

XLSEMI

上海芯龙半导体技术股份有限公司

专业 专注 务实 创新 高效 沟通

XL60XX系列升压恒压产品设计指南



V1.3

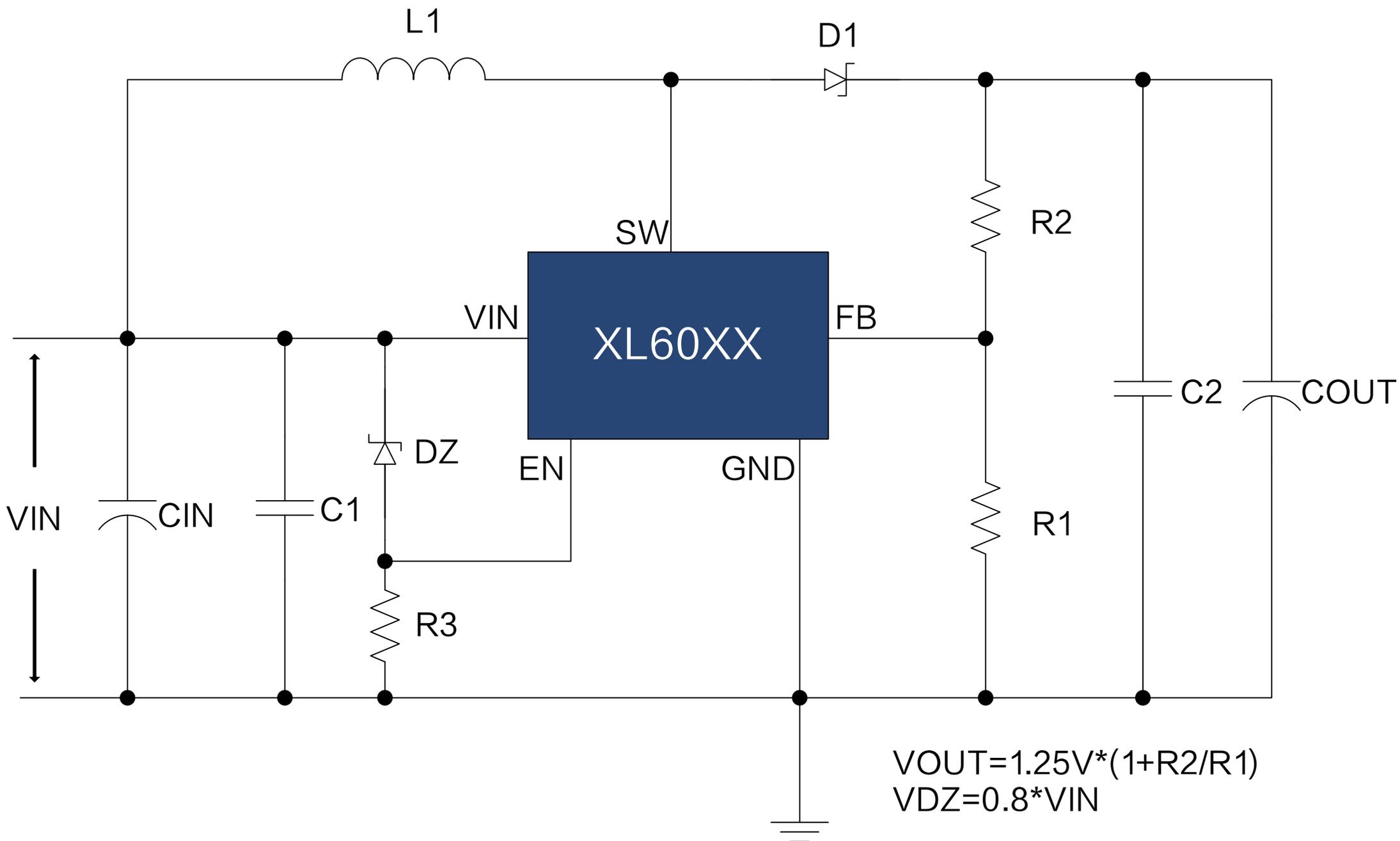
XL60XX系列快速选择表

XLSEMI

专业 专注 务实 创新 高效 沟通

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
XL6007	3.6V-24V	2A	400KHz	5V~60V	24V/0.3A	94%	SOP8	≤8W
XL6008	3.6V-32V	3A	400KHz	5V~60V	24V/0.7A	94%	TO252-5L	≤20W
XL6012	5.0V-40V	5A	180KHz	8V~60V	24V/1.3A	95%	TO220-5L	≤100W
XL6019	5.0V-40V	5A	180KHz	8V~60V	24V/1.2A	94%	TO263-5L	≤100W

