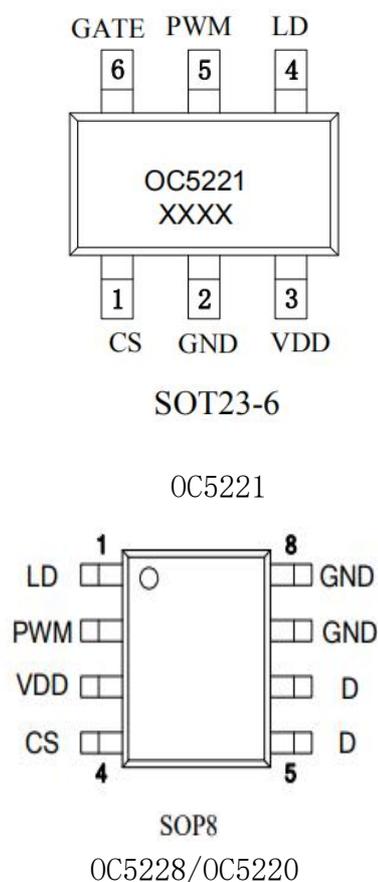


基于 OC522X 设计的 LED 恒流应用指导书

方案特点

- 宽输入电压：
5V-100V (OC5221/5228/5220)
- 支持 PWM/线性调光/分段调光
高辉调光比：65536:1
- 平均电流检测
- 内置 VDD 5.5V 稳压管
- 支持多路共阳极设计
- 开关频率可调
- 外围元件少，整体成本低
- 专利的过温保护模式
- 完善的多重保护，开路/短路/过压保护等，可靠性高
- 简单好用，易于设计

管脚排列



管脚描述

芯片型号	引脚定义							
	模拟调光脚	PWM 调光脚	芯片电源 VDD	电流采样 CS	芯片开关脚	芯片开关脚	芯片地	芯片地
OC5228	1	2	3	4	5	6	7	8
OC5220	1	2	3	4	5	6	7	8
	电流采样 CS	芯片地	芯片电源 VDD	模拟调光脚	PWM 调光脚		NMOS 驱动脚	
OC5221	1	2	3	4	5	6		

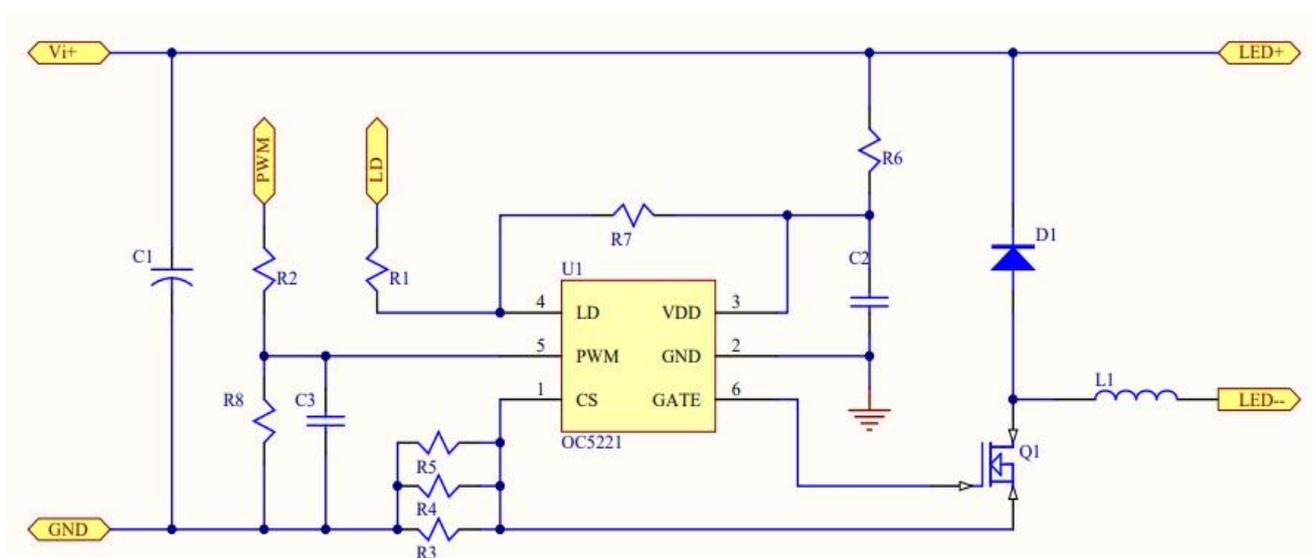
目录:	2
1. OC522X 系列快速选型表	3
2. OC5221 外扩 MOS 应用	3
1) DEMO 原理图和 PCB 图	3
2) OC5221 外扩 MOS 应用 DEMO BOM 清单	4
3. OC5228/5220 内置 MOS 应用	5
1) DEMO 原理图和 PCB 图	5
2) OC5228/5220 内置 MOS 应用 DEMO BOM 清单	6
4. OC522X 系列设计指南	7
1) 芯片 VDD 参数, 如何给 VDD 供电	7
2) 芯片的极限参数说明	8
3) 芯片使用 PWM 调光和 LD 线性调光	9
4) 芯片 Layout 注意事项	12
5) 《OC522X 电感外围参数计算器》使用步骤和说明书	13
6) 芯片调试基本步骤	14
7) 应用中常见问题解答	15

1. OC522X 系列快速选型表

型号	输入电压	输出电流	输出功率	驱动方式	效率	调光方式	封装
OC5228	5-100V	$\leq 1.2\text{A}$	$\leq 25\text{W}$	内置 MOS	$\leq 95\%$	模拟调光 PWM 调光	SOP8
OC5220	5-100V	$\leq 1.8\text{A}$	$\leq 40\text{W}$	内置 MOS	$\leq 95\%$	模拟调光 PWM 调光	SOP8
OC5221	5-100V	$\leq 5\text{A}$	$\leq 60\text{W}$	外扩 MOS	$\leq 95\%$	模拟调光 PWM 调光	SOT23-6

