

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

XL20XX车充系列产品设计指南



V1.2

XL20XX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	恒压设置	恒流设置	效率(Max)	封装类型	典型应用
XL2001	8V-45V	1.8A	150KHz	固定5V	最大1.8A	93%	SOP8	5V/1.8A
XL2011	8V-45V	2.1A	150KHz	固定5V	最大2.1A	93%	SOP8	5V/2.1A
XL2012	8V-40V	2.4A	150KHz	固定5V	最大2.4A	93%	SOP8	5V/2.4A
XL2013	8V-40V	3.2A	150KHz	固定5V	最大3.2A	93%	TO252-5L	5V/3.2A

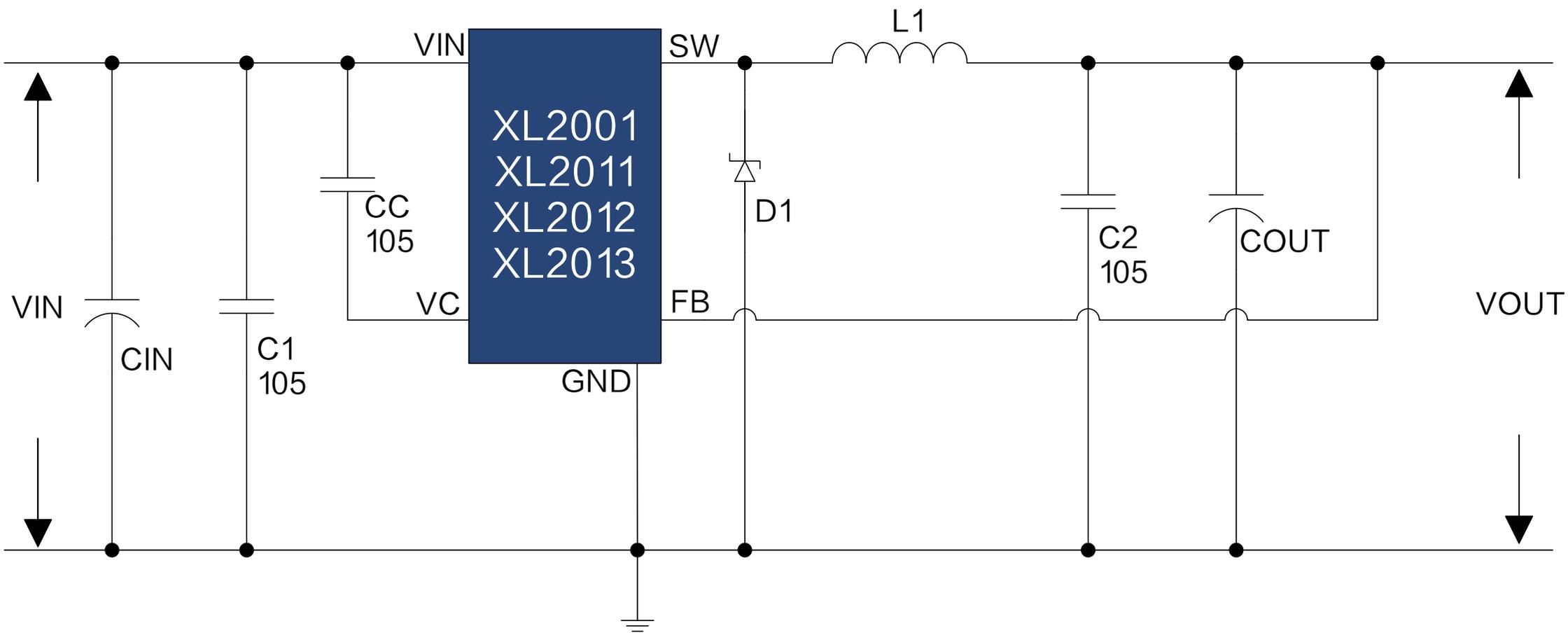
特点:

- (1) 分压电阻、限流电阻内置，外围元器件精简；
- (2) 短路关机（短路后输入电流小于5mA）并可自动重启。

典型应用电路图

XLSEMI

专业 专注 务实 创新 高效 沟通



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。

$$C_{IN} = \frac{I_{OUT_{MAX}} * V_{OUT}}{\Delta V_{IN} * F_{SW} * V_{IN_{MIN}}}$$

