

概述

CL4145 是一种带内部开关的降压 DC/DC 稳压器，具备 SKIP 控制模式，将低静态电流与高开关频率相结合，可在广泛的负载电流范围内实现高效率。SKIP 模式使用短的“突发”周期通过内部功率 MOSFET 切换电感电流，然后是休眠周期，在休眠周期中，电源开关关闭，负载电流由输出电容器提供。在轻负载时，突发周期占总周期时间的一小部分，使平均电源电流最小化，大大提高了轻负载时的效率。

CL4145 具有 4.5V-55V 的宽输入电压范围，从而最大限度地减少对外部浪涌抑制组件的需求。使其成为宽输入电压范围工业和高电池节数电池组应用的理想选择。CL4145 具有集成式低阻值 0.6Ω 高侧功率 MOSFET，可提供至少 1.0A 的输出电流能力，具有出色的负载和线路瞬态响应。

CL4145 可应用于多种应用中，以有效地调节更高的电压。此稳压器非常适合 42V 汽车电源总线范围。附加功能包括：软启动、热关机、UVLO 欠压锁定、门驱动器欠压锁定、最大占空比限制定时器和智能电流限制关闭定时器。并且集成了输出短路保护，在 FB 电压较低时提供 Frequency FOLD-BACK 模式以避免短路时过热。

CL4145 可以提供小尺寸 6 引脚 SOT23-6L 封装。其 0.95mm 引脚间距可以为高电压应用的实施。

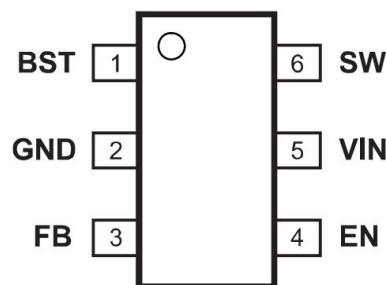
特点

- ◆ 结温范围为 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$
- ◆ 所有端口都具备 $\pm 3000\text{V}(\text{HBM})$ ESD 保护
- ◆ 宽输入电压范围：4.5V-55V
- ◆ $600\text{m}\Omega$ 高侧金属氧化物半导体场效应晶体管
- ◆ 至少 1000mA 持续电流输出能力
- ◆ 高达 90% 的效率
- ◆ SKIP 模式提供极高的轻负载效率
- ◆ 1.2MHz 固定工作频率
- ◆ 内部补偿有助于减小解决方案尺寸、降低成本和设计复杂性
- ◆ 支持大负载电容启动
- ◆ 逐周期过流保护
- ◆ 输出短路保护
- ◆ 热关断保护
- ◆ 提供超小的封装 SOT23-6L 封装

