

本文设计的开关电源将作为智能仪表的电源,最大功率为 10 W。为了减少 PCB 的数量和智能仪表的体积,要求电源尺寸尽量小并能将电源部分与仪表主控部分做在同一个 PCB 上。

考虑 10W 的功率以及小体积的因素,电路选用单端反激电路。单端反激电路的特点是:电路简单、体积小且成本低。单端反激电路由输入滤波电路、脉宽调制电路、功率传递电路(由开关管和变压器组成)、输出整流滤波电路、误差检测电路(由芯片 TL431 及周围元件组成)及信号传递电路(由隔离光耦及电阻组成)等组成。本电源设计成表面贴装的模块电源,其具体参数要求如下:

输出最大功率: 10W

输入交流电压: 85~265V

输出直流电压 / 电流: +5V, 500mA; +12V, 150mA; +24V, 100mA

纹波电压: $\leq 120\text{mV}$

单端反激式开关电源的控制原理

所谓单端是指 TOPSwitch-II 系列器件只有一个脉冲调制信号功率输出端一漏极 D。反激式则指当功率 MOSFET 导通时,就将电能储存在高频变压器的初级绕组上,仅当 MOSFET 关断时,才向次级输送电能,由于开关频率高达 100kHz,使得高频变压器能够快速存储、释放能量,经高频整流滤波后即可获得直流连续输出。这也是反激式电路的基本工作原理。而反馈回路通过控制 TOPSwitch 器件控制端的电流来调节占空比,以达到稳压的目的。

TOPSwitch-II 系列芯片选型及介绍

TOPSwitch-II 系列芯片的漏极(D)与内部功率开关器件 MOSFET 相连,外部通过负载电感与主电源相连,在启动状态下通过内部开关式高压电源提供内部偏置电流,并设有电流检测。控制极(C)用于占空比控制的误差放大器和反馈电流的输入引脚,与内部并联稳压器连接,提供正常工作时的内部偏置电流,同时也是提供旁路、自动重起和补偿功能的电容连接点。源极(S)与高压功率回路的 MOSFET 的源极相连,兼做初级电路的公共点与参考点。内部输出极 MOSFET 的占空比随控制引脚电流的增加而线性下降,控制电压的典型值为 5.7 V,极限电压为 9 V,控制端最大允许电流为 100 mA。

在设计时还对阈值电压采取了温度补偿措施,以消除因漏源导通电阻随温度变化而引起的漏极电流变化。当芯片结温大于 135°C 时,过热保护电路就输出高电平,关断输出极。此时控制电压 Vc 进入滞后调节模式,Vc 端波形也变成幅度为 4.7V~5.7V 的锯齿波。若要重新启动电路,需断电后再接通电路开关,或者将 Vc 降至 3.3V 以下,再利用上电复位电路将内部触发器置零,使 MOSFET 恢复正常工作。

采用 TOPSwitch-II 系列设计单片开关电源时所需外接元器件少,而且器件对电路板布局以及输入总线瞬变的敏感性大大减少,故设计十分方便,性能稳定,性价比更高。

对于芯片的选择主要考虑输入电压和功率。由设计要求可知,输入电压为宽范围输入,输出功率不大于 10W,故选择 TOP222G。

反馈回路主要由 PC817 和 TL431 及若干电容、电阻构成。其中 U2 为 TL431，它为可调试精密并联稳压器，利用电阻 R5、R6 分压获得基准电压值。通过调节 R5、R6 的值可以调节输出电压的稳压值。C8 为 TL431 的频率补偿电容，可以提高 TL431 的瞬态频率响应。C7 为软启动电容，取 $C7=22\mu\text{F}$ 时可增加 4ms 的软启动时间，在加上 TOP222G 本身已有的 10ms 软启动时间，则总共为 14ms。

U3 为 PC817 型线性光耦合器，其电流传输比(CTR)范围为 80%~160%，能够较好地满足反馈回路的设计要求，而目前国内常用的 4N25、4N26 属于非线性光耦合器，不宜采用。反馈绕组上产生的电压经 D4、C9 整流滤波，获得非隔离式 +12V 输出，为 PC817 接收管的集电极供电。由于反馈绕组输出电压较小，次级采用 D4 硅高速开关管 1N4148。光耦 PC817 能将 +5V 输出与电网隔离，其发射极电流送至 TOP222G 的控制端，用来调节占空比。

C3 为控制端旁路电容，它可对控制回路进行补偿并设定自动重启频率。当 $C3=47\mu\text{F}$ 时，自动重启频率为 1.2Hz，即每隔 0.83s 检测一次调节失控故障是否已经被排除，若确认已被排除，就自动重启开关电源恢复正常工作。

R2 为 PC817 中 LED 的外部限流电阻。实际上除了限流保护作用外，他对控制回路的增益也具有重要影响。当 R2 改变时，会依次影响到下列参数值：IF→IC→D→UO，也就相当于改变了控制回路的电流放大倍数。