ΔV_{IN} 为输入电压纹波， F_{SW} 为开关频率；

➤ 输入电容耐压按照 $1.5 * V_{IN_{MAX}}$ 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 $0.1\mu F \sim 1\mu F$ 的高频贴片陶瓷电容进行高频去耦。

CC电容

- CC是芯片内部电压调节旁路电容，需要在VC与VIN之间并联1uF电容。

电感选择

- 电感的选择取决于VIN与VOUT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：

$$L_{MIN} = \frac{(VIN_{MAX} - VOUT) * D_{MIN}}{0.3 * IOUT * F_{SW}} \quad D = \frac{VOUT}{VIN}$$

- 电感饱和电流最小为1.5*IOUT_{MAX}；选用低直流电阻、磁芯损耗低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，形成电流通路；需要选择肖特基二极管，肖特基二极管VF值低，反向恢复时间短；
- 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计算公式如下：

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

- 续流二极管流过的最大电流等于电感的峰值电流；
- 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。

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，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 ΔV_{OUT_C} (电容充放电引起)和 ΔV_{OUT_ESR} (电容的ESR引起)组成，计算如下：

$$\Delta V_{OUT_C} = \frac{0.3 * I_{OUT}}{8 * F_{SW} * C_{OUT}} \quad \Delta V_{OUT_ESR} = 0.3 * I_{OUT} * ESR$$

$$\Delta V_{OUT} = \Delta V_{OUT_C} + \Delta V_{OUT_ESR}$$

➤输出电容耐压按照 $1.5 * V_{OUT_MAX}$ 进行选择。

输出电容选择

➤输出电容容值及ESR取决于能够允许的最大输出电压纹波和负载电流突变时输出电压的最大偏移量；当负载突增时，转换器需要2至3个时钟周期来对输出电压下降做出反应，在转换器做出反应之前，输出电容需要提供突变的负载电流。

➤在合适的输出电压下冲需要的最小输出电容容量计算如下：

$$C_{OUT} > \frac{3 * (I_{OH} - I_{OL})}{F_{SW} * V_{US}}$$

➤在合适的输出电压过冲需要的最小输出电容容量计算如下：

$$C_{OUT} > \frac{I_{OH}^2 - I_{OL}^2}{(V_{OUT} + V_{OS})^2 - V_{OUT}^2} * L$$

I_{OL} :负载瞬态电流低值； I_{OH} :负载瞬态电流高值；

V_{US} :输出下冲电压； V_{OS} :输出过冲电压。

PCB设计

- VIN,GND,SW,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。

设计实例

系统输入输出规格参数

- 输入电压: $V_{IN}=8V\sim 30V$, 典型值为12V;
- 输出电压: $V_{OUT}=5V$;
- 输出电流: $I_{OUT}=2.4A$;
- 瞬态响应(0.8~2.4A): 5%;
- 输出纹波电压: 100mV。

芯片选择XL2012,开关频率150KHz

计算输入电容:

$$I_{RMS} = I_{OUT} * \sqrt{\frac{V_{OUT} * (V_{IN} - V_{OUT})}{(V_{IN})^2}} = 2.4 * \sqrt{\frac{5 * (12 - 5)}{(12)^2}} = 1183mA$$

$$C_{IN} = \frac{I_{OUT_{MAX}} * V_{OUT}}{\Delta V_{IN} * F_{SW} * V_{IN_{MIN}}} = \frac{2.4 * 5}{0.2 * 150K * 8} = 50.0\mu F$$

$$V_{CIN} = 1.5 * V_{IN_{MAX}} = 1.5 * 30 = 45V$$

选择CIN容量100uF,RMS电流大于1200mA, 耐压大于等于45V。

CC电容选择:

CC电容选择容量为1uF，耐压50V的陶瓷电容。

电感选择:

$$L = \frac{(V_{IN_{MAX}} - V_{OUT}) * D_{MIN}}{0.3 * I_{OUT} * F_{SW}} = \frac{(30 - 5) * \frac{5}{30}}{0.3 * 2.4 * 150K} = 38.5\mu H$$

