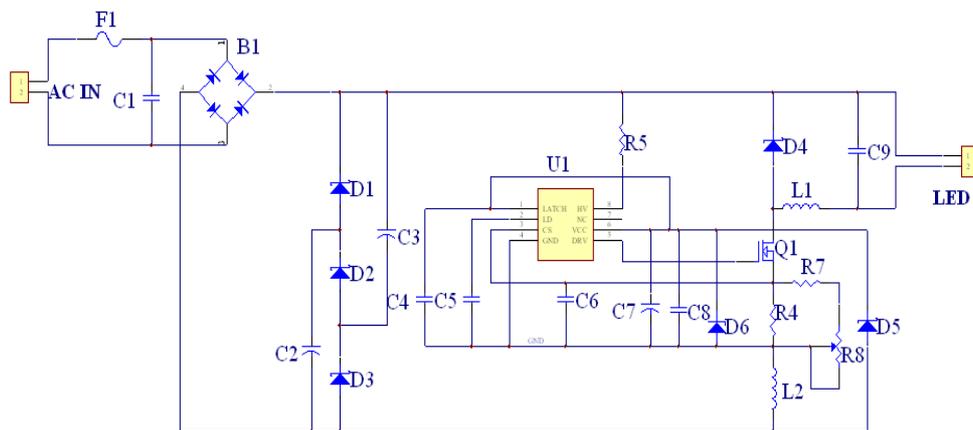


单电源 3W-18W LED 日光灯恒流驱动方案设计

一、 总体设计

FT870B 是一款 PWM 控制型的高效的恒流型 LED 驱动 IC，能在 15~500V 的输入电压下正常工作，固定 25K 的工作频率，最大能驱动 1A 的输出电流，恒流精度达到 $\pm 5\%$ ，并且支持 PWM 调光功能。目前广泛推广到市场上的成熟方案有：（单电源，全电压范围输入 AC90~265V）3W-18W LED 日光灯恒流驱动方案，功率因素大于 0.85 以上，效率大于 0.85 以上，Mosfet 的温度大概在四十度左右，随着输入电压范围的变化，输入功率范围波动较小。现在以下 15W 的应用来举例说明：

15W 应用电路图及基本原理：



基本工作原理为：当开关管导通时，主电流回路为 AC IN—F1—B1—LED—L1—Q1—R4—L2—B1—AC IN，此时 AC 给 LED 供电，并使电感 L1 存储能量；当开关管关断时，主电流回路为 L1—D4—LED—L1，此时电感 L1 释放能量，保持 LED 的输出。由于开关管导通时，流过 LED 的电流同时也流过 R4，所以通过检测 R4 上的电压来检测流过 LED 的电流，从而达到恒流的目的。

电路中，C2，C3，D1，D2，D3 为 PFC 校正电路，主要提高输入的功率因数。

L2，D5，C7 构成辅助供电回路，从而关断 HV 脚的供电，减小损耗，提高效率。

二、 元器件参数选择

输出 LED 规格为 3.2V, 20mA, 共 240 颗

连接方式为 8 个 LED 串联为一组，共 30 路

外围应用参数如下：

$V_{\max,ac} = 265V$ ， $V_{\min,ac} = 90V$ ， $f = 50HZ$ (交流输入频率)

$V_{o,max} = 25.6V$ ， $I_{o,max} = 498mA$

$P_{o,max} = V_{o,max} \times I_{o,max} = 12.75W$

$\eta=85\%$, $PF=0.85$, $f_u=25\text{kHz}$ (芯片工作频率)
 $P_{in,max}=P_{o,max}/\eta=15\text{W}$

1. 保险管F1

(1) 额定电压 V_{rating}

额定电压 V_{rating} 需要大于 $V_{max,ac}$, 即大于265V。

(2) 额定电流 I_{rating}

由于 $V_{in} \times I_{in} \times PF \times \eta = P_o$, 所以

$$I_{in} = \frac{P_o}{V_{in} \times PF \times \eta}$$

选择保险管额定电流时要保留0.5的系数, 所以保险管的额定电流

$$I_{rating} = 2I_{in,max} = \frac{2P_{o,max}}{V_{min,ac} \times PF \times \eta} = 0.392\text{A}$$

(3) 熔化热能值 I^2t

与浪涌电流产生的能量有关。表征当大电流流过保险管时, 保险管熔断的特性。 I^2t 要大于浪涌电流产生的能量, 使启动的时候不会错误地把保险管熔断。

(4) 额定温度

实际工作温度不能超出额定温度范围。

(5) 使用寿命

实际工作电流大于 I_{rating} 或者实际工作温度超出额定温度范围, F1的寿命将会明显缩短。

■ 所以选择 V_{rating} 大于265V, I_{rating} 大于0.392A的保险管。

2. 安规电容C1

(1) 额定电压 V_{rating}

额定电压 V_{rating} 需要大于输入交流电压 $V_{max,ac}$, 即额定电压大于265V。

(2) 电容容值C

一般取0.1 μF 。

(3) 电容类型

选择安规电容。

(4) 绝缘等级

绝缘等级一般选择X2, 即耐压小于或等于2.5KV。

(5) 额定温度

实际工作温度不能超出额定温度范围。

■ 所以选择0.1 μF /275VAC绝缘等级为X2的安规电容, 主要抑制差模干扰。

3. 整流桥B1

(1) 整流桥承受的最大反向耐压 V_{RRM}

$$V_{RRM} = 1.5 \times \sqrt{2} V_{max,ac} = 562\text{V}$$

地址: 深圳市宝安区前进一路泰华大厦 1-9D

Room 1-9D, Taihua Building, Qianjin Road, Bao'an District, Shenzhen.

