48V 600mA 高效同步降压转换器

Check for Samples: ZCC2458

特性

- 宽输入电压范围：4.5V 至 48V
- 提供可调的输出电压选项
- 工作结温范围：- 40°C -- + 125°C
- 高达 97%的效率
- 600mA 带载能力
- SKIP 模式提供极高的轻负载效率
- 支持大负载电容启动
- 安全、可靠运行特性
  - ——集成软启动
  - ——过热和过流保护
  - ——输出短路保护
- 超小型方案尺寸
  - ——小型 SOT23-6 封装
  - ——具有内部补偿，极大减少了外部组件数量
  - ——与 10μF 最小输出电容器配合使用
- 在整个负载范围内具有高效率和低功率耗散

订购信息

Part	Package	Top Mark
ZCC2458	SOT23-6	ZCC2458A

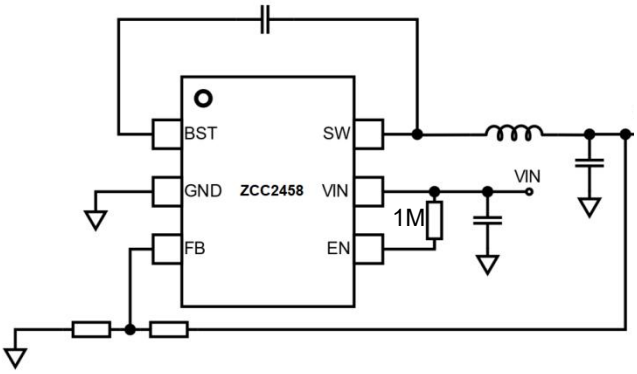
产品简介

ZCC2458 是小型 48V、0.6A 同步降压 DC-DC 转换器，采用 3mm X 3mm SOT23-6 封装，输出电压可通过外部电阻分压器进行调整。ZCC2458 具有低静态工作电流，可在极小带载条件下实现最高效率。

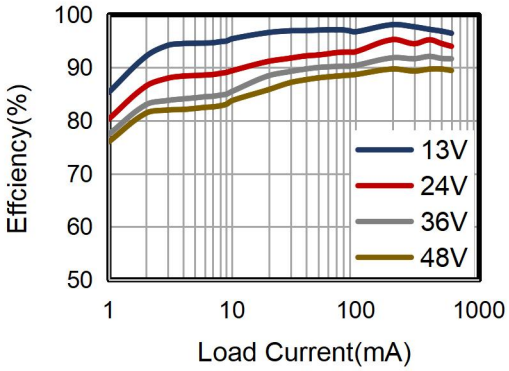
ZCC2458 具有 4.5V-48V 的宽输入电压范围，最大限度地减少了对外部浪涌抑制组件的需求，使其成为宽输入范围工业领域和多节数电池组应用的理想选择。ZCC2458 具有集成式功率 MOSFET，采用具有内部补偿的峰值电流检测模式架构，可提供额定 0.6A 的输出电流能力，并具有出色的负载和输入瞬态响应。

应用

- 系统的前置稳压（跟踪和远程信息处理、网络摄像头）
- 电池备用电源（电表、数据集中器）
- 热电器件电源（TEC、光纤模块）
- 通用电压稳定器和降压转换器



典型应用拓扑



Efficiency（%） VOUT=12V

历史修订记录 (†)

注：以前版本的页码可能与当前版本页码不同

Changes from Rev. A V0. 1 Sept. 2021 **to** V0. 2 Oct 2021	页码
更新了整个文档的图表和表格及其他参数	**ALL**
Changes from Rev. A V0. 2 Oct. 2021 **to** V0. 3 Oct 2021	页码
更新了部分数据	**ALL**
Changes from Rev. A V0. 3 Oct. 2021 **to** V0. 4 Dec 2021	页码
更新了部分数据	**ALL**

- 当前文档为修订版 Rev A V1. 0，本手册相关参数仅对本版本相关指标和描述承认。

封装与引脚排列

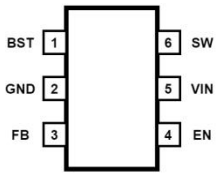


图 5. SOT23-6 PACKAGE REFERENCE TOP VIEW
T_{MAX}=125℃，θ_{JA}=173℃/W

引脚功能

表 6. 1 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
1	BST	自举电路引脚。把高侧 MOSFET 的 Gate 端电压升高，需要在该引脚和 SW 引脚之间连接 0. 1μF 电容器使用。
2	GND	功率地引脚。
3	FB	反馈输入引脚。通过外部电阻分压，将输出端的电压波动反馈回 IC，同时通过电阻分压比设置输出电压值。
4	EN	输出使能引脚。置高使能输出；置低关闭输出 (1)。
5	VIN	电源输入引脚。在该引脚和 GND 引脚之间连接 4. 7μF 或更大的旁路电容进行滤波 (2)。
6	SW	转换器开关节点。外部连接功率电感。