电感最小饱和电流=1.5*2.4=3.6A

选择电感量47uH，饱和电流4A。

备注：电感在带载时，其磁导率会随安匝数之积增大而减小（电感感量会下降），选取的电感需要在流过3.6A电流时，其感量要大于38.5uH。

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：

$$I_{DAVG} = I_{OUT_{MAX}} * \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{V_{IN}} = 2.4 * \frac{30 - 5}{30} = 2.0A$$

二极管流过最大电流等于电感峰值电流

$$\Delta I_L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) * V_{OUT}}{V_{IN} * F_{SW} * L} = \frac{(12 - 5) * 5}{12 * 150K * 47\mu H} = 0.414A$$

$$I_{D_{MAX}} = I_{OUT_{MAX}} + \frac{\Delta I_L}{2} = 2.4 + \frac{0.414}{2} = 2.607A$$

选择反向耐压40V、电流能力5A、SMC封装的肖特基二极管。

输出电容选择:

➤先考虑负载瞬态响应

输出下冲电压<0.25V

$$C_{OUT} > \frac{3 * (I_{OH} - I_{OL})}{F_{SW} * V_{US}} = \frac{3 * (2.4 - 0.8)}{150\text{KHz} * 0.25\text{V}} = 128\mu\text{F}$$

输出过冲电压<0.25V

$$C_{OUT} > \frac{I_{OH}^2 - I_{OL}^2}{(V_{OUT} + V_{OS})^2 - V_{OUT}^2} * L = \frac{2.4^2 - 0.8^2}{(5 + 0.25)^2 - 5^2} * 47\mu\text{H} = 93.9\mu\text{F}$$

选择输出电容容量为220uF。

➤再计算输出纹波电压

$$\Delta V_{OUT_C} = \frac{0.3 * I_{OUT}}{8 * F_{SW} * C_{OUT}} = \frac{0.3 * 2.4}{8 * 150\text{K} * 220\mu\text{F}} = 2.73\text{mV}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{OUT} &= \Delta V_{OUT_C} + \Delta V_{OUT_ESR} \Rightarrow \Delta V_{OUT_ESR} = \Delta V_{OUT} - \Delta V_{OUT_C} \\ &\Rightarrow \Delta V_{OUT_ESR} = 100\text{mV} - 2.73\text{mV} = 97.27\text{mV} \end{aligned}$$

输出电容选择:

$$\Delta V_{OUT_ESR} = 0.3 * I_{OUT} * ESR \Rightarrow ESR = \frac{\Delta V_{OUT_ESR}}{0.3 * I_{OUT}}$$
$$\Rightarrow ESR = \frac{97.23mV}{0.3 * 2.4} = 135.04m\Omega$$