電話: 0755-26742676 27821553

傳真: 0755-27813072

網址: www.hottype.com

MSN: semiconductor_marketing@hotmail.com

(2) 额定电流 I_{rating}

整流桥的额定电流与保险管的额定电流相同，选择大于0.392A的额定电流即可。

(3) 整流桥正向导通压降 V_F

与效率有关。 V_F 越小，消耗的导通功耗就越小，效率越高。

(4) 额定温度

实际工作温度不能超出额定温度范围。

■ 所以选择 V_{RRM} 大于562V， I_{rating} 大于0.392A， V_F 尽量小的整流桥。

4. 二极管D1, D2, D3

(1) 最大反向耐压 V_{RRM}

$$V_{\text{RRM}} = 1.2 \times (0.5 \times \sqrt{2} \times V_{\text{max,ac}}) = 225V$$

(2) 额定电流 I_{rating}

由于开机时导通电流都要留过D2，所以二极管的额定电流与保险管一样，选择大于0.392A的额定电流。

(3) 反向恢复时间 t_{rr}

由于输入电压是低频，所以 t_{rr} 的大小对电路没什么影响，可以不考虑。

(4) 额定温度

实际工作温度不能超出额定温度范围。

■ 所以选择 V_{RRM} 大于225V， I_{rating} 大于0.392A的二极管。

5. 电解电容C2, C3

(1) 电容耐压 V_{dss}

电容的耐压与二极管D1, D3的反向耐压相同，也是大于225V；

(2) 电容容量C

选择合适的电容，使电容在充放电的过程中能够保证后级电路所需要的能量。要保证系统的正常工作，电容上的最小电压应该为最大输出电压的两倍以上，所以整流后最小直

流电压：
$$V_{\text{min,dc}} = 2 \times V_{\text{o,max}} = 51.2V$$

输入电容应能够保证在最小的输入电压下，为后级电路提供足够的能量，所以电容

$$C > \frac{V_{\text{o,max}} \times I_{\text{o,max}}}{(V_{\text{min,ac}}^2 - 2V_{\text{min,dc}}^2) \times \eta \times 2f} = 52\mu F$$

由于上面的计算取的放电时间为 $\frac{1}{4f}$ (其中 f 为输入交流电压的频率)，实际放电时间并没有这么长，所以电容的容值可以取小些，实测中发现47 μ F/250V的电容即可满足要求。

(3) 电容类型

由于用到的电容容量较大，一般使用铝电解电容。

(4) 等效串联阻抗ESR

ESR越小，损耗越小。

(5) 额定温度

实际工作温度不能超出额定温度范围。

(6) 体积

实际应用中会受到体积的限制，而电解电容体积较大，所以要注意体积是否能满足要求。

(7) 使用寿命

由于一般LED使用的寿命比电解电容的寿命长，所以尽量选择寿命长的电解电容。

- 所以选择耐压大于或等于250V，电容值大于或等于47uF，低ESR值，寿命长的电解电容。

6. 高压启动限流电阻R5

为了防止启动时大电流冲击烧坏HV脚，建议R5取封装为0805的22K的贴片电阻。

7. 滤波电容C4, C5, C8

C4, C5, C8主要起高频滤波作用，建议选择封装为0805的1nF的贴片电容。

8. 滤波电容C6

C6主要起滤除尖峰和谐波补偿作用，建议选择封装为0805的100pF的贴片电容。

9. 稳压二极管D6

防止VCC电压过高烧坏芯片，建议D6取0.5W，12V的稳压管。

10. 电解电容C7

(1) 电容耐压Vdss

由于有12V的稳压管D6，所以电容耐压大于或等于16V即可。

(2) 电容容量C

定量计算比较困难，实测中发现电容容量取4.7uF可以满足要求。

(3) 电容类型

由于用到的电容量较大，一般使用铝电解电容。

(4) 等效串联阻抗ESR

ESR越小，损耗越小。

(5) 额定温度

实际工作温度不能超出额定温度范围。

(6) 体积

由于电容C7的容量小耐压低，所以体积基本可以不考虑。

(7) 使用寿命

由于一般LED使用的寿命比电解电容的寿命长，所以尽量选择寿命长的电解电容。

- 所以选择耐压大于或等于16V，电容值大于或等于4.7uF，寿命长的电解电容。

11. 电感L1

(1) 电感量L1

当电路工作在电流连续模式和电流非连续模式之间的临界模式时， $\Delta I = 2I_{o,max}$ ，此时

电感可以按照下面的公式计算：

$$L_1 = \frac{V_{o,max} \times (1 - \frac{V_{o,max}}{\sqrt{2}V_{max,ac}})}{2I_{o,max} \times f_u} = 0.96\text{mH}$$