（1）提供的典型应用图及解决方案均将 EN 引脚通过 1M 电阻连接到 V_{IN} 进行上拉。

（2）注意滤波电容的滤波半径，方便起见，尽量将电容靠近芯片放置。

绝对最大值 (1)

温度范围：-40℃——+125℃（除非另有说明）

参数	最小值	最大值	单位
VIN、SW 至 GND 电压	- 0.3	60	V
BST 至 SW 电压	- 0.3	6	
FB、EN 至 GND 电压	- 0.3	6	
储存温度（Storage temperature）T_{stg}	- 65	+ 150	℃
结温（Junction Temperature）T_J	- 40	+ 125	

(1) 如果器件工作条件超过上述“绝对最大值”，可能引起器件永久性损坏。这仅是极限参数，不建议器件在极限值或超过极限值的条件下工作，器件长时间工作在极限条件下可能会影响其可靠性。

ESD 等级

			VALUE	UNIT
V_{ESD}	静电放电测试	Human-body model (HBM), per AEC Q100-002	±2000	V
		Charged-device model (CDM), per AEC Q100-011	±1000	V
		Machine Model (MM), per AEC Q100-003	±200	V

ESD(静电放电）敏感器件。

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量 ESD 时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的 ESD 防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

推荐工作条件 (1)

		最小值	最大值	单位
输入电压	VIN 至 GND 电压	4.5	48	V
	EN 至 GND 电压	2	5	
输出电压	V_{OUT}	0.8	93%VIN	
输出电流	I_{OUT}	0	600	mA
结温	T_J	- 40	+ 125	℃

(1) 推荐工作条件表示芯片在何种情况下可以正常工作，但不代表具体参数性能，详细请参考后文的技术规格。

技术规格

如无特殊说明，V_{IN} = 24V，V_{OUT} = 12V，TA=25℃；最大最小值适用于 -40℃<TA=TJ<125℃

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性（VIN PIN）						
V_{IN_R}	最小输入电压（rising）	上升阈值		4.5	4.8	V
V_{IN_F}	最小输入电压（falling）	下降阈值	3.8	4		V
V_{IN_MAX}	最大输入电压			48	55	V
I_Q	静态工作电流	No Switch		200		μA
I_{SD}	关机电流	EN 置低			1	μA
使能特性（EN PIN）						
V_{EN_R}	EN 上升阈值	T_J = 25℃		1.5	1.8	V
V_{EN_F}	EN 下降阈值		0.6	1		V
I_{LKG_EN}	EN 输入漏电电流	V_{EN} = 6V	0	100	160	μA
电流特性（CURRENT LIMIT）						
I_{SC_HS}	高侧 MOSFET 电流限制		1	1.2	1.4	A
I_{ZC}	过零检测	DCM 模式，轻载		90		mA
I_{SW}	SW 的漏电电流			0.008	0.8	μA
MOS 管特性（MOSFETS）						
R_{dson_HS}	高侧 MOS 管导通电阻			450		mΩ
R_{dson_LS}	低侧 MOS 管导通电阻			470		mΩ
软启动过程						
T_{SS}	第一次 SW 脉冲到 V_{OUT} GD(1)	V_{IN} > 4.5V		0.6		ms
反馈回路						
I_{FB}	FB 漏电电流	V_{IN} = 12V，FB=0.8V		100	120	nA
V_{FB}	反馈电压		775	800	825	mV
开关特性						
T_{ON_MIN}	高侧 MOS 最小导通时间(1)			100		ns
FSW	开关频率			900		KHz
系统特性						
D_{MAX}	最大开关占空比			93		%
热特性						
TSD	热关机(1)			150		℃
TSD_H	热关机的迟滞(1)			25		℃
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

