

Tiny Switch-II 系列微型单片开关电源的应用

沙占友 张苏英 王彦朋

摘 要：Tiny Switch-II 系列适合制作高效率、低成本、23W 以下的小型化开关电源，充电器、网络终端设备。本文介绍其典型应用及电路设计要点。

关键词：小功率 单片开关电源 充电器 待机电源 设计

Tiny Switch-II 系列产品可广泛用于 23W 以下小功率、低成本的高效开关电源。例如，IC 卡付费电表中的小型化开关电源模块，手机电池恒压/恒流充电器、电源适配器（Power supply adapter），微机、彩电、激光打印机、录像机、摄录像机等高档家用电器中的待机电源（Standby power supply），还适用于 ISDN 及 DSL 网络终端设备。

使用 Tiny Switch-II 便于实现开关电源的优化设计。由于其开关频率提高到 132kHz，因此高频变压器允许采用 EE13 或 EF12.6 小型化磁芯，并达到很高的电源效率。Tiny Switch-II 具有频率抖动特性，仅用一只电感（在输出功率小于 3W 或可接受的较低效率时，还可用两个小电阻）和两只电容，即可进行 EMI 滤波。即使在短路条件下，也不需要大功率整流管。做具有恒压 / 恒流特性的充电器时，Tiny Switch-II 能直接从输入高压中获取能量，不需要反馈绕组，并且即使输出电压降到零时仍能输出电流，因此可大大简化充电器的电路设计。对于需要欠压保护的应用领域（如 PC 待机电源），也能节省元件数量。

1、Tiny Switch II 的典型应用

1.1 2.5W 恒流 / 恒压输出式手机电池充电器

由 TNY264 (IC1) 构成的 2.5W (5V、0.5A)、交流宽范围输入的手机电池充电器电路，如图 1 所示。RF 为熔断电阻器。85V~265V 交流电经过 VD1~VD4 桥式整流，再通过由电感 L1 与 C1、C2 构成的 π 型滤波器，获得直流高压 UI。R1 为 L1 的阻尼电阻。利用 TNY264 的频率抖动特性，允许使用简单的滤波器和低价格的安全电容 C8 (Y 电容) 即可满足抑制初、次级之间传导式电磁干扰 (EMI) 的国际标准。即使发生输出端容性负载接地的最不利情况下，通过给高频变压器增加屏蔽层，仍能有效抑制 EMI。由二极管 VD6、电容 C3 和电阻 R2 构成的钳位保护电路，能将功率 MOSFET 关断时加在漏极上的尖峰电压限制在安全范围以内。当输出电流 I_0 低于 500mA 时，电压控制环工作，电流控制环则因晶体管 VT 截止而不起作用。此时，输出电压 U_0 由光耦合器 IC2 (LTV817) 中 LED 的正向压降 ($U_F \approx 1V$) 和稳压管 VDZ 的稳压值 ($U_Z = 3.9V$) 来共同设定，即 $U_0 = U_F + U_Z \approx 5V$ 。电阻 R8 给稳压管提供偏置电流，使 VDZ 的稳定电流 I_Z 接近于典型值。次级电压经 VD5、C5、L2 和 C6 整流滤波后，获得 +5V 输出电压。

TinySwitch-II 的开关频率较高，在输出整流管 VD5 关断后的反向恢复过程中，会产生开关噪声，容易损坏整流管。虽然在 VD5 两端并上由阻容元件串联而成的 RC 吸收电路，能对开关噪声起到一定的抑制作用，但效果仍不理想，况且在电阻上还会造成功率损耗。解决的办法是在次级整流滤波器上串联一只磁珠。