典型应用电路图



电感选择

➤电感的选择不取决于VIN与VOUT压差、所需输出电流与芯片开关频率，连续模式电感最小值计算公式如下：

$$L = \frac{VIN * D * (1 - D)}{0.3 * IO_{OUTMAX} * F_{SW}}$$

$$D = \frac{V_{OUT} + V_D - V_{IN}}{V_{OUT} + V_D}$$

VD为最大输出电流条件下，输出续流二极管的压降。

$$I_{LRMS} = \sqrt{(I_{LDCMAX})^2 + \left(\frac{\Delta IL}{12}\right)^2}$$

$$I_{LDC} = \frac{V_{OUT} * IO_{OUT}}{\eta * V_{IN}}$$

$$I_{LPEAK} = I_{LDCMAX} + \frac{\Delta IL}{2}$$

$$\Delta IL = \frac{V_{INMIN} * D_{MAX}}{L * F_{SW}}$$

I_{LDCMAX} 为最小输入电压对应的输入平均电流。

➤选用低直流电阻的电感可获得更高的转换效率。

输入电容

➤升压转换器的输入电流是持续电流，尺寸与容量取决于输入阻抗，一般条件下，输入电容容量选择在10uF~100uF之间，只需要RMS电流满足即可，输入电容RMS电流计算如下：

$$I_{RMS} = 0.3 * \Delta I_L \quad \Delta I_L = \frac{V_{IN_{MIN}} * D_{MAX}}{L * F_{SW}}$$

- 输入电容耐压按照 $1.5 * V_{IN_{MAX}}$ 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0.1uF~1uF的高频贴片陶瓷电容进行高频去耦。

计算最大输出电流

➤升压转换器内部电流限制的是功率管与电感上的峰值电流 ΔI_L ，最大输出电流取决于输出电压、最小输入电压、 ΔI_L 与效率，计算如下(预留10%以上裕量)：

$$I_{OUT_{MAX}} < \frac{V_{IN_{MIN}} * \left(I_{LIM} - \frac{\Delta I_L}{2} \right) * \eta}{V_{OUT}}$$

输出电压设计

- FB为芯片内部基准误差放大器输入端，内部基准稳定在1.25V；
- FB通过外部电阻分压网络，检测输出电压进行调整，输出电压计算公式为：

$$V_{OUT} = 1.25 * (1 + \frac{R2}{R1})$$

R1取值范围1KΩ~10KΩ；

- 输出电压精度取决于芯片VFB精度、R1与R2精度，选择精度更高的电阻可以获得精度更高的输出电压，R1、R2精度需要控制在±1%以内。

续流二极管选择

- 续流二极管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的1.5倍；
- 续流二极管反向耐压大于输出电压，建议预留输出电压的30%以上裕量。

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。
- 输出电容容量与输出电压纹波计算如下：

$$C_{OUT} \geq \frac{I_{OUT_{MAX}}}{V_{OUT_{RIPPLE}} * F_{SW}} \quad V_{OUT_{RIPPLE}} = \frac{\left(1 - \frac{V_{IN}}{V_{OUT}}\right) * I_{OUT}}{C_{OUT} * F_{SW}}$$

$$ESR \leq \frac{V_{OUT_{RIPPLE}}}{ID}$$

- $V_{COUT} \geq 1.5 * V_{OUT}$;
- 输出电容最小RMS电流计算如下：

$$I_{RMS} \geq I_{OUT} * \sqrt{\frac{D_{MAX}}{1 - D_{MAX}}}$$

PCB设计注意事项

- 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；
- FB走线远离电感与肖特基等有开关信号地方，哪里需要稳定就反馈哪里，FB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。

