

doi: 10.7690/bgzdh.2014.02.025

# 低功耗 PMT 高压电源设计

姚飞, 牛德青, 杨素

(中国兵器工业第五八所智能检测技术部, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对目前光电倍增管 (photomultiplier tube, PMT) 高压电路存在的不足, 研制专门用于 14PIN 的 PMT 高压底座。高压电源采用 LT3580 升压变换器, 利用单端反激方式实现高压输出, 12 阶倍压整流给 PMT 各级提供分压, 并列设计原则和给出电源测试指标。结果表明: 该方法有效、可行, 能使电源体积和功耗明显减小。

**关键词:** LT3580; 倍压整流; 单端反激式升压

**中图分类号:** TJ06 **文献标志码:** B

## Design of Low Consumption PMT High Voltage Power Supply

Yao Fei, Niu Deqing, Yang Su

(Department of Intelligent Detection Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Aiming at the shortcoming of photomultiplier tube (PMT) high voltage circuit, design PMT high voltage base for 14PIN. High voltage power supply adopts LT3580 boost converter, use single-terminal fly-back to realize high voltage output, 12 order voltage multiplying rectifier supply every layer of PMT with partial pressure, then list design principle and power supply test index. The results show that the method is effective and feasible, which can make the power supply's volume and consumption are evidently decreased.

**Keywords:** LT3580; voltage doubling rectifying; buck in the single flyback's mode

### 0 引言

目前, 闪烁探测器普遍用于核辐射测量中。由于 PMT 的每级都需要分压, 为了具备通用性, PMT 高压电源普遍采用高压模块加分压电路设计, 这样用户可自行设置各级间分压比。但是分压电路会大大增加高压模块负载(为保持测量线性, 分压电路的电流不能太小), 为了保持电源输出纹波不会增大, 需要提高电源开关频率和变压器电感量, 所以采用这种方案的高压模块功耗和体积都比较大, 功耗一般在 300 mW 以上(空载)。对于要求体积小使用时间长的便携式设备, 这种方案就不适用。笔者采用单端甲类反激式倍压升压电路, 同时采用倍压电路为 PMT 提供各级分压, 可大大降低电源负载, 由于负载很轻(最大 15  $\mu$ A), 倍压很高, 变压器采用匝数比为 1:15, 主边电感量 15  $\mu$ H, 尺寸为 6 mm $\times$ 6 mm $\times$ 3.5 mm, 这有效降低了电源的体积。

### 1 电路组成

笔者针对使用最广泛的 14PIN 的 PMT 而设计的高压底座如图 1, 电源主要由脉宽调制 (pulse width modulate, PWM) 驱动电路、12 阶倍压整流、RC 输出滤波电路和反馈调整电路组成。

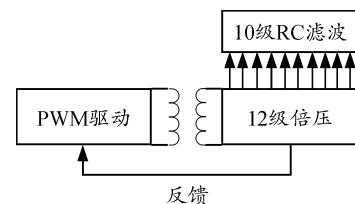


图 1 倍压整流高压电路框图

#### 1.1 PWM 驱动电路<sup>[1]</sup>

PWM 驱动采用 LT3580 升压转换器, 最大开关频率 2.5 MHz, 集成耐压值 42 V 的 BJT 驱动, 带限流保护, 芯片本身静态电流最大 1 mA, 其工作频率通过 6 脚电阻值设定。由于笔者采用倍压整流阶数较高, 因此必须使用较高频率信号进行驱动。通过实验, 频率为 500 kHz 的信号时, 变压器的转换效率最高。综合考虑其工作频率、倍压电容容量及耐压, 选择升压比为 1:15, 电感量 15  $\mu$ H 的高频 U 型变压器<sup>[1]</sup>。在图 2 所示的驱动电路中, CT 是 LC 谐振电容, 当不使用 CT 时, 如果开关信号频率为 500 kHz, 则初级线圈的等效阻抗实测大约为 350  $\Omega$ , 开关的通态电阻一般都大于几百欧姆, 而开关和初级线圈串联, 则  $T_1$  上的分得电压不是很高, 在  $T_1$  的次级上就无法得到较高的电压。因此常在  $T_1$  上并联一个电容, 尽量使 LC 谐振频率接近开关的驱动

收稿日期: 2013-09-12; 修回日期: 2013-11-08

作者简介: 姚飞(1984—), 男, 安徽人, 工程师, 硕士, 从事电子仪器及测量方面的研究。

信号频率，越接近 LC 谐振频率，则初级线圈上得到的电压幅度越高，开关上的损耗将越小<sup>[2]</sup>。

### 1.2 反馈电路

LT3580 的 1 脚为电压反馈输入端，内部集成 14.6 kΩ 电阻，误差放大器的电压基准 1.215 V，那

么流过反馈电阻最小电流为 77 μA。如果通过直接加反馈电阻来反馈电压，会使高压电源负载太重。笔者通过加射极跟随器为 LT3580 反馈电压输入脚提供信号。高压反馈分压电阻 R<sub>17</sub>、R<sub>18</sub> 分别取 200 MΩ、400 kΩ，高压通过 R<sub>14</sub> 调节。这样，反馈电路电流小于 5 μA。

