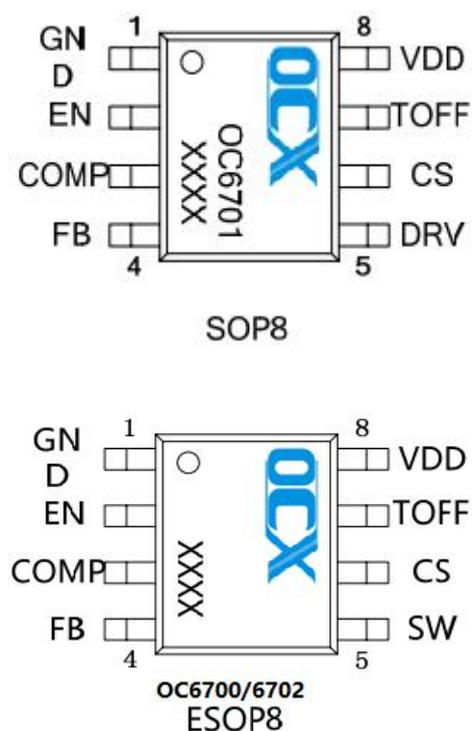


# 基于 OC670X 设计的 LED 恒流应用指导书

## 方案特点

- 宽输入电压: 3.6V-60V (OC6700)
- 3.6V-100V (OC6701/6702)
- 支持 PWM
- 高效率: 95%
- 内置 VDD 稳压管
- 关断时间可调
- 专利的过温保护模式
- 内置软启动, 可靠性高, VDD 欠压保护
- 恒流精度高, 负载调整率和线性调整率高达  $\pm 2\%$
- 外扩 MOS 可支持 6A 开关电流

## 管脚排列



## 管脚描述

| 芯片型号   | 引脚定义    |            |          |            |         |             |             |          |
|--------|---------|------------|----------|------------|---------|-------------|-------------|----------|
|        | 芯片地 GND | PWM 调光脚 EN | 补偿脚 COMP | LED 反馈脚 FB | MOS 开关脚 | MOS 电流采样 CS | 关断时间设定 TOFF | 芯片电源 VDD |
| OC6700 | 1       | 2          | 3        | 4          | 5       | 6           | 7           | 8        |
| OC6702 | 1       | 2          | 3        | 4          | 5       | 6           | 7           | 8        |
| OC6701 | 1       | 2          | 3        | 4          | 5       | 6           | 7           | 8        |

**注: 内置 MOS 芯片底部散热焊盘接 SW 脚**

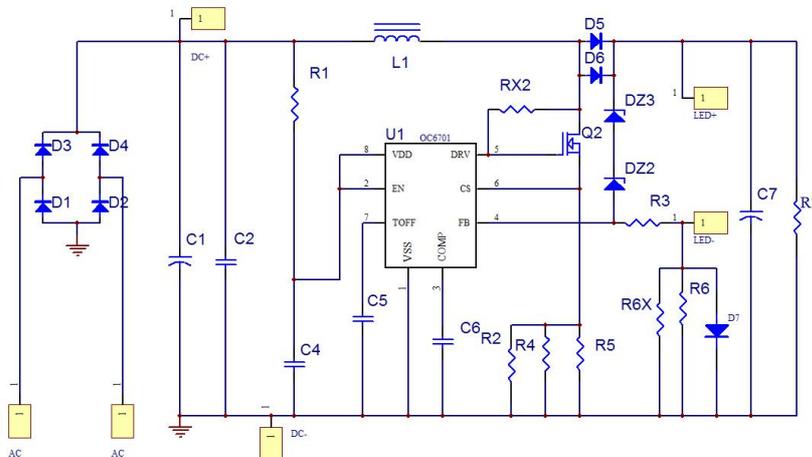
|   |    |
|---|----|
| 目录: .....                                 | 2  |
| 1. OC670X 系列快速选型表.....                    | 3  |
| 2. OC670X 典型应用.....                       | 3  |
| 1) OC670X DEMO 原理图和 PCB 图.....            | 3  |
| 2) OC6701 外扩 MOS 应用 DEMO BOM 清单.....      | 4  |
| 3) OC6701 外扩 MOS 典型应用测试数据.....            | 4  |
| 4) OC6700/6702 内置 MOS 应用 DEMO BOM 清单..... | 5  |
| 5) OC6700 内置 MOS 典型应用测试数据.....            | 5  |
| 3. OC670X 系列设计指南.....                     | 6  |
| 1) 芯片 VDD 参数, 如何给 VDD 供电.....             | 6  |
| 2) 芯片的极限参数说明.....                         | 8  |
| 3) 芯片使用 PWM 调光.....                       | 9  |
| 4) 芯片 Layout 注意事项.....                    | 10 |
| 5) 《OC670X 电感外围参数计算器》使用步骤和说明书.....        | 12 |
| 6) 芯片调试基本步骤.....                          | 14 |
| 7) 应用中常见问题解答.....                         | 15 |

## 1. OC670X 系列快速选型表

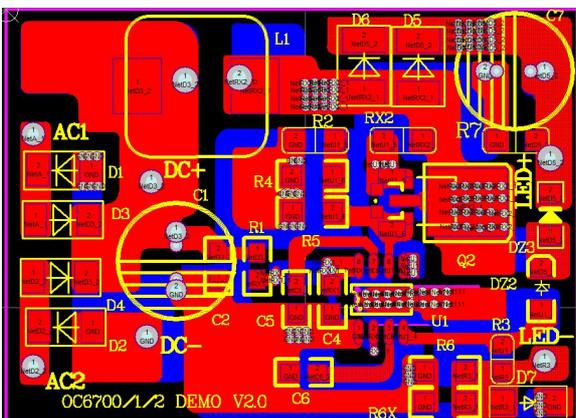
| 型号     | 输入电压    | 开关管电流 | 输出功率 | 驱动方式   | 效率   | 调光方式   | 封装    |
|--------|---------|-------|------|--------|------|--------|-------|
| OC6701 | 3.6-100 | ≤6A   | ≤60W | 外扩 MOS | ≤95% | PWM 调光 | SOP8  |
| OC6700 | 3.6-60  | ≤2A   | ≤30W | 内置 MOS | ≤95% | PWM 调光 | ESOP8 |
| OC6702 | 3.6-100 | ≤1.3A | ≤25W | 内置 MOS | ≤95% | PWM 调光 | ESOP8 |