系统输入输出规格参数

- 输入电压： $V_{IN}=8V\sim 20V$ ，典型值为12V；
- 输出电压： $V_{OUT}=24V$ ；
- 输出电流： $I_{OUT}=1A$ ；
- 转换效率： $\eta=90\%$ ；
- 输出电压纹波： $1\%*V_{OUT}$ ；
- 芯片选用XL6019；
- 开关频率： $F_{SW}=180KHz$ 。

选择电感：

$$D = \frac{V_{OUT} + V_D - V_{IN}}{V_{OUT} + V_D} = \frac{24 + 0.45 - 12}{24 + 0.45} = 0.509$$

$$D_{MAX} = \frac{V_{OUT} + V_D - V_{IN_{MIN}}}{V_{OUT} + V_D} = \frac{24 + 0.45 - 8}{24 + 0.45} = 0.6728$$

$$L = \frac{V_{IN} * D * (1 - D)}{0.3 * I_{OUT_{MAX}} * F_{SW}} = \frac{12 * 0.509 * (1 - 0.509)}{0.3 * 1 * 180} = 55.4\mu H$$

$$\Delta I_L = \frac{V_{IN_{MIN}} * D_{MAX}}{L * F_{SW}} = \frac{8}{47\mu H} * \frac{0.6728}{180K} = 635mA$$

选择电感量为47uH；
饱和电流5A。

$$I_{L_{DC}} = \frac{V_{OUT} * I_{OUT}}{\eta * V_{IN}} \Rightarrow I_{L_{DC_{MAX}}} = \frac{V_{OUT} * I_{OUT}}{\eta * V_{IN_{MIN}}} = \frac{24 * 1}{0.9 * 8} = 3.333A$$

$$I_{L_{PEAK}} = I_{L_{DC_{MAX}}} + \frac{\Delta I_L}{2} = 3.333 + \frac{0.635}{2} = 3.65A$$

$$I_{L_{RMS}} = \sqrt{(I_{L_{DC_{MAX}}})^2 + \left(\frac{\Delta I_L}{12}\right)^2} = \sqrt{(3.333)^2 + \left(\frac{0.635}{12}\right)^2} = 3.333A$$

计算输入电容：

$$\Delta IL = \frac{VIN_{MIN}}{L} * \frac{D_{MAX}}{F_{SW}} = \frac{8}{47\mu H} * \frac{0.6728}{180K} = 635mAs$$

$$IRMS = 0.3 * \Delta IL = 0.3 * 635mA = 190mA$$

$$VCIN = 1.5 * VIN_{MAX} = 1.5 * 20 = 30V$$

选择CIN容量100uF,RMS电流大于190mA, 耐压大于等于35V。

计算分压电阻：

假定R1=2.7K;

$$VOUT = 1.25 * \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

$$\Rightarrow R2 = \frac{(VOUT - 1.25) * R1}{1.25} = \frac{(24 - 1.25) * 2.7}{1.25} = 49.14K$$

选择R1=2.7K, R2=49.9K, 1%精度。计算出来输出电压中心值为24.35V。

续流二极管选择:

➤ 二极管额定电流:

$$I_D = 1.5 * I_{OUT} = 1.5 * 1 = 1.5A$$

➤ 反向耐压: $24V * 1.3 = 31.2V$

➤ 选择3A,40V肖特基。

选择输出电容:

➤ 输出电容容量:

$$C_{OUT} \geq \frac{I_{OUT_{MAX}}}{V_{OUT_{RIPPLE}} * F_{SW}} = \frac{1}{0.01 * 24 * 180K} = 23.15\mu F$$

$$ESR \leq \frac{V_{OUT_{RIPPLE}}}{I_D} = \frac{0.01 * 24}{1} = 240m\Omega$$

选择输出电容：

➤ $V_{COUT} \geq 1.5 * V_{OUT} = 1.5 * 24V = 36V$

➤ 输出电容最小RMS电流计算如下：

$$I_{RMS} \geq I_{OUT} * \sqrt{\frac{D_{MAX}}{1-D_{MAX}}} = 1 * \sqrt{\frac{0.6728}{1-0.6728}} = 1433mA$$

