

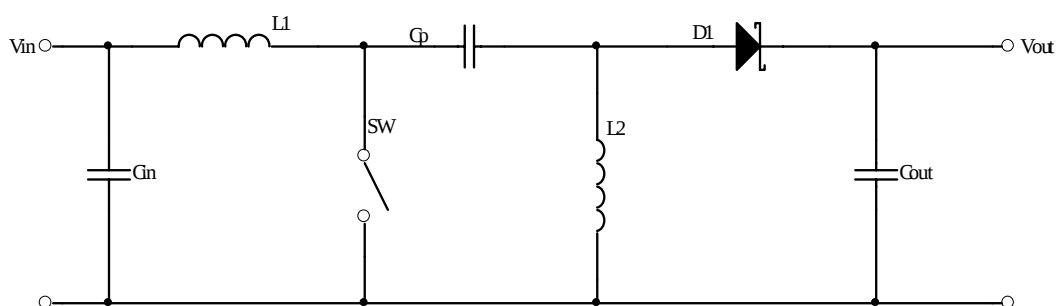
XL6000 系列升压芯片做升降压 SEPIC 拓朴指导手册

SEPIC 系统设计简介

有些应用需要稳定的输出电压，该输出电压可能高于或等于也可能低于输入电压 ($V_{in} \leq V_{out}$ 或 $V_{out} < V_{in}$)，根据这个应用，需要设计一款输入电压宽范围，输出电压恒定的方案。

SEPIC 变换器

SEPIC 的电气原理简图如图一所示。

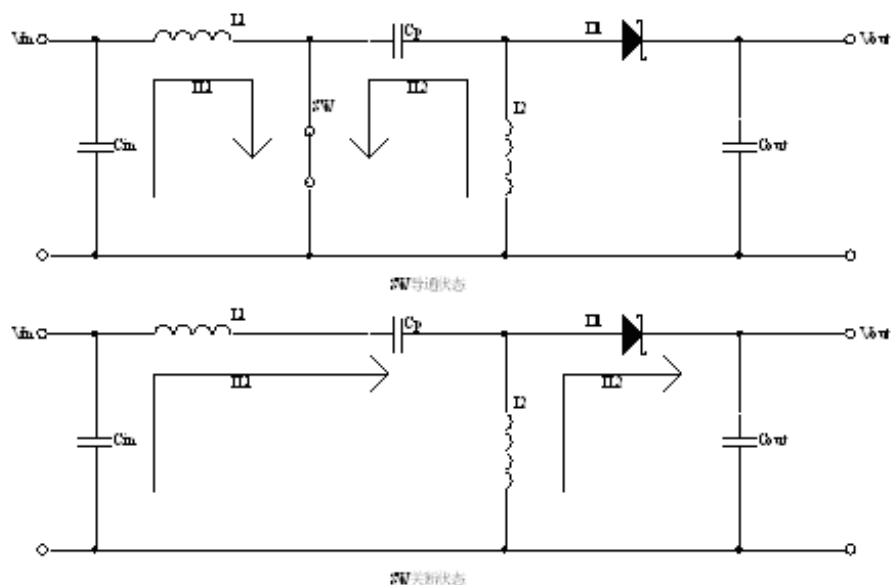


图一 SEPIC 拓扑结构

通常称之为升降压变换器 SEPIC 的简单原理如下（如图二）：SEPIC 设计中具有原边电感（ $L1$ ）、副边电感（ $L2$ ）和位于两个电感之间的串联电容（ Cp ），某种程度上，可以把 SEPIC 设计看作是具有隔直流电容（消除输入电压）的 BOOST 调节器，允许输出电压高于或低于输入电压。然而，为了复位隔直流电容，允许能量传递到输出端，在副边放置了另一个电感 $L2$ 。

对电路进行分析，会发现 Cp 上的直流电压等于输入电压，当 MOSFET（ $Q1$ ）导通时， V_{in} 为 $L1$ 充电、 Cp 为 $L2$ 充电。由于 $C3$ 上的电压等于输入电压，导通期间每个电感电压相同。关闭期间，每个电感的放电电压相同——输出电压加上 $D1$ 的导通电压。由于 $L1$ 和 $L2$ 具有相同的充、放电电压，它们可以具有相同的电感量和纹波电流，但二者的平均电流相差较大。