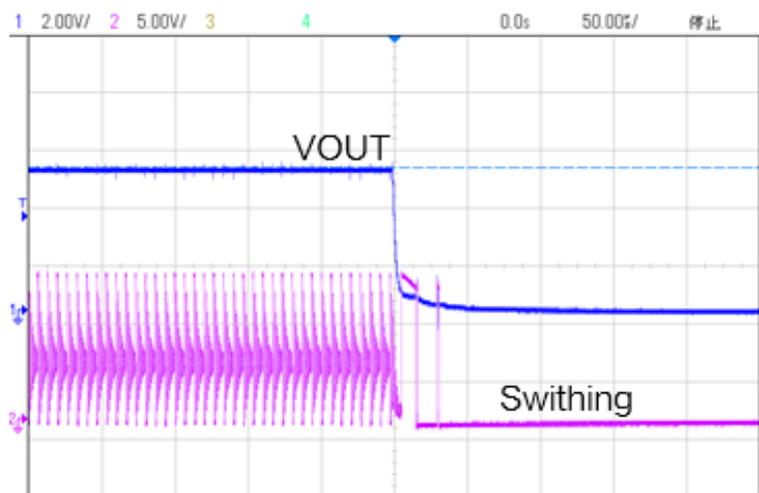
➤最后计算耐压

$$V_{COUT} \geq 1.5 * V_{OUT} = 1.5 * 5 = 7.5V$$

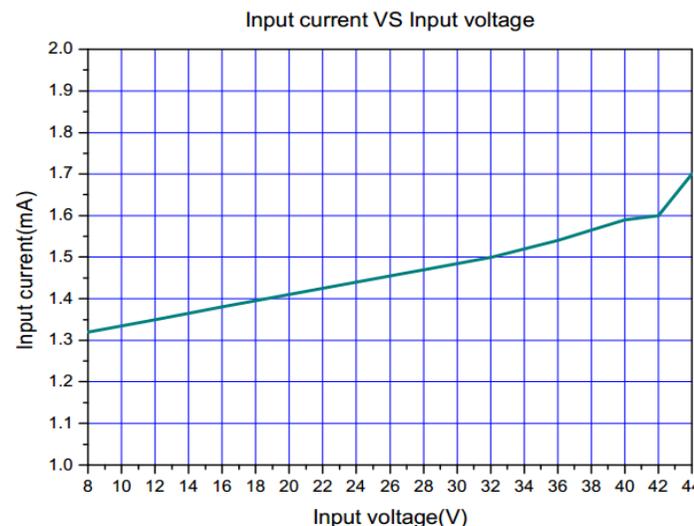
选择输出电容容量为220uF，ESR小于0.13Ω，耐压10V。

➤ Q1. 输出短路时芯片工作状态

输出短路时，芯片关闭功率管，系统无输出，输入电流在5mA以内，撤销短路后系统恢复正常工作。



短路输出电压与开关波形



短路输入电流VS输入电压

➤ Q2. 芯片加工温度与操作结温

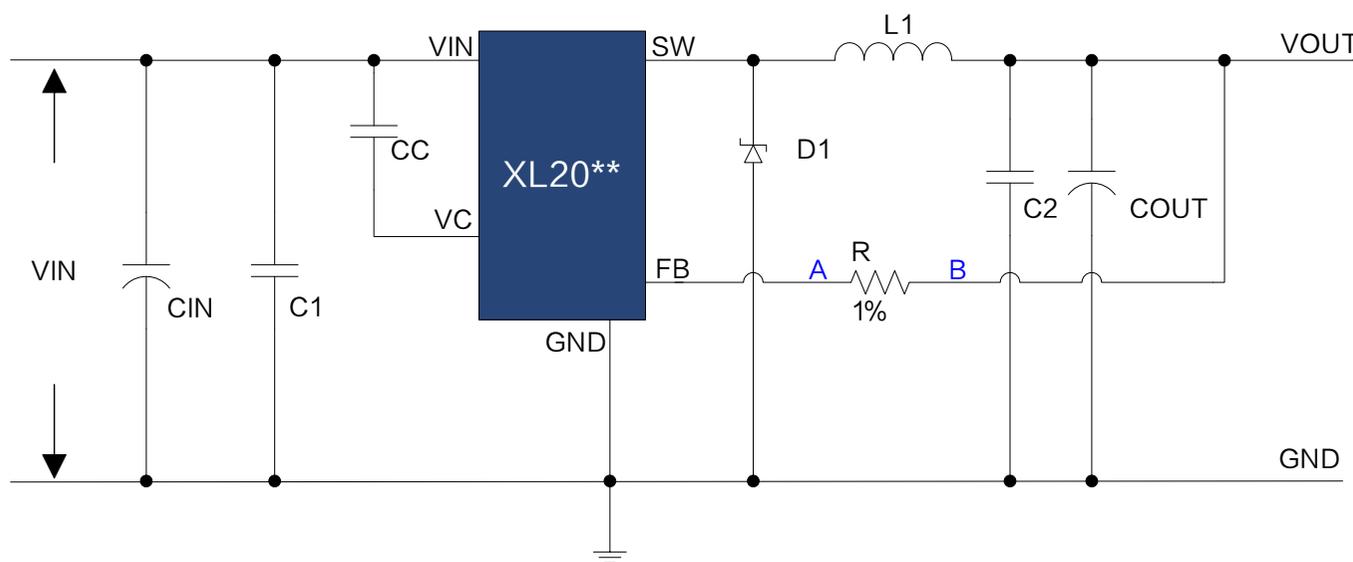
芯片加工峰值温度控制在 250°C 以内；可操作结温范围是 $-40-125^{\circ}\text{C}$ ，最高结温是 150°C ，超过 150°C ，芯片会出现过温保护。

➤ Q3. 产品测试环节注意事项

使用电子负载恒压模式测试，此系列芯片通过FB引脚给输出电容充电至2V以上时芯片才能正常工作，若使用恒流模式或恒阻模式测试，负载会汲取FB引脚输出的电流，无法将输出电容电压抬高至2V以上，便会出现不工作现象。

