

基于 LC116X 设计的线性恒流应用指导书

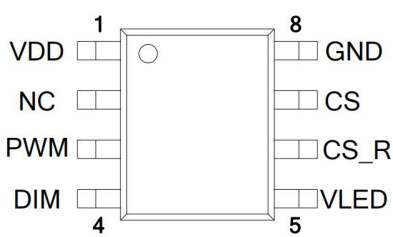
方案特点

- ★过热保护功能
- ★具有很低静态电流60uA
- ★可 PWM 调光功能, 最高频率 16KHz
- ★输出电流精度: $\pm 5\%$
- ★简单好用, 没有 EMI/EMC 干扰
- ★可多路并联使用, 扩展功率
- ★外围元器件少, 整体成本低
- ★ VDD 工作电压: 2.5- 40V

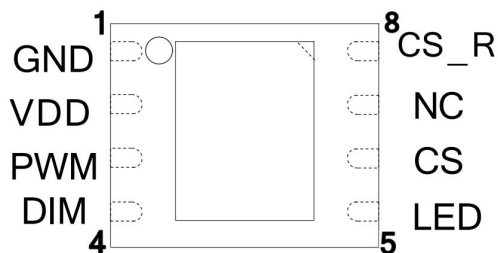
管脚描述

芯片型号	引脚定义							
	芯片电 源 VDD	NC 悬 空不接	PWM 调 光脚	模拟调 光脚 DIM	接 LED 阴 脚	电压反馈 脚	电流设定 脚	芯片地 GND
LC1160 (ESOP8)	1	2	3	4	5	6	7	8/9
LC1162B (PDFN5*6-8L)	2	7	3	4	5	8	6	1/9

管脚排列



ESOP8
(内置散热片接 GND)



PDFN5X6-8L
(内置散热片接 GND)

底部散热 PAD
接 GND 脚

目录:	3
1. LC116X 系列快速选型表	3
2. 芯片的极限参数说明	3
3. 如何给芯片的 VDD 供电	4
4. 基于 LC116X 系列的布线布局规则	4
5. 基于 LC116X 的电路应用设计	5
1) 基于LC116X的电路设计	6
2) 使用多个 LC116X 并联扩流应用	7
3) 如何使用LC116X 进行 PWM 调光	8
4) LC116X 使用DIM 脚进行模拟调光	9
6. 《LC116X 外围参数计算器》使用步骤和说明书	01
7. 芯片调试基本步骤	11
8. 应用中常见问题解答	21

1. LC116X 系列快速选型表

型号	输入电压	芯片 VDD 电压	输出电流	输出功率	驱动方式	效率	调光方式	封装
LC1160	2.5-40V	2.5-40V	≤1.5A	大于 5W	内置 MOS	≤99%	PWM/模拟	ESOP8
LC1162B	2.5-40V	2.5-40V	≤1.5A	大于 5W	内置 MOS	≤99%	PWM/模拟	PDFN5*6-8L

LC1160/1162B 型号 IC 采样基准 V_{cs} 值为 100mV。LED 电流为： $I_{LED}=V_{cs}/R_{cs} \pm 5\%$

2. 芯片极限参数说明

- 芯片采用 CMOS 工艺，工作电压为 2.5-40V；
- VDD 极限电压为 44V，建议设计值在 40V 以内；
- VDD 内部稳压电路，输入电解电容尽量靠近 VDD 引脚，或增加瓷片电容；
- 内置 MOS 管的 LC1160 为 ESOP8 封装，IC 最大散热功耗 $P_d=0.8W$ ，极限电流为 1.5A。
内置 MOS 管的 LC1162B 为 PDFN5*6-8L 封装，IC 最大散热功耗 $P_d=1.5W$ ，极限电流为 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温度最大 105℃，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，可能触发到芯片的过热保护结温点 120℃。