$Q1$ 导通时， $D1$ 反偏，只有输出电容 $Cout$ 支持输出电流（ I_{out} ）； $Q1$ 断开时， $L1$ 的电感电流流过 Cp ，与 $L2$ 电流合并，为输出电容充电并支持 I_{out} 。通过对方程式进行分析，会发现电路中 $L2$ 的电流用于支持 I_{out} ， $L1$ 的电流重新为输出电容充电，补充能量。即 $L2$ 的平均电流等于 I_{out} ，而 $L1$ 的平均电流等于 $I_{out} \times V_{out}/V_{in}$ 。由 SEPIC 的原理可推出基本关系式： $V_{out}/V_{in} = D/(1-D)$ 。式中 D 为占空比，且忽略 SW 及 $D1$ 等的压降。



图二 SEPIC 转换器电流

芯龙半导体 SEPIC 应用选择表

Part Number	Fsw(kHz)	Vin(V)		Vout(V)	Iout(A)	Package Type
		Min	Max		Typical	
XL6007	400	5	28	12	0.50	SOP8
XL6008	400	5	28	12	1.00	TO252
XL6009	400	5	28	12	1.50	TO263
XL6010	180	5	24	16	1.50	TO263
XL6011	180	5	21	19	1.50	TO220

注意事项

- 1, 设计时需要保证输入电压符合要求范围;
- 2, 输入电压与输出电压之和不能超过 40V。

SEPIC 转换器设计实例

以 XL6010 为实例来设计 SEPIC 转换器, 设计要求如下所示:

输入电压 (V_{in}): 10V-24V

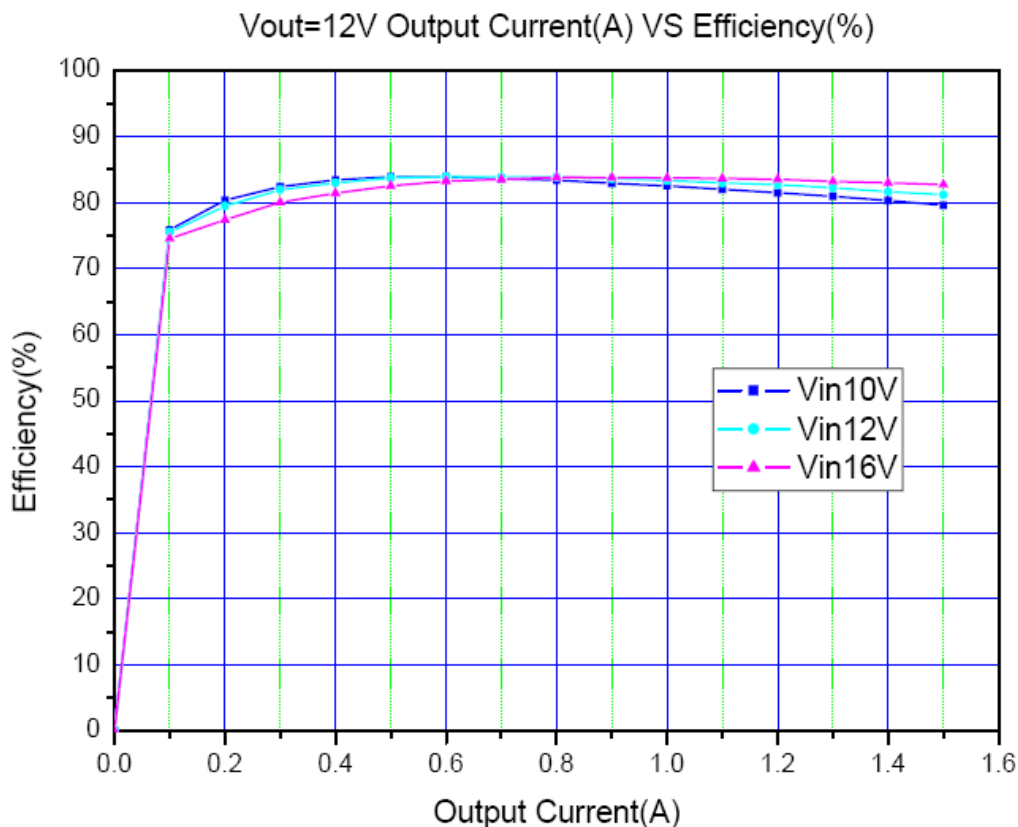
输出电压 (V_{out}): 12V

输出电流 (I_{out}): 1.5A

开关频率 (F_{sw}): 180KHz

XL6010 是一颗升压型 DC/DC 转换器, 输入电压范围 5V-32V, 内置 N 沟道的 MOSFET,

其最大开关电流 5A , 开关频率 180KHz , 封装类型 TO263-5L , 内置 OCP、OTP 等保护电路 , 工作温度-40 ~ +125 , 内置软启动功能 , 效率可达 94% ; 主要应用于 PDA 供电、便携式笔记本车载适配器等领域。



输入电压不同，输出恒压 12V 时系统应用效率图

元器件选型

在该例中使用 XL6010 升压型转换器。此设计是在直流输入电压范围为 10-24V 时，恒压输出 12V，典型输出电流为 1.5A。电路如图三所示

步骤 1：计算占空比 我们选用 V_D 为 0.5V，

$$\begin{aligned}
 D_{\max} &= \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(\min)} + V_{OUT} + V_D} \\
 &= \frac{12 + 0.5}{10 + 12 + 0.5} \\
 &= 0.556
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{\min} &= \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(\max)} + V_{OUT} + V_D} \\
 &= \frac{12 + 0.5}{24 + 12 + 0.5} \\
 &= 0.342
 \end{aligned}$$

步骤 2：选择电感

输入电感 L1 的纹波电流为：

$$\begin{aligned}\Delta I_L &= I_{out} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN(min)}} \times 40\% \\ &= 1.5 \times \frac{12}{10} \times 40\% \\ &= 0.72A\end{aligned}$$

电感为：

$$\begin{aligned}L1 = L2 = L &= \frac{V_{IN(min)}}{\Delta I_L \times F_{SW}} \times D_{max} \\ &= \frac{10}{0.72 \times 180k} \times 0.556 \\ &= 43\mu H\end{aligned}$$

L1 峰值电流为：

$$\begin{aligned}I_{L1(peak)} &= I_{out} \times \left(\frac{V_{out}}{V_{in(min)}} \right) \times \left(1 + \frac{40\%}{2} \right) \\ &= 1.5 \times \left(\frac{12}{10} \right) \times 1.2 \\ &= 2.16A\end{aligned}$$

L2 峰值电流为：

$$\begin{aligned}I_{L2(peak)} &= I_{out} \times \left(1 + \frac{40\%}{2} \right) \\ &= 1.5 \times 1.2 \\ &= 1.80A\end{aligned}$$

选用耦合电感 L= 47 μH

步骤 3：内置功率 MOSFET 参数

MOSFET 峰值电流为：

$$\begin{aligned}
 I_{Q1(peak)} &= I_{L1(peak)} + I_{L2(peak)} \\
 &= 2.16A + 1.80A \\
 &= 3.96A
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{Q1(RMS)} &= I_{out} \times \sqrt{\frac{(V_{OUT} + V_{IN(min)}) \times V_{OUT}}{V_{IN(min)}}} \\
 &= 1.5 \times \sqrt{\frac{(12 + 10) \times 12}{10}} \\
 &= 7.7A
 \end{aligned}$$

步骤 4：选择输出二极管

二极管额定的反向电压必须高于 $V_{in} + V_{out}$ ，二极管平均电流等于满载时的输出电流。

选用肖特基二极管 D1 3A 40V SMC 封装

步骤 5：选择 SEPIC 耦合电容

Cs 的 RMS 电流为：

$$\begin{aligned}
 I_{CS(RMS)} &= I_{out} \times \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN(min)}}} \\
 &= 1.5 \times \sqrt{\frac{12}{10}} \\
 &= 1.64A \\
 \Delta V_{CS} &= \frac{I_{out} \times D_{max}}{Cs \times F_{sw}} \\
 &= \frac{1.5 \times 0.556}{6.8\mu \times 180k} \\
 &= 0.681A
 \end{aligned}$$

