

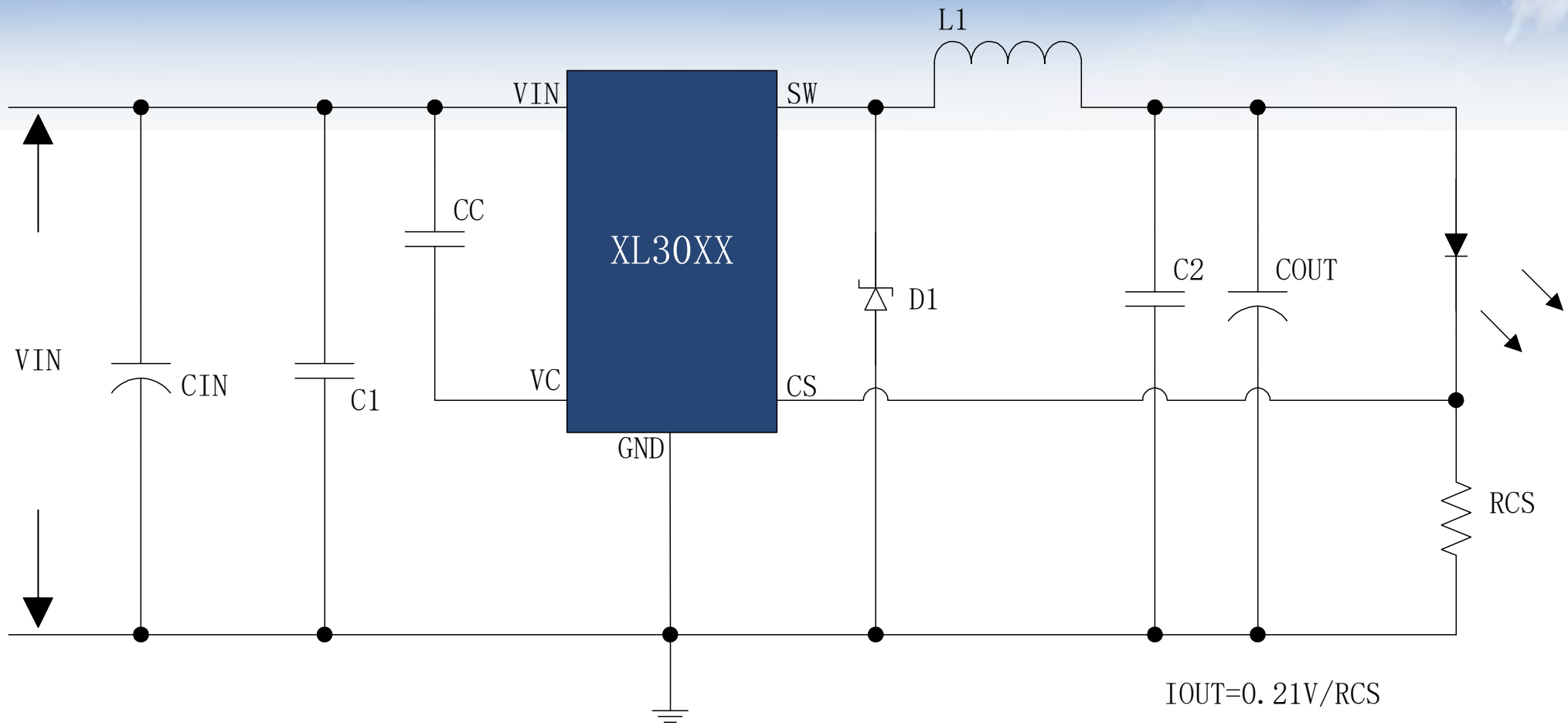
# XL30XX系列降压恒流产品设计指南

## V1.0

# XL30XX系列快速选择表

产品型号	输入电压范围	开关电流	开关频率	输出电压	典型应用	效率(Max)	封装类型	功率
XL3001	8V-40V	3A	220KHz	≤39V	3串2W LED	98%	SOP8-EP	≤10W
XL3003	8V-36V	4A	220KHz	≤35V	6串3W LED	98%	T0252-5L	≤20W
XL3005	8V-36V	5A	220KHz	≤35V	8串4W LED	98%	T0263-5L	≤50W

