



TX4112

36V, 1.2A 单芯片同步降压开关直流变换器

概述

●TX4112是一款内部集成了上、下MOS管的同步整流降压型高效率开关变换器，上、下管的规格分别为36V 耐压/250 mΩ 内阻，36V耐压/140mΩ 内阻。

- 该变换器可 以在4.5V~36V的宽输入电压范围内输出1.2A连续电流。
- 内部采用了逐周期的峰值电流控制模式，使得芯片 能够实现快速动态响应求。
- 同时，TX4112集成了 线补，内部补偿电路，可设置的输出电流限流电路。
- CC/CV控制电路，保证了输出在恒压和恒流控制之间 进行平滑的切换。
- TX4112外置可编程软起动时间电路可以很好 的限制芯片启动时的输入启动冲击电流。

产品特点

- 1.2A 持续输出电流能力
- 4.5-36V输入范围，33V输入过压保护
- 40V输入尖峰电压安全可靠
- 内部集成36V, 250mΩ 上管、36V, 140mΩ 下管的MOS开关
- 效率高达94%
- Pulse skip mode电流限制模式
- 内部软启动输出电流限流值功能
- 内置环路补偿功能，使得整个应用电路非常简洁
- 开关率500KHz
- 输出可使用低ESR陶瓷电容
- 跳周期模式，降低轻负载损耗
- SOP8封装

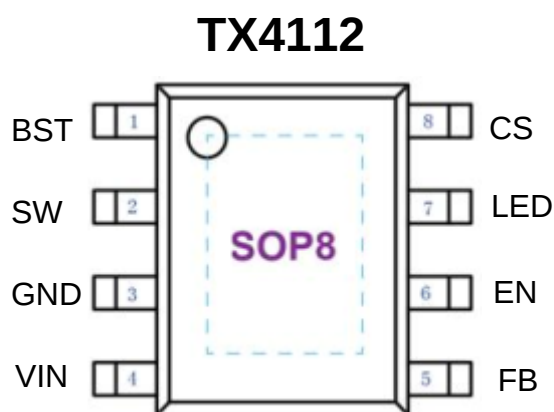
应用领域

- 车载充电器
- 便携式充电设备
- 通用高压USB充电器
- 通用高压DC-DC变换器

多重保护功能

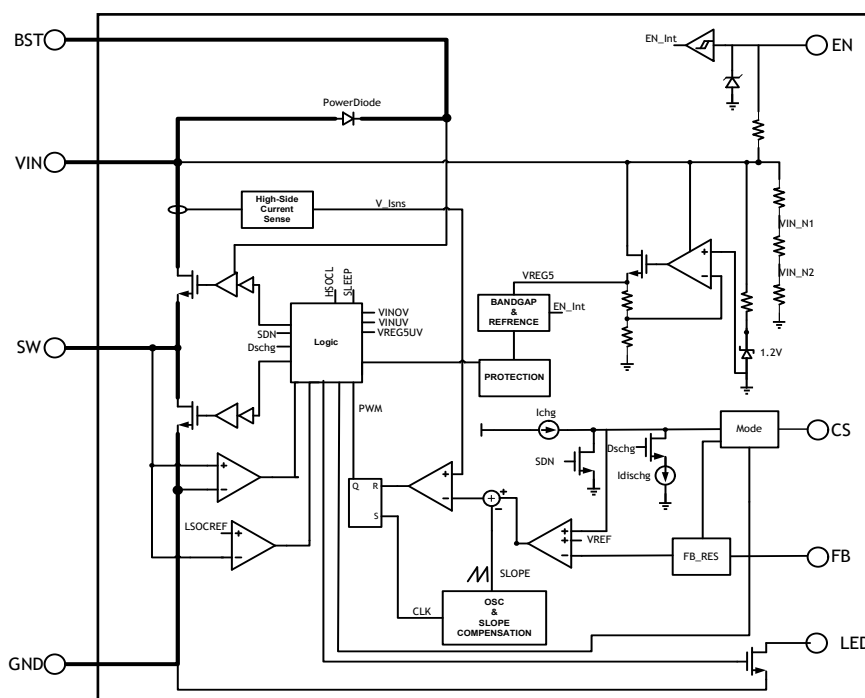
- 打嗝式输出短路保护
- 过流保护、过压保护
- 输入过压保护、欠压保护
- 过温保护及自恢复