## 2. OC670X 典型应用 DEMO

### 1) OC670X 应用 DEMO 原理图(内置 MOS 时短路 RX2)



### 2) OC670X 应用 DEMO 对应 PCB 图

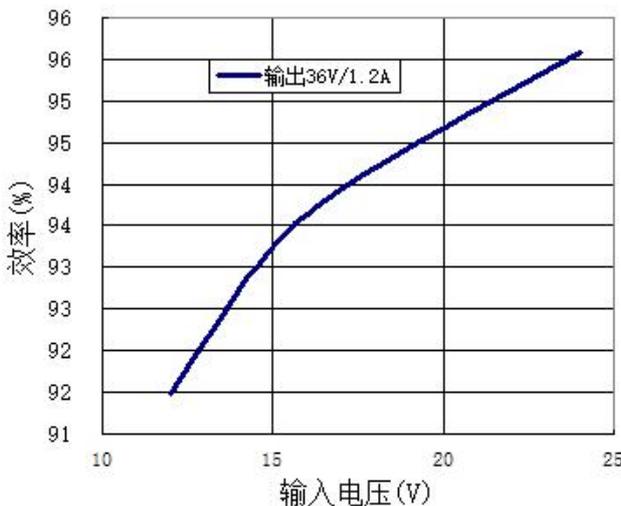


## 3) OC6701 外置 MOS 应用 DEMO BOM 清单

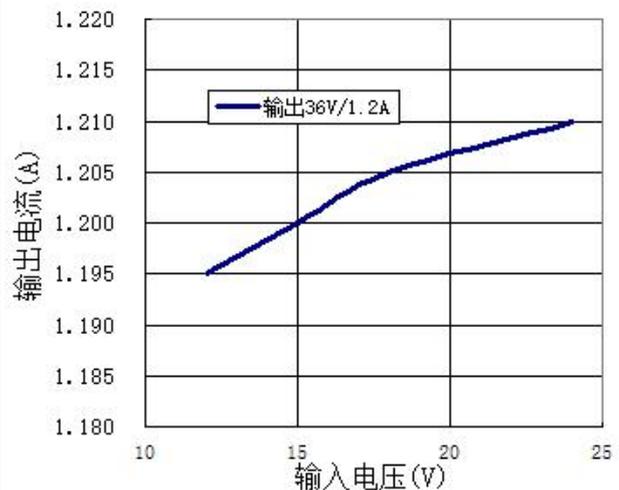
| 型号:OC6701 |            |            | 规格: Vin=DC(12-24)V;Vo=36V;Io=1.2A    |      |        | 设计:  |      |
|-----------|------------|------------|--------------------------------------|------|--------|------|------|
| NO.       | Part Types | Symbol     | Description                          |      |        | Qty. | Unit |
| 1         | 贴片电阻       | R1         | 3.3K±5%                              | 0805 | 0.125W | 1    | Pcs  |
| 2         | 贴片电阻       | R3         | 5.1K±5%                              | 0805 | 0.125W | 1    | Pcs  |
| 3         | 贴片电阻       | R2, R4, R5 | R2、R4、R5 并联总电阻为 0.033R±1%/1206/0.25W |      |        | 3    | Pcs  |
| 4         | 贴片电阻       | R6, R6X    | 0R420±1%                             | 1206 | 0.25W  | 2    | Pcs  |
| 5         | 贴片电阻       | R7         | 20K±5%                               | 1206 | 0.25W  | 1    | Pcs  |
| 5         | 贴片电阻       | RX2        | NC                                   |      |        | 1    | Pcs  |
| 6         | 贴片电容       | C4         | 2.2uF±10%/25V/X7R/0805               |      |        | 1    | Pcs  |
| 7         | 贴片电容       | C5         | 33pF±10%/25V/X7R/0805                |      |        | 1    | Pcs  |
| 8         | 贴片电容       | C6         | 8.2nF±10%/25V/X7R/0805               |      |        | 1    | Pcs  |
| 9         | 电解电容       | C1         | 100uF/50V(Φ6*11)                     |      |        | 1    | Pcs  |
| 10        | 电解电容       | C7         | 220uF/50V(Φ6*11)                     |      |        | 1    | Pcs  |
| 11        | 稳压二极管      | DZ2        | 短路                                   |      |        | 0    | Pcs  |
| 12        |            | DZ3        | 47V/LL-34                            |      |        | 1    | pcs  |
| 13        | 贴片二极管      | D5         | 5.00A/60V/SS56/SMB                   |      |        | 1    | Pcs  |
| 14        | 贴片二极管      | D7         | 1000V/1A M7 SMA                      |      |        | 1    | Pcs  |
| 15        | 电感         | L1         | L=33uH/Φ=1.0mm 铁硅铝磁环尺寸 18*12*10mm    |      |        | 1    | Pcs  |
| 16        | N-MOS      | Q1         | DTU40N06 40A/60V/16mR                |      |        | 1    | Pcs  |
| 17        | IC         | U1         | OC6701/SOP-8                         |      |        | 1    | Pcs  |