# 典型应用电路图



## 输入电容

► 降压转换器的非持续输入电流会在输入电容上产生较大的纹波电流，输入电容最大RMS电流计算如下：

$$I_{RMS} = I_{OUT} * \sqrt{\frac{V_{OUT} * (V_{IN} - V_{OUT})}{(V_{IN})^2}}$$

► 输入电容起到储能、滤波与提供瞬态电流作用，在连续模式中，转换器的输入电流是一组占空比约为 $V_{OUT}/V_{IN}$ 的方波。为了防止大的瞬态电压，必须采用针对最大RMS电流要求而选择低ESR(等效串联电阻)输入电容器。

$$C_{IN} = \frac{I_{OUTMAX} * V_{OUT}}{\Delta V_{IN} * F_{SW} * V_{INMIN}}$$

$\Delta V_{IN}$  为输入电压纹波， $F_{SW}$  为开关频率；

► 输入电容耐压按照 $1.5 * V_{INMAX}$ 进行选择；

► 在未使用陶瓷电容时，建议在输入电容上并联一个 $0.1\mu F \sim 1\mu F$ 的高频贴片陶瓷电容进行高频去耦。

## CC电容

- VC是芯片内部电压调节旁路电容，内部电压调节旁路电容，需要在VC与VIN之间并联1uF电容。

## 输出电流设计

- CS为芯片内部基准误差放大器输入端，内部基准稳定在0.21V；
- CS通过采样电阻检测输出电流进行调整，输出电流计算公式为：

$$I_{OUT} = \frac{V_{CS}}{R_{CS}} \quad P_{RCS} = V_{CS} * I_{OUT}$$

- 输出电压精度取决于芯片 $V_{CS}$ 精度与采样电阻 $R_{CS}$ 精度，选择精度更高的电阻可以获得精度更高的输出电流，RCS精度需要控制在±1%以内。
- 采样电阻 $R_{CS}$ 的实际功率要大于2倍 $P_{RCS}$ 。

## 电感选择

➤ 电感的选择取决于 $V_{INMAX}$ 与 $V_{OUT}$ 压差、所需输出电流与芯片开关频率，电感最小值计算公式如下：

$$L_{MIN} = \frac{(V_{INMAX} - V_{OUT}) * D_{MIN}}{0.3 * I_{OUT} * F_{SW}} \quad D_{MIN} = \frac{V_{OUT}}{V_{INMAX}}$$

➤ 电感饱和电流最小为 $1.5 * I_{OUT}$ ，选用低直流电阻的电感可获得更高的转换效率。

## 续流二极管选择

➤ 续流二极管在开关管关闭时有电流通过，形成续流通路；需要选择肖特基二极管，肖特基二极管VF值越低，转换效率越高；

➤ 续流二极管额定电流值大于最大输出电流，正常工作时平均正向电流可计算如下：

$$I_{DAVG} = I_{OUTMAX} * \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{V_{IN}}$$

➤ 续流二极管反向耐压大于最高输入电压，建议预留30%以上裕量。

# 系统应用设计

## 输出电容选择

➤在输出端应选择低ESR电容以减小输出纹波电压，一般来说，一旦电容ESR得到满足，电容就足以满足需求。任何电容器的ESR连同其自身容量将为系统产生一个零点，ESR值越大，零点位于的频率段越低，而陶瓷电容的零点处于一个较高的频率上，通常可以忽略，是一种上佳的选择，但与电解电容相比，大容量、高耐压陶瓷电容会体积较大，成本较高，因此使用0.1uF至1uF的陶瓷电容与低ESR电解电容结合使用是不错的选择。

➤输出电压纹波由下式决定：

$$\Delta V_{OUT} \approx \Delta I_L * \left( ESR + \frac{1}{8 * F_{SW} * C_{OUT}} \right)$$

$$ESR_{MAX} = \frac{\Delta V_{OUT} * L * F_{SW}}{V_{OUT} * \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{INMAX}} \right)}$$

$$\Delta I_L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) * V_{OUT}}{V_{IN} * F_{SW} * L}$$

$$I_{RMS} = \Delta I_L * \sqrt{\frac{1}{12}} \approx 0.3 * \Delta I_L$$

➤ $V_{COUT} \geq 1.5 * V_{OUT}$ ;