- 芯片极限焊接温度为 240℃（时间小于 30S）。

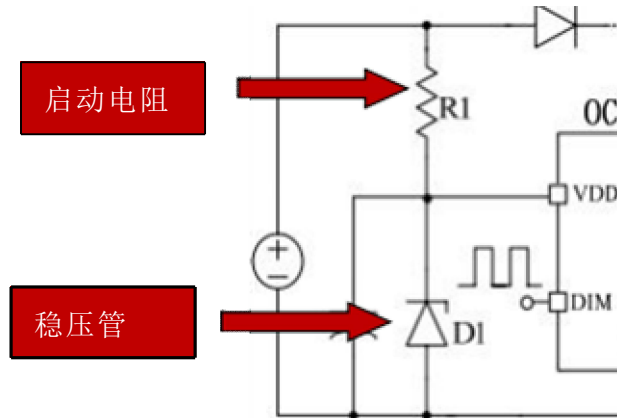
3. 如何给芯片的 VDD 供电

1) LC116X 供电方式线路设计

从 LC1160/1162B 的规格书中可知，LC1160/1162B 的 VDD 内部内置高压稳压电路，输入在不超过芯片耐压使用情况下，输入电压值不超过 40V，同样也不能低于 VDD 的工作电压值。

现在我们介绍可稳定给 VDD 供电的方式：

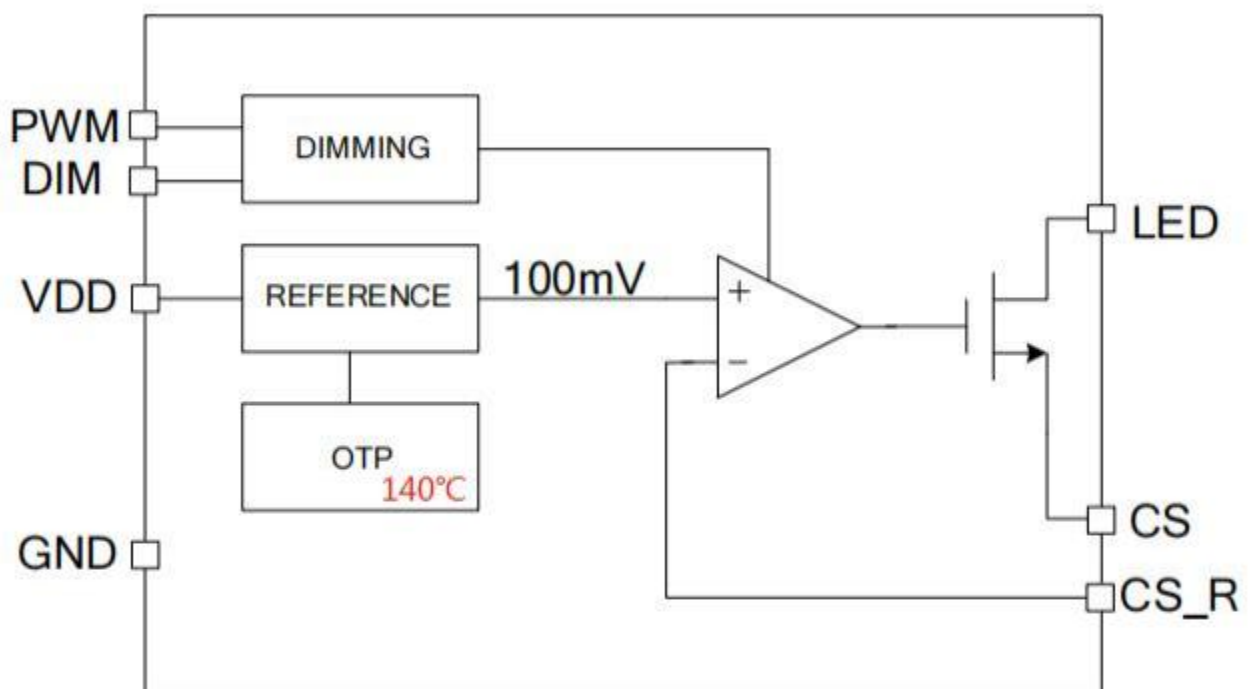
- 由于内部内置高压启动电路，高于工作电压（2.5V）且低于建议值电压（40V）时，可直接给 VDD 供电
- 高于建议值电压（40V）时，则需要加启动电阻和外部稳压管（12V）



