性能可靠、结构相对简单、成本低、重量轻、体积小,具有较大的应用潜力。