➤ESR通常取值不超过0.2Ω。

## PCB设计

- VIN, GND, SW, VOUT+, VOUT-是大电流途径，注意走线宽度，减小寄生参数对系统性能影响；
- 输入电容靠近芯片VIN与GND放置，电解电容+贴片陶瓷电容组合使用；
- CS走线远离电感与肖特基等有开关信号地方，CS走线使用地线包围较佳；
- 芯片、电感、肖特基为主要发热器件，注意PCB热量均匀分配，避免局部温升高。



# 设计实例

## 系统输入输出规格参数

- 输入电压：  $V_{IN}=20\sim 28V$ ，典型值24V；
- 输出电压：  $V_{OUT}=12.8V$ ；
- 输出电流：  $I_{OUT}=1.5A$ ；
- 输出纹波电压：  $V_{RIPPLE}=0.5\%*V_{OUT}$ 。

**芯片选择：**  $P=V_{OUT}*I_{OUT}=12.8*1.5=19.2W$ ，故选用XL3003。

## 计算输入电容：

$$I_{RMS} = I_{OUT} * \sqrt{\frac{V_{OUT} * (V_{IN} - V_{OUT})}{(V_{IN})^2}} = 1.5 * \sqrt{\frac{12.8 * (24 - 12.8)}{(24)^2}} = 748mA$$

$$C_{IN} = \frac{I_{OUT} * V_{OUT}}{\Delta V_{IN} * F_{SW} * V_{INMIN}} = \frac{1.5 * 12.8}{0.2 * 220K * 20} = 21.8\mu F$$

$$V_{CIN} = 1.5 * V_{INMAX} = 1.5 * 28V = 42V$$

CIN选择容量大于22 $\mu$ F，RMS电流大于750mA，耐压大于42V的电容。

# 设计实例

## CC电容选择:

选择CC电容容量为1uF, 耐压50V。

## 计算采样电阻:

$$R_{CS} = \frac{V_{CS}}{I_{OUT}} = \frac{0.21V}{1.5A} = 0.14\Omega$$

$$P_{RCS} = V_{CS} * I_{OUT} = 0.21V * 1.5A = 0.315W$$

可以选择3个0.43Ω电阻并联, 考虑到功率, 可以使用1206封装。

## 选择电感:

$$L_{MIN} = \frac{(V_{INMAX} - V_{OUT}) * \frac{V_{OUT}}{V_{INMAX}}}{0.3 * I_{OUT} * F_{SW}} = \frac{(28 - 12.8) * \frac{12.8}{28}}{0.3 * 1.5 * 220K} = 70.2\mu H$$

电感最小饱和电流=1.5\*1.5=2.25A

选择电感量100uH, 饱和电流3A。

# 设计实例

## 续流二极管选择:

➤ 二极管工作时最大正向平均电流产生于最大输入电压时:

$$I_{DAVGMAX} = I_{OUT} * \frac{V_{INMAX} - V_{OUT}}{V_{INMAX}} = 1.5 * \frac{28 - 12.8}{28} = 0.814A$$

➤ 选择反向耐压40V，电流能力大于2A的肖特基二极管。

## 选择输出电容:

$$\Delta I_L = \frac{(V_{INMAX} - V_{OUT}) * V_{OUT}}{V_{INMAX} * F_{SW} * L} = \frac{(28 - 12.8) * 12.8}{28 * 220K * 100\mu H} = 0.316A$$

$$ESR_{MAX} \leq \frac{\Delta V_{OUT} * L * F_{SW}}{V_{OUT} * \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{INMAX}}\right)} = \frac{0.005 * 12.8 * 100\mu H * 220K}{12.8 * \left(1 - \frac{12.8}{28}\right)} = 0.2026\Omega$$

$$I_{RMS} = \Delta I_L * \sqrt{\frac{1}{12}} \approx 0.3 * \Delta I_L = 0.3 * 0.316 = 94.8mA$$

$$V_{COUT} \geq 1.5 * V_{OUT} = 1.5 * 12.8V = 19.2V$$

选择输出电容ESR < 0.2026 Ω (通常取0.2 Ω 以下)，耐压大于19.2V，IRMS电流大于95mA。

# 常见问题与解决方案

## Q1. 输入正负极接反芯片损坏

➤ 解决方案：添加防反接电路(右图蓝色虚线框中电路)。

Q1:  $V_{DS} \geq 1.5 * V_{IN_{MAX}}$ ;