4. 基于 LC1160/1162B 电路的布线布局规则

1) 使用内置功率管的 LC1160/LC1162B, LAYOUT 的注意主要有 2 点

一个是输入电解电容尽可能的靠近 VDD 引脚, 否则需要增加靠近 VDD 与 GND 之间的旁路电容; 另一个是对 LC1160/1162B 的散热焊盘设计。并非只和输出电流有关系, 就可以无论多少输入、输出压差都可以获得设定的输出电流, 关键问题是, 所产生的热耗散会不会触发 LC1160/LC1162B 的内部 OTP 过温度保护 140°C。LC1160/1162B 的过温度保护触发是对内部 wafer 的结温超过 140°C。



发热一般是取决于压差和输出电流的乘积。一般地， $P_d = (V_{in} - V_{LED}) * I_{LED}$ 。而 ESOP8 的极限散热能力为 0.8W。例如，当输入电压为 5V，输出单个红色 LED 的 V_f 值为 2.2V，想要输出 350mA，则耗散功率 $P_d = (V_{in} - V_{LED} - 0.1v) * I_{LED} = (5v - 2.2v - 0.1v) * 0.35A = 0.945w$ 。因此，单个 LC1160 来实现整机电路肯定不可能，所以需要改为 LC1162B/最大功耗为 1.5W。但如果采用额外的大面积铺铜等散热方式，或者采用大面积的铝基板或者铜基板作为 PCB 材质，则是有可能的，一般以实际板上温升不超过 55℃(最大 85℃的工作温度，55+85=140℃的芯片结温，这样芯片才不会触发 OTP 过热保护)。

2) 使用 LC1160/LC1162B, LAYOUT 的注意主要有 5 点:

主要布线注意事项如下:

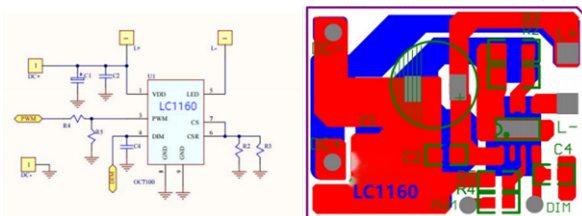
- 1 IC 的 VDD 旁路电容 C3 要靠近 IC 的 VDD 和 GND 脚;
- 2 DIM 脚内部有上拉电阻，若不做调光时，DIM 脚可悬空;
- 3 CS 电阻要靠近 IC 的采样信号脚，要接到输入电容 C1 之后，避免噪声干扰;
- 4 功率大电流回路走线要粗，短线，面积小;

5 同样考虑芯片耗散功率的问题: LC1160 为 ESOP8 封装，极限散热能力为 750mW。芯片过热保护 OTP 触发点为芯片内部结温 140℃， $P_d = (V_{in} - V_o - V_{cs}) * I_o$ ，使用 LC1160 芯片，例如输入电压为 4.2V，输出为 3V，输出电流 1A 时， $P_d = (4.2 - 3 - 0.1)V * 1A = 1.1W$ 。因此单个 LC1160 来实现 1A 的输出电流不可能实现，但是采用额外的大面积铺铜，或者采用大面积的散热铝基板。