(1) Guaranteed by characterization or design, not production tested

功能框图

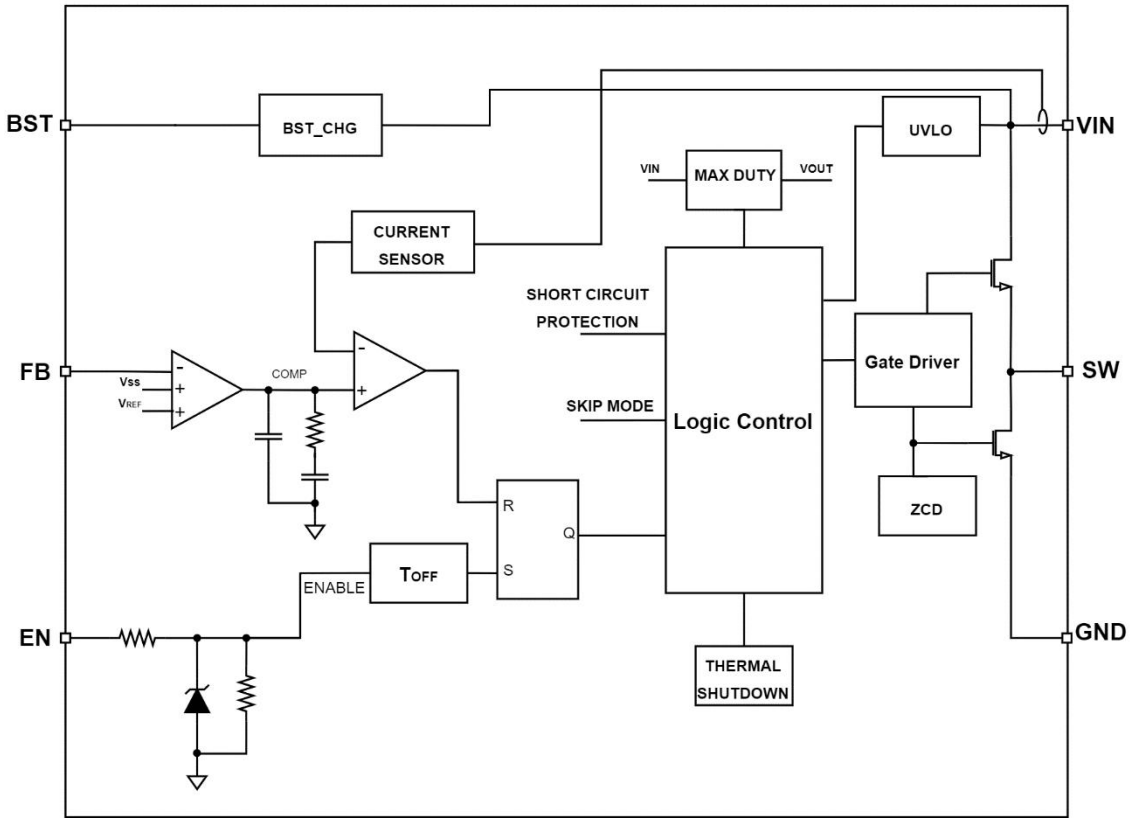


图 11 内部功能框图

典型应用电路图

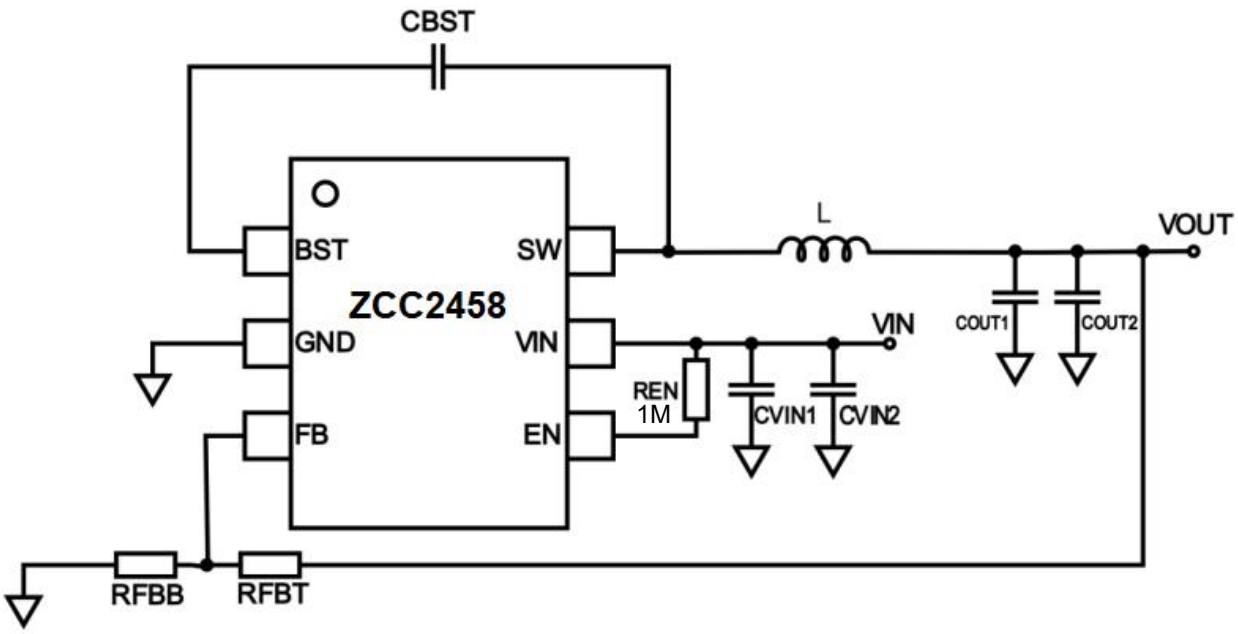


图 12 ZCC2458 典型应用拓扑

表 12 ZCC2458 外部器件取值推荐

VOUT(V)	L（μH）	$C_{OUT1/2}$	$C_{VIN1/2}$ (1)	R_{FBB}(Ω) (3)	R_{FBT}(Ω)	C_{BST} (2)
3.3	10	10μF	4.7μF+100nF	10.7K	33K	100nF
5	22	10μF	4.7μF+100nF	10.7K	56K	100nF
12	22	10μF	4.7μF+100nF	10.7K	150K	100nF