DZ1:  $V_{DZ1} = 10V$ , 500mW;

R3: 20K;

R4: 20K。

## Q2. 输入尖峰电压损坏芯片

➤ 解决方案一：输入添加瞬态尖峰电压吸收电路(右图蓝色虚线框中电路)；

D2:  $V_{D2} = 1.2 * V_{IN_{MAX}} \leq 40V$ 。

➤ 解决方案二：输入添加过压保护电路(右图红色虚线框中电路)。

Q1:  $V_{DS} \geq 1.5 * V_{IN_{MAX}}$ ;

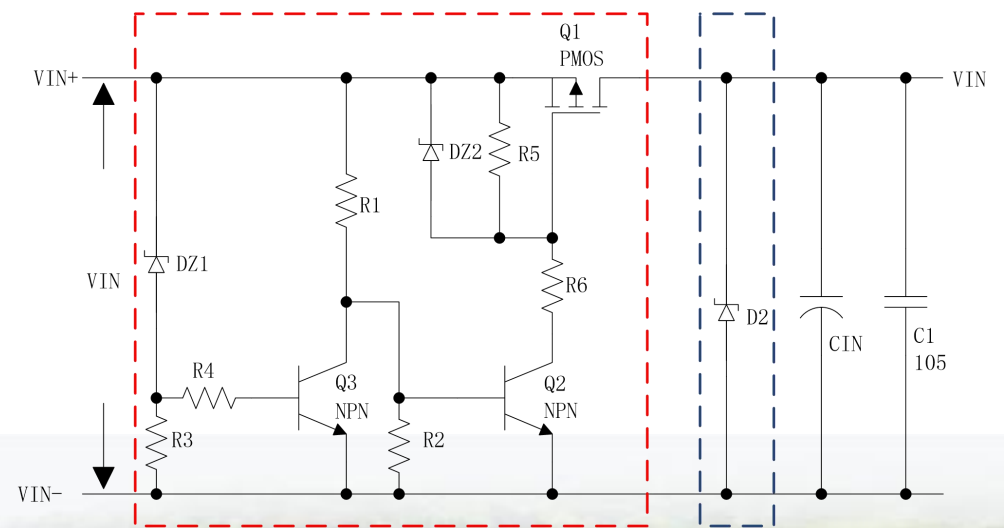
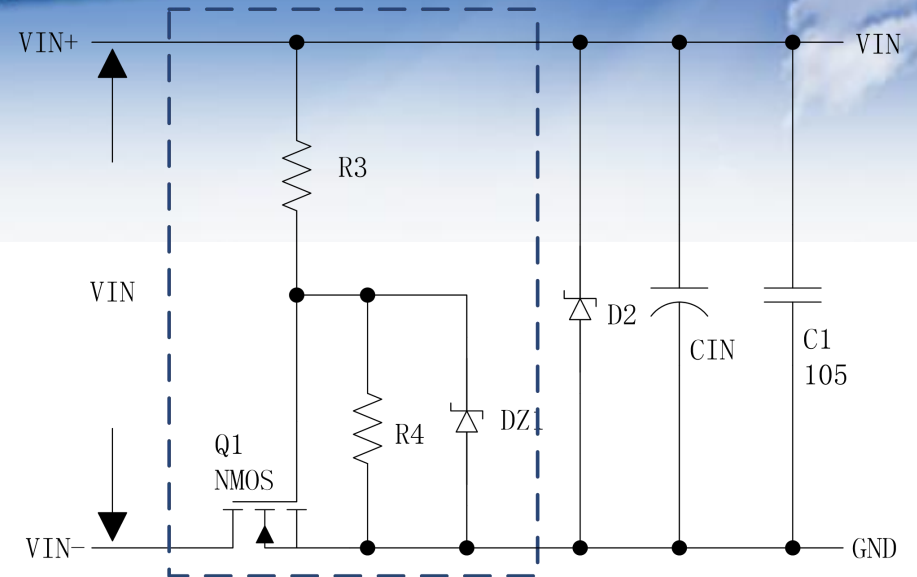
DZ1:  $V_{DZ1} = 1.2 * V_{IN_{MAX}} \leq 40V$ , 500mW;