封装管脚分配图:



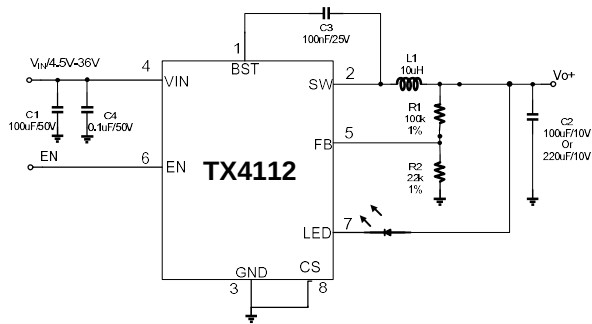


引脚		描述
编号	名称	
1	BST	自举电容管脚。在该引脚和SW引脚之间连接一个0.1μF陶瓷电容来产生一个高于输入的电压，用于提供对上管驱动时所需要的能量。
2	SW	开关节点。将该引脚靠近连接到输出滤波电感上。
3	GND	地。
4	VIN	输入引脚。该引脚提供整个芯片工作的输入电压。芯片工作的输入电压范围为4.5V~ 36V。在应用的时候，在靠近该引脚和地线之间放置一颗高频的0.1uF陶瓷电容。尽量减小由这个电容，VIN 管脚， GND 管脚围成的环的面积。这样可以尽量减小在VIN管脚产生的电压毛刺，以免击穿里面的功率管，同时降低EMI。
5	FB	反馈电压的输入端。FB引脚用来侦测输出电压的高低。输出电压经过分压电阻网络分压后，连接到该引脚。FB引脚非常敏感，容易受到干扰，所以尽可能将FB引脚的布线远离SW、BST引脚。
6	EN	使能引脚，芯片内部有上拉电阻，可以通过拉低来关断芯片。通常可以让该管脚浮空。EN通过外部电阻对地下拉阈值电压为1.1V。
7	LED	LED 驱动引脚，连接到LED灯阴极用来指示输出状态。
8	CS	电流检测引脚，外接 10mΩ到100mΩ 到地编程输出电流限。CS 引脚还用来设计芯片的工作模式如下： 模式 0:当CS引脚浮空或者拉到输出，CC环将会失效，同时芯片不进行线电压补偿。这时内部反馈分压电阻工作，输出电压被固定在5.1V，这样芯片可以采用最少外围器件。 模式 1:当CS引脚通过限流电阻到地，CC环被使能，电流限将由限流电阻决定。同时图1中上偏电阻R1将具有线补编程功能。

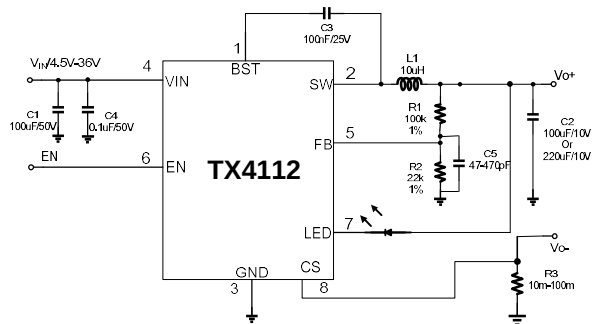




典型应用原理



最大电流输出



限流输出

极限应用参数

	参数	最小	最大	单位
输入电压	V_{IN} to GND	-0.3	36	V
	V_{SS} to GND	-0.3	6	
	V_{EN} to GND	-0.3	6	
	V_{FB} to GND	-0.3	6	
输出电压	V_{IADJ} to GND	-0.3	6	V
	V_{BST} to V_{SW}	-0.3	6	
	V_{SW} to GND	-1	$V_{IN} + 0.3$	