(1) 输入电容推荐使用 X7R 或 X5R 的陶瓷电容，并尽量贴近 IC 放置，详见后文关于输入电容推荐的描述。

(2) BST 至 SW 的电容请选择耐压高于 10V 的陶瓷电容，并尽量贴近 IC 引脚放置。

(3) 当前反馈网络电阻分压比仅为参考值，为了保证输出稳定，在设置输出电压小于 3.3V 时，请确保 R_{FBB} 电阻阻值小于 30K。

应用信息：高效率同步降压开关稳压器（图表 1）

如无特殊说明，V_{IN}=24V，V_{OUT}=12V，T_A=25℃

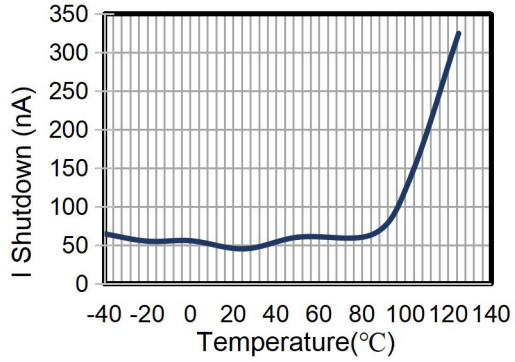


图 13.1-1 Shutdown Quiescent Current

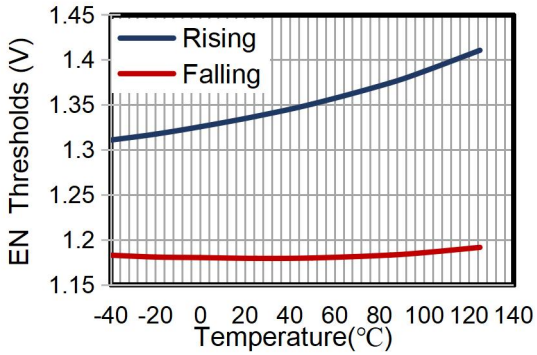


图 13.1-2 EN Threshold

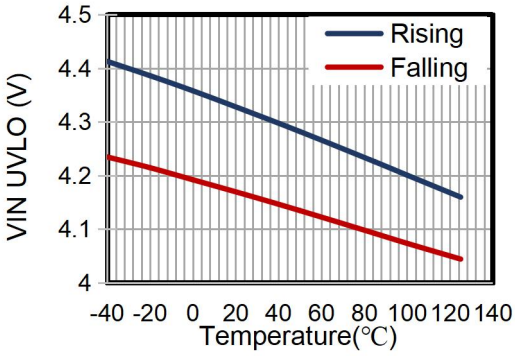


图 13.1-3 VIN UVLO

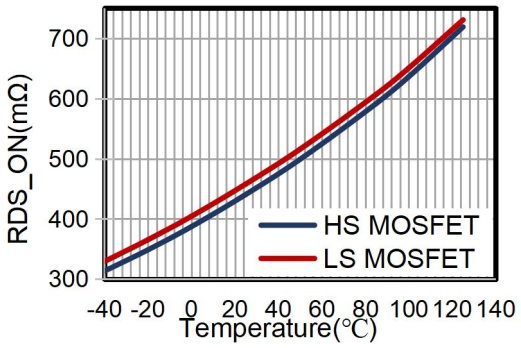


图 13.1-4 High-Side Low-Side RDS-ON

应用信息：高效率同步降压开关稳压器（图表 2）

