



本电路的参数是按每串 22 个 0.06W LED，共  
负载设计的，每串的电是 17.8 毫安，设计  
则需修正 R6~R9 的参数。

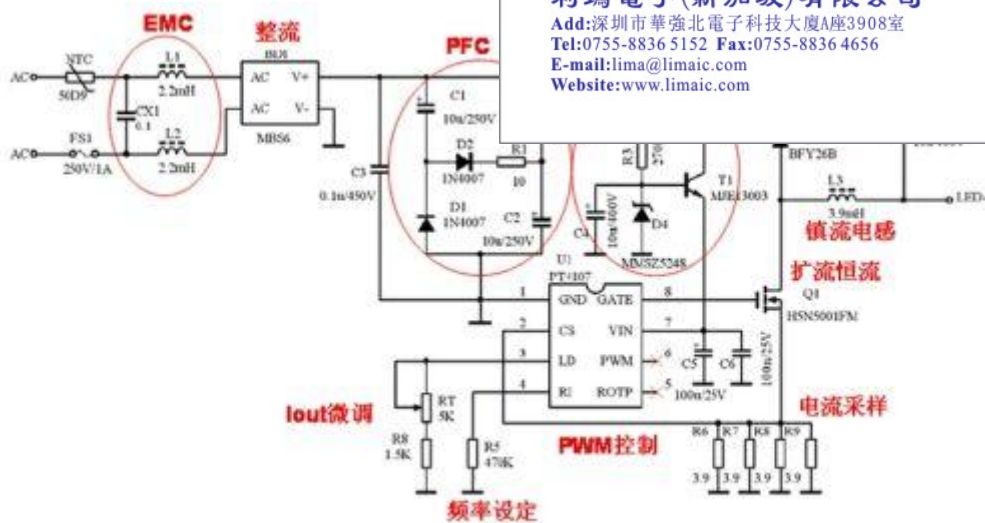


图 4: 全电压 20W 日光灯开关恒流源电原理图。

PCB 板的排列是做好产品的关键，因此 PCB 板的走线要按电力电子规范要求来设计。本  
电路可用于 T10、T8 日光灯管，因两管空间大小不同，二块 PCB 板的宽度将不同，需要降低  
所有零件的高度，以便放入 T10、T8 灯管。图 5 是 T10 恒流源板的实物照片，33 个元件安  
装在 235×25×0.8 毫米的环氧单面印制板上。

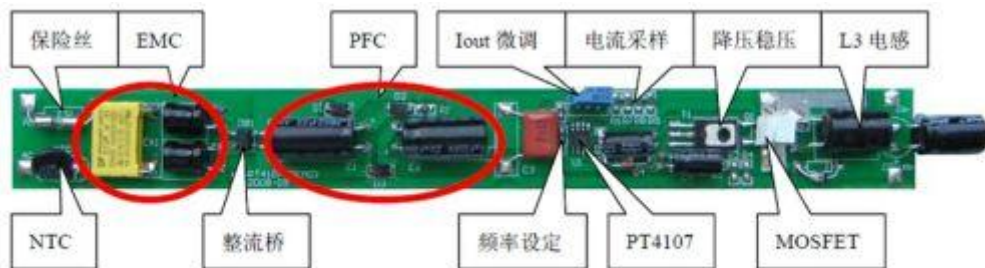


图 5: T10 恒流源的实物照片。

## 关键的设计和考虑因素

### 1.抗浪涌的 NTC。

抗浪涌的 NTC 选用 300Ω/0.3A 热敏电阻，如改变此方案的输出，比如增大电流，则 NTC 的  
电流也要选大一些，以免过流自发热。

### 2.EMC 滤波

在交流电源输入端，一般需要增加由共轭电感、X 电容和 Y 电容组成的滤波器，以增加整个电路抗 EMI 的效果，滤除掉传导干扰信号和辐射噪声。本电路采用共轭电感加 X 电容器的简洁方式，主要还是出于整体成本的考虑，本着够用就好的设计原则。X 电容器应标有安全认证标志和耐压 AC275V 字样，其真正的直流耐压在 2,000V 以上，外观多为橙色或蓝色。共轭电感是绕在同一个磁芯上的两个电感量相同的电感，主要用来抑制共模干扰，电感量在 10~30mH 范围内选取。为缩小体积和提高滤波效果，优先选用高导磁率微晶材料磁芯制作的产品，电感量应尽量选较大的值。使用二个相同电感替代一个共轭电感也是一个降低成本的方法。