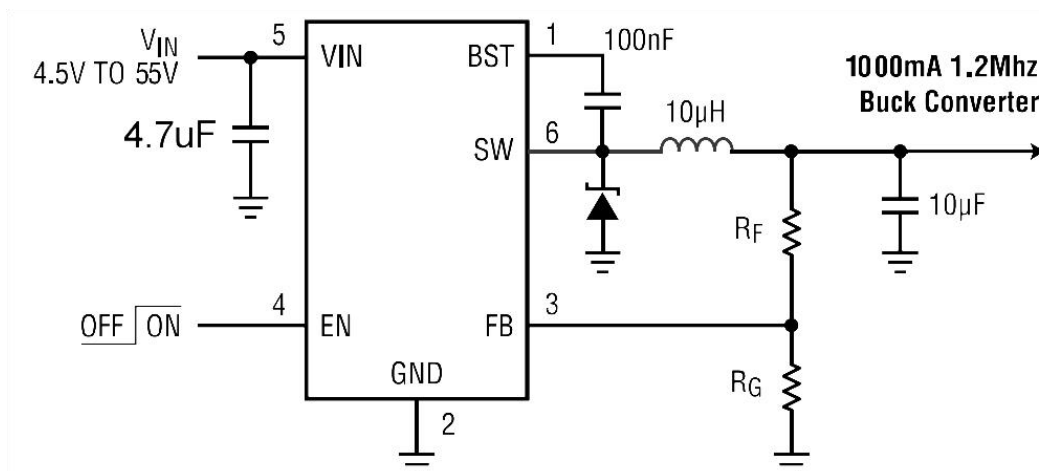
应用

- ◆ 电表
- ◆ 线性稳压器的预稳压器
- ◆ 分布式电源系统
- ◆ WLED 驱动器
- ◆ 电池充电

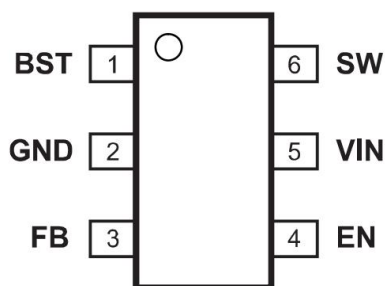
CL4145 采用 SOT23-6L 封装



典型应用电路



管脚分布图



管脚描述

管脚号	管脚名	描述
1	BST	自举门驱动电源。需要在BST和SW之间连接高质量100nF陶瓷电容器，以偏置内部高压侧栅极驱动器。请注意此电容耐压。
2	GND	接地引脚。
3	FB	反馈输入引脚。连接至外部电阻分压器，此引脚内部比较器电压为0.812V。
4 ⁽¹⁾	EN	稳压器输出使能引脚，置高使能输出；空悬或置低关闭稳压器输出。
5	VIN	稳压器电源输入。使用2.2uF或更大的陶瓷贴片尽量近旁路VIN至GND。
6	SW	内部功率开关节点。外部连接功率电感、肖特基二极管和C _{BST} 电容。

(1): 内设 100nA 弱下拉，为获得更好的抗干扰能力建议使用下拉电阻或使用 IO 置低，不建议空悬。如需上电自动开启输出，可直接连接此引脚至 VIN(PIN5)

丝印说明

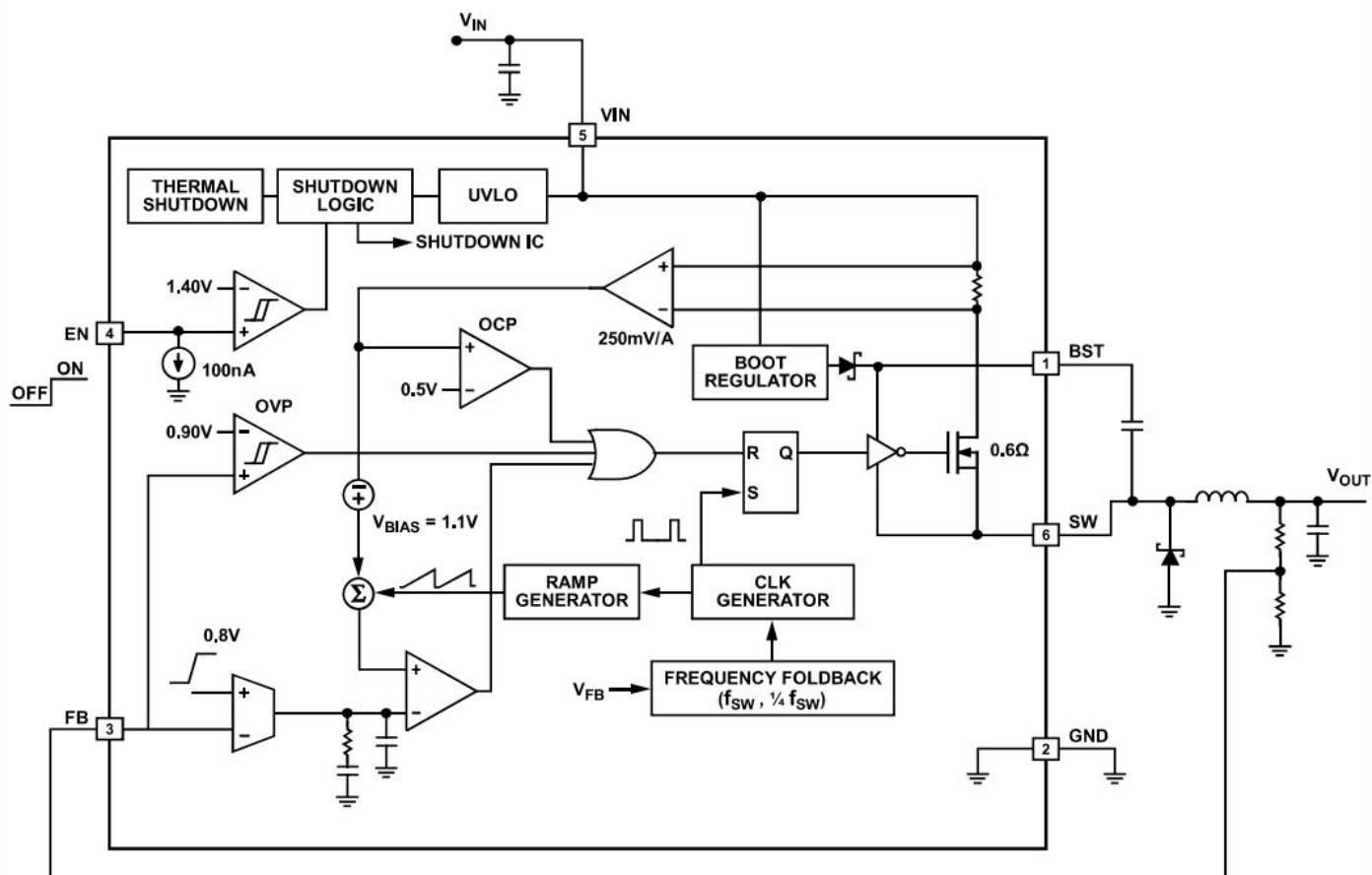
型号	封装	丝印	说明
CL4145	SOT23-6L	4145 YWAXXB	第一排：型号代码 第二排： Y：年号 W：周号 A：版本代码 XX：生产批号 B：备用码