DZ2:  $V_{DZ2} = 10V$ , 500mW;

R1, R3, R4, R5, R6: 20K;

R2: 10K;

Q2, Q3:  $V_{CE} \geq 1.5 * V_{IN_{MAX}}$ 。

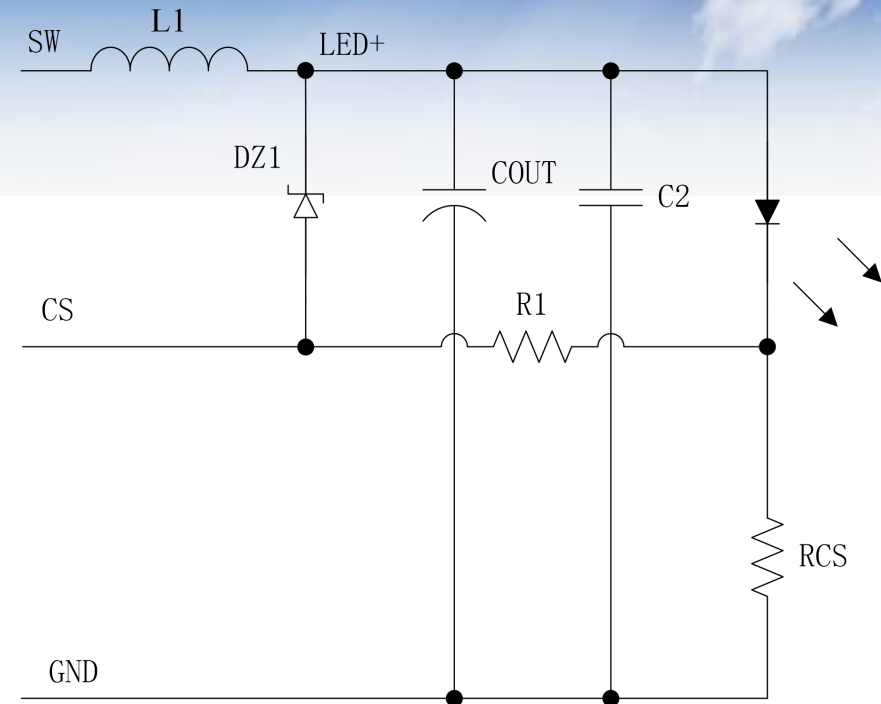


# 常见问题与解决方案

## Q3. LED、RCS烧毁或COUT炸开

上电时，输出开路，由于RCS上没有压降，芯片功率管一直导通，导致输出电容电压等于输入电压，如果电解电容耐压不足，则会炸开；如果先开路，再接上LED，由于输出电容的电压远高于LED所需电压，接通瞬间电流会很大，可能会导致LED或RCS烧毁。解决方案：

- 保证输出端一直有负载；
- 增加开路保护电路(见右图)，其中 $R1=1K$ ， $DZ1=1.2*V_{OUT}$ 。增加开路保护后，开路电压约等于DZ1的值，从而可以保护LED及采样电阻RCS。



# 常见问题与解决方案

## Q4. 如何调光

- 更改采样电阻RCS;
- PWM信号变化占空比调节输出电流(见右上图):

PWM: 频率1KHz~10KHz;

高电平为5V时, R2选择21K;