### 3.全桥整流

全桥整流器 BD1 主要进行 AC/DC 变换，因此需要给予 1.5 系数的安全余量，建议选用 600V/1A。

### 4.无源 PFC

普通的桥式整流器整流后输出的电流是脉动直流，电流不连续，谐波失真大，功率因数低，因此需要增加低成本的无源功率因数补偿电路，如图 6 所示。这个电路叫做平衡半桥补偿电路，C1 和 D1 组成半桥的一臂，C2 和 D2 组成半桥的另一臂，D3 和 R 组成充电连接通路，利用填谷原理进行补偿。滤波电容 C1 和 C2 串联，电容上的电压最高充到输入电压的一半，一旦线电压降到输入电压的一半以下，二极管 D1 和 D2 就会被正向偏置，使 C1 和 C2 开始并联放电。这样，正半周输入电流的导通角从原来的 75°~105°上升到 30°~150°;负半周输入电流的导通角从原来的 255°~285°上升到 210°~330°(图 7)。与 D3 串联的电阻 R 有助于平滑输入电流尖峰，还可以通过限制流入电容 C1 和 C2 的电流来改善功率因数。采用这个电路后，系统的功率因数从 0.6 提高到 0.89。R 有浪涌缓冲和限流功能，因此不宜省略。

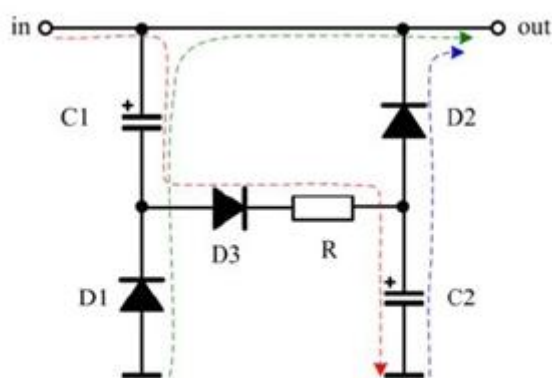


图6：平衡半桥PFC电路。

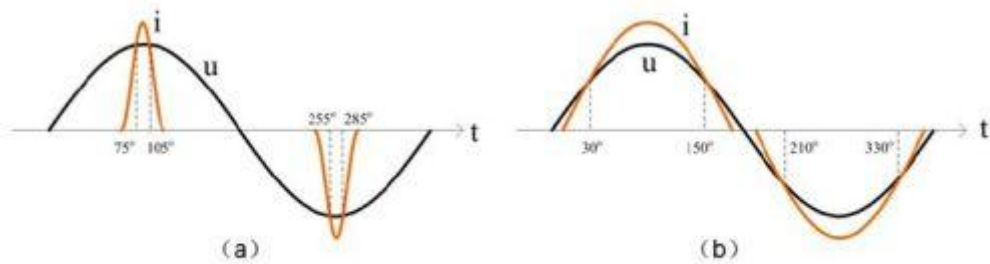


图7：平衡半桥PFC电路的效果。

## 5.降压稳压电路

给 PT4107 供电的电路是倍容式纹波滤波器(图 8)，具有电容倍增式低通滤波器和串联稳压调整器双重作用。在射极输出器的基极到地接一个电容  $C_4$ ，由于基极电流只有射极电流的  $1/(1+\beta)$ ，相当于在发射极接了一个容值为  $(1+\beta)C_4$  的大电容，这就是电容倍增式滤波器的原理。如果在基极到地之间再连接一个齐纳二极管，就是一个简单的串联稳压器，该电路能有效地消除高频开关纹波。请注意，T1 要选择双极型晶体管的  $V_{bce0}500V$ ， $I_c=100mA$ 。稳压二极管 D4 要用 20V、1/4W 任何型号的小功率稳压管。

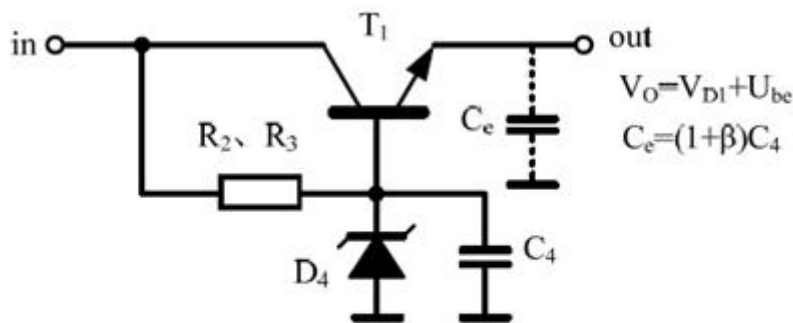


图8：倍容式纹波滤波器。

## 6.镇流功率电感

镇流功率电感 L3 与 Q1 MOS 管，以及 R6、R7、R8、R9 并联的电流采样电阻，是此电路恒流输出的三大关键元件。镇流功率电感 L3 要求 Q 值高、饱和电流大、电阻小。标称 3.9mH 的电感，在 40kHz~100kHz 频率范围里 Q 值应大于 90。设计时要选用饱和电流是正常工作电流 2 倍的功率电感。本电路设计输出电流 250mA，因此选 500mA。选用功率电感的绕线电阻要小于  $2\Omega$ 、居里温度大于  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  的优质功率电感。一旦电感发生饱和，MOS 管、LED 光源、PWM 控制芯片就会瞬间烧毁。建议使用高导磁率微晶材料的功率电感，它可以确保恒流源长期安全可靠地工作。