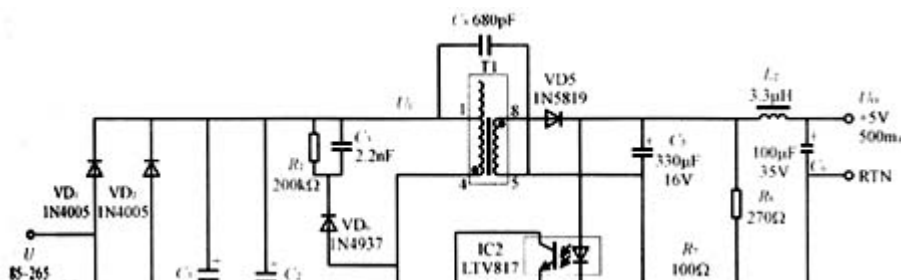


图 1: 2.5W 恒流 / 恒压输出式手机电池充电器电路

磁珠 (Magneticbead) 是近年来问世的一种超小型的非晶合金磁性材料, 它与铁氧体属两种材料。市售的磁珠外形与塑封二极管相仿, 外形呈管状, 但改用磁性材料封装, 内穿一根导线而制成的小电感。常见磁珠的外形尺寸有 $\Phi 2.5 \times 3$ (mm)、 $\Phi 2.5 \times 8$ (mm)、 $\Phi 3 \times 5$ (mm) 等多种规格。供单片开关电源使用的磁珠, 电感量一般为几至几十 μH 。磁珠的直流电阻非常小, 一般为 $0.005\Omega \sim 0.01\Omega$ 。通常噪声滤波器只能吸收已发生了的噪声, 属于被动抑制型; 磁珠的作用则不同, 它能抑制开关噪声的产生, 因此属于主动抑制型, 这是二者的根本区别。磁珠可广泛用于高频开关电源、录像机、电子测量仪器、以及各种对噪声要求非常严格的电路中。图 1 中的滤波电感 L2, 就选用 $3.3\mu\text{H}$ 的磁珠, 可滤除 VD5 在反向恢复过程中产生的开关噪声。

由晶体管 VT、电流检测电阻 R4 和光耦合器 IC2 组成电流控制环。当输出电流 IO 接近于 500mA 时, 由于 R4 上的压降升高, 使晶体管 VT 的发射极电压 UBE 也随之升高, VT 进入放大区, 此时电流控制环开始起作用, 输出呈恒流特性。即使输出端发生短路故障, 使得 $\text{IO} \uparrow$, $\text{UO} \rightarrow 0\text{V}$, 由于电阻 R6 和 R4 上的总压降约为 1.2V, 仍能维持 VT 和光耦合器中 LED 的正常工作。R3 为基极限流电阻。

1.2 15W 的 PC 机待机电源电路

一种输出功率为 15W 的 PC 机待机电源电路如图 2 所示。该电源可提供两路输出: 主输出为 +5V、3A; 辅助输出则为 +12V、20mA。总输出功率为 15.24W, 电源效率高于 78%。电路中采用两片集成电路: TNY267P 型微型单片开关电源 (IC1), SFH615-2 型线性光耦合器 (IC2)。直流输入电压为 140V~375V, 这对应于交流输入电压为 $230\text{V} \pm 15\%$ 或者 110 / 115V 倍压输入的情况。利用 TNY267P 的欠压检测、自动重新启动和高频开关特性, 允许使用体积较小、价格较低的 EE22 型高频变压器磁芯。TNY267P 芯片采用的是 DIP-8 封装形式, 它能滤除因输出滤波电容缓慢放电而引起自动重新启动时, 在输出电压波形上形成的毛刺。当输入电压低于欠压值时, TNY267P 就自动关断, 起到保护作用; 仅当输入电压高于欠压阈值时才工作。R2、R3 为欠压阈值设定电阻。二者的总阻值选 $4\text{M}\Omega$ 时, 欠压阈值设定为直流 200V, 整流后的直流高压 UI 必须高于 200V 时, 才能开启电源。而一旦开启电源, 就将持续工作, 直到 UI 降至 140V 才关机。这种滞后式关机的特性, 可为待机电源提供所需的保持 (Holdup) 时间。