等级数据

参数	定义	最小	最大	单位
T_{ST}	存储温度范围	-65	150	°C
T_J	结温		+160	°C
T_L	引线温度		+260	°C
V_{ESD}	HBM 人体模型	2	4	kV
	MM 机械模型		500	V

推荐工作范围 (注 2)

	参数	最小	最大	单位
输入电压	V_{IN} to GND	6.5	30	V
	FB	-0.3	3.3	
输出电压	V_{OUT}	0.5	$V_{IN} \cdot D_{max}$	V
输出电流	I_{OUT}	0	1.5	A
温度	结温范围, T_J	-40	+125	°C

注 1：极限参数是指超过上表中规定的工作范围可能会导致器件损坏。而工作在以上极限条件下可能会影响器件的可靠性。



温度特性 (Note 3)

符号	描述	SOP-8	单位
θ_{JA}	热阻(结到环境)	110	°C/W
θ_{JC}	热阻(结到管壳)	45	

注:

- 1) 超过正常范围可能会损坏IC。
- 2) 超出推荐范围外应用可能会损坏IC。
- 3) 在1盎司铜箔测试。

电气特性 (非特殊说明, 以下参数在 $V_{in} = 12V$, $T_J = 25^\circ C$ 条件下测试)

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
降压变换器						
功率MOS						
I_{leak_sw}	上管漏电流	$V_{EN} = 0V, V_{SW} = 0V$	0	10		μA
$R_{DS(ON)_H}$	上管导通电阻	$I_{OUT} = 1.2A, V_{OUT} = 3.3V$	250			m Ω
$R_{DS(ON)_L}$	下管导通电阻	$I_{OUT} = 1.2A, V_{OUT} = 3.3V$	140			m Ω
供电电压 (VIN)						
V_{UVLO_up}	最小启动电压			4.4		V
V_{UVLO_down}	关断电压		4.3			V
V_{UVLO_hys}	电压迟滞		0.3			V
I_{Q_NONS}	静态电流	$V_{FB} = 1.2V$	1			mA
控制回路						
F_{osc}	开关频率		500			kHz
V_{FB}	反馈电压		0.9			V
V_{FB_OVP}	反馈过压阈值		$1.1 * V_{FB}$			V
D_{max}	最大占空比 ^(注 4)		98			%
T_{on}	最小导通时间 ^(注4)		100			ns
保护						
I_{oc_hs}	上管电流限值	最小工作周期	2.1			A
I_{oc_ls}	下管电流限值	从源端到漏端	1.2			A
V_{inovp}	输入过压保护		33			V
Th_{sd}	过温保护 ^(注 4)		155			°C
Th_{sdhys}	过温保护迟滞 ^(Note 4)		15			°C
D_{hiccup}	打嗝保护周期 ^(Note 4)		10			%

Note:

- 4) 设计中保证, 生产时不测试。



产品描述

概述

TX4112系列简洁易用外围应用及其简单的峰值电流模同步降压型直流转换器，工作电压范围在4.5V到36V，能够提供 高效率的1.2A连续电流输出。当芯片负载轻到一定程度时芯片进入Pulse skip mode轻载高效模式。TX4112采用固定开关频率的电流模控制方式控制输出电压。芯片内建补偿，减少了外围器件和设计时间。芯片开关频率固定在500KHz，可以减小 电感尺寸和提高系统EMI表现。

设定输出电压

输出电压的设定是通过输出电阻反馈网络来实现的。分压网络将输出电压进行检测后，连接到FB管脚。为保证输出电压的精度，建议使用1%精度的电阻。输出电压的计算如下式所示。

$$V_{out} = V_{ref} \times \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

V_{ref} 是内部的参考电压。其中 $V_{ref} = 0.9V$ 。

电感设计

电感的作用是对TX4112产生的开关电压波形进行滤波，维持输出电流的稳定。一个高感量的电感可以降低电感电流的纹波，同时也会降低输出电压的纹波。当然，大感量的电感无可避免的会导致大体积和高成本。所以，我们在选择的时候是一个综合的考虑和平衡。一般情况下，可以设定最大输出电流的25%作为电感中纹波电流值。同时，要确保电感电流的峰值低于TX4112内部MOS管所容许的最大电流。