## 4) OC6701 外置 MOS 应用 DEMO 测试数据

效率特性曲线图



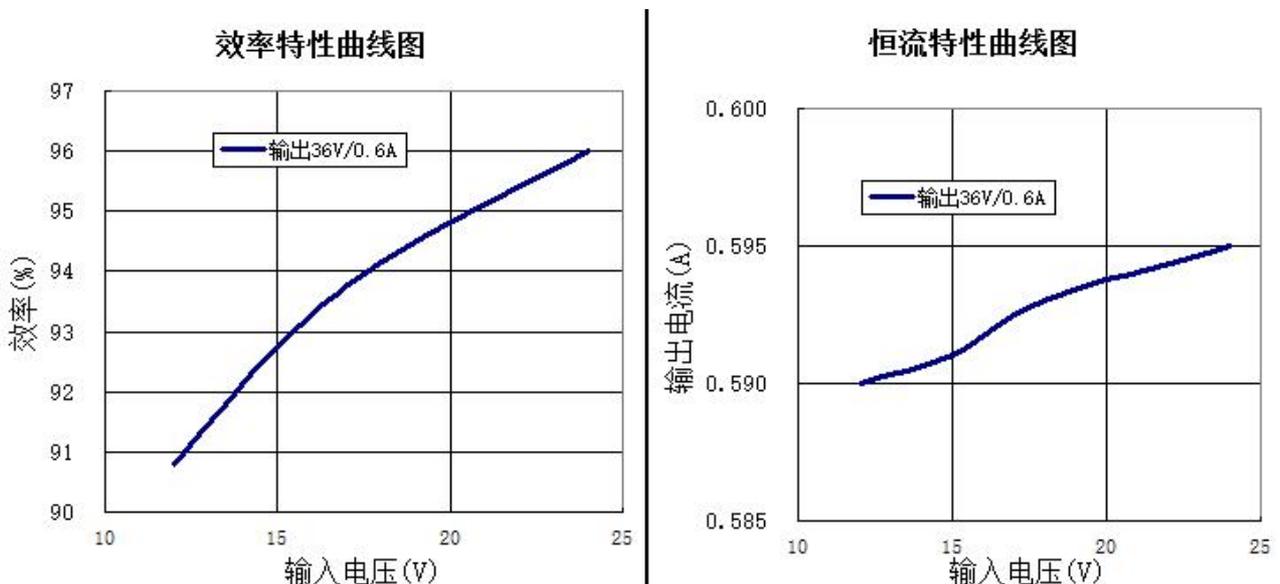
恒流特性曲线图



## 5) OC6700 内置 MOS 的 BOM 清单

| 型号:OC6700 |            |            | 规格: Vin=DC(12-24)V;Vo=36V;Io=600mA |             |      | 设计:  |  |
|-----------|------------|------------|------------------------------------|-------------|------|------|--|
| NO.       | Part Types | Symbol     | Description                        |             | Qty. | Unit |  |
| 1         | 贴片电阻       | R1         | 3.3K±5%                            | 0805 0.125W | 1    | Pcs  |  |
| 2         | 贴片电阻       | R3         | 5.1K±5%                            | 0805 0.125W | 1    | Pcs  |  |
| 3         | 贴片电阻       | R2, R4, R5 | R2、R4、R5 并联总电阻为 0.05R±1%           |             | 2    | Pcs  |  |
| 4         | 贴片电阻       | R6, R6X    | 0.82R±1%                           | 1206 0.25W  | 1    | Pcs  |  |
| 5         | 贴片电阻       | R7         | 20K±5%                             | 1206 0.25W  | 1    | Pcs  |  |
| 5         | 贴片电阻       | RX2        | 0R 短路                              |             | 1    | Pcs  |  |
| 6         | 贴片电容       | C4         | 2.2uF±10%/25V/X7R/0805             |             | 1    | Pcs  |  |
| 7         | 贴片电容       | C5         | 33pF±10%/25V/X7R/0805              |             | 1    | Pcs  |  |
| 8         | 贴片电容       | C6         | 8.2nF±10%/25V/X7R/0805             |             | 1    | Pcs  |  |
| 9         | 电解电容       | C1         | 47uF/50V(φ6*11)                    |             | 1    | Pcs  |  |
| 10        | 电解电容       | C7         | 100uF/50V(φ6*11)                   |             | 1    | Pcs  |  |
| 11        | 稳压二极管      | DZ2        | 短路                                 |             | 0    | Pcs  |  |
| 12        |            | DZ3        | 47V/LL-34                          |             | 1    | pcs  |  |
| 13        | 贴片二极管      | D5         | 5.00A/60V/SS56/SMB                 |             | 1    | Pcs  |  |
| 14        | 贴片二极管      | D7         | 1000V/1A M7 SMA                    |             | 1    | Pcs  |  |
| 15        | 电感         | L1         | L=33uH/φ=0.7mm                     |             | 1    | Pcs  |  |
| 16        | IC         | U1         | OC6700/ESOP-8                      |             | 1    | Pcs  |  |

## 6) OC6700/6702 内置 MOS 应用 DEMO 测试数据



### 3. OC670X 系列设计指南

#### 1) 芯片 VDD 参数，如何设计 VDD 线路

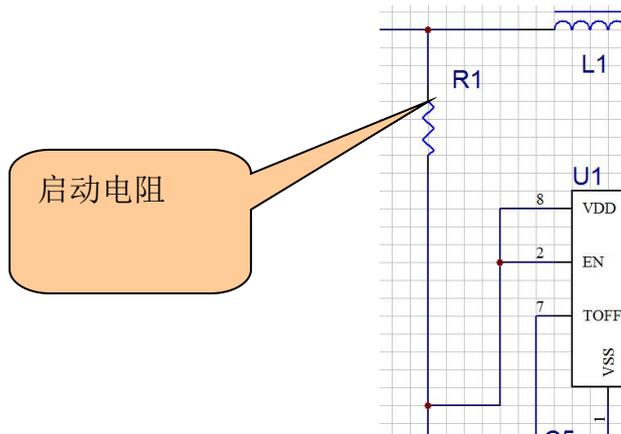
| VDD 嵌位电压 | VDD 内置稳压管最大电流 | VDD 工作电流 |
|----------|---------------|----------|
| 5.5V     | 10mA          | 1.3mA    |

从 670X 系列的规格书中可知，670X 的 VDD 内置稳压管，且稳压管可承受的极限电流为 10mA，稳压管的电压值为 5.5V，这样就使得在设计过程中需要注意流入 VDD 引脚的电流值，不能超过 10mA(建议设计值为 5.5mA 以内)，同样也不能低于 VDD 的工作电流 1.3mA。

由于 MOS 管在导通时的内阻和  $V_{gs}$  电压有关系，而 670X 系列中 MOS 管的驱动电压  $V_{gs}=VDD-0.25$ ，为了保证能使 MOS 在导通过程中，导通内阻小，MOS 管的损耗小，达到提高效率，对于内置 MOS 的 OC6700/OC6702 芯片，整个输入电压范围，VCC 电压应控制在 4V 以上，同时可以改善芯片的温升。

现在我们介绍几种可稳定给 VDD 供电的方式：

a) 由于内部有稳压管，可直接使用启动电阻作为限流和分压



芯片内部稳压管极限电流为 10mA，建议设计值为 5.5mA 以内，芯片工作电流为 1.3mA，那么启动电阻选择：

$$\text{启动电阻范围 } R1 = (V_{i-\min} - 5.5) / 1.3\text{mA} \sim R1 = (V_{i-\max} - 5.5) / 5.5\text{mA}$$

$$\text{比如 } 12\text{--}24\text{V 输入应用, } R1\text{-max} = (12 - 5.5) / 1.3 = 5\text{K}, R1\text{-min} = (24 - 5.5) / 5.5 = 3.3\text{K}$$

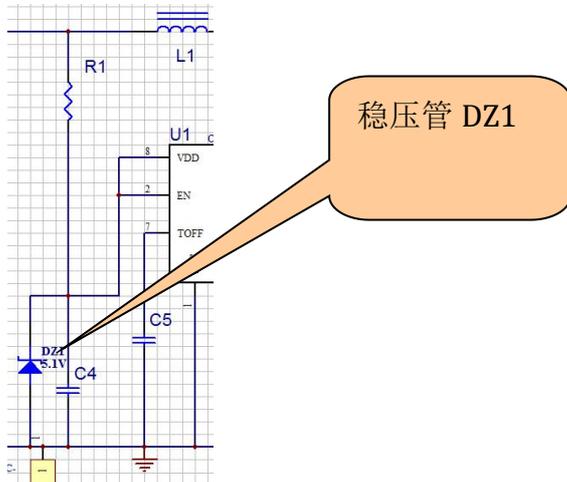
启动电阻 R1 的功耗  $P_{d-\max} = (24 - 5.5)^2 / 3.3\text{K} = 103\text{mW}$ ，所以启动电阻选择 1 个 0805 封装，如图上的 R1。

b) 外部应用电压范围非常宽，设置启动电阻值时，选择电阻无法取值合适宽电压应用，比如 48V 输入，启动电阻最大可选择： $R1 = (48 - 5.5) / 5.5\text{mA} = 7.7\text{K}$ ，如果按最低工作电流 1.3mA 计算，最低输入电压允许： $V_{i-\min} = 1.3\text{mA} * 7.7\text{K} + 5.5\text{V} = 15.5\text{V}$ ，选择 7.7K 的启动电阻，只有

输入电压高于 15.5V 时，VDD 电压才能保证稳定于 5.5V，此输入电压低于 15.5V，VDD 电压会掉到 5.5V 以下，造成驱动 MOS 管的电压  $V_{gs}$  降低，MOS 管的损耗增大或者内置 MOS 的芯片温升增大。所以为了兼容宽电压应用，保证 VDD 电压的稳定性可在 VDD 对 VSS 外部并联一个稳压二极管  $DZ1=5.1V$ ，如下图：由于内部集成为 5.5V 稳压管，外部稳压管必须小于 5.5V，**建议外部用 5.1V 稳压二极管**。若外部使用的稳压管电压超过内部 5.5V 的稳压管，则在 VDD 电压达到 5.5V 时，内部的稳压管会先工作，稳定在 5.5V，导致外部稳压管无法工作，所以接的外部稳压管没有起到真正的用意。