5. 基于 LC1160 的电路应用设计

1) 基于 LC1160 的电路设计

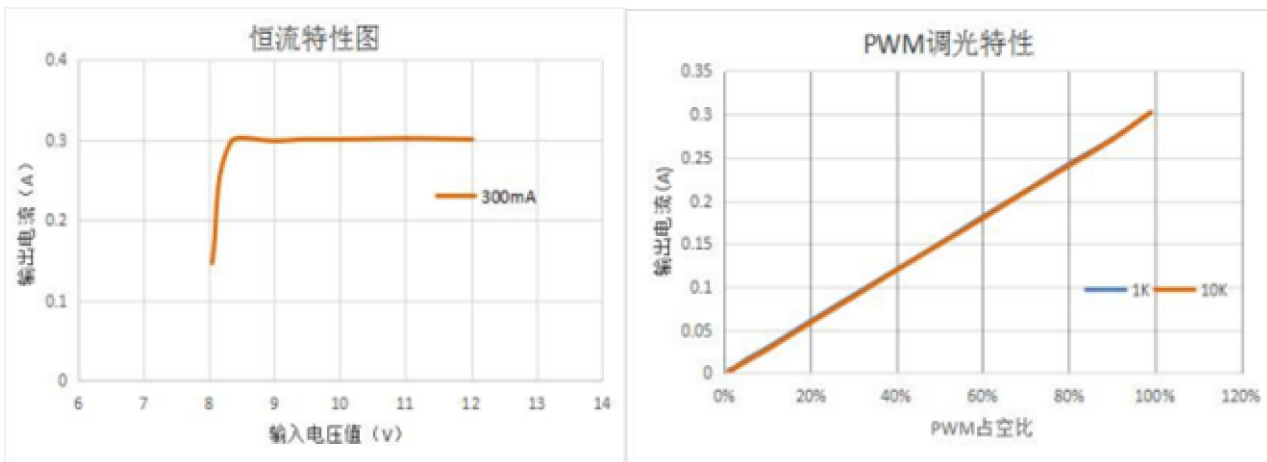
1 应用 DEMO 原理图和 PCB 图



应用 DEMO BOM 清单

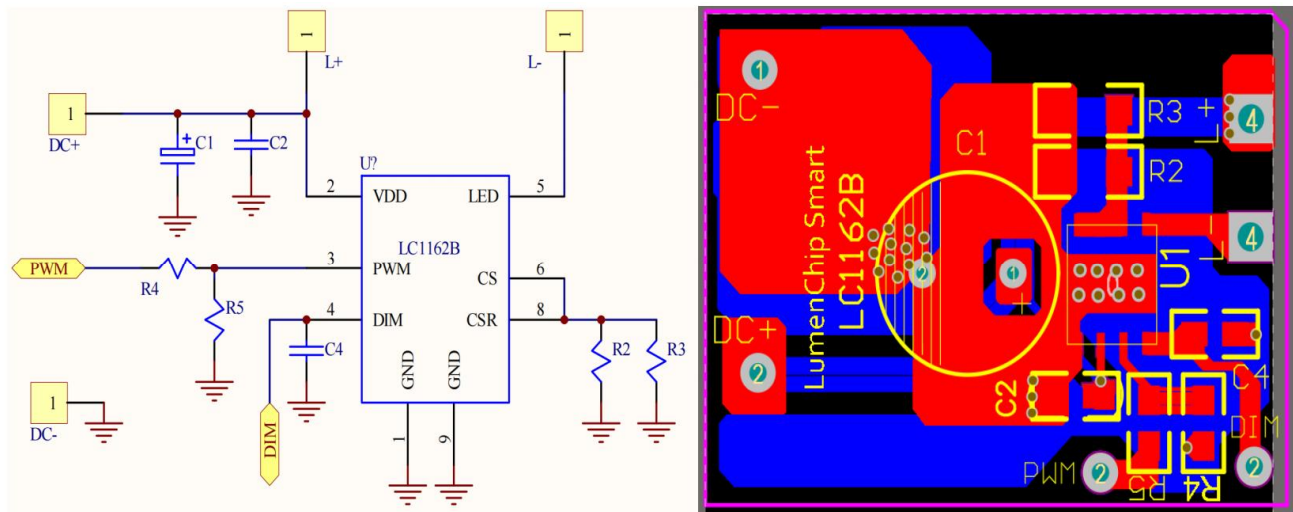
NO.	Part Types	Symbol	Description	Qty.	Unit
1	贴片电阻	R2R3	0R2±1% 1206 0.25W	2	Pcs
2	贴片电容	C2	100nF±10%/25V/X7R/0805	1	Pcs
3	电解电容	C1	22uF/50V(6.3*11mm)	1	Pcs
4	IC	U1	LC1160/ESOP8	1	Pcs