如无特殊说明，VIN=24V，VOUT=12V，T_A=25°C

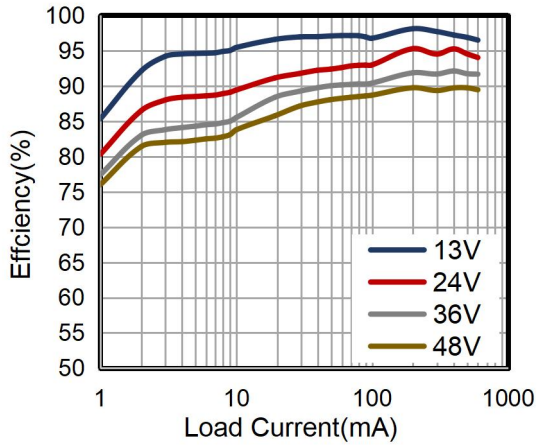


图 13.2-1 Efficiency 12V Output

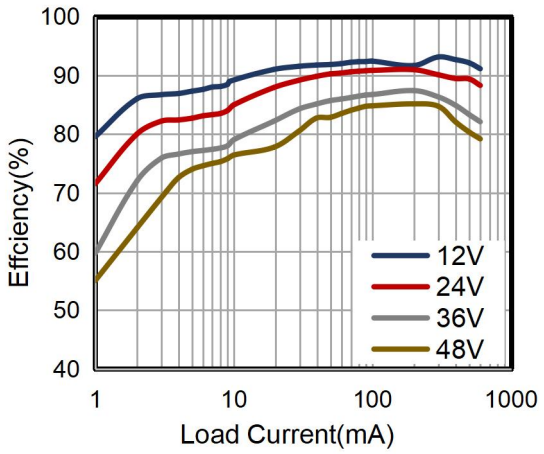


图 13.2-2 Efficiency 5V Output

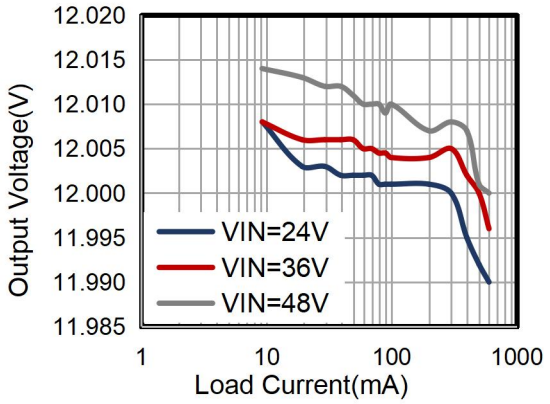


图 13.2-3 Line and Load Regulation

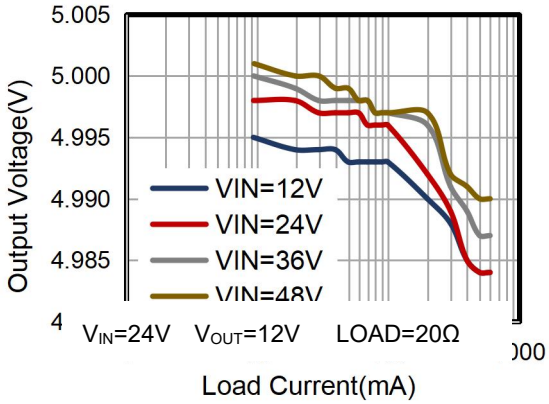


图 13.2-4 Line and Load Regulation

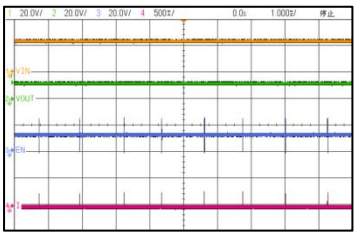


图 13.2-5 Steady State Power Save Mode

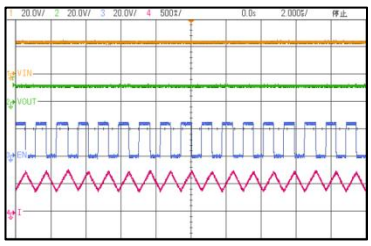
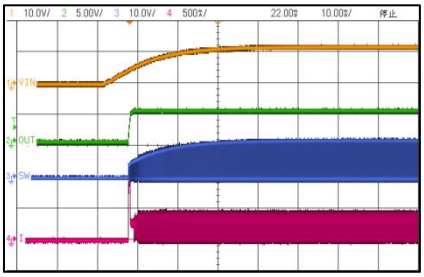
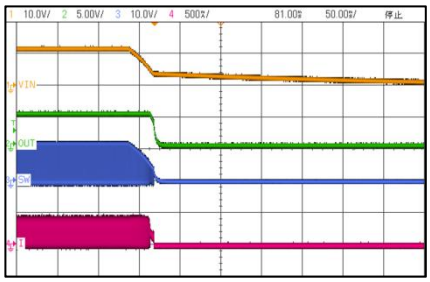