选择一个 6.8 μF 的陶瓷电容选用陶瓷电容 C3=6.8 μF

步骤 6：选择输出电容

输出电容的 RMS 电流是：

$$\begin{aligned}
 I_{Cout(RMS)} &= I_{out} \times \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN(min)}}} \\
 &= 1.5 \times \sqrt{\frac{12}{10}} \\
 &= 1.64A
 \end{aligned}$$

假定纹波是输出电压 12V 的 2%。

输出电容的 ESR 值为：

$$\begin{aligned}
 ESR &\leq \frac{V_{ripple} \times 0.5}{I_{L1(peak)} + I_{L1(peak)}} \\
 &= \frac{0.02 \times 12 \times 0.5}{2.16 + 1.8} \\
 &= 38m\Omega
 \end{aligned}$$

以及电容值为：

$$\begin{aligned}
 C_{out} &\geq \frac{I_{out}}{V_{ripple} \times 0.5 \times F_{SW}} \\
 &= \frac{1.5}{0.02 \times 12 \times 180k} \\
 &= 39\mu F
 \end{aligned}$$

使用一片 68 μF 陶瓷电容。或者可以将铝电解和陶瓷电容一起使用，对噪声敏感的应用可包括一个二阶滤波器。

选用铝电解 CIN=100 μF (耐压 50V) 和陶瓷电容 C2=6.8 μF

步骤 7：选择输入电容

输入电容的 RMS 电流是：

$$\begin{aligned}
 I_{cin(RMS)} &= \Delta \frac{I_L}{\sqrt{12}} \\
 &= 0.208A
 \end{aligned}$$

选用铝电解 CIN=330 μF (耐压 50V) 和陶瓷电容 C2=6.8 μF

步骤 8：选择反馈电阻

R1 和 R2 分别是电阻分压器的末端电阻值和顶端电阻值。反馈参考电压为 1.25V。

根据公式：VOUT=1.25*(1+R2/R1)可得，若 R1=1.82K Ω ，则 R2=16K Ω ；

选用精度为 1%的精密电阻，若 R1=1.82K Ω ，最接近的电阻值 R2=16K Ω

A yellow square wave signal is plotted on a black grid background. The signal alternates between a high state and a low state in a regular, periodic fashion. The high state is represented by a horizontal line at the top of the grid, and the low state is represented by a horizontal line at the bottom of the grid. The transitions between high and low states occur at regular intervals, creating a series of rectangular pulses.

7

引脚描述

引脚序号	引脚名称	描述
1	GND	Ground Pin.
2	EN	Enable Pin. Drive EN pin low to turn off the device, drive it high to turn it on. Floating is default high.
3	SW	Power Switch Output Pin (SW).
4	VIN	Supply Voltage Input Pin. XL6010 operates from a 5V to 32V DC voltage. Bypass Vin to GND with a suitably large capacitor to eliminate noise on the input.
5	FB	Feedback Pin (FB). Through an external resistor divider network , FB senses the output voltage and regulates it. The feedback threshold voltage is 1.25V.