最大额定值 (注1)

参数	范围	单位
引脚至GND电压(VIN,SW,EN)	-0.3~60	V
引脚至GND电压(BST)	-0.3~SW+6	V
引脚至GND电压(FB)	-0.3~6	V
储存温度	-65~150	°C
工作温度	-40~105	°C
ESD额定值 (HBM)	±3	KV
ESD额定值 (CDM)	±1	KV
ESD额定值 (MM)	±500	V

注1: 超出最大范围器件可能损毁。推荐工作范围内器件可以工作, 但不保证其特性。电气特性表明的直流和交流特性是在特定条件下测得, 其特性可以保证。此特性假定器件在推荐工作范围内工作。未示出特性不保证其性能。典型值是最佳性能点。

结构框图



电气特性

除非另有说明，否则极限值适用于-40℃至+105℃的工作结温度(T_J)范围。最小和最大限值通过试验、设计或统计相关性规定。典型值代表 T_J=25℃时最可能的参数规范，仅供参考。所有电压测量都是相对 GND。

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
输入特性						
V _{IN}	输入电压范围		5		55	V
V _{UVLO}	输入欠压锁定	Rising		4.2		V
		Falling		3.5		V
I _Q	静态工作电流	No load, V _{IN} =12V, not switching		150		μA
I _S	关机电流	EN=0, V _{IN} =12V		4		μA
开关特性						
R _{DS(ON)}	BUCK上管R _{DS(ON)}	T _J =25℃		600		mΩ
V _{FB}	FB反馈电压		0.792	0.812	0.832	V
F _{SW}	开关频率	PWM Operation	1	1.2	1.4	MHz
F _{SW_FB}	打嗝开关频率	EN=1, FB=0.1V		300		KHz
D _{MAX}	最大占空比		90	94		%
I _{LIMIT.SW(Peak)}	SW电流限制			1.5		A
t _{D,EN}	EN延迟	EN=0 → EN=1		60		μs
t _{ON.MIN}	最小导通时间			60		ns
t _{ss}	软启动时间			2.4		ms
I _{FB.BIAS}	FB偏置电流			5		nA
I _{SW.LKG}	SW漏电流			1		μA
I/O 规格						
V _{EN_H}	输入EN高逻辑门限	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 52V		1.4		V
V _{EN_L}	输入EN低逻辑门限	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 52V		1		V
I _{LKG_EN}	EN输入电流	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 52V		1		μA
全局热保护特性						
T _{OTP_R}	过温保护	T _J Rising		150		℃
T _{OTP_F}	过温保护解除	T _J Falling		130		℃
热阻系数						
θ _{JA}	硅核到周围空气的热阻系数	0 LFPM Air Flow		173		℃/W
θ _{JB}	硅核到PCB板表面的热阻系数			33.2		℃/W
θ _{JCtop}	硅核到封装上表面的热阻系数			116		℃/W
Ψ _{JB}	硅核到PCB板表面的热阻系数			30		℃/W

功能描述

CL4145是一种内部开关型的降压DC/DC稳压器，具备SKIP控制模式，将低静态电流与高开关频率相结合，可在广泛的负载电流范围内实现高效率。

附加功能包括：软启动，热关机，UVLO欠压锁定，门驱动器欠压锁定，最大占空比限制定时器，和智能电流限制关闭定时器。具备短路保护可在FB电压较低时提供频率FOLD-BACK以避免短路时过热。

设定输出电压

CL4145输出电压可通过电阻分压器网络进行外部调节。建议的输出电压电阻取值见下表。

分压网络由 R_G 和 R_F 组成，请保证 R_G 小于等于30K。转换器通过保持FB引脚上的电压等于内部参考电压 V_{REF} 来调节输出电压。一旦选择 R_G 则可根据 V_{FB} 选择 R_F 的值， V_{FB} 典型值是0.812V：

$$V_{OUT} = 0.812 \times \frac{R_F + R_G}{R_G} (V)$$

VOUT	RF	RG	设定误差 ⁽¹⁾	
2.5V	6.8K	3.3K	2.49V	-0.88%
3.3V	13K	4.3K	3.27V	-1.33%
4.2V	16K	3.9K	4.14V	-1.67%
5.0V	82K	16K	4.97V	-0.63%
8.0V	160K	18K	8.03V	0.41%
12.0V	300K	22K	11.88V	-1.03%