➤ 选择50V，220uF，RMS电流大于1433mA电解电容。

常见问题与解决方案

➤ Q1. 输入正负极接反芯片损坏

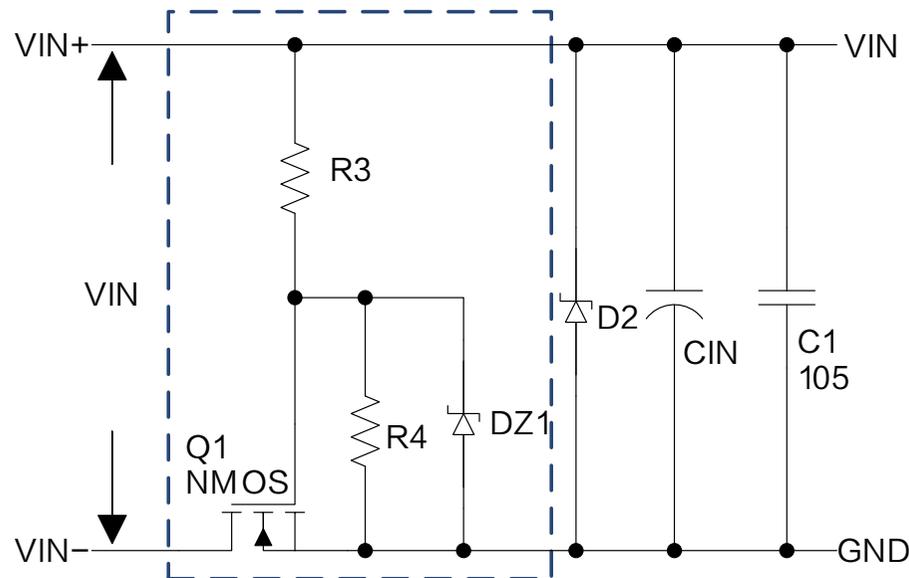
➤ 解决方案：添加防反接电路(右图蓝色虚线框中电路)。

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

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: $V_{D2} = 1.2 * V_{INMAX} \leq 40V$

➤ 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: $V_{DS} \geq 1.5 * V_{INMAX}$;

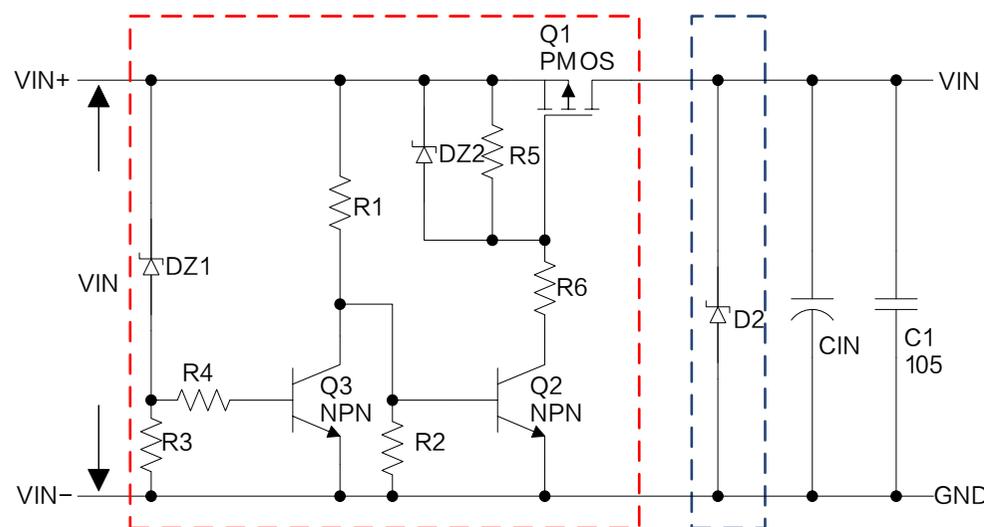
DZ1: $V_{DZ1} = 1.2 * V_{INMAX} \leq 40V, 500mW$;