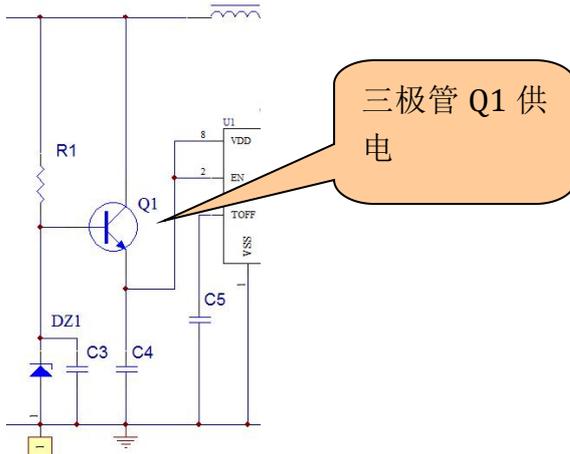
假设输入电压 12-48V，设置  $V_i=12V$  时最低工作电流

$2.0mA@V_{dd}=5.5V$ ,  $R1=(12-5.5)/2.0=3.3K$ ，则  $V_i=48V$  时，电阻上的功耗  $P_d=(48-5.5)^2/3.3K=547mW$ ，因此启动电阻设计时需要注意功耗。



c) 由于电阻加稳压管的形式，如上例 12-48V 输入设计时，在最高输入电压点，启动电阻的功耗非常大，对电阻的封装和取值都有要求，并且会增加成本，所以选择如下图的三极管供电方式，有效的解决了宽电压输入提供稳定的 VDD 电压，并且效率会有所提升。

工作原理是：通过 DZ 稳压管给 NPN 三极管的 b 极（基极）一个 5.6V 电压，而 NPN 三极管的  $V_{be}$  一般在  $0.3\sim 0.5v$  之间，因而在 Q1 (NPN) 的 e 极(发射极)获得了一个  $V_{dd}=5.6v-0.5v=5.1v$  的稳压源。由于 CE 极之间需要提供最大 5.5mA 的电流给 Vdd，三极管为工作在放大区，以  $\beta$  的放大倍数。 $\beta=100$ ，则需要在 48V 时，要通过 R1 给 b 极提供一个至少  $55\mu A$  的电流。所以，R1 电阻器的值最大不得超过： $R1 < (48-5.6) / 55\mu A = 770k\Omega$ ，R1 默认取值 100K, 保证 12V 输入时 VDD 亦可得到 5.5V 电压。



以下是常规的 SOT23 封装的 NPN 三极管的选型表：

| 型号      | 放大增益 | 耐压值 |
|---------|------|-----|
| SS8050  | >120 | 25V |
| MMBTA05 | >100 | 60V |
| MMBTA06 | >100 | 80V |
| 2SD1782 | >120 | 80V |

## 2) 芯片极限参数说明

- 芯片采用 CMOS 工艺，5V 为标准 VDD 引脚电压，极限值为 7V 电压；
- VDD 极限电流为 10mA，建议设计值在  $I_{vdd}=5.5\text{mA}$  以内；
- VDD 内部稳压管电压为 5.5V，外部接稳压管时不可超过内部稳压管电压，VDD 欠压保护电压为 3.2V；
- 内置 MOS 管的 OC6700/6702 为 ESOP8 封装，IC 最大散热功耗  $P_d=1.3\text{W}$ ，OC6702 极限开关电流为 1.2A/建议控制在 1.0A，OC6700 极限开关电流为 1.7A/建议控制在 1.5A；外置 MOS 的 OC6701 建议开关电流为 6.0A；

使用内置 MOS 管芯片时，IC 的温升会比外置 MOS 高，为了高可靠性，我司建议的最大输出电流测试芯片温升  $55^\circ\text{C}$  最大，当然，若客户使用铝基板，保证芯片的温升在可控范围以内输出电流可设计在极限参数值，若超过芯片极限电流，芯片温度超高，模块在装入灯具腔体之后，由于灯具腔体的温度高，可能会造成芯片进入到过温保护，使得输出电流降低；

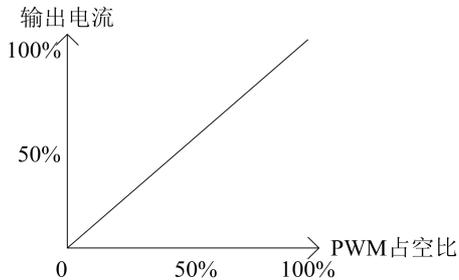
- 芯片极限焊接温度为  $240^\circ\text{C}$ （时间小于 30S）。

## 3) 如何进行 PWM 调光

在 LED 恒流方案中，经常会有 PWM 的需要，调节 LED 灯的亮度或者颜色而 PWM 调光信号的频率，在使用中需要注意。

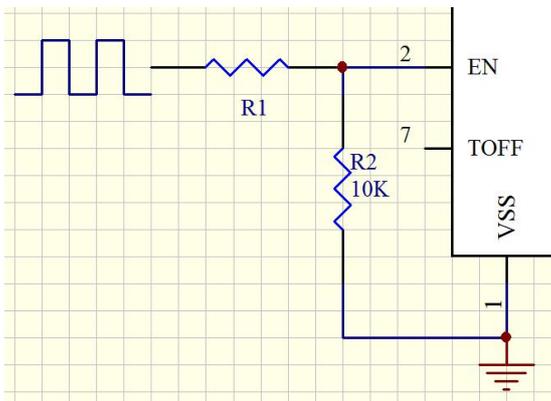
- PWM 的信号在接传输到 DIM 引脚，由于芯片内部运放、检测和驱动需要建立时间，所以在 MCU 发出 PWM 信号，到 DIM 接收到信号并且芯片做出相应的比例调节时，有一定的延

迟时间，而这段延迟时间可能会造成 PWM 调节比例上的差别，PWM 信号的频率越高，延迟时间相对在开关工作周期内占的比重会越大，正常调光信号对应的输出电流比例应为 1:1 的比例关系



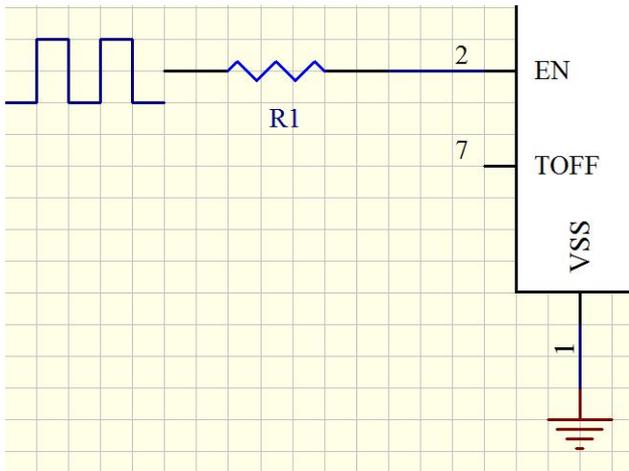
为保证调光的线性度和调光比，需要满足  $F_{drv} : F_{pwm} > 100:1$ ，假设芯片 DRV 的工作频率为 100K，PWM 信号频率为 1K， $100:1 > 100:1$  满足条件，这样在 PWM 信号为高时，50%占空比，芯片有 50 个完整的开关周期，这样，才能保证输出电流比例和 PWM 占空比信号比例保持基本一致，和上图会基本吻合，默认调光频率设置在 200Hz-1KHz。

b) 通常 PWM 调光的接线电路：



控制器输出的 PWM 信号串入一个电阻 R1，在接到 DIM 引脚，DIM 对 VSS 接一个 10K 下拉电阻。在此需要注意

①、OC670X 的 EN 引脚内部并无上拉或下拉。因此，对于使用 MCU 一类的驱动 IC，由于 MCU 在上电瞬间会有一个持续达数 ms 的上电复位时期，而此时 I/O 口通常处于不确定的悬浮态。由于 OC670X 只需要  $>0.4 \times V_{dd}$  即判断为高电平，因而当 I/O 口处于不确定态时，特别需要一个下拉或上拉，来确保 OC670X 在这段时间确定工作在某个状态。否则，在那些  $V_{in}$  输入电压特别高的情形下，容易因为数 ms 时间的不确定态，烧毁 LED 灯串。因而，在使用 MCU 调光时，我们不建议客户使用如下电路：