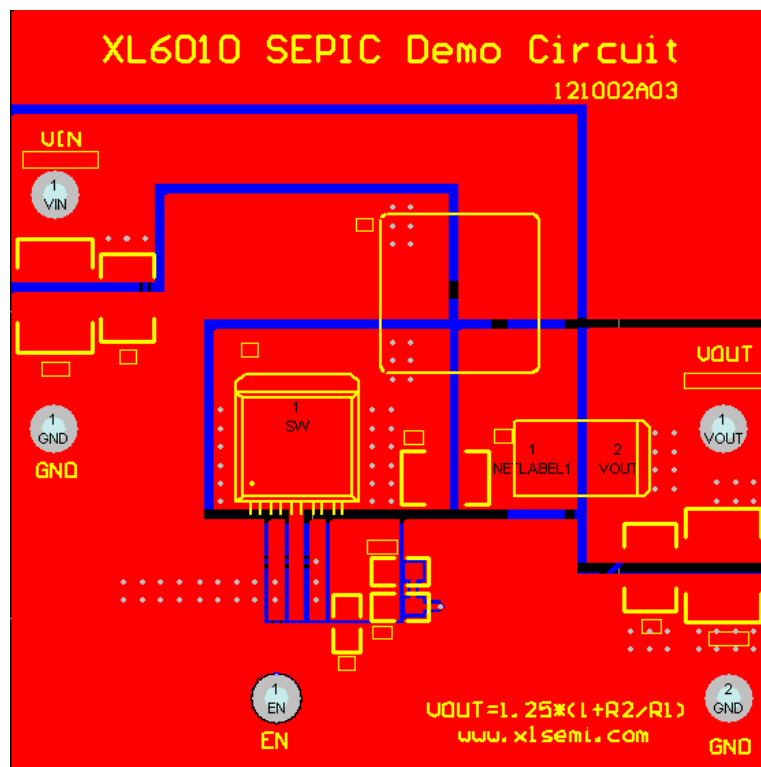
物料清单

名称	数量	型号	描述	参数
C1 , 2 , 3	3	NTS50X7R1H685M	NCC , 1210 X7R CER , TDK	6.8 μ F , 50V
CIN	1	UCD1V331MCL1GS	CAPACITOR , 1210 X7R CER , TDK	330 μ F , 50V
COUT	1	UCD1V101MCL1GS	CAPACITOR , 1210 X7R CER , TDK	100 μ F , 50V
D1	1	B340	DIODE , SMC SCHOTTKY , CENTRAL SEMI	3A , 40V
R1	1	CRCW08051821F	RESISTOR , 0805 , VISHAY	1.82k Ω
R2	1	CRCW08051603F	RESISTOR , 0805 , VISHAY	16k Ω
L	1	47uH/3A	POWER XFR , COILCRAFT	47uH
U1	1	XL6010	XLSEMI	TO263

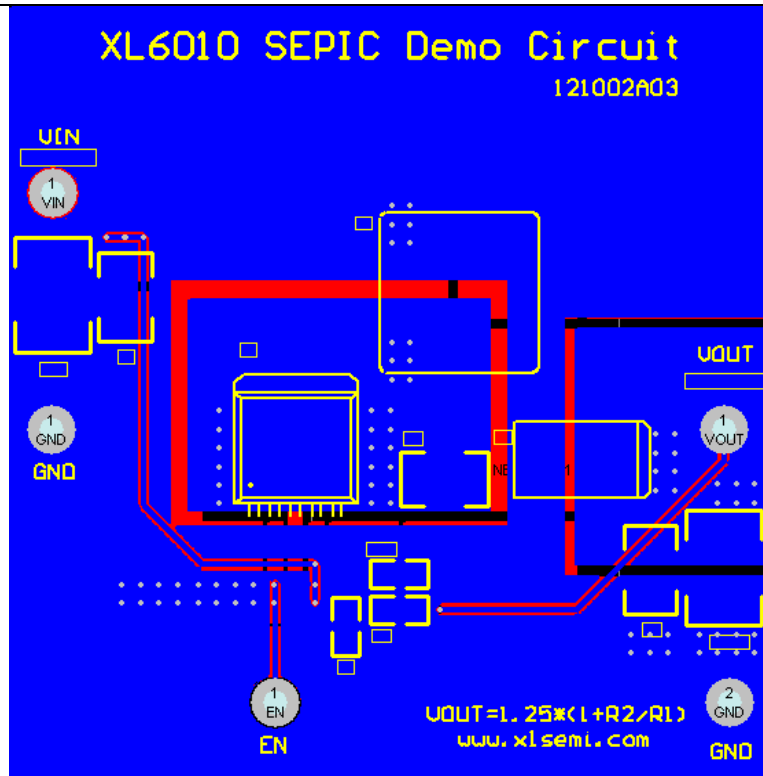
演示板



PCB 布局



顶视图



底视图