电感量的计算公式如下：

$$L = \frac{V_{OUT}}{f_s \times \Delta I_L} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (2)$$

其中， V_{OUT} 是输出电压， V_{IN} 是输入电压， f_s 是开关频率， ΔI_L 是电感中纹波电流的峰峰值。

确保所选择的电感的饱和电流值大于TX4112工作时的电感中流过的峰值电流。电感中的峰值电流可以根据下面的公式进行计算：

$$I_{L_P} = I_{load} + \frac{V_{OUT}}{2 \times f_s \times L} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (3)$$

其中， I_{load} 是输出的负载电流。

对于所采用的电感材质，可以根据价格、尺寸以及EMI的考虑进行综合，最后选取合适的材料。通常建议用33uH的铁硅铝电感。

输入电容的选取

降压型变换器的输入电流是断续的，所以，我们必须在变换器的输入端设置有输入滤波电容，以滤除上述断续电流，减小对电源端的影响。通常，为了获得较好的效果，我们会选取低ESR的电容。在实际的使用中，一般会采用电解电容或者钽电容并联一个小容量的陶瓷电容的做法，材质为X5R或X7R的0.1uF陶瓷电容是一个很好的选择。

由于输入电容 C_{IN} 需要吸收输入的开关电流，所以在选取电容的时候，其额定的纹波电流值是我们选取电容是一个非常重要的参数。输入电流的RMS电流值可以按照下面的公式进行简单的估算：

$$I_{CIN} = I_{load} \times \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)}$$



其中，最恶劣的情况发生在 $V_{IN} = 2 \times V_{OUT}$ 的情况下，这时候，输入的纹波电流为：

$$I_{CIN} = \frac{I_{load}}{2} \quad (5)$$

为简单起见，输入电容的RMS电流值要大于最大输出电流的一半。

输入电压的纹波可以简单的进行估算：

$$\Delta V_{IN} = \frac{I_{load}}{f_s \times C_{IN}} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) \quad (6)$$

其中， C_{IN} 是输入电容值。

输出电容的选取

输出电容 C_{OUT} 的取值决定于输出电压纹波的要求。通常情况下低ESR的陶瓷电容、钽电容或者电解电容是很好的选择。可按照下面的公式估算输出电压的纹波：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{f_s \times L} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) \times \left(R_{ESR} + \frac{1}{8 \times f_s \times C_{OUT}}\right) \quad (7)$$

其中， L 为电感量； R_{ESR} 是输出电容的等效串联电阻，ESR。对于使用陶瓷电容的场合，在开关频率情况下的阻抗主要由电容量决定。输出电压的纹波主要由电容值确定，简单的估算如下：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{8 \times f_s^2 \times L \times C_{OUT}} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) \quad (8)$$

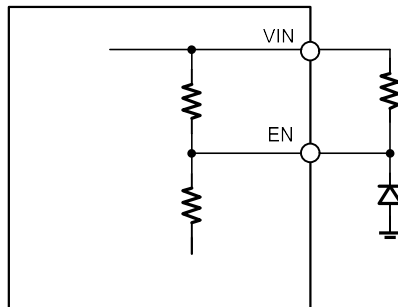
对于使用电解电容或者是钽电容的场合，ESR主导了在开关频率段的阻抗，简单的估算公式如下：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{f_s \times L} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) \times R_{ESR} \quad (9)$$

输出电容的特性还会影响到 TX4112 的环路稳定性。对于该芯片，内部控制环路进行了优化，以满足宽范围的 ESR 应用场合。通常选取100uF,220uF 或者470uF 的电解电容来降低输出纹波。当 FB 分压电阻 R_1 、 R_2 阻值比较大的时候，输出电容 220uF 或者470uF 有可能会引起控制环路的稳定性。这时候需要在上拉电阻 R_1 旁边并一个1nF 的陶瓷电容来改善环路的动态响应。