(1) 也可选择其他的分压电阻对和高精密电阻，以达到更高设定精度。

SKIP 跳脉冲模式

CL4145内置跳脉冲电路；在轻负载时，该电路接通；仅在必要时切换，将输出电压保持在规定范围内。这样可以降低开关损耗，让转换器在轻负载条件下保持较高效率。

在跳脉冲模式下，当输出电压跌至规定值以下时，CL4145进入PWM模式，并停留数个振荡器周期，使输出电压升至规定范围。在突发脉冲之间的等待时间内，功率开关断开，由输出电容提供所有负载电流。由于输出电压会不定期地骤降和恢复，因此这种模式下的输出电压纹波大于PWM工作模式下的纹波。

C_{FF} 前馈补偿电容

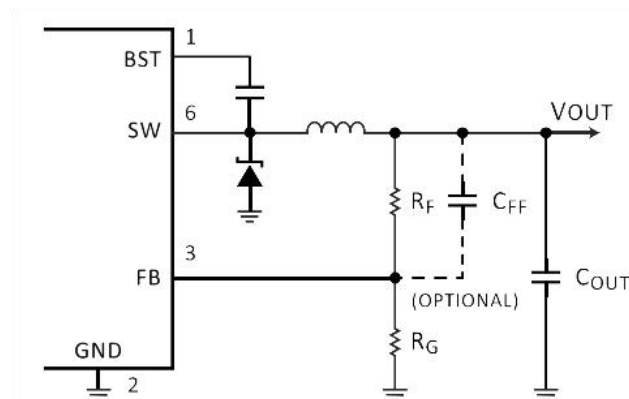
在某些情况下，如对负载的瞬态响应要求高，或对轻载纹波有较高要求，可以在 R_F 上并联前馈电容器来改善负载瞬态响应或改善环路相位裕度。

C_{FF} 与 R_F 形成一高频“零点”，使相位超前，从而增加了相位裕度。来减少SKIP模式纹波提高电压环的暂态响应。

C_{FF} 可根据下面的公式计算：

$$C_{FF} = \frac{1}{2\pi \times F_{SW} \times (R_F // R_G)}$$

通常来说，47pF是一个很好的起点。



EN 的作用

BUCK的使能输入引脚。将EN驱动至高电平状态，可打开BUCK的转换器；将EN驱动至低电平状态，可关闭转换器。这个引脚有两个独立的阈值，上升阈值大于1.4V使能输出，下降低于1V时关闭稳压器输出，进入低功耗睡眠模式。此引脚内部设有弱下拉。

此引脚耐压与V_{IN}(PIN4)相同，实现CL4145工作的最简单方法是将EN引脚连接到V_{IN}引脚。这样当V_{IN}在工作范围内时，器件就可以自启动。

外部逻辑信号也可用于驱动EN输入，以进行系统排序和保护。由于内部下拉较弱，如需关闭可靠可外设下拉电阻，不建议将此引脚空悬。

EN引脚工作状态表

引脚	方向	引脚状态	功能
EN(Pin4)	输入	高	BUCK输出使能
		低	BUCK输出关闭

BUCK 的使能失效条件

除了EN引脚状态外，还应注意以下机制可以关闭BUCK输出：

- (1) UVLO欠压被触发
- (2) OTP过温保护被触发

输入欠压闭锁(UVLO)

在器件的V_{IN}引脚上包含一个内部欠压锁定电路。当V_{IN}电压低于V_{UVLO}的下降阈值，会触发UVLO事件，关闭稳压器输出。该UVLO的上升阈值约为4.4V，V_{IN}达到此电压以上移除UVLO事件后，控制器会进入软启动过程。

最大占空比 D_{MAX}

当输入电压降至接近输出电压时，BUCK切换到最大占空比工作状态，此时低端N沟道MOSFET处于打开状态，将关断时间缩至最短。在最大占空比工作条件下，由于输出电压是输入电压值和最大占空比限值的乘积，因此输出电压骤降至调节范围以下。

软启动(Soft-Start)

CL4145有约2.4ms的内部软启动。软启动可防止在启动过程中变换器输入电源的欠阻尼过冲。当芯片启动时，内部电路产生一个软启动电压(SS)，以固定的上升速率上升。在软启动期间，输出电压将按比例跟踪内部节点电压斜坡。