图 13.2-6 Steady State CCM



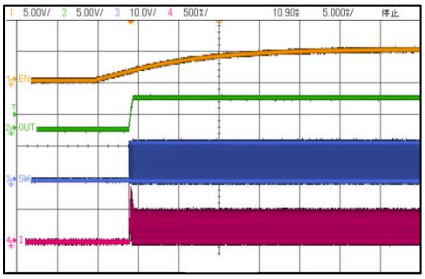
V_{IN}=12V V_{OUT}=5V LOAD=20Ω

图 13.2-13 5V Output VIN Power On



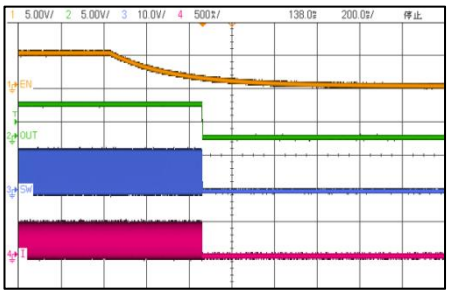
V_{IN}=12V V_{OUT}=5V LOAD=20Ω

图 13.2-14 5V Output VIN Power Off



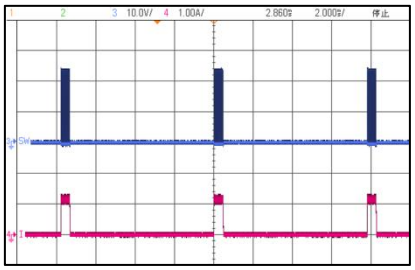
V_{IN}=12V V_{OUT}=5V LOAD=20Ω

图 13.2-15 5V Output EN Power On



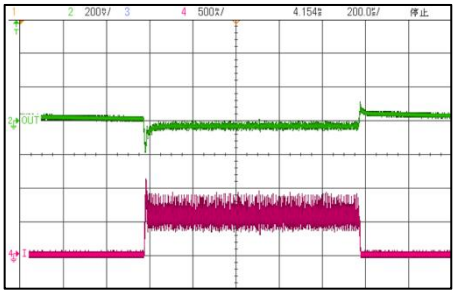
V_{IN}=12V V_{OUT}=5V LOAD=20Ω

图 13.2-16 5V Output EN Power Off



V_{IN}=12V V_{OUT}=5V LOAD=20Ω

图 13.2-17 Short Circuit With Hiccup



0A to 600mA, 5A/μs

图 13.2-12 5V Output Load Transient

特性说明

概述

ZCC2458 是内部开关型的同步降压 DC/DC 稳压器，集成了所有的控制器和保护电路，可以极大降低系统面积。具备 SKIP 控制模式，将快速瞬态响应与高效率相结合。ZCC2458 外置分压网络可设定输出电压，实现宽输入输出范围，以满足广泛的使用需要。

附加功能包括：软启动，热关机，UVLO 欠压锁定，最大占空比限制，和智能电流限制关闭定时器。同时具备短路保护功能，在输出短路情况下避免 IC 过热。

省电模式(Power Save Mode)

除了连续导通模式（CCM）以外，ZCC2458 还具有省电模式，该模式通过暂停开关操作来实现，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。Skip Comparator 通过比较 I_{SKIP} 和 I_{REF} 来管理和切换工作状态，当前电流需求低于 I_{SKIP} 时，比较器控制暂停切换；当电流需求增加时（V_{OUT} 下降），比较器控制激活电流环路进入连续开关模式，使 V_{OUT} 上升，此时 I_{REF} 将会下降，当 I_{REF} 低于 I_{SKIP} 时，再次暂停切换。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 CCM 工作模式下的纹波。

软启动(Soft-Start)

ZCC2458 设置内部软启动。软启动可防止在启动过程中输出电压超调。芯片启动时，IC 内部电路会产生一个软启动电压（V_{SS}），该电压从 0V 开始上升，当它小于内部参考(V_{REF})时，V_{SS} 代替 V_{REF} 作为误差放大器的参考电压；当 V_{SS} 超过 V_{REF} 时，误差放大器使用 V_{REF} 作为参考电压。

在整个启动阶段，开关电流限制依然有效，避免上电即短路的情形发生。当输出有非常大的电容时（例如 2200μF 甚至更大），输出电压上升速度会比 V_{SS} 慢，受限于最大开关限流，从启动到达到目标电压设定值的时间会大于软启动过程的时间。