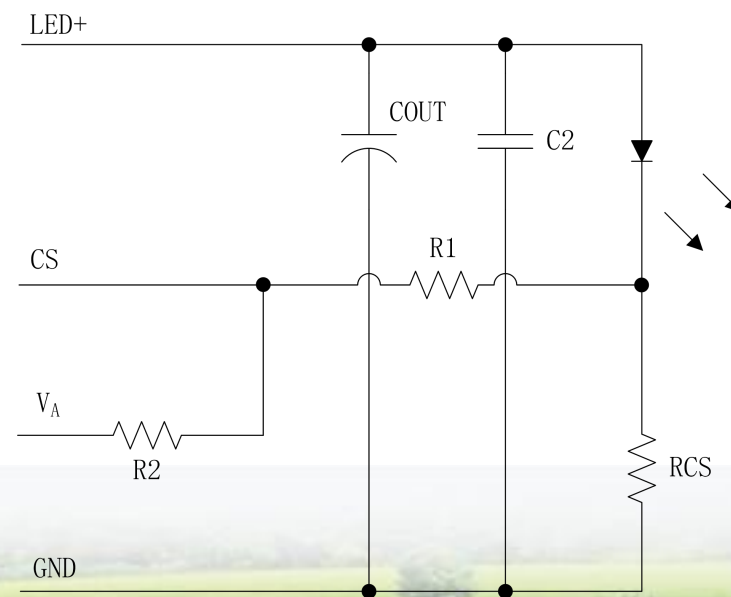
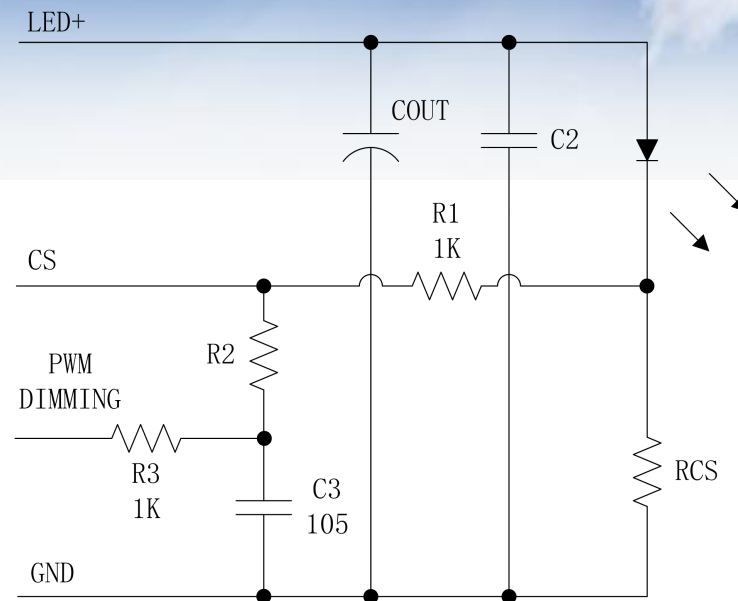
高电平为3.3V时, R2选择14K。

$$I_{LED} = \frac{1}{R_{CS}} * \left( V_{CS} - \frac{V_{PWM} * DUTY * R1}{R1 + R2 + R3} \right)$$

- 使用模拟调光(见右下图):

$$I_{LED} = \frac{1}{R_{CS}} * \left( V_{CS} - \frac{V_A * R1}{R1 + R2} \right)$$