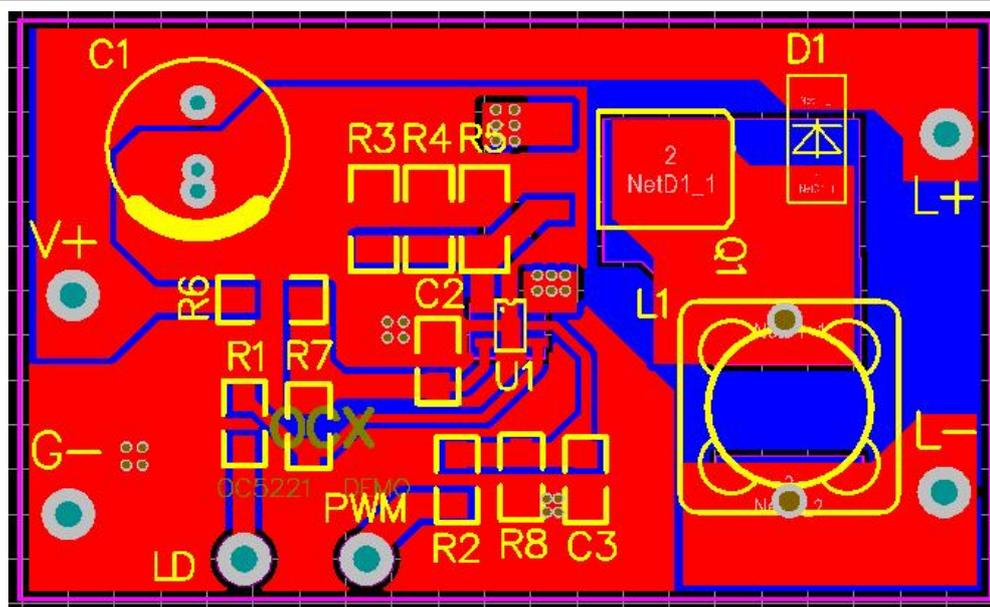
2. OC5221 外扩 MOS 应用

1) OC5221 外扩 MOS 应用 DEMO 原理图



(注：芯片内置 VDD 稳压器，若启动电流没有超过内部稳压管的电流（5-10mA），VDD 可不接稳压管，超过才使用 5.1V 稳压管)