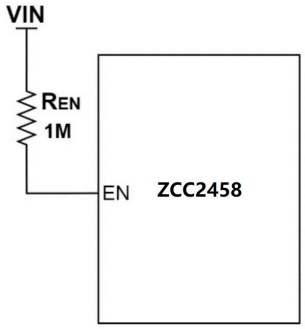


图 14.1 EN 连接参考

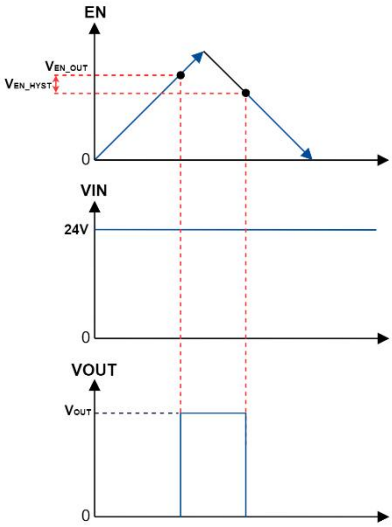


图 14.2 EN 上电掉电表现

EN——IC 使能

EN 引脚的电压控制 ZCC2458 的启动和关闭。当 EN 电压小于 V_{EN_OUT} 时芯片保持低功耗待机状态，此时的输入电流为 30μA（V_{IN}=24V），当 EN 引脚处电压大于 V_{EN_OUT} 时，IC 进入软启动模式。在 IC 关闭过程中，EN 引脚电压下降到 V_{EN_OUT} - V_{EN_HYST} 时，ZCC2458 稳压器停止工作，重新进入待机状态。

如无特殊要求，可将 EN 引脚通过一个 1M 电阻连接到 VIN 上，当 VIN 上电时可同时保持使能打开（注：EN 引脚耐压值为 6V）。

热关机

当结温开始升至 150℃以上时，热关机（Thermal Shutdown）将被激活，系统会强制关闭稳压器输出。当结温降至 130° C 以下时，ZCC2458 将会重新尝试进行软启动。

本器件的保证工作结温范围为-40° C 至+125° C，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：

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

其中 θ_{JA}(单位为℃/W)为封装热阻。

频率折返保护

ZCC2458 内含一个折返(Foldback)模式，当开关占空比非常大，最小关断时间不被满足时将进入折返保护模式，此时开关管以 F_{SW} 的 1/4 倍工作，使得电感电流上升时间大幅降低，电感的放电时间延长。ZCC2458 通过内部集成 Foldback 模式，可以很好的对芯片进行启动和短路保护，防止输出电流过冲。当满足最小占空比要求时，ZCC2458 将退出折返保护模式，重新进行软启动。

最大电流限制

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

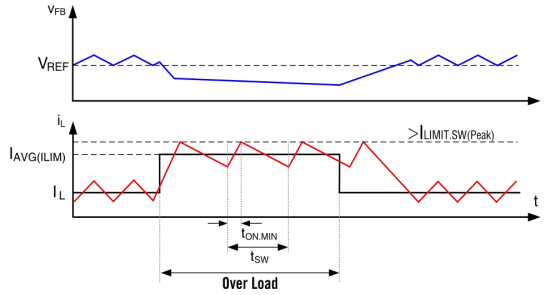


图 14.3 Current Limit

输入欠压保护（VULO）

为了防止芯片在低电压下的误操作，ZCC2458 内部集成一个欠压锁定电路。当 VIN 电压低于低于一定值时，会触发 UVLO 保护机制，关闭稳压器输出。当 V_{IN} 大于 $UVLO_{rising}$ 时会重新启动芯片。UVLO 机制允许 V_{IN} 降低过程中工作在更小电压 $UVLO_{falling}$ 下。

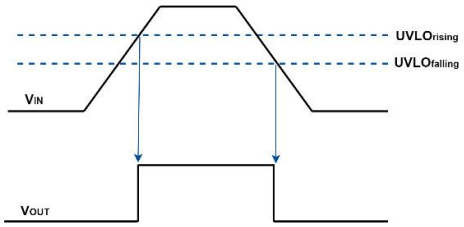


图 14.4 UVLO 上升下降阈值

最大占空比 D_{MAX}

当输入输出压差很低时，BUCK 切换到最大占空比工作状态，此时，高端 N 沟道 MOSFET 处于常开状态，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，输出电压会骤降至调节范围以下。