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

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

R2: 10K;

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



➤ Q3. 输出电压怎么调整

➤ 解决方案一：调节分压电阻(右图中R3)。

➤ 解决方案二：PWM信号变化占空比调节输出电压(右下图蓝色虚线框中电路)：

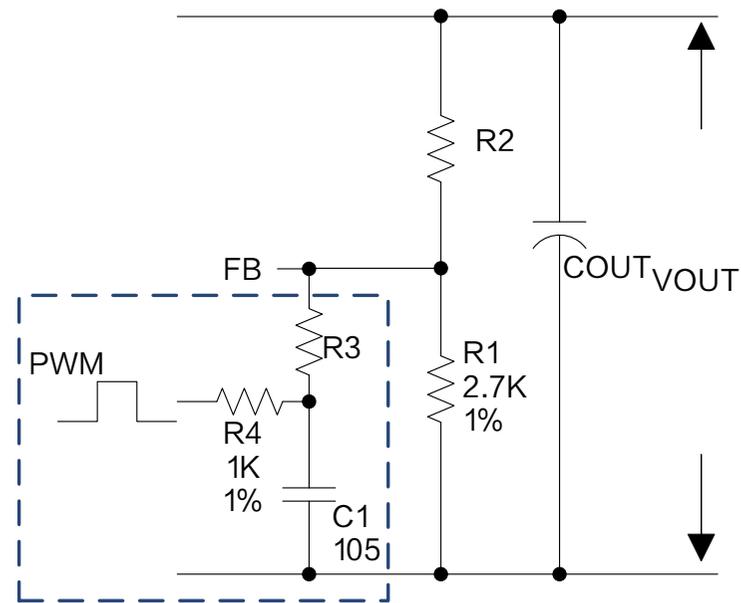
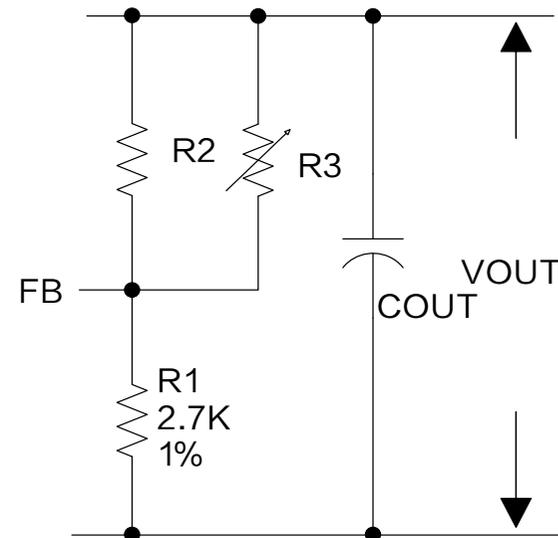
PWM:频率1KHz~10KHz;

高电平为5V时, R3选择4K;

高电平为3.3V时, R3选择0.5K。

$$V_{OUT} = \left(V_{FB} - \frac{R1 * V_{PWM} * DUTY}{R1 + R3 + R4} \right) * \left(1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

➤ 由于升压拓扑中输入电源经过电感、肖特基直接到负载端，两种方案调整输出电压的最小值为VIN。

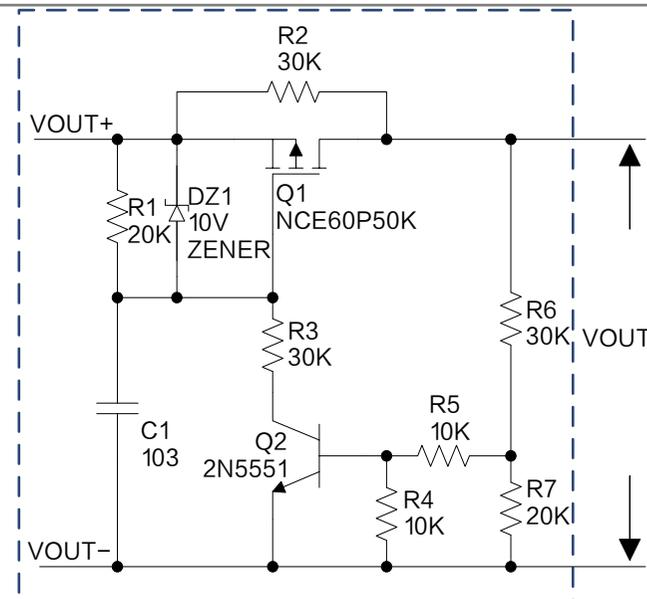


➤ Q4. 输出短路保护怎么实现

➤ 解决方案：输出添加短路保护电路(右图蓝色虚线框中电路)