2) OC5221 外置 MOS 应用 DEMO 对应 PCB 图

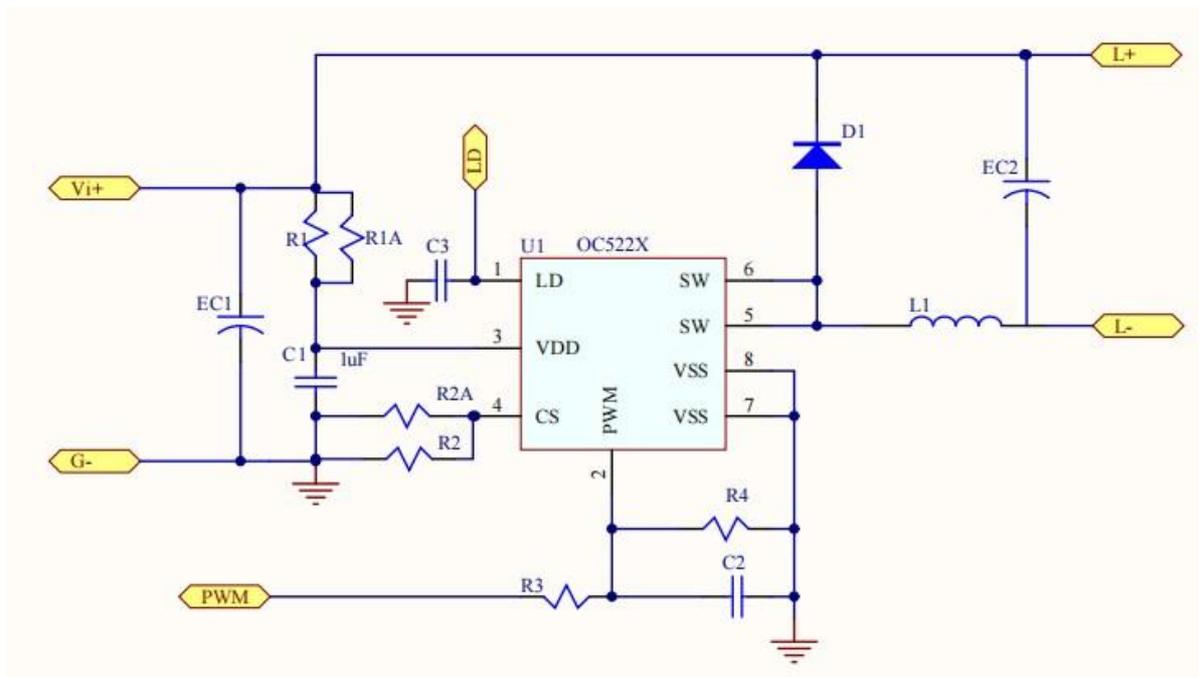


3) OC5221 外置 MOS 应用 DEMO BOM 清单

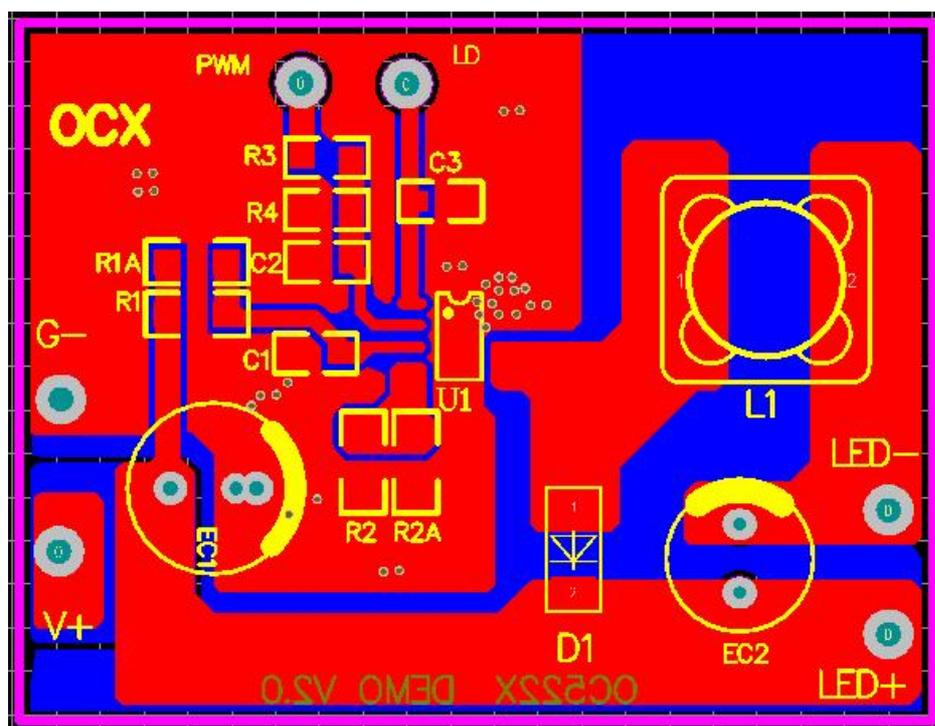
型号:OC5221		规格: Vin=48V;Vo=36V;Io=1A			设计:	
NO.	Part Types	Symbol	Description	Qty.	Unit	
1	贴片电阻	R6	7.5K±5% 1206 0.25W (芯片 VDD 供电电阻)	1	Pcs	
2	贴片电阻	R2	1K±5% 0805 0.125W (不做 PWM 调光时 NC)	1	Pcs	
3	贴片电阻	R8	10K±5% 0805 0.125W (不做 PWM 调光时 NC)	1	Pcs	
	贴片电阻	R5	0.2R±1% 1206 0.25W (输出电流设定电阻)	1	Pcs	
	贴片电阻	R1 R7	NC	0	Pcs	
4	贴片电容	C2	1uF±10%/25V/X7R/0805 (VDD 旁路电容)	1	Pcs	
5	贴片电容	C3	NC	1	Pcs	
6	电解电容	C1	47uF/100V (φ 10*13)	1	Pcs	
7	贴片二极管	D1	5.00A/60V/SS560/SMB	2	Pcs	
8	MOS 管	Q1	25N60/25A/60V/T0-252	1	Pcs	
9	电感	L1	L=100uH/CDRH127-100uH	1	Pcs	
10	IC	U1	OC5221/SOT23-6	1	Pcs	

3. OC5228/5220 内置 MOS 应用

1) OC5228/5220 内置 MOS 应用 DEMO 原理图



2) OC5228/5220 内置 MOS 应用 DEMO 对应 PCB 图



3) OC5220/5228 内置 MOS 应用 DEMO BOM 清单

型号:OC5228		规格: Vin=(48)V;Vo=36V;Io=0.4A			设计:	
NO.	Part Types	Symbol	Description	Qty.	Unit	
1	贴片电阻	R1/R1A	15K±5% 1206 0.25W (芯片 VDD 供电电阻)	2	Pcs	
2		R2/R2A	1R±1% 1206 0.25W (输出电流设定电阻)	2	Pcs	
		R3	1K±5% 0805 0.125W (不做 PWM 调光时 NC)	1	Pcs	
		R4	10K±5% 0805 0.125W (不做 PWM 调光时 NC)	1	Pcs	
3				0	Pcs	
4	贴片电容	C1	1uF±10%/25V/X7R/0805	1	Pcs	
5				0	Pcs	
6	电解电容	EC1	47uF/100V (φ 10*13)	1	Pcs	
7	贴片二极管	D1	3.0A/60V/SS360/SMA	1	Pcs	
8	电感	L1	L=470uH/CDRH127	1	Pcs	
9	IC	U1	OC5228/SOP-8	1	Pcs	