使能阈值设定

当 EN 的电压大于 1.1V 芯片将会工作，芯片通过内部大电阻 1M 欧姆，上拉到 V_{IN} ，当需要根据 V_{IN} 电压大小来选择关断芯片的时候可以采用如下电路：



斜坡补偿TX4112内部集成了斜坡补偿电路，避免芯片在在大占空比工作时电流环不稳定。

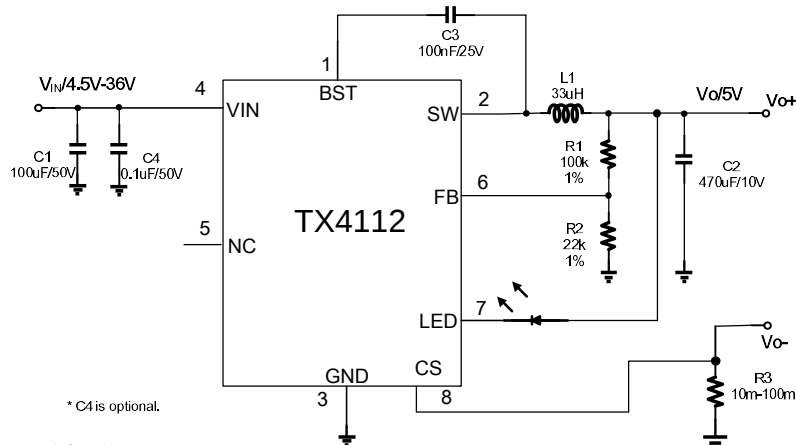
线补TX4112可以提供线补功能，避免USB线压降导致终端不能工作，线补的时候需要按图1应用。线补电压将根据图1中 R_1 编程。

过温保护TX4112具有过温保护功能，芯片内部温度超过155°C时，因过热导致关机而实现保护，低于140°C时,IC将再次开始工作。



PCB设计

布板指南 对于一个好的电源设计，PCB 布板是非常关键的。下面是一些关键原件的布板指南，在这里面我们要综合考虑好的变换器效率、散热性能以及尽可能减小 EMI 的发射等因素。这样 Demo PCB 如下图，电子文件可供参考。



1. 输入高频电容 C4 的摆放

C4 的摆放对芯片的工作影响很大。如下面右边图中的红色圈所示，尽量把 C2，VIN 管脚，GND 管脚形成的环的面积缩小。SW 可以用过孔从背面引出来。从 C4 到 VIN 管脚的寄生电感会在输入引起电压毛刺，从而击穿上功率管或者干扰芯片内部的工作。从 C4 到 GND 管脚的寄生电感会在 GND 管脚上产生毛刺，从而击穿下功率管或者干扰芯片的内部地。

2. 输入电容 C1 的摆放

C1 可以摆放在输入保险丝的后面，或者其他允许插件的地方。尽量靠近芯片。

3. BST 电容 C₃ 的摆放

BST 节点振荡幅度很大。尽量远离任何敏感信号，比如 FB。尽量将 C₃ 放在芯片附近与功率部分的区域。可以在电容和 BST 管脚之间放一个 0-100Ω 的电阻来调节上管的开通速度。大的电阻可以降低开关速度，从而降低 EMI 发射及其由于寄生电感引起的电压毛刺。

4. 功率通路设计

地线：1). 散热片下面最好能开一些大的过孔来提高导电和散热能力。

2). 尽量增加地线面积，形成连续的地。

3). 用连续的地线来隔开功率部分和敏感电路部分。

4). 用地线来屏蔽敏感信号。

VIN 线：尽量用连续的大面积的铜皮来降低导通损耗并提高散热

SW 线：尽量用连续的大面积的铜皮来降低导通损耗并提高散热。需要过认证的设备有可能需要限制 SW 铜皮的面积。面积大对散热好，但发射的 EMI 也大。

5. 输出反馈电阻网络

电阻 R₁ 和 R₂ 应当尽可能靠近 FB 管脚。连接 V_{out} 的引线路要远离噪声源如 SW, BST 走线，如果有可能，在干扰源的一面放置屏蔽层，而将该引线放置在 PCB 的另一面，起到降低干扰的作用。