Q1: $V_{DS} \geq 1.5 * V_{OUT}$; $I_D \geq 2 * I_{OUT}$

RDS越小损耗越小，Q1发热量越低。



➤ Q5. 转换效率低

➤ 测试误差：用万用表测试输入电压、输入电流、输出电压、输出电流进行计算转换效率，不能使用电源、负载自带显示的数据，误差较大；

➤ PCB布线：确保大电流途径走线宽度，减少寄生参数对系统性能影响，输入电容靠近芯片VIN与GND放置；

➤ 元器件参数：系统正常工作时，电感与肖特基对效率影响较大，推荐使用低VF值的肖特基，磁芯损耗较小的功率电感并确保饱和电流能力足够，一般情况下，环形铁硅铝磁芯的电感比黄白环铁粉芯的电感效率高5%左右。

➤ Q6. 输入欠压保护怎么实现

➤ 解决方案：输入添加欠压保护电路。

DZ1: V_{DZ1} = 欠压保护电压, 500mW;

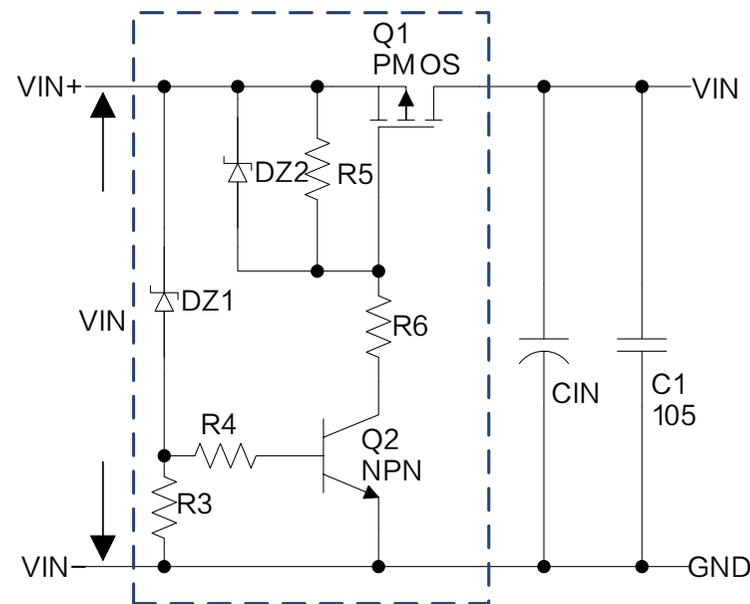
DZ2: V_{DZ2} = 10V, 500mW;

Q1: $V_{DS} \geq 1.5 * V_{INMAX}$, $I_D \geq 2 * I_{INMAX}$;

Q2: $V_{CE} \geq 1.5 * V_{INMAX}$;

R4, R5: 20K;