注: 此 DEMO 板选择 OC5228 为典型应用参数, DEMO 板可共用 OC5228/5220 脚位, 并且此 DEMO 板 VDD 供电为电阻启动供电

4. OC522X 系列设计指南

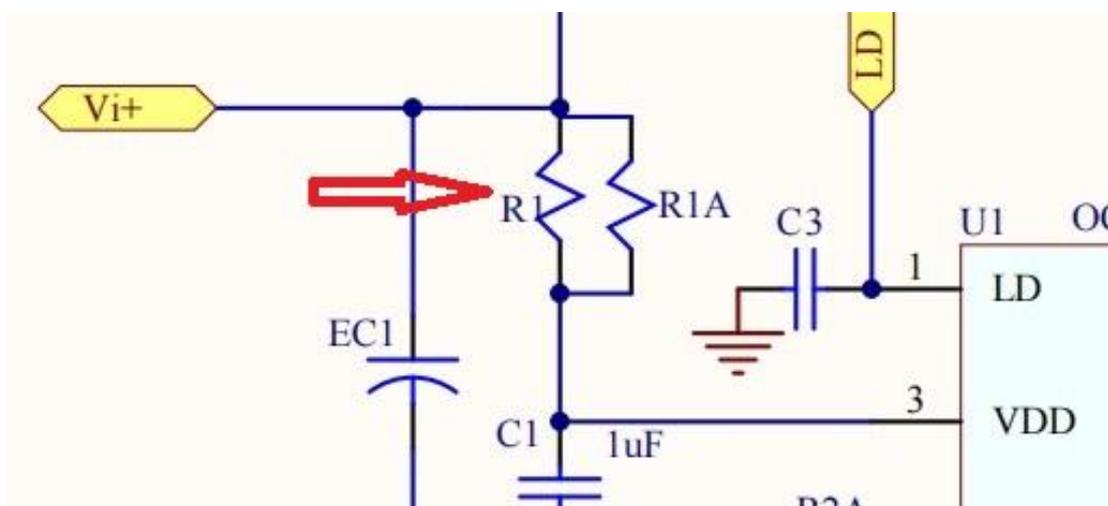
1) 芯片 VDD 参数, 如何设计 VDD 线路

VDD 嵌位电压	VDD 内置稳压管最大电流	VDD 建议工作电流
5.5V	10mA	5mA-10mA

从 OC522X 系列的规格书中可知, OC522X 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 8mA 以内), 同样也不能低于 VDD 的工作电流 5mA。

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



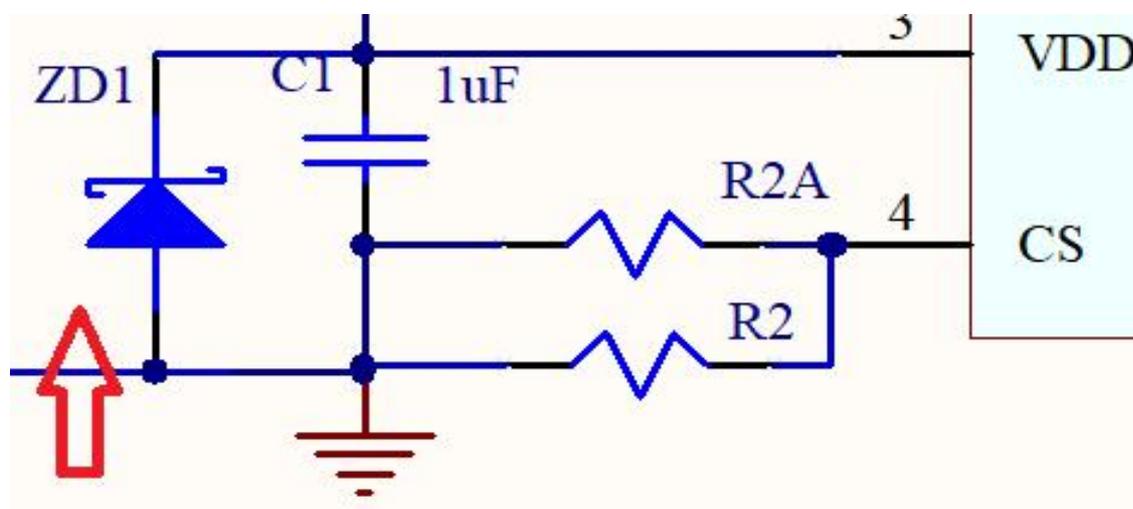
芯片内部稳压管极限电流为 10mA，建议设计值为 5mA，超过 10mA 需要加 5.1V 稳压管，那么启动电阻选择：

$$\text{启动电阻值 } R1 = (Vi - 5.5) / 5\text{mA}$$

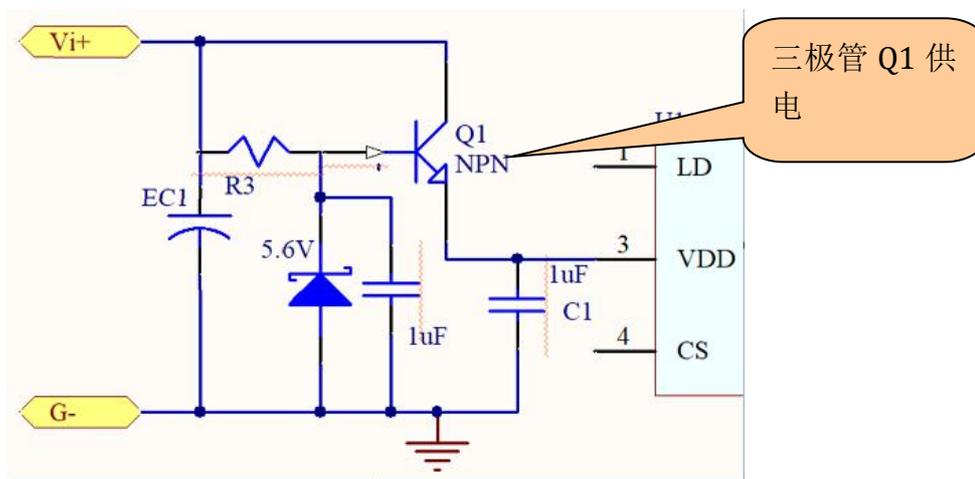
比如 $Vi = 48\text{V}$ 输入应用， $R1 = (48 - 5.5) / 5 = 8.5\text{K}$ 启动电阻 $R1$ 的功耗