当它小于内部参考(REF)时，SS覆盖REF，因此误差放大器使用SS作为参考。当SS超过REF时，REF恢复控制。在整个启动阶段，开关电流限制依然有效，以非常可靠的避免上电即短路的情形。

当输出有非常大的电容(例如2200uF甚至更大)时，输出电压上升速度会比SS慢，受限于最大开关限流，启动到目标电压设定值的时间会大于软启动时间。

OTP 过热保护

热过载保护电路将结温限制在150℃(典型值)以下。在极端条件下(即高环境温度和/或高功耗)，当结温开始升至150℃以上时，Over Temperature Protection(OTP)过温保护即被激活，系统将会强制关闭稳压器输出(如果EN被使能)。当结温降至130℃以下时，OTP状态就会解锁，稳压器输出重新开启，输出电流恢复为正常工作值。

热过载保护旨在保护器件免受瞬间偶然过载条件发生时的影响。

本器件的保证工作结温范围为-40℃至125℃。高结温会降低工作寿命；结温长时间高于125℃时，器件寿命会缩短。请注意，与这些规格一致的最高环境温度取决于具体工作条件以及电路板布局、额定封装热阻和其他环境因素。

结温(T_J，单位为℃)根据环境温度(T_A，单位为℃)和功耗(P_D，单位为W)计算，计算公式如下：

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

其中θ_{JA}(单位为℃/W)为封装热阻。

输出过载与短路保护

CL4145将允许短路输出。在输出短路和负载过流情况下，有几个特性用于保护。第一种是当FB低于设定值时，开关频率会降低保持电感电流控制。其次，监控上管开关电流，超过安全水平会结束此周期。

输出短路保护与频率折叠

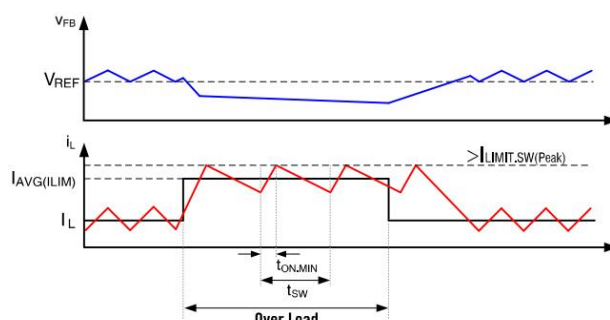
CL4145包括一个频率折叠(Frequency Foldback)机制，以防止负载电流失控或输出短路发生时产生过多的热量。当FB管脚处的电压降到某个值以下时，开关频率降低，这使得电感电流下降的时间更长，但在调节峰值电流的同时增加了纹波电流。这导致平均输出电流降低，并防止输出电流失控。开关频率与FB引脚电压的关系如下表所示。

FB引脚电压	开关频率
$V_{FB} > 0.25V$	f_{SW}
$V_{FB} \leq 0.25V$	$\frac{1}{4}f_{SW}$

当短路($V_{FB} \leq 0.25V$)移除后，软启动开始运行，以在正常运行期间将输出调节回设定值，这有助于限制浪涌电流并防止可能的输出电压过冲。

开关限流保护

稳压器输出具备逐周期过流限制。当SW电流触发 $I_{LIMIT.SW(Peak)}$ ，BUCK输出会进入逐周期限流状态。



BUCK输出过流与Mtop行为描述

$I_{LIMIT.SW(Peak)}$ 与电感大小和输入压差相关， $I_{LIMIT.SW(Peak)}$ 仅为参考最小值。当长时间过流或短路时，将可能触发全局OTP保护。

自举电容器选择

CL4145有一个集成的升压稳压器，需要在BST和SW引脚之间有一个小的陶瓷电容器，为高压侧MOSFET提供栅极驱动电压。当高侧MOSFET关闭且低侧二极管导通时， C_{BST} 电容器被充电。这个陶瓷电容器的值应该是 $0.1\mu F$ ，连接在BST和SW引脚之间，以便正常工作。建议使用额定电压为10V或更高的X7R或X5R级介质陶瓷电容器，因为其具有稳定的温度和电压特性。电容器的额定电压应为16V或更高。