R3, R6: 30K。



➤ Q7. XL6008、XL6012、XL6019芯片背铁电气属性

➤ 背铁电气属性与芯片第3脚一致。

常见问题与解决方案

➤ Q8. 怎么关闭芯片不工作

➤ 解决方案一：FB加高电平，芯片不工作，输出电压等于输入电压(右上图)；

$V1: 2.5 \leq V1 \leq V_{IN}$ 。

➤ 解决方案二：输入加MOS关断(右下
图虚线框中电路)，输出等于0。

$V2: V2 \leq 0.6V$ 关闭输出， $V2 \geq 1.4V$ 打开Q1，恢复输出；

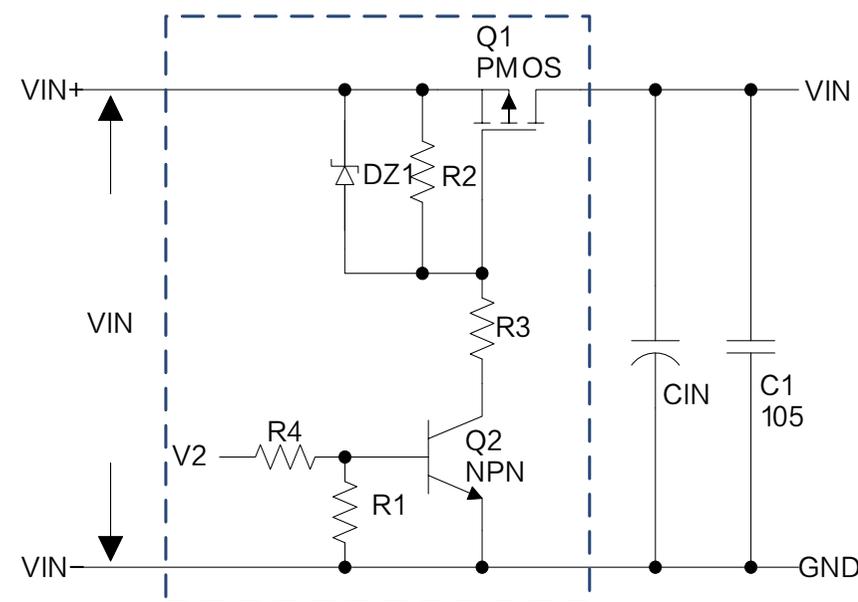
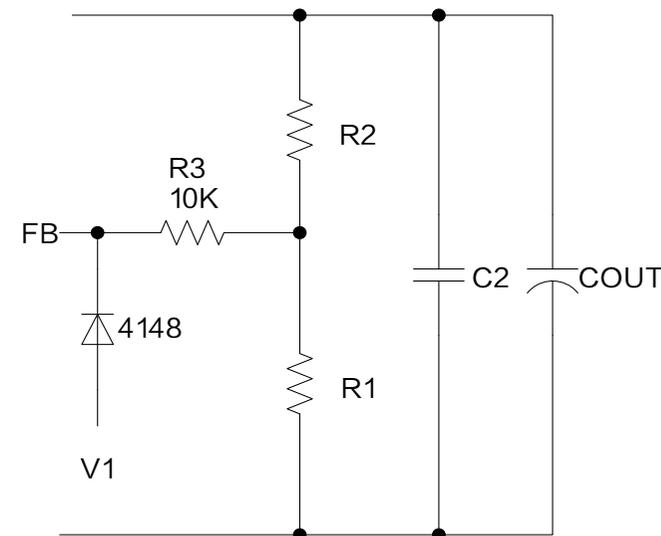
Q1: $V_{DS} \geq 1.5 * V_{IN_{MAX}}$ ；

DZ1: $V_{DZ1} = 10V$ ，500mW；

R1, R2, R4: 20K；

R3: 30K；

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



➤ Q9. 芯片不升压

- 添加欠压保护的应用中，确认欠压保护电路参数是否有误(DZ取值不合适，EN脚对地电压低于0.8V)；
- 分压电阻R1是否有虚焊或漏焊。

➤ Q10. 输出电压与设定值差异较大

- 确认分压电阻R1、R2是否虚焊或者漏焊；
- 输入电容是否靠近芯片VIN与GND放置；
- 大电流途径PCB走线宽度是否足够；
- 电感是否为功率电感，电感量与电流能力是否足够；
- 续流二极管是否选择为肖特基。

➤ Q11. 最大输出电压设计为多少合理

➤ 与占空比相关，一般将占空比设计在30%~70%之间比较理想，12V输入最大输出电压控制在40V以内，24V输入最大输出电压控制在56V以内，输入输出压差越小，转换效率越高，性能越好。

占空比计算如下：

$$D = \frac{V_{OUT} + V_D - V_{IN}}{V_{OUT} + V_D}$$