初级一侧的辅助绕组经 VD2、C2 整流滤波后, 获得 +12V 输出电压, 并通过 R4 给 TNY267P 供电。正常工作时 TNY267P 内部漏极驱动电流源也停止对外部旁路电容充电, 以减少其间的静态损耗。选 $R4=10\text{k}\Omega$ 时, 可为旁路端提供 $640\mu\text{A}$ 的电流, 这略高于 TNY267P 的损耗电流, 超出部分将被芯片内部的稳压管钳位在 6.3V 的安全电压上。

次级输出经 VD3、C6 和 C7 进行整流滤波。L 与 C8 构成后级滤波器, 主要用来滤除开关噪声。当输出端短路时, 自动重新启动电路就限制了输出电流的增大, 并且滤除了对 VD3 的过冲电压。由光耦合器 IC2 (SFH615-2)、稳压管 VDZ 对 5V 输出进行检测, R5 给稳压管提供偏置电流。

2、电路设计要点

2.1 使用注意事项

(1) 直流输入电压 UI 的最小值 U_{Imin} 可按 90V 来设计。输入宽范围电压 (85V~265V) 时, 输入级滤波电容 C1 的容量可按 $3\mu\text{F} / \text{W}$ 的比例系数来选取; 例如当输出功率 $\text{PO}=10\text{W}$ 时, $\text{C1}=30\mu\text{F}$ 。对于交流 $230\text{V} \pm 15\%$ 固定电压输入的情况, 比例系数可取 $1\mu\text{F} / \text{W}$ 。

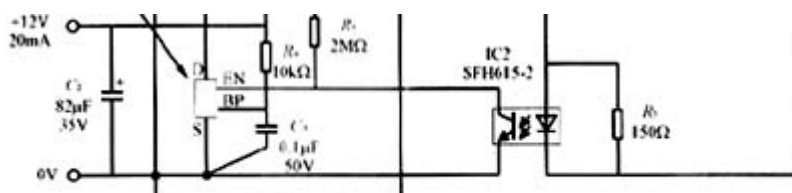


图 2 15W 的 PC 机待机电源电路

(2) 为了降低损耗,提高电源效率,次级整流管宜采用肖特基势垒二极管 (Schottky Barrier Diode, 英文缩写为 SBD), 简称肖特基二极管。这种管子具有正向压降低 ($U_F \approx 0.4V$)、功率损耗小、反向恢复时间短 (t_{rr} 可小到几 ns) 等优点, 适合用做低压、大电流整流或续流。

(3) 选择输出功率较大的 Tiny Switch-II 芯片, 有助于提高电源效率。例如在图 2 所示的电路中, 选择 TNY267 时电源效率的下限值为 78%; 若采用 TNY266、TNY264, 就依次降为 76%、74%。

(4) 在特定的应用中, Tiny Switch-II 的最大输出功率随热环境 (包括环境温度, 散热条件, 通风状况以及电源采用密封式还是敞开式等因素)、高频变压器磁芯的尺寸、工作方式的设计 (连续模式或不连续模式)、所需功率、输入电压的最小值、输入级滤波电容的容量、输出整流管的正向压降等条件而变化, 可能与 Tiny Switch II 系列第二代微型开关电源的原理一文中的表 1 中所列的典型值不同[见《电源技术应用》2001 (11)]。

(5) Tiny Switch II 能滤除高频变压器产生的音频噪声。允许采用普通结构的浸漆变压器, 磁芯之间也可以不用胶粘接。当开关电源随负载的减轻而产生音频干扰时, Tiny Switch II 就通过不连续地减小极限电流值, 以滤除音频噪声。

(6) 图 1 中的 LTV817 型线性光耦合器, 可用 PC817 或 PC817A 来代替。它们的技术参数基本相同, 电流传输比 $CTR=80\% \sim 160\%$, 反向击穿电压 $U(BR)_{CEO} \geq 35V$ 。