$Pd\text{-max} = (48 - 5.5)^2 / 8.5\text{K} = 212\text{mW}$ ，所以启动电阻选择 1 个 1206 (0.25W) 封装。

b) 外部应用电压范围不是固定时，比如 $Vi = 12\text{--}24\text{V}$ ，设置启动电阻值时，应按照最低输入电压来计算启动电阻值，那么启动电阻阻值为： $R1 = (12 - 5.5) / 5\text{mA} = 1.3\text{K}$ ，当选择启动电阻为 1.3K 时， $Vi = 24\text{V}$ ，VDD 最大电流为： $IR1 = (24 - 5.5) / 1.3\text{K} = 14.3\text{mA}$ ，而芯片 VDD 最大电流为 10mA， $14.3\text{mA} > 10\text{mA}$ ，这时 VDD 应并联 5.1V 稳压管。



c) 由于电阻加稳压管的形式，如 12~60V 输入设计时，从上述可知，应选用 1.3K 启动电阻，但是在最高输入电压点，VDD 电流为： $I_{vdd} = (48V - 5.1V) / 1.3K = 33mA$ ，这时启动电阻和稳压管的功耗非常大，对电阻、稳压管的封装都有要求，并且会增加成本。所以建议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 5mA 的电流给 Vdd，三极管为工作在放大区，以 β 的放大倍数。 $\beta = 100$ ，则需要在 90V 时，要通过 R1 给 b 极提供一个至少 $50 \mu A$ 的电流。所以，R1 电阻器的值最大不得超过： $R1 < (90 - 5.6) / 50 \mu A = 1688k \Omega$ ，R1 默认取值 100K。



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
FMMT493	>100	100V

2) 芯片极限参数说明

- 芯片采用 CMOS 工艺，5.5V 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 $I_{vdd} = 5mA$ ；
- 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，建议外部稳压管电压为 5.1V；
- 内置 MOS 管的 OC5228/5220 为 SOP8 封装，IC 最大散热功耗 $P_d = 0.8W$ ，OC5228 极限电流为 1.2A 建议最大输出 1.0A，OC5220 极限电流为 1.8A/议最大输出 1.5A。
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

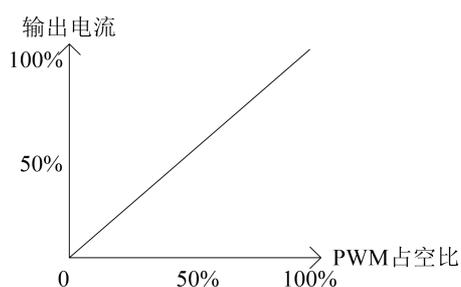
出电流测试芯片表面温度 125℃ 最大，当然，若客户使用铝基板，保证芯片的温升在可控范围以内输出电流可设计在极限参数值，若超过芯片极限电流，芯片温度超高，模块在装入灯具腔体之后，由于灯具腔体的温度高，可能会造成芯片进入到过温保护，使得输出电流降低；

e) 芯片极限焊接温度为 240℃（时间小于 30S）。

3) 如何使用引脚进行 PWM 调光或线性调光

在 LED 恒流方案中，经常会有 PWM 或者线性调光的需要，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。

a) PWM 的信号在接传输到 PWM 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 PWM 引脚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

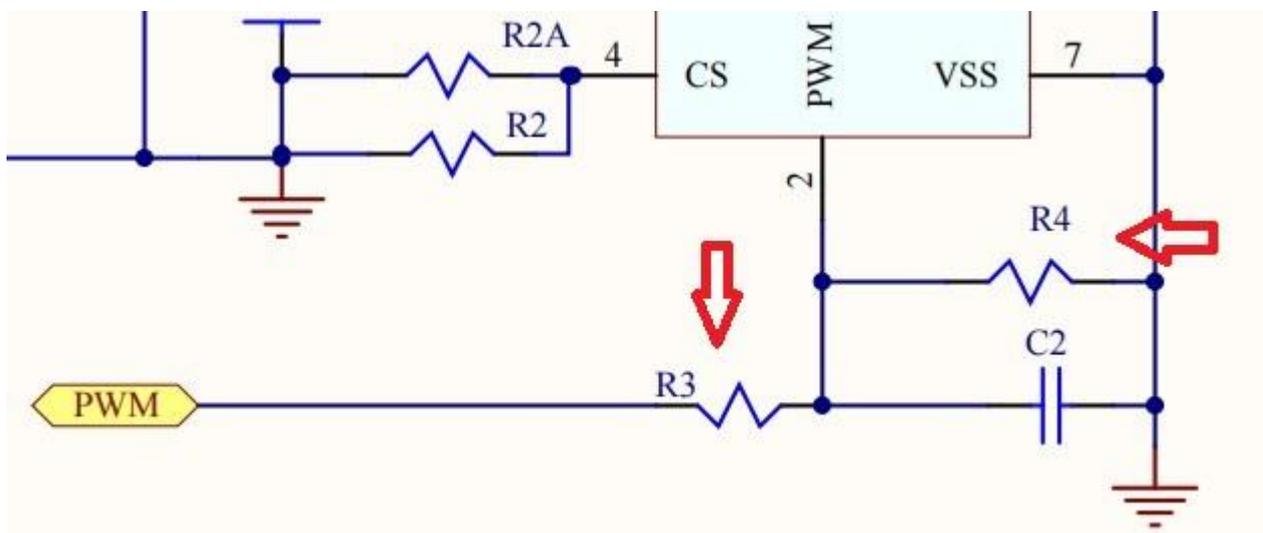


为保证调光的线性度和调光比，需要满足 $F_{drv} : F_{pwm} > 10:1$ ，假设芯片开关工作频率为 100K，PWM 信号频率为 1K， $100:1 > 10:1$ 满足条件，这样在 PWM 信号为高时，50% 占空比，芯片有 5 个完整的开关周期，这样，才能保证输出电流比例和 PWM 占空比信号比例保持一致，和上图会基本吻合，芯片内部有电路处理低信号占空比时，主动降低 LED 灯两端的电流纹波，所以在低信号占空比下 F_{drv} 频率会提高，这样即使使用教高调光频率，也可保证大于 10:1。