2 典型应用测试数据



2) 基于 LC1162B 的电路设计

1 应用 DEMO 原理图和 PCB 图

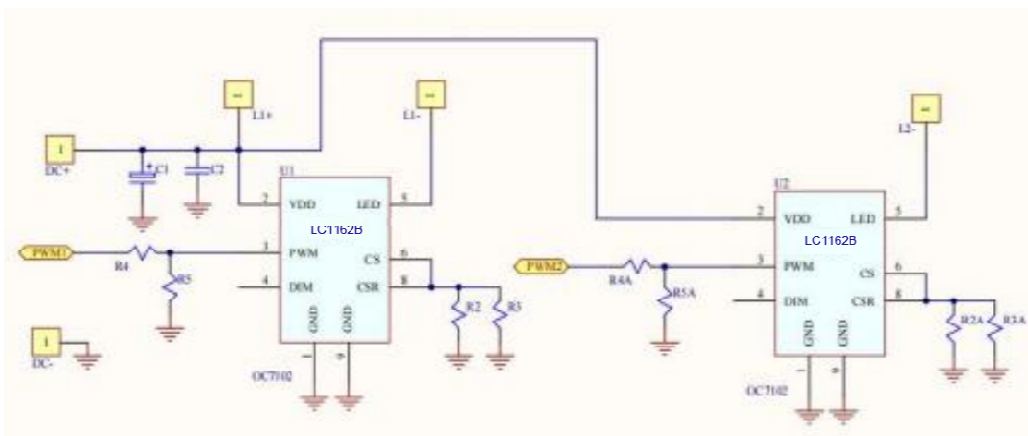


应用 DEMO BOM 清单

NO.	Part Types	Symbol	Description	Qty.	Unit
1	贴片电阻	R2R3	0R2±1% 1206 0.25W	2	Pcs
2	贴片电容	C2	100nF±10%/25V/X7R/0805	1	Pcs
3	电解电容	C1	22uF/50V(6.3*11mm)	1	Pcs
4	IC	U1	LC1162B/DFN5*6-8L	1	Pcs

3) 使用多个 LC116X 并联的电路设计

通过 LC116X 的典型应用电路可知，芯片的工作电压范围为 2.5-40V。所以输入电压的极限电压值小于 40V，要得到更大的电流，可按如下电路进行多个并联使用。（2 路 LC1162B 并联共正使用）：



多路并联使用中，需遵循以下几个基本的原则：

A、每个芯片的外围器件是不能省略掉

多个芯片并联使用时，使用单个 VDD 旁路电容时注意布线时，电容尽可能靠近所有芯片的 VDD 脚，这样对芯片的采样电流和抗干扰性会好，如果允许可在每个芯片的 VDD 上并联旁路电容，效果达到最优。

每个芯片的 CS 电阻必须使用，不可把不同芯片的 CS 脚并联接在一起。

B、使用同等电流输出的芯片并联使用

这样做的目的是使每路的发热量是均匀的，如果使用不同等输出电流的芯片，可能会造成多路并联中的电流大的一路过热，进入过热保护降低电流。

例如：客户要输出 2A 的电流，可通过采样电阻设置每个电阻一样，如采用芯片

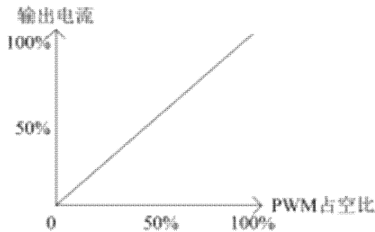
LC1162B, $R2=R2A=R3=R3A=0.2R\pm 1\%$ ，则每路输出电流为 1A，使每个芯片的耗散功率一致，温升一致。