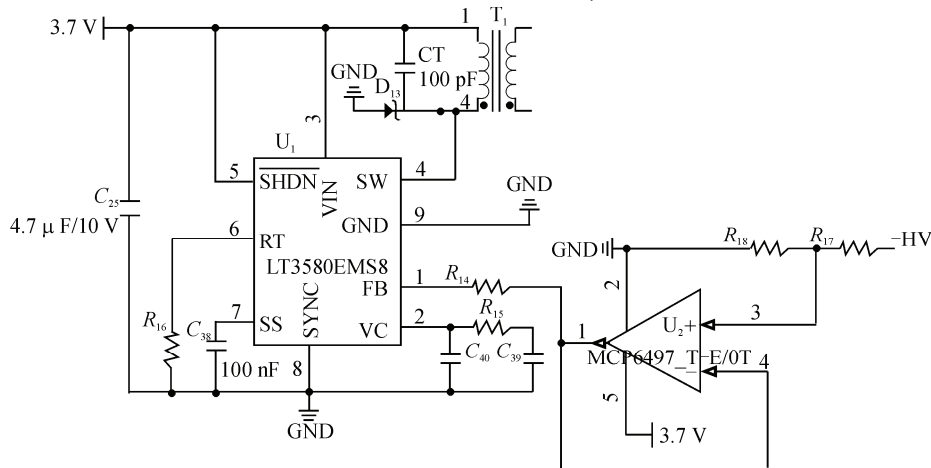


图 2 PWM 驱动电路

电路的反馈速度直接影响电源的纹波大小及稳定性。电路工作在 500 kHz，所以反馈电路 RC 时间不应大于 1.8 μs。R<sub>18</sub> 的寄生电容 C<sub>18</sub> 与 R<sub>17</sub> 决定了反馈速度。

$$C_{18} \leq \frac{1.8 \times 10^{-5}}{200 \times 10^6} = 9 \times 10^{-3} \text{ pF} \quad (1)$$

电阻的尺寸越小，寄生电容就越小，一般单个 0402 封装电阻寄生容值 0.01 pF，R<sub>18</sub> 采用 0402 电阻排，内含 4 个电阻，所以 C<sub>18</sub> = 2.5 × 10<sup>-3</sup> pF，可满足要求。

### 1.3 倍压整流及滤波

倍压整流电路的实质是电荷泵，如图 3。最初由 COCCROFT 和 WALTON 提出了高压倍压电路，通

常称为 c.w 倍压整流电路。通常称每 2 倍为一阶，如果希望输出电压极性不同，只要将所有的二极管反向即可<sup>[3]</sup>。倍压电路优点是可有效减小变压器体积。为了提高通用性，该电路输出为负高压。14PIN 的 PMT 推荐分压比为 2:2:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1，笔者采用 12 阶倍压，最后 4 级、2 级合并输出，可满足分压比要求。由于 PMT 本身功耗极低，所以高压输出纹波仍然很小。

$$V_{\text{rip}} = \frac{(N+1)N \cdot I}{4fc} = \frac{(12+1) \times 12 \times 5 \times 10^{-6}}{4 \times 1.5 \times 10^6 \times 40 \times 10^{-9}} = 3.3 \text{ mV} \quad (2)$$

式中：N 为倍压电路的阶数，两倍压为一阶；I 为倍压整流电路输出的最大电流；f 为开关电源的工作频率；C 为倍压整流电路中单个电容的容值。

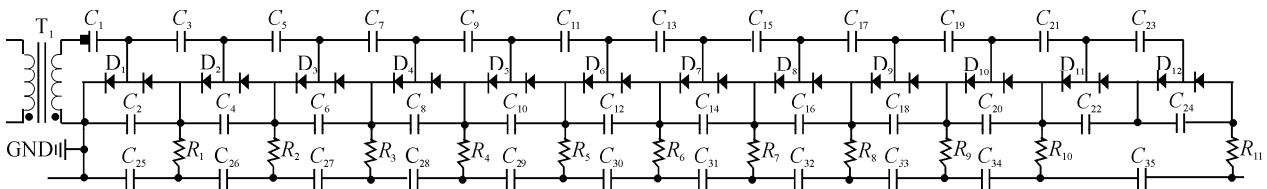


图 3 12 阶倍压整流电路

电容采用 X7T 型陶瓷电容 40 nF/250 V，绝缘电阻约 750 MΩ，电容两端漏电流

$$I_d = \frac{100}{750 \times 10^6} = 133 \text{ nA} \quad (3)$$

二极管选择漏电流为 10 nA/200 V，反向关断时

间 50 ns 的开关管阵列。二极管与电容总漏电流

$$I_{\text{d总}} < 133 \times 12 + 10 \times 12 = 1.7 \text{ μA} \quad (4)$$

由于 PMT 输出电流很小，最大 5 μA，所以滤波电路采用 RC 滤波，这样可以明显减小电源体积。