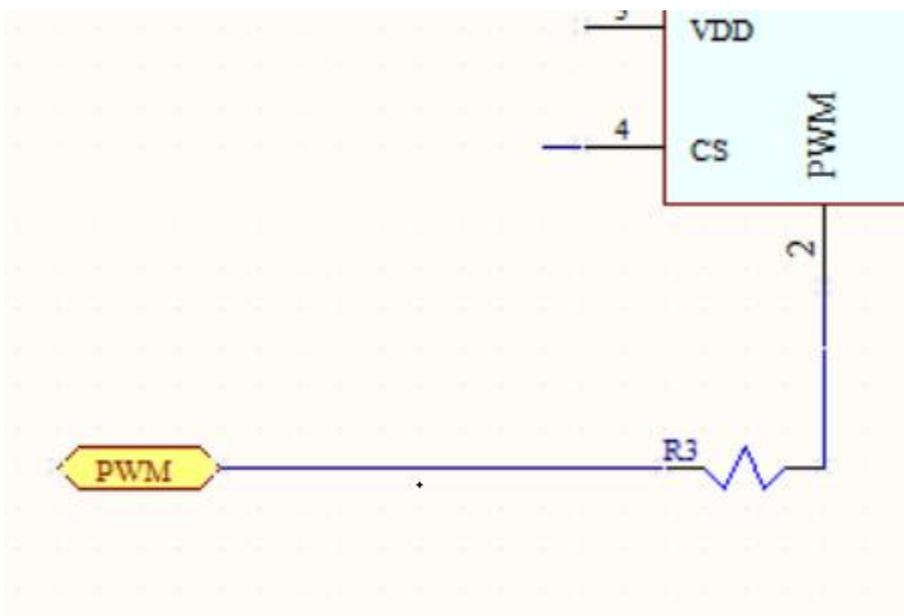
默认调光频率设置在 20KHz 以内，频率越低调光深度越深，调光的效果也约好。

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 R3 (1K)，在接到 PWM 引脚，PWM 对 VSS 接一个 R4(10K) 下拉电阻，C2 滤波电容可不接 NC。在此需要注意

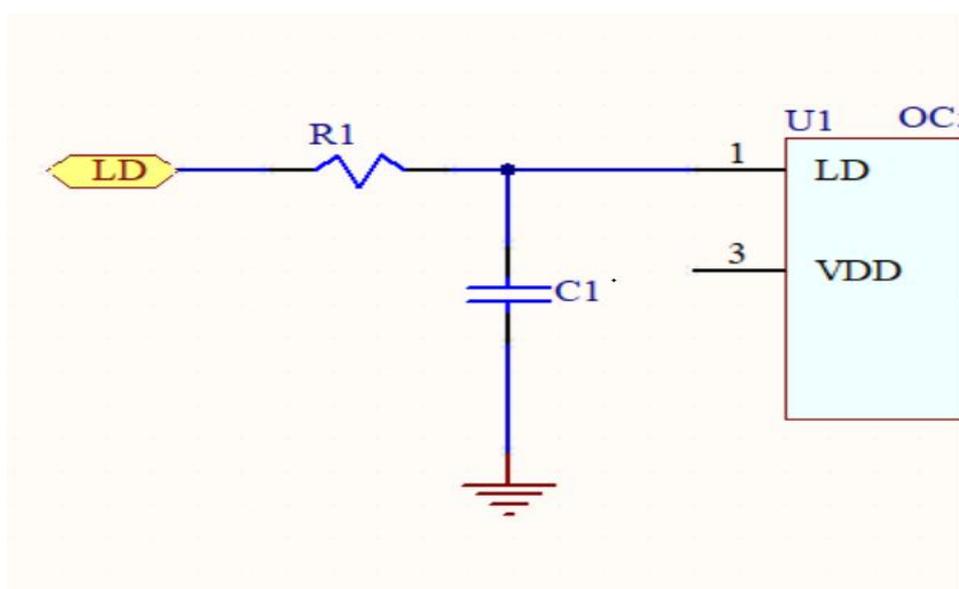
- ①、因此，对于使用 MCU 输出 PWM 信号控制芯片 PWM 脚进行调光一类的驱动方案，由于 MCU 在上电瞬间会有一个持续达数 ms 的上电复位时期，而此时 I/O 口通常处于不确定的悬浮态。由于 OC522X 只需要 $>1.2V$ 即判断为高电平，因而当 I/O 口处于不确定态时，特别需要一个下拉来确保 OC522X 在这段时间确定工作在某个状态。否则，在那些 V_{in} 输入电压特别高的情形下，容易因为数 ms 时间的不确定态，烧毁 LED 灯串。因而，在使用 MCU 调光时，我们不建议客户使用如下电路：