热插拔安全

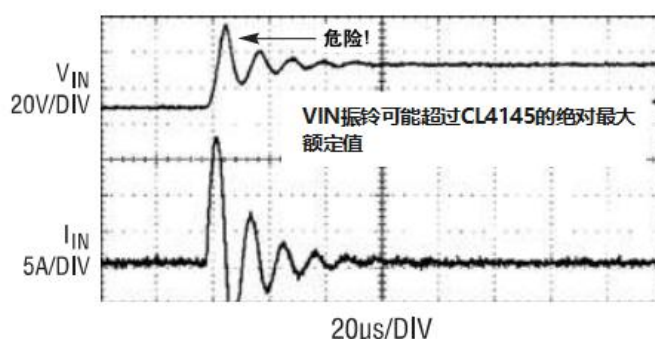
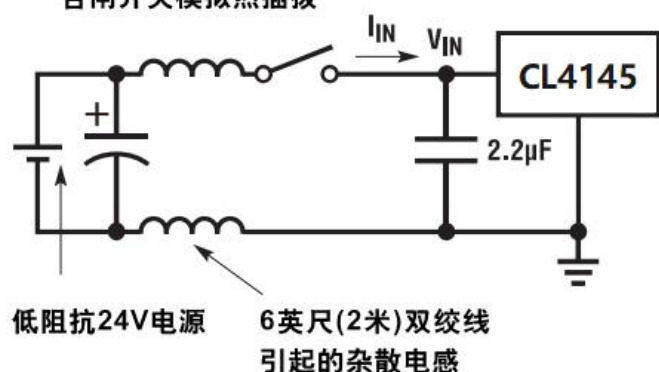
陶瓷电容器具有体积小、稳定性好、低阻抗等优点，是CL4145电路输入旁路电容器的理想选择。但是，如果将CL4145插入带电电源，这些电容器可能会导致问题。低ESR特性的陶瓷电容器与电源串联的杂散电感形成“欠阻尼槽电路”，CL4145的 V_{IN} 引脚处的电压可能达到标称输入电压的两倍，可能超过CL4145的额定值并损坏零件。如果输入电源控制不当或用户需要将CL4145插入通电电源，则输入网络的设计应防止这种超调。

图中显示了当CL4145电路通过6英尺(2m)24AWG双绞线连接到24V电源时产生的波形。图a是2.2 μ F输入端的陶瓷电容器的瞬间响应。输入电压高达35V，输入电流峰值为20A。

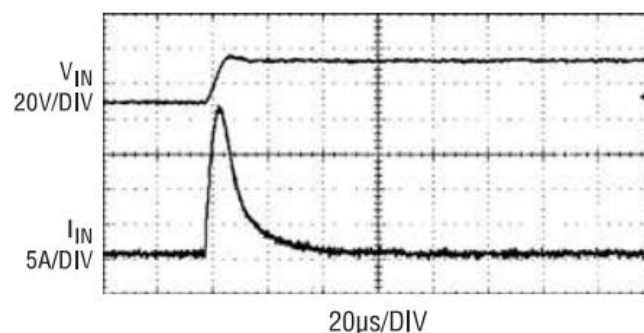
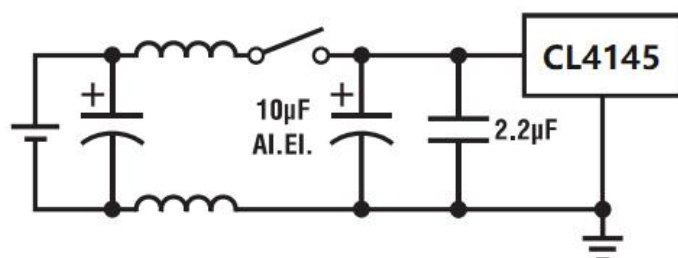
改善和预防此问题影响的一种方法是在电路中添加另一个带有串联电阻器的电容器。在图b中增加了一个铝电解电容器。这种电容器的高等效串联电阻产生的阻尼，可以消除电压过冲。额外增加的电容改善了输入纹波，可以稍微提高电路的效率，尽管它可能是电路中最大的元件。

另一种解决方案如图c所示。一个1 Ω 电阻器串联与输入，以消除电压过冲(它也降低了峰值输入电流)。一个0.1 μ F电容改善了高频滤波。这种解决方案比电解电容器更小，也更便宜。对于高输入电压，其对效率的影响很小。

