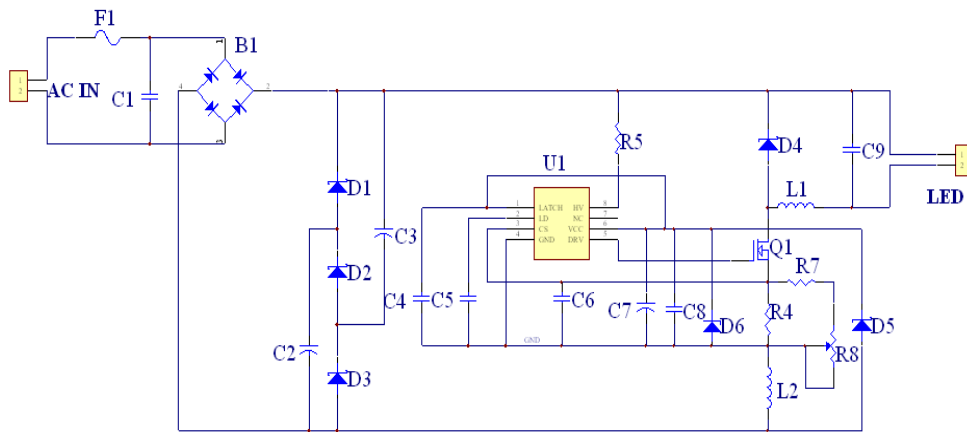


## 单电源 3W-18W LED 日光灯恒流驱动方案设计

### 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 $\mu\text{F}$ 。

(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 $\mu\text{F}$ /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 $I_{\text{rating}}$** 

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 $V_{\text{RRM}}$ 大于562V， $I_{\text{rating}}$ 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 $V_{\text{RRM}}$** 

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

**(2) 额定电流 $I_{\text{rating}}$** 

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 $t_{\text{rr}}$** 

由于输入电压是低频，所以 $t_{\text{rr}}$ 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 $V_{\text{RRM}}$ 大于225V， $I_{\text{rating}}$ 大于0.392A的二极管。

**5. 电解电容C2, C3****(1) 电容耐压 $V_{\text{dss}}$** 

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 $\mu$ 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 $1\text{mm}^2$ 的铜线过 $5\text{A}$ 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 $0.96\text{mH}$ ，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 $600\text{V}$ 。

(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 $75\text{ns}$ 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 $600\text{V}$ ，额定电流为 $1\text{A}$ ，反向恢复时间小于或等于 $75\text{ns}$ 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。



深圳康元达科技有限公司

SHENZHEN CAVORA TECHNOLOGY CO.LTD.

---

#### 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。

---

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](http://www.hottype.com)

MSN: [semiconductor\\_marketing@hotmail.com](mailto:semiconductor_marketing@hotmail.com)