L3 电感要选用 EE13 磁芯的磁路闭合电感器，或高度低一点的 EPC13 磁芯(图 9)。现在 LED 日光灯大多数选用半铝半 PV 塑料的灯管，以帮助 LED 光源散热。工字磁芯电感器的磁路

是开放的，当使用工字磁芯电感器的电源驱动板进入半铝半 PV 塑料灯管时，由于金属铝能使其磁路发生变化，往往会使已调试好的电源驱动板输出电流变小。



图9: EPC13磁芯。

## 7.续流二极管

续流二极管 D5 一定要选用快速恢复二极管，它要跟上 MOS 管的开关周期。如果在此使用 1N4007，那么在工作时会烧毁的。此外，续流二极管通过的电流应是 LED 光源负载电流的 1.5~2 倍，本电路要选用 1A 的快速恢复二极管。

## 8.PT4107 开关频率设定

PT4107 开关频率的高低决定功率电感 L3 和输入滤波电容器 C1、C2、C3 的大小。如果开关频率高，则可选用更小体积的电感器和电容器，但 Q1 MOSFET 管的开关损耗也将增大，导致效率下降。因此，对 AC 220V 的电源输入来说，50kHz~100kHz 是比较适合的。PT4107 开关频率设定电阻 R5 计算公式如下。当 F=50kHz 时，R5=500KΩ。

$$f = \frac{25000}{R} \text{ (KHz)} \Rightarrow R = \frac{25000}{f} \text{ (Kohm)}$$

## 9.MOSFET 管的选择

MOSFET 管 Q1 是本电路输出的关键器件。首先，它的 RDS(ON)要小，这样它工作时本身的功耗就小。另外，它的耐压要高，这样在工作中遇到高压浪涌不易被击穿。

在 MOSFET 的每次开关过程中，采样电阻 R6~R9 上将不可避免的出现电流尖峰。为避免这种情况发生，芯片内部设置了 400ns 的采样延迟时间。因此，传统的 RC 滤波器可以被省去。在这段延迟时间内，比较器将失去作用，不能控制 GATE 引脚的输出。

## 10.电流采样电阻

电阻 R6、R7、R8、R9 并联作为采样电阻，这样可以减小电阻精度和温度对输出电流的影响，并且可以方便地改变其中一个或几个电阻的阻值，达到修改电流的目的。建议选用千分之一精度、温度系数为 50ppm 的 SMD(1206) 1/4W 电阻。电流采样电阻 R6~R9 的总阻值设定和功率选用，要按整个电路的 LED 光源负载电流为依据来计算。

$$R(6-9)=0.275/I_{LED}$$

$$PR(6-9)=I_{LED}^2 \times R(6-9)$$

## 11. 电解电容器

LED 光源是一种长寿命光源，理论寿命可达 50,000 小时，但是，应用电路设计不合理、电路元器件选用不当、LED 光源散热不好，都会影响它的使用寿命。特别是在驱动电源电路里，作为 AC/DC 整流桥的输出滤波器的电解电容器，它的使用寿命在 5,000 小时以下，这就成了制造长寿命 LED 灯具技术的拦路虎。本电路设计使用了 C1、C2、C4、C5、C7 多颗铝电解电容器。铝电解电容器的寿命还与使用环境温度有很大关系，环境温度升高电解质的损耗加快，环境温度每升高 6 °C，电解电容器寿命就会减少一半。LED 日光灯管内温度因空气不易流动，如电源驱动板设计不合理，管内温度会比较高，电解电容器的寿命因此大打折扣。选用固态电解电容器，也许是延长寿命的好办法之一，但导致成本上升。

应用 PT4107 可以设计以多颗 0.06W WLED 光源串并联为负载的，电压输入为 AC 110V 或 AC 220V 的 T10、T8、T5 的 LED 日光灯方案，以及类似应用的吸顶灯、满天星灯、野外照明工作灯、球泡灯等，也可设计以高亮度 1W WLED 光源串联为负载的 LED 庭园灯、LED 路灯、LED 隧道灯。

2009 年初日本政府为降低公共照明的碳排放，强制企业执行节能减碳政策，日本办公室节能照明需求逐渐升温，大力推广 LED 日光灯，促进了中国 LED 日光灯的生产。因此参照本设计电路优化设计适用 AC110V 的 LED 日光灯电路已被广泛用于生产。