② 关于 PWM 信号的串联限流电阻器 R3。

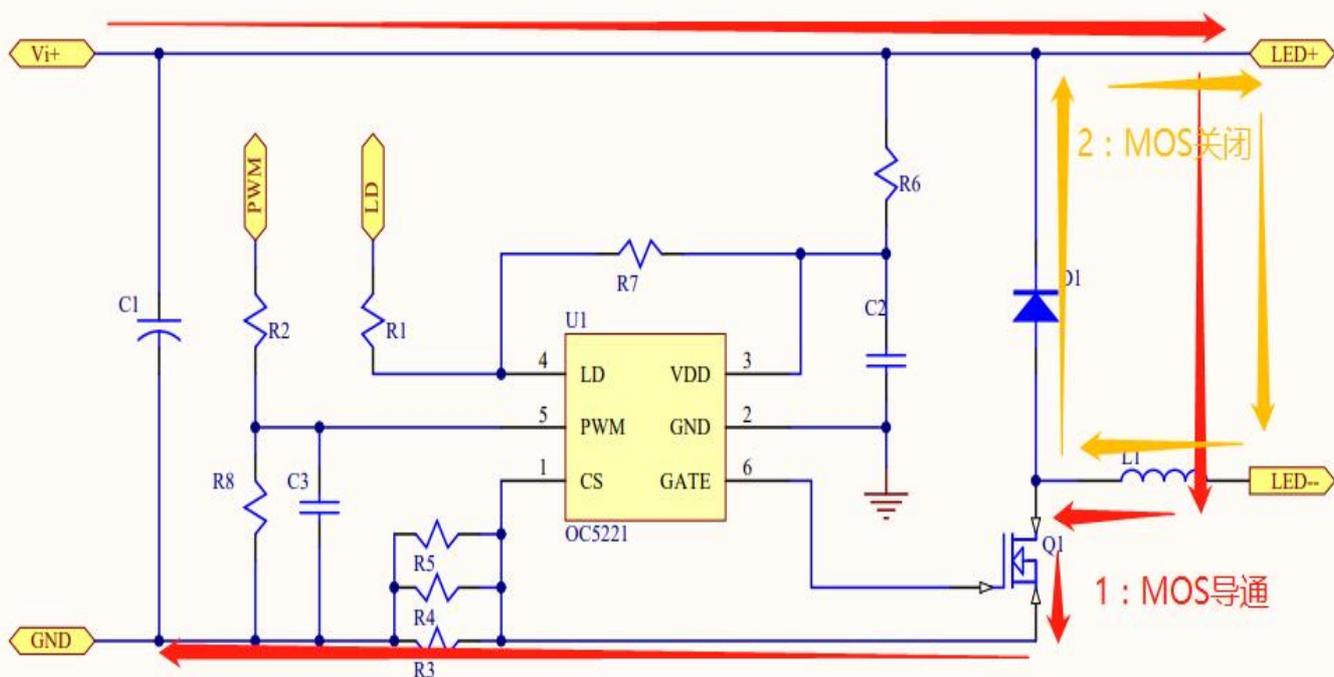
一般情况下，该电阻器 R3 是不需要的。特别是很多 MCU 与 OC522X 的 VDD 电压是接近的，甚至是同一个电压供电的情况下（譬如共同由某个 LDO 输出的 5.0V）。但是在某些情况下，这需要增加串联电阻器。当 MCU 采用比 OC522X 更高的供电电压时，这就需要使用 R3 串联限流电阻器。由于 OC522X 的 PWM 引脚是一个高阻抗输入引脚，并不会吸入大电流。但是，一般来说，芯片内部引脚对 Vdd 均会有个反向的 ESD 二极管，若芯片 Vdd 以外的其他引脚电压超过 Vdd 达到 0.3V 以上，则内部 ESD 二极管会导通，继而损坏芯片内部电路，造成不可逆的损伤。所以在使用过程中，若 PWM 信号电压高电平电压超过 VDD 时，为保证 OC522X 稳定工作。为此，需要串入一个 1K 的 R3 来避免此问题即可。

c) 使用 LD 脚线性调光：



线性电压信号接到电阻 R1，R1 接到 LD 引脚，LD 引脚接旁路电容 C1=10nF
 线性调光可使用电压调整，线性调光时 LD 可支持的电压范围为 0.2-1.2V，在 LD 电压低于 0.2V 时，芯片会进入关断待机状态，在 LD 引脚电压达到 1.2V 时，输出电流为 100%全亮状态。在电压调动的过程中，由于电压调动的线性度一般精细度不高，避免在电压调动过程中可能出现灯亮度抖动的情况，可在 LD 串入 R1=100 欧~1K, C1=103。

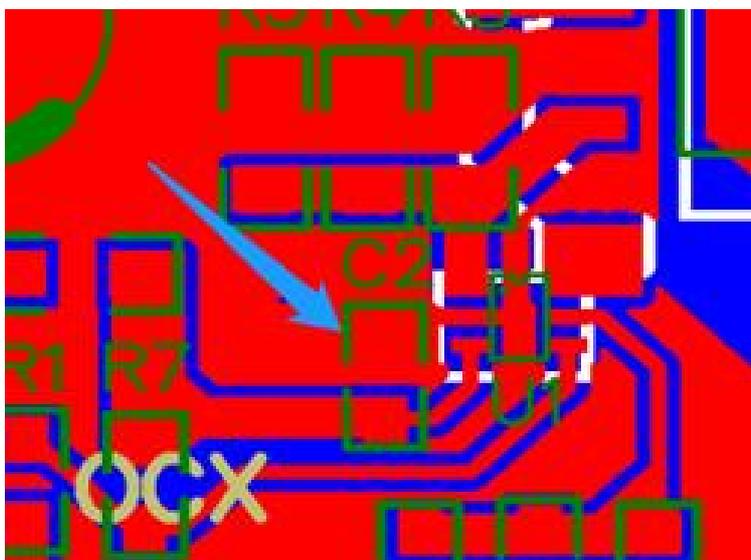
4) Layout 注意事项:



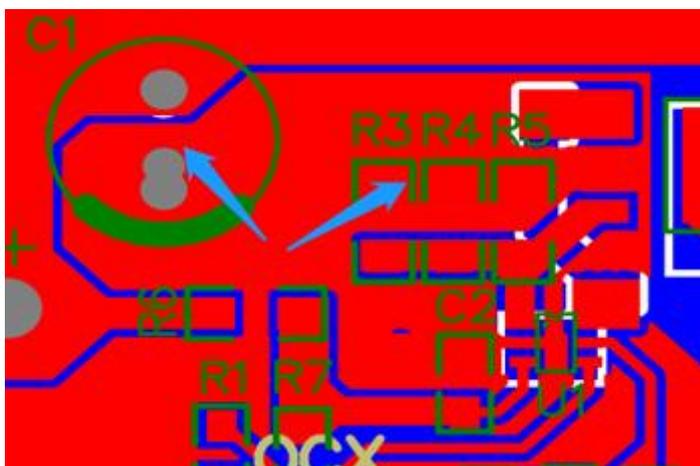
OC522X 系列在上电后, VDD 达到 4.1V 电压, DRV 驱动打开 MOS 管, CS 引脚检测 CS 电阻上的电压, 电感电流线性增大, CS 电阻上的电压也线性往上增, 在 CS 电压达到 0.23V 的电压时, DRV 关闭 MOS 管, 此 MOS 开的回路如图上 1: MOS 导通红色回路, 在 MOS 管关闭后, 电感释放电流经过续流二极管 D1, 经过 LED 灯珠, 续流回路图上图 2: MOS 关闭黄色回路, 此两个为的主功率回路。