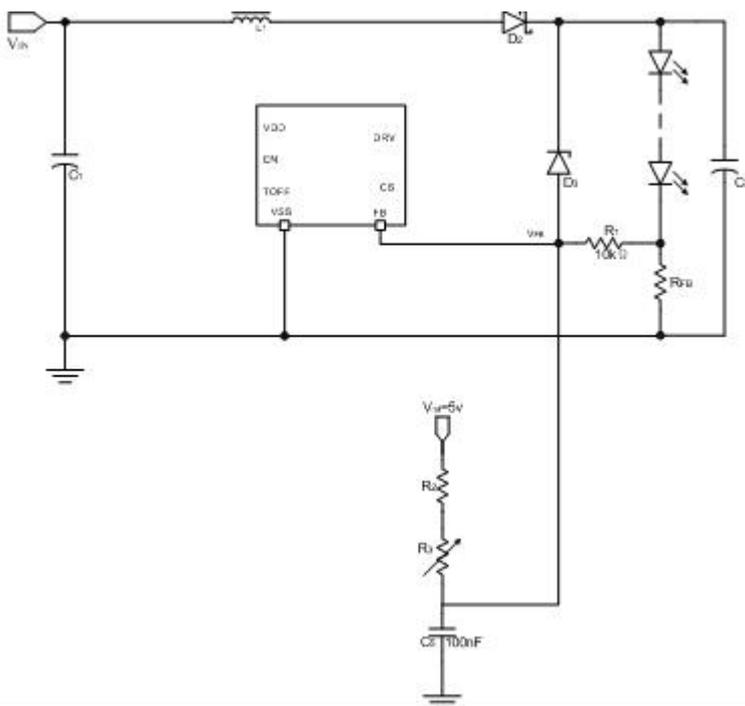


## ②、关于 PWM 信号的串联限流电阻器 R1。

一般情况下，该电阻器 R1 是不需要的。特别是很多 MCU 与 OC670X 是接近电压值，甚至是同一个电压供电的情况下（譬如共同由某个 LDO 输出的 5.0v）。但是在某些情况下，这需要增加串联电阻器。（PWM 调光信号加在 FB 脚效果更好）

当 MCU 采用比 OC670X 更高的供电电压时，这就需要使用 R1 串联限流电阻器。由于 OC670X 的 DIM 引脚是一个高阻抗输入引脚，并不会吸入大电流。但是，一般来说，芯片内部引脚对 Vdd 均会有个反向的 ESD 二极管，若芯片 Vdd 以外的其他引脚电压超过 Vdd 达到 0.3V 以上，则内部 ESD 二极管会导通，继而损坏芯片内部电路，造成不可逆的损伤。所以在使用过程中，若 PWM 信号电压高电平电压超过 VDD 时，为保证 OC670X 稳定工作。为此，需要串入一个 1K-4.7kΩ 的 R1 来避免此问题。

## 4) 基于 FB 引脚的可变旋钮电阻器模拟调光应用设计。



如上图,其调光机理基本上与 PWM 的 DAC 是类似的。我们设定 R2 是一个旋钮电阻器,假定 R1=10k。Vref=5v,那么,设定一个怎样的 R2 与 R3 电阻器,能够在 R3 全量程时,使得 LED 能够从接近 0%~90% 的调光目的?(从电路的目的看,即使 R3 如何调整,RFB 还是有电压的,所以理论上无法做到 100%)。

$$V_{FB}=0.25V=V_{R1}+V_{RFB} \quad ; \quad \text{而} \quad V_{RFB} = I_{LED} * R_{FB};$$

$$V_{R1} = \frac{V_{ref}}{R2 + R3 + R1 + R_{fb}} \times R1 \approx \frac{V_{ref}}{R2 + R3 + R1} \times R1。$$

$$\text{要保证 LED 熄灭, 即: } 0.25v = \frac{V_{ref}}{R2 + R3(\min) + R1} \times R1;$$

$$\text{要保证 LED 能达到 90%亮度, 即 } 0.25 * (1-90\%) = \frac{V_{ref}}{R2 + R3(\max) + R1} \times R1。$$

假定,我们使用 R1=10k, Vref=5v(假定 5V 基准), R3(min)=0Ω。因此,可以得出 R2 与 R3(max)的关系如下:

$$A. \quad 0.25v = \frac{V_{ref}}{R2 + R3(\min) + R1} \times R1 = \frac{5}{R2 + 10k} \times 10k$$

$$B. \quad 0.25 * (1-90\%) = \frac{V_{ref}}{R2 + R3(\max) + R1} \times R1 \Rightarrow 0.025 = \frac{5}{R2 + R3(\max) + 10k} \times 10k$$

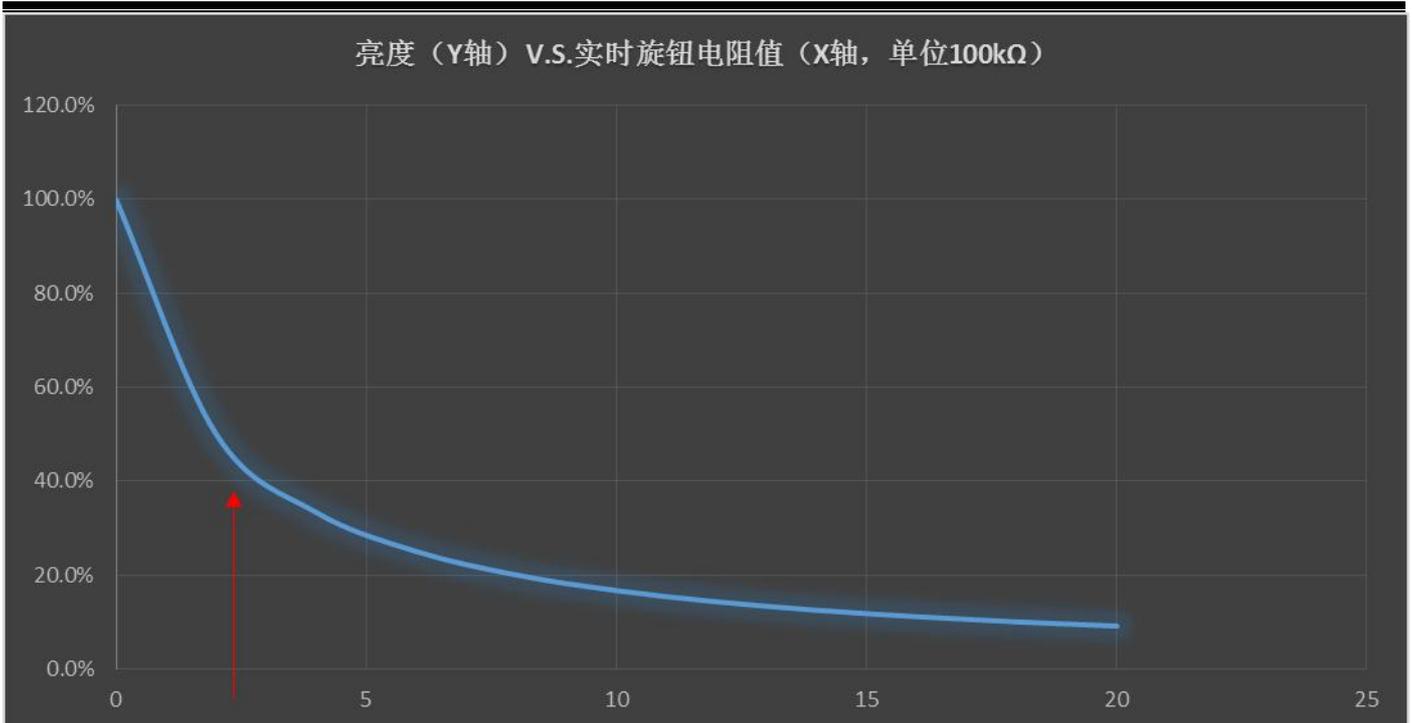
结合 A 和 B, 推出以下:

$$C. \quad R2=190k \Omega$$

$$D. \quad 0.025 = \frac{5}{R2 + R3(\max) + 10k} \times 10k \Rightarrow R2 + R3 = 190k$$

得出:

R2=190KΩ, R3(max)=1800kΩ。其中,R3(max)指的就是可变电阻器能够保证具备的值。譬如,计算可知为 1800kΩ,则可以选择 2000kΩ(即 2MΩ 的可变电阻器),其影响电流的关系如下:



从上图可以看出,使用旋钮电阻器调光时,其输出电流并不是与旋钮电阻器呈现出一个线性的关系的,而是存在一个拐点。因此,你会发现电阻器调光的主要范围在前面 20%的范围,而后面亮度改变的幅度就没有那么大了。因为整个变化过程并不是一个连贯的值。

那实际上电阻器调光的外围元器件参数,一般是由什么决定的,基本上受到以下参数影响:

- A. R1 串联电阻器的值。如我们默认取值的 10k Ω。当然, 1k Ω 也是可以的, 而且更加精准。
- B. 最高调光的最大量程 Scale (如上面举例的 90%)。
- C. Vref 电压值, 当前我们取值 5V。使用不同的参考电压值 (譬如 2.5V), 肯定会影响了相关的外围参数。

以下,我们将默认值采用符号代替,并定义为已知值,来列算出一个公式出来,即:

$$A. 0.25V = \frac{V_{ref}}{R2 + R1} \times R1$$

$$B. 0.25 * (1 - Scale) = \frac{V_{ref}}{R2 + R3(max) + R1} \times R1$$

$$\Rightarrow R2 = \frac{V_{ref}}{0.25} \times R1 - R1。$$

$$\Rightarrow R3(max) = \frac{Scale}{0.25 \times (1 - Scale)} \times R1 \times V_{ref}。$$

其中,已知项为:

Scale: 量程, 小于 1, 举例如旋钮调光亮度从 0%~80%变化, 则 Scale=0.8。

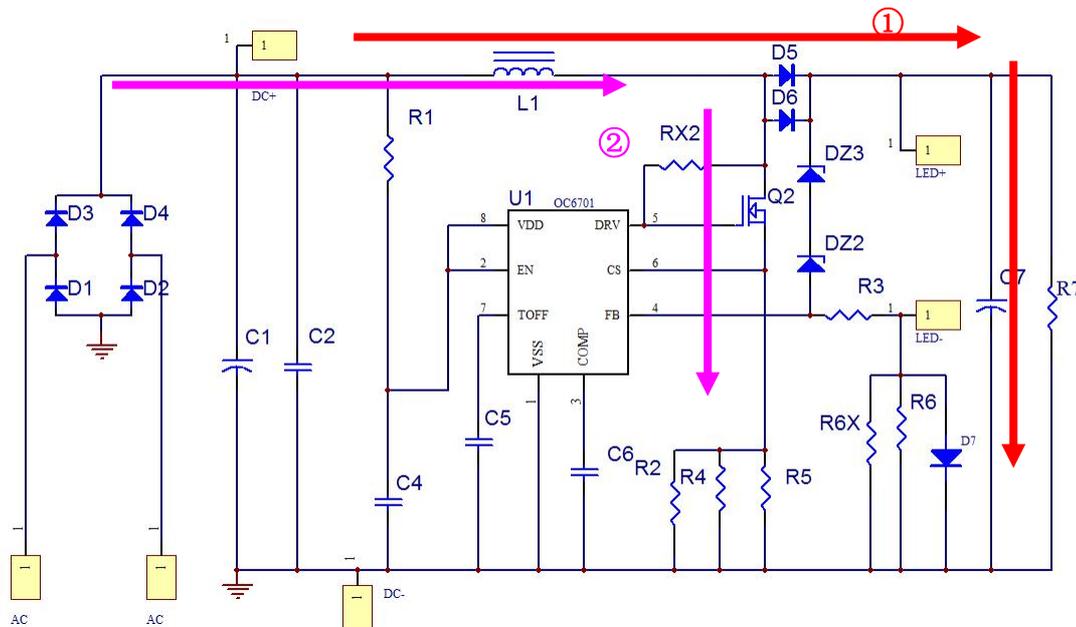
R1: 反馈串联电阻值, 一般取  $1k\Omega \sim 10k\Omega$ 。

Vref: 参考取样电压, 即旋钮的输入电压。

从上计算可以得知, 一旦旋钮调光的熄灭和最高亮度决定, 则 R2 和 R3(max) 就是决定了。在采购中, 需要采购一个量程值比 R3(max) 稍大的可变电阻器即可。譬如  $1800k\Omega$ , 则选取  $2000k\Omega$  ( $2M\Omega$ ) 量程的取样电阻器。

相对的 R3(max) 受 R1 的影响较大。如果 R3(max) 值过大无法便于生产采购, 那么, 工程师在设计时请使用  $R1=1k\Omega$ , 这样会影响 R3(max) 值也会趋小。不过使用  $R1=1k\Omega$  时, 请非常注意是否存在 LED 空载输出。因为  $R1=1k\Omega$  时, 当输出空载时, 由于 D3 稳压管的影响, 其会增大 D3 稳压管的电流, 从而可能大幅度提高了 D3 稳压管的耗散功率。