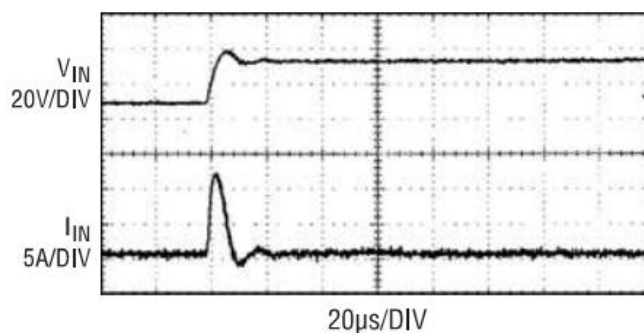
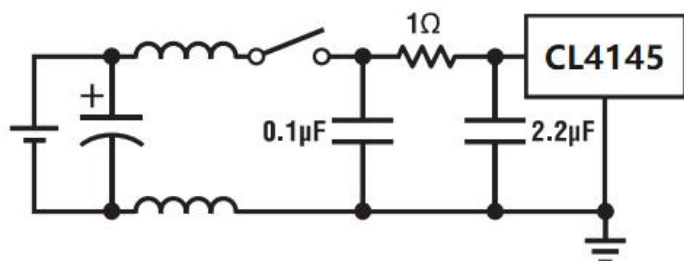
合闸开关模拟热插拔



图(a)



图(b)



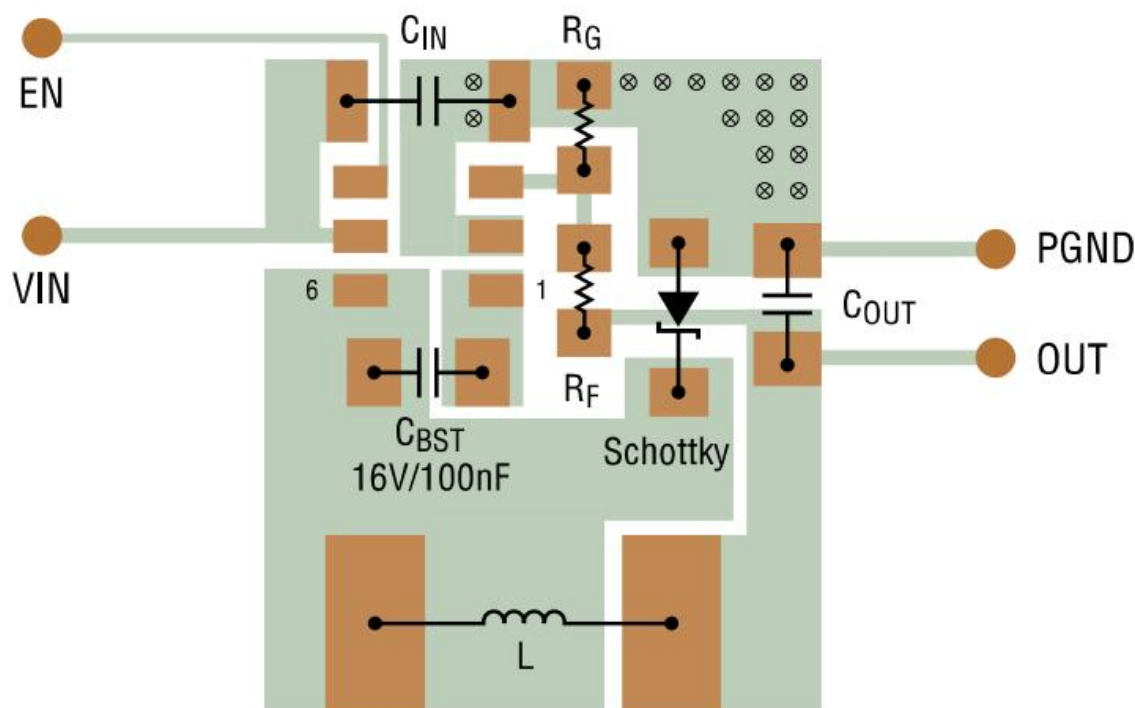
图(c)