3) 使用 PWM 信号调制 LC116X 的 DIM 进行调光设计

在 LED 恒流方案中，经常会有 PWM 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。

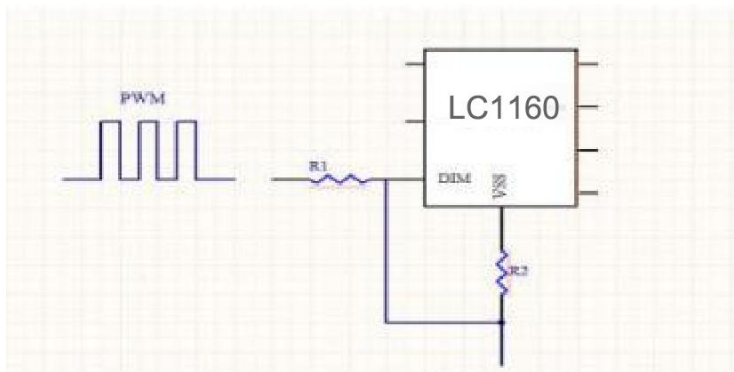
a) PWM 的信号在接传输到 DIM 引脚，由于芯片内部运放、检测和驱动需要建立时间，所以在 MCU 发出 PWM 信号，到 DIM 接收到信号并且芯片做出相应的比例调节时，有一定的延

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



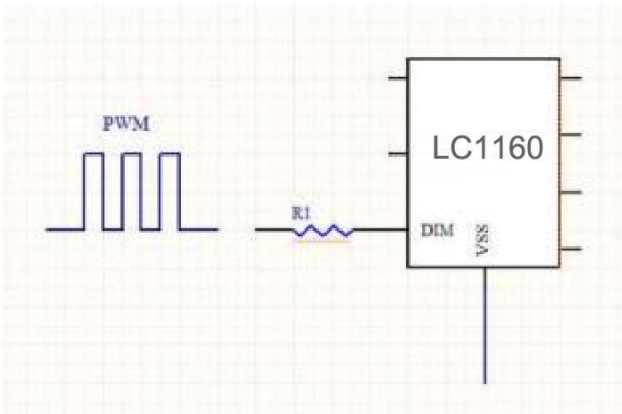
为保证调光的线性度和调光比，需要条件：调光频率 $F_{PWM} \leq 10\text{KHz}$ ，这样在 PWM 信号为高时，50%占空比，芯片有 5 个完整的开关周期，这样，才能保证输出电流比例和 PWM 占空比信号比例保持基本一致，和上图会基本吻合，默认调光频率设置在 200Hz-16KHz，用 16KHZ 的 PWM 调光频率时最小脉宽可响应 1%。

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、LC116X 的 DIM 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 LC116X 在 PWM 大于 1.1V 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 LC116X 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：



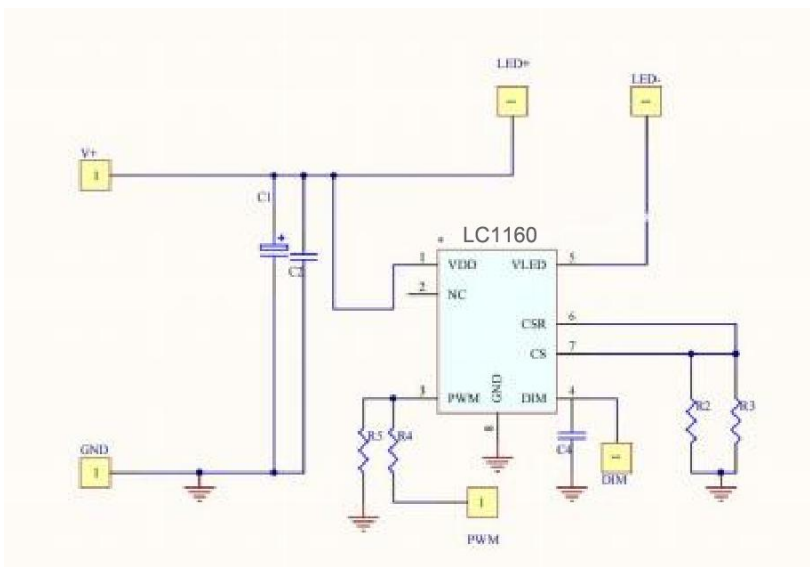
②、关于 PWM 信号的串联限流电阻器 R1。

一般情况下，该电阻器 R1 是不需要的。特别是很多 MCU 与 LC116X 的 DIM 最大电压接近，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 LC116X 更高的供电电压时，这就需要使用 R1 串联限流电阻器。由于 LC116X 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极限 7V 时，为保证 LC116X 稳定工作。为此，需要串入一个 1KΩ 的 R1 来避免此问题。