### 5) Layout 注意事项:

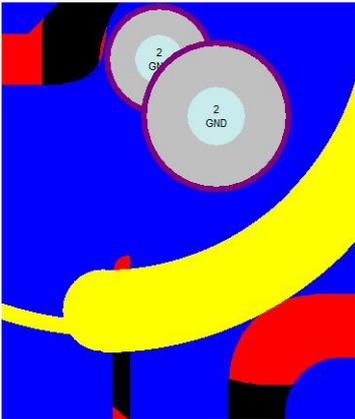


OC670X 系列在上电后, VDD 达到 5V 电压, DRV 驱动打开 MOS 管, CS 引脚检测 CS 电阻上的电压, 电感电流线性增大, CS 电阻上的电压也线性往上增, 在 CS 电压达到 0.25V 的电压时, DRV 关闭 MOS 管, 此 MOS 开的回路如图上图②粉红色回路, 在 MOS 管关闭后, 电感释放电流经过续流二极管 D5/D6, 经过 LED 灯珠, 续流回路图上图①红色回路, 此两个为的主功率回路。

使用 OC670X 系列时主要布线注意事项如下:

① IC 的 VDD 旁路电容 C4 要靠近 IC 的 VDD 和 GND 脚;

② IC 的 VSS, Coff 电容接地, DIM 电容接的地和 VDD 电容的地接一起, 均为小信号地。CS 接的地和 FB 电阻的地为功率地, 小信号地和功率地分开走线, 采用单点走线和连接, 在输入电容的负极用星型连接;



③ CS 电阻和 FB 采样电阻要靠近 IC 的采样信号脚 CS 和 FB 引脚，要接到输入电容 C1 之后，避免噪声干扰；

④ 功率大电流回路（上图红色和粉红色回路）走线要粗，短线，面积小，布线时尽可能不要走闭环，芯片尽可能不在大功率回路以内，避免电流涡流产生的高频磁场对芯片小信号有干扰；

⑤ MOS 管栅极到 IC 的 DRV 脚可接个小电阻，减少 MOS 管的尖峰电压；

⑥ PCB 布线小信号远离电感 L1 和续流二极管 D5, D6；

⑦ 电感器不可直接贴近 IC 或者倒放在 IC 上，避免电感高频电流信号对芯片内部小信号的干扰；

⑧ 使用内置 MOS 芯片电感和续流二极管尽可能靠近芯片 SW 脚；

⑨ 使用内置 MOS 芯片，SW 脚接散热底座，在布线过程中尽可能多铺铜，加大芯片散热面积。

## 6) 《OC670X 电感外围参数计算器》使用步骤和使用说明书，实例演示：

参数计算器分为两个步骤

一、**橙色部分**填入，①输入参数、输出参数和 Coff 电容选择

二、**蓝色部分**系统自动计算出相关的数值范围：

②根据橙色输入部分计算出芯片工作频率范围；

③根据橙色输入部分计算出临界电感值的大小；

④系统自动计算出零界电感值，橙色选择电感量（必须大于零界电感值，输出电流越大，取值越小，反之亦然，一般取值在 33-100uH）；

⑤系统自动计算出 CS 采样电阻总值和电阻的总功耗，以便客户根据电阻的功耗和电阻值来选择是用哪种封装的电阻(0805/0.125W, 1206/0.25W)；

⑥系统自动计算出输入电容和输出参数计算出使用电感线径；

⑦根据芯片计算出的芯片驱动频率范围，推荐使用的 PWM 调光频率范围

⑧系统自动计算出启动电阻值范围；

⑨系统自动计算出方案选的芯片型号，以便客户选型，使得客户不用去牢记选型表；

三、使用参数计算器实例演示：

以我司提供的 OC6700 的 DEMO，演示如何使用《OC670X 电感外围参数计算器》

| 输入电压最小值 (V) | 输入电压最大值 (V) | 输出电压值 (V) | 输出电流值 (A) |
|-------------|-------------|-----------|-----------|
| 12          | 24          | 36        | 0.6       |

①填入输入电压和输入电流、填入输出电压和输出电流参数

|        |                   |     |
|--------|-------------------|-----|
| 输入最低电压 | $V_{in\_min}(V)=$ | 12  |
| 输入最高电压 | $V_{in\_max}(V)=$ | 24  |
| 输出电压   | $V_o(V)=$         | 36  |
| 输出电流   | $I_o(A)=$         | 0.6 |

②填入 Coff 电容值，由于 Coff 电容值决定的 MOS 管的关断时间，和芯片的工作频率有直接关系，所以在填入此 Coff 电容值时，可观察工作频率的范围，最小值尽可能大于 40KHz (避免进入音频范围，造成电感饱和也有可能)，最大值不超过 300KHz (避免 DRV 频率过高，造成 MOS 的损耗增加)

|         |                |     |                      |
|---------|----------------|-----|----------------------|
| Coff 电容 | $C_{off}(pF)=$ | 33  | ← 填入 Coff, 并观察 Fs 范围 |
| 电源转换效率  | $\eta(\%)=$    | 90  |                      |
| 驱动频率范围  | $F_s(KHz)=$    | 110 |                      |

③系统自动计算出电感最小值，根据最小值选择电感值，必须大于最小值，否则恒流效果下降；

|         |           |    |                    |
|---------|-----------|----|--------------------|
| 计算电感最小值 | $L(uH) >$ | 30 | ← 根据电感最小值, 选择合适电感值 |
| 实际电感取值  | $L(uH)=$  | 47 |                    |

④根据输出电流计算出 FB 采样电阻值和电阻功耗，根据计算值选择电阻封装；

|         |                   |      |
|---------|-------------------|------|
| FB 采样电阻 | $R_{FB}(\Omega)=$ | 0.42 |
| FB 电阻功耗 | $P_{FB}(W)=$      | 0.15 |

⑤系统根据电感取值和 FB 电阻取值，计算出 CS 最小值和电阻功耗；

|              |                    |       |
|--------------|--------------------|-------|
| CS 采样电阻      | $R_{cs}(\Omega) <$ | 0.09  |
| 实际选择 CS 电阻阻值 | $R_{cs}(\Omega)=$  | 0.075 |
| CS 电阻功耗      | $P_{cs}(W)=$       | 0.56  |

⑥系统自动计算出电感线径和可支持的 PWM 调光频率最高值

|      |             |      |
|------|-------------|------|
| 电感线径 | $\phi(mm)=$ | 0.55 |
|------|-------------|------|

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| DIM 脚 PWM 调光频率 $F_{DIM(pF)} \leq$ | 10 |
|-----------------------------------|----|

⑦系统自动计算出启动电阻  $R_{in}$  的范围

|                            |     |     |
|----------------------------|-----|-----|
| 启动电阻范围 $R_{in}(K\Omega) =$ | 2.3 | 3.3 |
|----------------------------|-----|-----|

⑧系统自动计算出 IC 选型对应的型号

|              |               |
|--------------|---------------|
| 方案自动选择 IC 型号 | OC6700/OC6701 |
|--------------|---------------|

四、使用说明书的“方案参数提示”和参数预判(若有提示,提示显示于参数计算器的右上方)

方案参数提示为系统自动提示内容,排除客户使用此芯片时可能出现的现象,同时出现如下参数提示对应的措施为:

提示①,芯片工作频率不在建议值范围(100~300KHz),可增大  $C_{off}$  的取值,降低芯片工作最大频率;

提示②,由于输入 CS 电阻为限制输入电流用,计算器中系统会根据方案参数自动计算出 CS 电阻需要的最小值,在实际应用中 CS 电阻值设计值需要 < 系统计算出的 CS 电阻值,否则可能由于 CS 限制电流,等同于限制了输入功率,比如 12-24V 输入,输出 36V/0.6A,  $P_o=21.6W$ ,假设效率  $\eta=0.9$ ,输入功率  $P_i=24W$ ,在 24V 输入时,  $I_i=1A$ ,在 12V 输入时,  $I_i=2A$ 。