参考PCB布局

概述

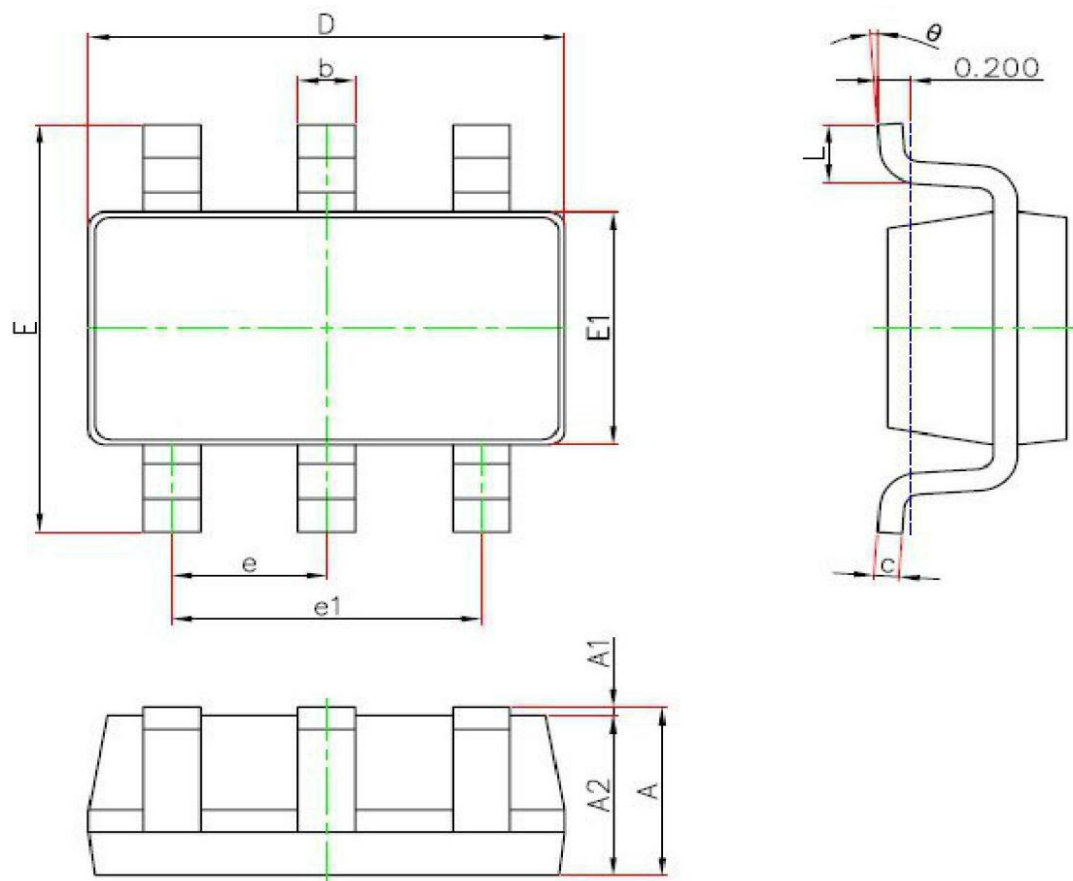
CL4145的高集成度使PCB板布局非常简单和容易。较差的布局会影响CL4145的性能，造成电磁干扰(EMI)、电磁兼容性(EMC)差、地跳以及电压损耗，进而影响稳压调节和稳定性。为了优化其电气和热性能，应运用下列规则来实现良好的PCB布局布线，确保最佳性能：

- 必须将高频陶瓷输入电容 C_{IN} 尽量近距离放在VIN(PIN5)、GND(PIN2)引脚旁边，以尽量降低高频噪声。
- 对高电流路径应使用较大PCB覆铜区域，包括GND引脚(PIN2)。这有助于最大限度地减少PCB传导损耗和热应力。
- 应考虑整流二极管的导通损耗，所造成的热量传导给芯片。可将二极管放置远离芯片，或合理设计热岛。
- 为使过孔传导损耗最小并降低模块热应力，应使用多个过孔来实现顶层和其他电源层或地层之间的互连。
- 应考虑电感所产生的ACR和DCR损耗，所造成的热量传导给芯片。可酌情将电感放置稍远或合理设计热岛。
- FB引脚阻抗较高，引线轨迹应尽量短并且远离高噪声SW节点或屏蔽起来。



PCB 参考布局图

封装说明: SOT23-6L



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	1.050	1.250	0.041	0.049
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	1.050	1.150	0.041	0.045
b	0.300	0.500	0.012	0.020
c	0.100	0.200	0.004	0.008
D	2.820	3.020	0.111	0.119
E1	1.500	1.700	0.059	0.067
E	2.650	2.950	0.104	0.116
e	0.950(BSC)		0.037(BSC)	
e1	1.800	2.000	0.071	0.079
L	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°

- 此处描述的信息有可能有所修改，恕不另行通知。
- 智凌芯不对由电路或图表描述引起的与工业标准，专利或第三方权利相关的问题负有责任。应用电路图仅作为典型应用的示例用途，并不保证其对专门的大规模生产的实用性。
- 当该产品及衍生产品与瓦圣纳协议或其他国际协议冲突时，其出口可能会需相关政府的授权。
- 未经智凌芯刊印许可的任何对此处描述信息用于其他用途的复制或拷贝都是被严厉禁止的。
- 此处描述的信息若智凌芯无书面许可不能被用于任何与人体有关的设备，例如运动器械，医疗设备，安全系统，燃气设备，或任何安装于飞机或其他运输工具。
- 虽然智凌芯尽力去完善产品的品质和可靠性，但半导体产品的失效和故障仍在所难免。因此采用该产品的客户必须要进行仔细的安全设计，包括冗余设计，防火设计，失效保护以防止任何次生性意外、火灾或相关损毁。