➤ Q4. 可否在反馈回路中串联电阻来提高输出电压

XL20系列芯片不可以在反馈回路中串电阻。若在FB引脚与输出端之间添加电阻R，通过FB向外流出的电流会在电阻上产生压降 U_{AB} (电压 $U_{AB} > 0V$)，输出电压 $U_B = U_A - U_{AB} = 5V - U_{AB} < 5V$ ，即输出电压反而低于5V。



➤ Q5. 芯片限流点精度

XL20XX车充系列芯片通过检测芯片内部开关电流来实现限制输出电流，限流精度15%左右。

➤ Q6. 输入、输出端105电容是否可以去除

105陶瓷电容不能去除。105陶瓷电容主要用来滤除电路上的高频毛刺干扰，保证芯片稳定运行。

➤ Q7. 电感磁芯材质与绕线线径

功率电感建议选用磁损小，饱和磁通密度高的铁硅铝磁芯电感。

3A电流选用直径0.6mm铜线，4A电流选用直径0.8mm铜线，5A电流选用直径1.0mm铜线。

➤ Q8. 肖特基规格

输出5V/1.8和5V/2.1A选用电流5A，SMB封装肖特基，如SK54；

输出5V/2.4A选用电流5A，SMC封装肖特基，如B540C；

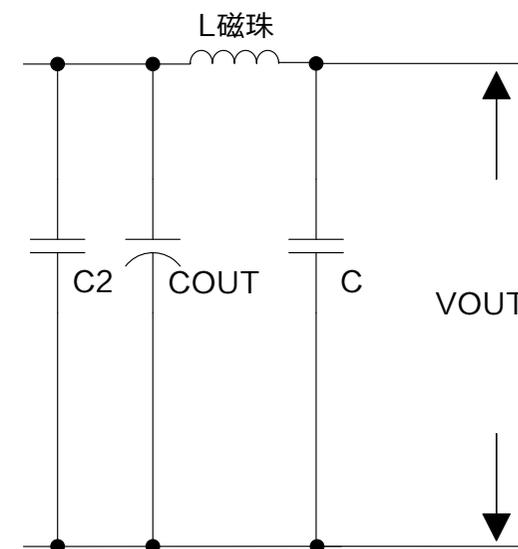
输出5V/3.2A选用电流10A，TO-277封装肖特基，如SR1045。

➤Q9.如何减小满载时输出纹波电压

方案一、输出端采用高频低阻电容；

方案二、在输出端添加一级LC滤波，

如：12V转5V/2.4A应用，L选用交流阻抗 $80\ \Omega$ ，电流4A，1206封装磁珠，C选用 $10\ \mu\text{F}/10\text{V}$ ，X7R，0805封装，可以将满载纹波控制在 50mV 左右。



➤Q10.手机充电电流小

方案一、确认手机电量是否已超过80%；

方案二、确认充电协议对否匹配；不同型号的手机，其充电协议不尽相同，若充电协议不匹配，手机只接受500mA左右的充电电流；可通过在输出端添加USB充电协议控制芯片（如RH7901A），自动识别充电设备类型，使之获得最大充电电流，减小充电时间。

各型号对应的充电协议：

	NO.	USB协议	USB端子 D+	USB端子 D-	最大功率
USB充电协议	1	Divider 1 (iphone)	2.0(V)	2.7(V)	5W
	2	Divider 2 (iPad)	2.7(V)	2.0(V)	10W
	3	Divider 3 (iPad air)	2.7(V)	2.7(V)	12W
	4	D+/D-置 1.2V (三星)	1.2(V)	1.2(V)	
	5	DCP BC1.2	D+与D-通过200Ω电阻短接		
	6	YD/T 1591-2009	D+与D-通过200Ω电阻短接		

➤Q11.EMC对策方式

输入端添加TVS管可以通过ESD与EFT/B等测试，添加 π 型滤波电路可以通过传导，肖特基处添加磁珠和RC吸收电路可以通过辐射测试。

如：10-30V输入，输出5V/2.4A应用，TVS管选用1SMA30AT3G；L2选用100uH 1.5A电感，CINA和CINB选用100uF/35V电解电容；磁珠选用交流阻抗80 Ω ，电流4A，1206封装，C选用1nF/100V，X7R，0603封装；R选用10 Ω ，0805封装。