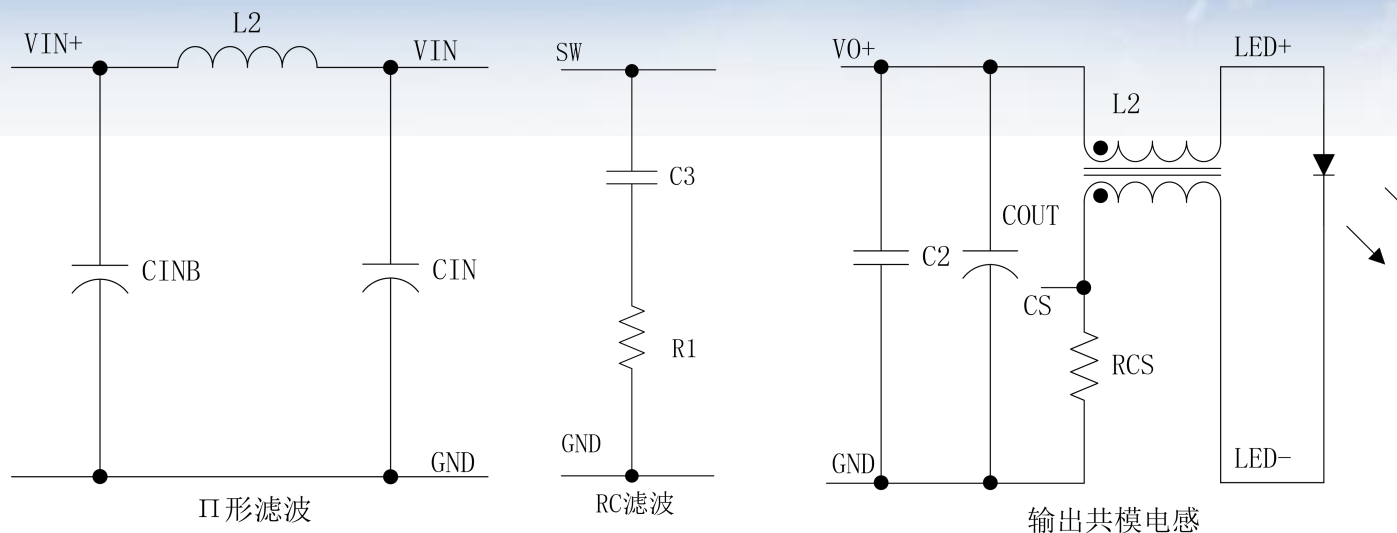
可以通过改变 $V_A$ 电压实现调光, 也可以通过改变R2阻值实现调光。



# 常见问题与解决方案

## Q5. EMC电路

- 传导：输入端加  $\pi$  形滤波
- 辐射：SW到地加RC吸收电路；输出加共模电感。



## Q6. 恒流精度低

- PCB布线要符合规范，通常是CS走线受干扰引起的，检查CS是否靠近SW、电感、肖特基等处；
- 检查输出电容容量是否过小；
- 检查电感量是否过小；
- RCS电阻精度是否过低。

## Q7. 效率低

效率受很多方面影响，与器件的选择和PCB布板都有很大关系，另外，与使用条件也有较大关系。为了得到高效率，请遵循以下几点：

- PCB布线要符合规范；
- 元器件选择符合要求，使用低ESR的电解电容，容量要足够；肖特基选用低VF值的；电感可以使用铁硅铝材质；
- 可以适当改变输出LED的串并方式，使VIN与VOUT的压差不要太大，通常VIN不要超过VOUT的3倍为佳。

## Q8. 开关波形乱

正常的开关波形应该是标准的矩形波，开关波形乱通常会伴随着效率的降低，主要注意下几点：

- PCB布线是否符合规范，重点关注反馈走线是否有靠近芯片开关(SW)，电感，肖特基等处；
- 元器件选择是否符合要求，尤其是输出电解电容和电感值是否偏小。



# 常见问题与解决方案

## Q9. 芯片最小工作压差

- 推荐最好有1V以上的压差。

## Q10. 开关波形有较高的毛刺和负压

- 注意肖特基处的走线，减少寄生电感；
- 输入电容靠近芯片引脚。

## Q11. 当使用交流供电时，输出电流小于设定值

当使用交流时，要先经过整流滤波后变成直流，再送到芯片，如果整流后的最低电压比输出电压低时，就会出现上述情况。解决方案：

- 增加输入电容的容量，使整流后最低电平大于输出电压1V。

# 常见问题与解决方案

Q12. 在使用交流供电时，为什么要选用肖特基做整流桥

- 肖特基二极管拥有更低的导通压降，减小损耗。

Q13. 系统短路芯片是否损坏

- 如果先短路，再上电，整个系统都不会有损坏；
- 如果先上电，再短路，有一定机率烧毁采样电阻，芯片不会损坏。

Q14. 输入电容是否必要

- 必要，输入电容要为芯片提供瞬态大电流，去掉会出现芯片工作不正常，甚至损坏。

Q15. VIN与VC间的电容可否省略

- 不可以。VC为内部电压调节器旁路电容引脚，在典型应用中，需要在VIN与VC引脚之间连接1个1uF电容。

# 联系我们

网站: [www.xlsemi.com](http://www.xlsemi.com)

邮箱: [sales@xlsemi.com](mailto:sales@xlsemi.com)

## **XLSEMI**总部

地址: 上海市浦东新区金豫路251号2幢2楼西

电话: 021-33822315 33822319

传真: 021-33822313

## **XLSEMI**深圳办公室

地址: 深圳市南山区高新北区朗山路7号中航工业南航大厦403, 404室

电话: 0755-86134051



**XLSEMI**