这是临界模式时的电感取值，为保证电路工作在电流连续模式，电感取值要大于上面计算得到的值，电感取值越大输出电流的纹波越小。

(2) 电感饱和电流 I_L

$$I_L = \frac{V_{o,max} \times (1 - \frac{V_{o,max}}{\sqrt{2}V_{max,ac}})}{2L_1 \times f_u} + I_o = \frac{0.477}{L_1} \times 10^{-3} + I_o$$

由上式可以看出电感量越大，电感的饱和电流越小。

(3) 电感线径R

以截面积 1mm^2 的铜线过 5A 电流计算，则电感线的截面积为 $\frac{I_L}{5}$ ，所以电感的线径为

$$R = 2\sqrt{\frac{I_L}{5\pi}}$$

(3) 电感体积

受到空间的限制，在保证电感量和电感饱和电流的情况下，电感体积越小越好，如果一个电感体积太大，可以考虑用2个电感串联。

■ 所以选择电感量大于 0.96mH ，并且饱和电流大于 I_L 的电感。

12.续流二极管D4

(1) 最大反向耐压 V_{RRM}

当mos管导通时，二极管D4承受的反向耐压为

$$V_{RRM} = 1.5 \times \sqrt{2}V_{max,ac} = 562\text{V}$$

所以选取反向耐压为 600V 。

(2) 额定电流 I_{rating}

mos管关断后，D4给电感L1提供续流回路，所以通过D4的电流不会超过电感L1饱和电流 I_L 。

(3) 反向恢复时间 t_{rr}

由于电路工作的频率较高，所以需要反向恢复时间小的超快恢复肖特基，以防止误触发，建议选用 t_{rr} 小于或等于 75ns 的超快恢复肖特基。

(4) 正向导通压降 V_F

正向导通压降 V_F 越小，效率越高，尽可能选择正向导通压降小的超快恢复肖特基。

■ 所以选择反向耐压为 600V ，额定电流为 1A ，反向恢复时间小于或等于 75ns 的超快恢复肖特基。

13.输出电容C9

输出电容的作用是减小LED电流的波动，越大越好，但由于体积的限制，建议选择容值为0.47uF到1uF之间耐压400V为的CBB电容。

14.mos管Q1

(1) mos管耐压 V_{DSS}

mos管的最大耐压为交流整流后的电压最大值，留50%的裕量，选取耐压值为

$$V_{DSS} = 1.5 \times \sqrt{2} V_{\max,ac} = 562V ;$$

(2) mos管的额定电流 I_{FET}

流过mos管的电流取决于最大占空比，本系统最大占空比为50%，所以流过mos管的额定电流为

$$I_{FET} = I_{o,\max} \times \sqrt{0.5} = 0.352A$$

mos管的额定电流为工作电流3倍时，损耗较小，所以选取mos管的额定电流 $I_{FET} \geq 1A$ 。

(3) mos管开启电压 V_{th}

要保证 V_{th} 小于芯片的驱动电压，即 $V_{th} < 11V$ ，由于一般高压mos管的 V_{th} 为3~5V，所以这个参数不需要过多考虑。

(4) mos管导通电阻 R_{dson}

mos管的导通电阻 R_{dson} 越小，mos管的损耗就越小。

(5) 额定温度

实际工作温度不能超出其额定温度的范围。

■ 所以选择耐压为600V，额定电流大于或等于1A， R_{dson} 较小的mos管。

15.CS取样电阻R4, R7, R8

(1) R4, R7, R8的阻值

设R7, R8串联后再与R4并联的电阻为 R_{CS} ，输出的电流波动范围为0.3，

$$\text{则: } \frac{0.25}{R_{cs}} = \left(\frac{0.3}{2} + 1\right) \times I_{o,\max}$$

$$\text{所以: } R_{cs} = \frac{0.217}{I_{o,\max}} = 0.44\Omega$$

选取合适的R4, R7和R8，保证调节R8可以得到需要的输出电流 I_o ，且无论怎样调节R8， I_o 都不会太大以至于损坏期间。

(2) 电阻类型

R_{CS} 上承受的功率为 $P = I_o^2 \times R_{CS} = 0.11W$ ，所以R4, R7采用0805封装的贴片电阻，

为了调节R8时输出电流不会变化太快，所以选择R8为精密可调电阻。



16. 续流电感L2和续流二极管D5

加L2和D5的主要目的是为了给芯片VCC供电，从而关断芯片HV脚的供电，减小损耗。
工作原理为：当mos管导通时，电感L2储能，电容C7给芯片供电，当mos管关断时，L2给芯片VCC供电，并给电容C7充电。

选择L2的原则是使芯片VCC的供电电压保持在11~12V之间，建议选择电感量为18uH，饱和电流与L1相同的电感。选择续流二极管D5时，为了防止误触发，建议选用恢复时间小于75ns的超快恢复肖特基。