4) 使用 LC116X 的 DIM 脚进行模拟调光设计

在 LED 恒流方案中，除了进行 PWM 调光外，还有一些需要进行模拟调光，比如使用可调电阻，或者使用开关进行档位调节，由于加 PWM 调光增加的成本多(需要增加 MCU 和外围元器件)，所以经常会使用到模拟调光。

我司芯片的 DIM 脚可以使用模拟调光的功能，不需要外部增加调光电路，如下电路所示可实现模拟调光的需要，在使用中需要注意。



调光控制						
最大调光频率	F_{DIM}				16	KHz
PWM 输入高电平	DIM_H		1.1			
PWM 输入低电平	DIM_L				0.3	
DIM 输入电压	V_{DIM}		0.1		1.1	V

LC116X 内置模拟调光功能。通过在 DIM 脚施加 0.1~1.1V 的模拟电压 V_{DIM} ，可以调节 LED 电流。当 V_{DIM} 电压大于 1.1V，则输出保持最大电流工作。不使用模拟调光时悬空 DIM 脚即为全亮输出。

6. 《LC116X 外围参数计算器》使用步骤和说明书

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 IC 选择

一、蓝色部分系统自动计算出相关的数值范围：

②根据橙色输入部分自动预选型 IC；

③根据橙色输入部分计算压差带来的最大损耗；

④根据橙色输入部分计算出 IC 功耗(W)；

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根据芯片计算出DIM 脚 PWM 调光频率 F_{DIM} (K)和模拟调光电压有效范围，推荐使用的 PWM 调光频率范围；

⑦系统自动进行方案可靠性预估，方便客户评估方案风险。

二、使用参数计算器实例演示：

以我司提供的 LC116X 的 DEMO，演示如何使用《LC116X 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	13	11.5	0.8

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min(V)	输入最高电压max(V)	输出电压Vo(V)	输出电流 Io(A)
12.0	13.0	11.5	0.80