若 CS 电阻取值限制输入电流为 1.5A,12V 输入时,限制输入功率  $P_{i-limit}=12*1.5=18W$ ,无法达到正常需要 24W 功率,由于输入功率限定,故而输出功率同样被限制,输出电压基本固定的情况下,输出电流所以达不到设定的电流值,这就是可能出现的输入电压下降到最低电压值时,输出电流下降的原因。

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 驱动频率过高,建议设置在 300K 以内    | 提示① |
| 低输入电压时,输出电流下降,需减小 CS 电阻 | 提示② |

## 7) OC670X 基本调试步骤

① 根据《OC670X 电感外围参数计算器 V2.0》初步计算外围参数:如  $C_{off}$  值、电感量和电感线径、FB 和 CS 电阻值和功耗、启动电阻等;

② 根据输出电流值选择 MOS 管(外扩 MOS 的 OC6701)和续流二极管的参数,MOS 管选择峰值电流( $I_{pk}=0.25/R_{cs}$ ,其中  $R_{cs}$  已在第一步计算器中计算出)的 4~5 倍的余量,续流二极管选择输出电流的 2~3 倍的余量,确保外围器件的温升在合理范围以内;

③ 输出电容容量选择初步应为  $3\sim 5\mu\text{F}/\text{W}$ ；AC 输入时输入电容的容量选择初步应为  $30\sim 50\mu\text{F}/\text{W}$ ；输出电容的耐压必须超过空载保护稳压二极管电压的 1.2 倍；

④ 根据参数焊接好模块，首先空载测试 Vdd 电压是否达到 5.5V，且输出空载电压和和输出空载保护的稳压二极管基本一致(输出空载保护稳压二极管没接的情况下切不可空载，否则会对 MOS、续流二极管、IC 等均有损坏)；

⑤ 空载正常后，再带载(切不可先输入上电，再接输出灯载，由于先上电空载电压非常高，接负载时会烧坏灯珠，可设计空载电压为  $1.3*V_{\text{LED-MAX}}$ )，带载时测试最高输入电压时的工作频率控制在 300KHz 以内，且 VDD 的电压在输入电压范围段内均要满足大于 5V 的电压(若 VDD 电压小于 5V，减小启动电阻，或者改用前章写的其他方式供电)

## 8) OC670X 应用中常见问题分析：

① Q: 模块效率低，续流二极管和 MOS 管(内置为 IC)发热严重。

A: 首先查看 MOS 管和续流二极管的电压和电流是否达到调试步骤中的余量要求，再排查 VDD 电压是否大于 5V，保证足够的驱动电压，提高效率，再排查芯片驱动频率是否过高，保证在 300KHz 以内，建议值为 100-220KHz 区间范围段；

② Q: PWM 调光过程中有啸叫声。

A: 人耳的音频范围段为 4KHz~20KHz，最敏感的音频段为 7KHz，在调光过程中，由于芯片骤然关闭电感的充放电回路，而电感的电流不能突变，所以会在电感内形成一定的泄放电和磁芯之间的通路，造成有噪声出现，若需要减弱此声音，使其变得不容易被人耳所能感知，需要避开人耳的音频范围段，由于 20K 以上的调光频率调光线性度和调光比不理想，所以建议调光频率设置在 1KHz 以内，越往下效果越好，500Hz 的调光频率比 1KHz 理想，200Hz 比 500Hz 更理想，低于 200Hz 的调光可能进入人眼的频闪范围以内，不建议低于 200Hz 调光频率；

③ Q: 驱动 MOS 的 DRV(内置为 SW 脚)信号不规则，不是规则的稳定方波信号。

A: a) 首先排查 MOS 管的开启电压  $V_{\text{gs(th)}}$  是否小于 2.5V(内置的芯片不用排查此点)，若 MOS 管的开启电压大于 2.5V，可能造成开启困难或者开启不完全导通现象。b) 排查 DIM 信号是否有接上拉动作，由于芯片内部无上拉或者下拉动作，所以在实际应用中，不调光的时必须接上拉信号到 VDD。c) 排查布线是否合理，请参考上述的布线规则。

④ Q: 设计中  $R_{\text{FB}}$  和  $R_{\text{CS}}$  的取值关系和取值不当造成的影响。

A: FB 和 CS 引脚基准电压均为 0.25V，且只要  $V_{\text{FB}}$  或者  $V_{\text{CS}}$  其中一个超过 0.25V，芯片就关断 MOS 管，两者是“或”门关系，CS 引脚为接入在 MOS 管 S 极对地，控制电感充电回路中，MOS 管上的峰值电流大小，FB 引脚为接入在 LED 回路中，控制 MOS 管开通和关闭时，LED 上的均值电流大小。

a) 若 CS 电阻取值太大，在 MOS 管开通时的充电回路②中电感的充能就会小，充

能不足的情况下，在 MOS 管关闭时间内，电感给后级 LED 灯珠供电的能量即不够，根据能量守恒  $P_i * \eta = P_o$ ，则输出的功率即不足，在芯片正常工作时间段内，VCS 电压比  $V_{FB}$  的电压会先达到 0.25V，VCS 电压达到 0.25V 后 MOS 管就会关闭，造成  $V_{FB}$  电压始终无法达到 0.25V，所以根据  $I_o = V_{FB} / R_{FB}$ ，由于  $V_{FB} < 0.25V$ ，所以此时  $I_o < 0.25 / R_{FB}$ ，若出现此种输入电压在一定范围内变化，低输入电压时无法达到设定输出电流时，需要减小  $R_{CS}$  电阻值。

- b) 若 CS 电阻取值太小，从 MOS 管的开通充电回路②中可知，MOS 管上的峰值电流同样会太大，比如  $R_{CS} = 0.01R$ ，则 MOS 管  $I_{DS}$  峰值电流  $= 0.25 / 0.01 = 25A$ ，对 MOS 管的电流冲击和电感过电流的要求均会提高，设计不合理的情况下可能造成电感饱和、MOS 管的温升超过合理范围。建议设计  $R_{CS} \leq 0.025R$ ， $I_{DS} = 0.25 / 0.025 = 10A$ ，过大的峰值电流，需要的 MOS 管电流同样会增加，成本增加很多。

⑤ Q: 设计中 FB 电阻上并联的 M7 和假负载 R7 有何用，为什么要加上。

A: BOOST 线路中，输出电容容量较大，在输入电源断开后，输出电容储能时间很长，为了避免生产过程中此电容的高压触碰到 PCB 其他低电压引脚，需要对输出电容放电，所以加上放电电阻 R7，可理论上， $R_{FB}$  上的电压都不会超过 0.25V，但是，为了更可靠的抑制浪涌电流（比如输出电容短路造成浪涌电流），避免  $R_{FB}$  电阻的损坏，我们建议在芯片的  $R_{FB}$  上并接一个大约 0.7V 的二极管（如 M7, 1N4147），如原理图上的 D7 整流二极管，其限定了  $R_{FB}$  的电压不可能超过 0.7V，从而保护了的 FB 电阻损坏。