6. 敏感信号 FB

这些敏感信号连线最好远离 SW，VIN，BST 信号以及其他输入，输出电容和电感等功率元件。FB 周围最好有地线来屏蔽。

7. 电感的摆放

电感上面的功耗会导致电感比较热。为了散热均衡分布，不要把电感和芯片，或者输入，输出电容堆在一起摆放。

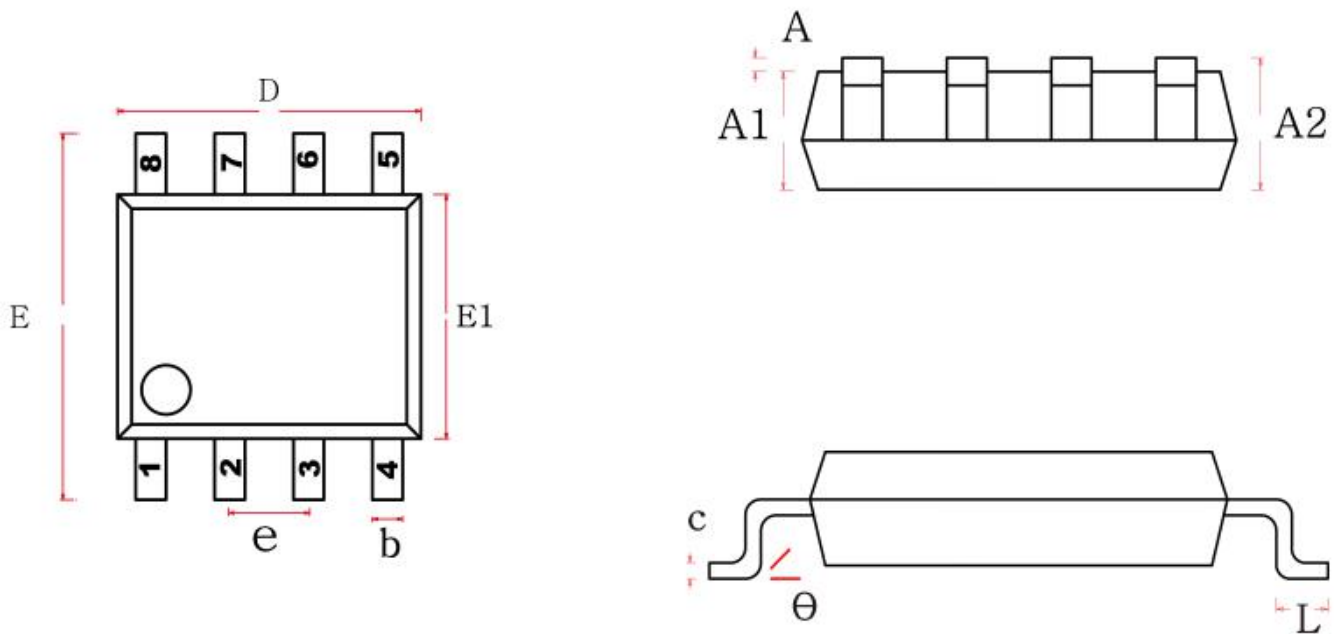
8. 输出电容的摆放

输出电容最好能接近输出端摆放，可以降低输出的纹波。

电感上面的功耗会导致电感比较热。为了散热均衡分布，不要把电感和芯片，或者输入，输出电容堆在一起摆放。



封装信息 SOP8



字符	公制		英制	
	最小	最大	最小	最大
D	4.7	5.1	0.185	0.2
E	5.8	6.2	0.228	0.244
E1	3.8	4	0.15	0.157
e	1.27		0.05	
b	0.33	0.51	0.013	0.02
A	0.05	0.25	0.004	0.01
A1	1.35	1.55	0.053	0.061
A2	1.35	1.75	0.053	0.069
L	0.4	1.27	0.016	0.050
c	0.17	0.25	0.006	0.01
θ	0°	8°	0°	8°