②根据系统自动预选型 IC，根据实际选择芯片型号和封装

方案自动预选型IC	LC1162B		
实际选择芯片型号	LC1162B	请根据自动预选型中的IC挑选	
芯片封装选择	DFN5*6	IC封装	

③系统自动计算选择芯片型号的功耗

封装功耗(W)	1.50
---------	------

④系统自动计算出 CS 电阻值和电阻功耗，根据计算值选择电阻封装

CS电阻值(Ω)	0.13
CS电阻功耗(mW)	100.0

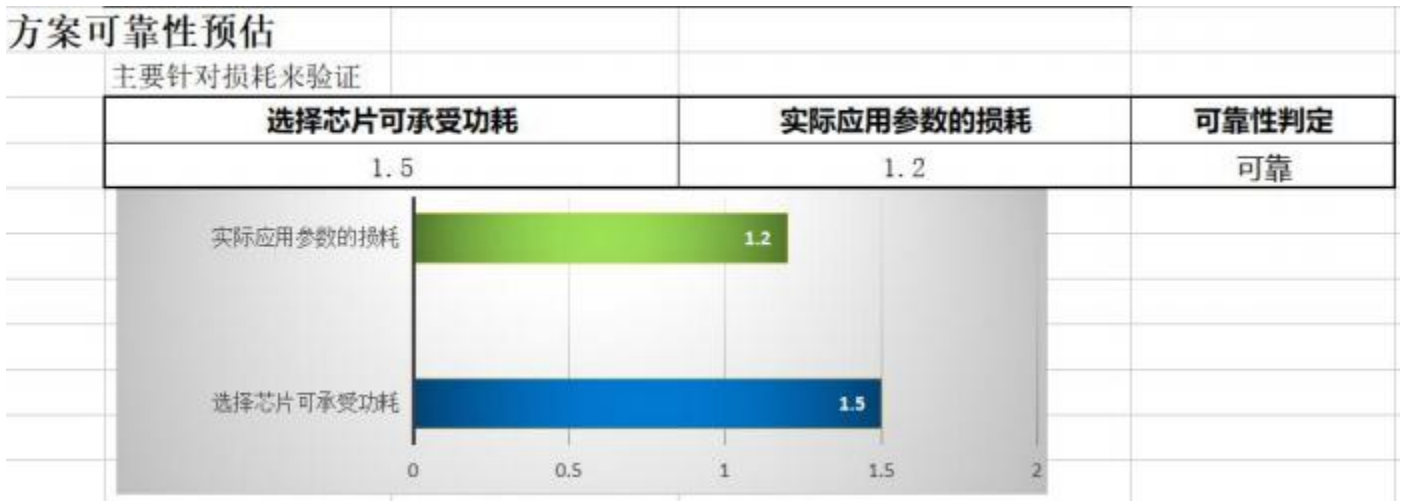
⑤系统自动计算出 DIM 脚 PWM 调光频率和模拟调光电压有效范围

PWM调光频率 $F_{DIM}(K) \leq$	16
DIM模拟调光电压有效范围	0.1V-1.0V

⑥系统自动计算出压差带来的最大损耗

计算压差带来的最大损耗	1.20
-------------	------

⑦系统自动计算方案可靠性预估



三、使用说明书的参数预判，可排除客户使用此芯片时可能出现的现象，出现如下提示对应的措施为：

选择芯片可承受功耗	实际应用参数的损耗	可靠性判定
0.8	1.2	过热，不可靠

- ①换大功率的 IC，增大可承受功耗。
- ②减小输出电流，减小应用的损耗。

7. LC116X 基本调试步骤

- 1 根据《LC116X 外围参数计算器 V2.0》初步计算外围参数：挑选合适的 IC 2
根据输入电压值选择启动电阻和封装。
- 3 根据输出电流值选择采样电阻和封装。
- 4 DC 输入时，输入电容容量选择初步应为 3~5uF/W；AC 输入时输入电容的容量选择初步应为 30~50uF/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；
- 5 根据参数焊接好模块，首先测试输出空载电压和输入电压是否基本一致；
- 6 空载正常后，断电，接上负载测试(切不可先输入上电，再接输出灯载，由于先上电空载电压高，接负载时会烧坏灯珠)。

8. LC116X 应用中常见问题分析:

① Q:多路 IC 并联使用时 (IC 输出连在一起) 注意问题

A:

1. VDD 电容要靠近 IC 引脚, 且 2 个 IC 或多个 IC 共用 1 个 VDD 电容时更需注意 VDD 旁路电容的摆放, 尽可能贴近每个芯片的 VDD, 建议使用每个 IC 使用独立的 VD 旁路电容。

2. CS 采样电阻要靠近 CS 引脚且靠近输入电容负极。

3. LED 负极散热面积可以铺铜加大, 芯片到 PCB 板的热阻会下降, 有助于芯片散热。

4. 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。

② Q:模块效率低, IC 或 MOS 管发热严重

A: 从线性恒流 IC 特性可知道输入电流=输出电流, 而工作效率 $\eta = \text{输出电压} / \text{输入电压}$, 所以压差过大时会导致效率过低且模块发热量大, 可通过参数计算器, 大约估算最大损耗多少瓦, 从参数计算器中也可预知是否超额定功率, 造成芯片或者 MOS 管发热。

③ Q:PWM 调光过程中调光线性度和调光比不理想。

A:调光频率设置在 20K 以上会造成 IC 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 16KHz 以内, 调光频率越低, 调光线性度会越好, 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, 当然过低的调光频率会造成输出灯上的纹波电流变大, 导致用相机拍摄会有频闪现象。常规豁免灯频闪的要求是达到 3KHZ 以上的 PWM 调光频率。