使用 OC522X 系列时主要布线注意事项如下:

- ① IC 的 VDD 旁路电容 C2 要靠近 IC 的 VDD 和 GND 脚;



- ② CS 电阻要靠近 IC 的采样信号脚，要接到输入电容 C1 之后，避免噪声干扰；



③ 功率大电流回路（上图红色和黄色回路）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；

- ④ MOS 管栅极到 IC 的 DRV 脚可接个小电阻，减少 MOS 管的尖峰电压；

- ⑤ PCB 布线小信号远离电感 L1 和续流二极管 D1；

- ⑥ 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；

- ⑦ 使用内置 MOS 芯片电感和续流二极管尽可能靠近芯片 SW 脚；

⑧ 使用多路共阳极接法时，每路的布线必须分开，特别是功率地和小信号地要分开，且每路都接上电解电容，并仅在每路的输入电容连接在一起。铺地仅在输入电容负极分散出铺地，不可所有的地线全部铺一起，避免不必要的干扰。

5) 《OC522X 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、输出参数和频率选择

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电感感量，选择合适电感；

- ③根据橙色输入部分计算出 CS 采样电阻阻值；

- ④根据橙色输入部分计算出 CS 采样电阻功耗；

- ⑤根据橙色输入部分计算出芯片 VDD 启动电阻阻值；

- ⑥根据橙色输入部分自动生成原理图 BOM。

三、使用参数计算器实例演示：

提供的 OC5228 的 DEMO，演示如何使用《OC522X 电感外围参数计算器》

电压最小值 (V)	输出电压值 (V)	输出电流值 (A)
48	36	0.5

① 填入输入电压、输出电压和输出电流参数以及想要设计驱动频率参数：

输入电压 $V_{in_max}(V) =$	48
输出电压 $V_o(V) =$	36
输出电流 $I_o(A) =$	0.4
驱动频率范围 $F_s(KHz) =$	150

② 自动生成电感、CS 电阻、启动电阻参数：

计算电感值 $L(\mu H) >$	365
采样电阻 $R_{cs}(\Omega) =$	0.50
电阻功耗 $P_{cs}(W) =$	0.08
启动电阻范围 $R_{in}(K\Omega) =$	8.5
DC输入,电容容量 $C1(\mu F) >$	28.8

③ 系统自动计算出 IC 选型对应的型号

方案自动选型IC型号	OC5228
------------	--------

④ 自动生成原理图 BOM:

OC522X内置MOS管芯片，系统自动生成DEMO-BOM清单

6) OC522X 基本调试步骤

- ① 使用《OC522X 电感外围参数计算器》，填入输入输出参数以及预设定芯片工作频率。；
- ② 根据《OC522X 电感外围参数计算器》自动生成的原理图和 BOM 参数，选择合适的元器件。
- ③ DC 输入时，输入电容容量选择初步应为 $3 \sim 5 \mu F/W$ ；AC 输入时输入电容的容量选择初步应为 $30 \sim 50 \mu F/W$ ；输出电容可接或不接，接上输出电容可降低 LED 灯珠的纹波电流；
- ④ 根据参数焊接好模块，首先空载测试 V_{dd} 电压是否达到 $5.5V \sim 6V$ ，且输出空载电压和输入电压基本一致；

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)，带载时测试最高输入电压时的工作频率控制在 50-500KHz 以内，建议 100-220KHz 最佳，且 VDD 的电压再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，或者其他方式供电，启动电阻请参考规格书推荐值或者使用参数计算器来计算)

7) OC522X 应用中常见问题分析：

① Q:模块效率低，续流二极管和 MOS 管发热严重。

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 500KHz 以内，建议值为 100K-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，避免电感啸叫声，建议 PWM 调光频率调整为 20KHz；

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 $V_{gs(th)}$ 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) 排查布线是否合理，请参考上述的布线规则。

④ Q:输入电压变化过程中线性调整率精度不高，如何调整。

A:a) 排查 VDD 电压是否在输入电压范围段均达到 5V 以上。b) 排查芯片的工作频率在输入电压范围段是否有超过 500KHz，并且驱动波形是规则的方波信号。c) 排查电感不会饱和(示波器测试 CS 引脚电压，若 CS 电压线性上升段为逐渐上升，没有出现弯曲或者陡峭上升，表明电感没有饱和)且温升合理的范围内，提高电感量，降低 LED 上的纹波电流，从而提高线性调整率

⑤ Q:输出负载变化时，输出电流精度不高，如何调整。

a) 提高 IC 的工作频率，但同样要保证芯片的最高频率控制在 500KHz 以内为佳。b) 增大电感量，降低纹波电流，需保证电感的温升并且不会出现饱和现象。c) 排查布线是否合理，请参考上述的布线规则。

⑥ Q:VDD 启动电阻使用过大， $I_{vdd} < 5mA$ ，会导致出现什么问题？

a) 导致芯片工作不恒流，输出电流偏差大等一致性问题。b) 调光效果不佳：调光线性度差，或者调光会有抖动的现象。c) 内置 MOS 芯片发热严重、外置 MOS 应用则是 MOS 发热严重。