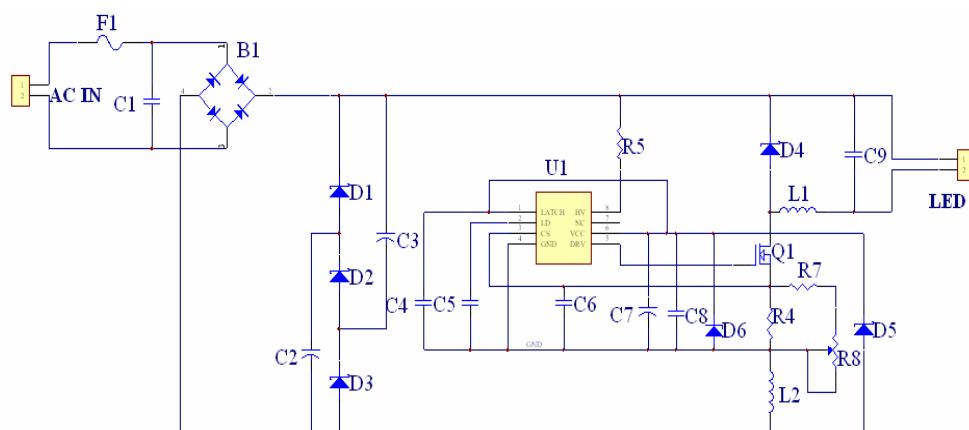


15W LED日光灯恒流驱动方案设计

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 ±5%，并且支持 PWM 调光功能。

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串联为一路，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)

$V_{o,max}=25.6V$ ， $I_{o,max}=498mA$

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

$\eta=85\%$ ， $PF=0.85$ ， $f_u=25kHz$ (芯片工作频率)

$P_{in,max}=P_{o,max} / \eta=15W$

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。

地址：香港九龍彌敦道 337-339 號金滿樓 11 樓 F 室

Flat F, 11 Floor, Harvest Moon House, 337-339 Nathan Road, Kowloon, Hong Kong.

電話：852-23856186

傳真：852-21714117

網址：www.fremontmicro.com

(2) 额定电流 I_{rating}

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

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

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

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

(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 $V_{\text{max,ac}}$ ，即额定电压大于 265V。

(2) 电容容值 C

一般取 0.1uF。

(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 0.1uF/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}

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

(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. 二極管D1, D2, D3

(1) 最大反向耐壓 V_{RRM}

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

(2) 額定電流 I_{rating}

由於開機時導通電流都要留過D2，所以二極管的額定電流與保險管一樣，選擇大於0.392A的額定電流。

(3) 反向恢復時間 t_{rr}

由於輸入電壓是低頻，所以 t_{rr} 的大小對電路沒什麼影響，可以不考慮。

(4) 額定溫度

實際工作溫度不能超出額定溫度範圍。

■ 所以選擇 V_{RRM} 大於225V， I_{rating} 大於0.392A的二極管。

5. 電解電容C2, C3

(1) 電容耐壓 V_{dss}

電容的耐壓與二極管D1, D3的反向耐壓相同，也是大於225V；

(2) 電容容量C

選擇合適的電容，使電容在充放電的過程中能夠保證後級電路所需要的能量。要保證系統的正常工作的，電容上的最小電壓應該為最大輸出電壓的兩倍以上，所以整流後最小直流電壓：

$$V_{min,dc} = 2 \times V_{o,max} = 51.2V$$

輸入電容應能夠保證在最小的輸入電壓下，為後級電路提供足夠的能量，所以電容

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

由於上面的計算取的放電時間為 $\frac{1}{4f}$ （其中 f 為輸入交流電壓的頻率），實際放電時間並沒有這麼長，所以電容的容值可以取小些，實測中發現47 μ F/250V的電容即可滿足要求。

(3) 電容類型

由於用到的電容容量較大，一般使用鋁電解電容。

(4) 等效串聯阻抗ESR

ESR越小，損耗越小。

(5) 額定溫度

實際工作溫度不能超出額定溫度範圍。

(6) 體積

實際應用中會受到體積的限制，而電解電容體積較大，所以要注意體積是否能滿足要求。

(7) 使用壽命

由於一般LED使用的壽命比電解電容的壽命長，所以盡量選擇壽命長的電解電容。

■ 所以選擇耐壓大於或等於250V，電容值大於或等於47 μ F，低ESR值，壽命長的電解電容。

6. 高壓啟動限流電阻R5

為了防止啟動時大電流沖擊燒壞HV腳，建議R5取封裝為0805的22K的貼片電阻。

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:

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

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 $0.47\mu\text{F}$ 到 $1\mu\text{F}$ 之间耐压 400V 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

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

(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

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

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 $I_{FET} \geq 1\text{A}$ 。

(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。