(7) 在图 2 所示电路中, 待机电源若选择 TNY266P 芯片, 输出功率就降为 10W。此时可选 EE16 型高频变压器磁芯, 并且还可以去掉滤波电容 C7。

2.2 印制板设计要点

Tiny Switch-II 芯片的印制板元器件布置图, 如图 3 所示, 这里未使用欠压保护电阻。设计印制板时必须注意以下事项:

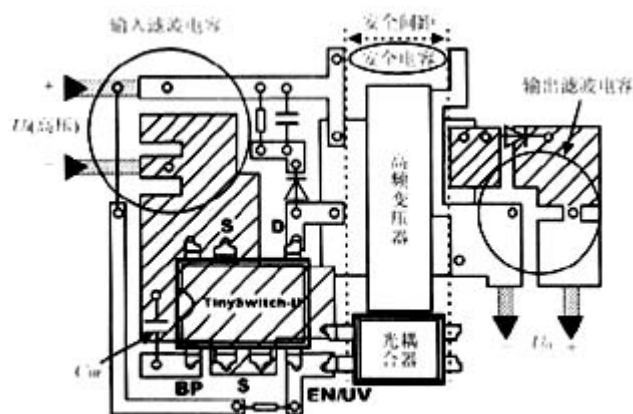


图 3 TinySwitch-II 的印制板元件布置图

(1) Tiny Switch-II 下面的敷铜板不仅作为源极接地点, 还起到散热作用。图 3 中阴影区域面积应足够大, 才能保证 Tiny Switch-II 和次级整流管散热良好, 使芯片的结温低于 $100^{\circ}C$ 。

(2) 旁路端电容 CBP 和输入滤波电容 C1 必须采用单点接地法, 接至源极端。连接 C1、

高频变压器和 Tiny Switch-II 的初级回路应尽量短捷。

(3) 初级钳位电路用于限制关断时漏极上的峰值电压。可用 R、C、VD 型钳位电路来实现, 亦可用 200V 稳压管或者瞬态电压抑制器 (TVS) 对漏极电压进行钳位。在任何情况下, 都要使钳位元器件到高频变压器和 Tiny Switch-II 的距离为最短。

(4) 若使用欠压检测电阻, 应使电阻尽可能靠近 EN / UV 端, 以减少感应噪声。还需要考虑欠压检测电阻 R2 和 R3 的耐压值。选择 (1 / 4) W 的电阻时, 一般可承受 200V 电压 (指连续加压, 下同); 对 (1 / 2) W 的电阻, 耐压值则为 400V。

(5) 安全电容 (Y 电容) 应直接安装在初级滤波电容的正极与次级的公共地 (返回端) 之间, 最大限度地抑制电磁干扰和共模浪涌电压。

(6) 光耦合器到 Tiny Switch-II 的 EN / UV 端和源极的距离应最短, 以减小噪声耦合。EN / UV 脚到光耦合器的距离应小于 12.7mm, 到漏极的距离则应大于 5.1mm。

(7) 为提高稳压性能, 连到次级绕组、次级整流管、次级滤波电容的的环路要尽量短。次级整流管的焊盘面积须足够大, 以确保在输出短路的情况下能将整流二极管的热量及时散发掉。

(8) 连到输入、输出滤波电容的印制导线采用了末端收缩的布线方式, 这有两个好处:
——能使所有的高频电流通过滤波电容被滤掉 (若印制导线过宽, 印制导线之间的分布电容就会影响对高频干扰的滤波效果);

——减少由 Tiny Switch-II 向输入滤波电容、由次级整流管向输出滤波电容传输的热量。返回端与次级的连线要短捷、连线的特性阻抗要低。另外, 返回端应直接连到次级绕组的引脚处, 而不是 Y 电容的焊点处。

作者: 沙占友 张苏英 王彦朋

摘自: 北极星电技术网 (2005 年 6 月)