输出电压 V_{OUT}

ZCC2458 的电压调节回路会将 FB 电压调节至与内部参考电压相同，可以通过改变 R1 和 R2 的电阻比例来调节输出电压大小。电阻分压器从输出节点连接到地，中点连接至 FB 引脚。

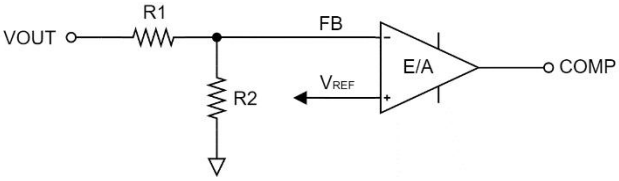


图 15.1 设置输出电压

R_2 可根据以下公式计算：

$$R_2 = \frac{V_{FB}}{V_{OUT} - V_{FB}} \times R_1$$

表 15.1 输出电压配置参考

Vo（V）	R1（kΩ）	R2（kΩ）
3.3	33	10.7
5	56	10.7
12	150	10.7

较大的分压电阻可以减少流过分压网络的电流，提高电压转换效率。但是电阻阻值太大会使反馈回路更容易受噪声影响。建议使用精度±1%或者更好的分压电阻，温度系数 100mmp 或更低，电阻阻值限制在 K 级。

如果 FB 引脚接地或断开，输出电压值会被驱动至输入电压值附近。应注意，此时接在输出的负载可能会损坏。

反馈回路应保持远离 PCB 噪声干扰的地方，可参考后文给出的 PCB 布局参考。

前馈电容 C_{FF}

在某些情况下，前馈电容 C_{FF} 可以跨接在 VOUT-FB 的电阻上来增加环路相位裕度，提高负载瞬态响应。

C_{FF} 的引入可以在反馈回路中与反馈电阻形成新的零点(Z_{FF})和极点(P_{FF})，如果将零点置于出现单位增益的频率之前可以增加频率带宽，使得稳压器输出振铃减小并更快稳定，从而提高系统的瞬态响应。

通常 C_{FF} 的选择值越大可以提供更大的带宽，但是过大的 C_{FF} 会造成环路增益带宽频率过高，导致环路不稳定。C_{FF} 的一般值在 22pF~220pF 之间。

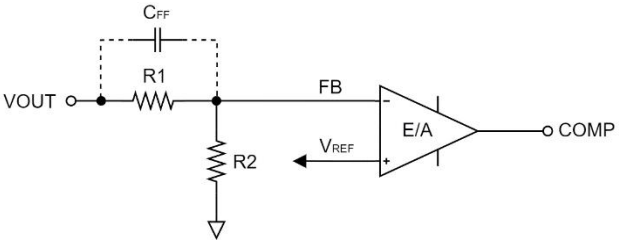


图 15.2 CFF 前置补偿电容

C_{FF} 可根据以下公式估算：

$$C_{FF} = \frac{\sqrt{\frac{V_{FB}}{V_{OUT}}}}{2\pi \times R_1 \times f_c}$$

输入电容 C_{VIN}

ZCC2458 要求使用去耦电容来滤除输入端的噪声干扰。去耦电容典型推荐值为 4.7μF，额定电压必须大于 IC 所要求的最大输入电压，最好应为最大输入电压的两倍[(1)]。该电容的增加可以减小输入电压纹波，并且在负载瞬变时保持输入端电压的稳定。

同时，在输入端与滤波电容并联一个小型 100nF 陶瓷电容有助于滤除高频噪声。小型电容器滤波半径小，应放置在距离芯片尽可能近的位置，以确保其发挥最好的滤波效果。在 ZCC2458 的测试过程中，我们选择了 4.7μF，100V，X7R 和 100nF，100V，X7R 的陶瓷电容器。

（1） 陶瓷电容的直流偏置效应（DC-Bias Effect）使得电容的有效值下降。请尽可能参照所选电容器的直流偏压特性选择合适的电容. 封装尺寸、额定电压和介质材料都会造成额定电容值和有效电容值的差异。

输出电容 C_{OUT}

ZCC2458 允许使用的输出电容值范围比较广，为保证成本和较小的体积，尽量选择合适的输出电容。实际应用中，输出电容会直接影响输出电流瞬态响应时的电压过冲/欠冲和输出电压的纹波。当负载发生瞬态变化时，输出电容需要在环路调节完成前提供电荷，瞬态电压变化值ΔV_{OUT}可由以下公式计算：

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I_{OUT} * ESR$$

其中ΔI_{OUT}表示负载电流的跳变值，ESR 为输出电容的等效串联电阻值。

输出电压纹波由两部分组成：一是电感电流纹波流过输出电容的 ESR 引起的，二是电感电流纹波对输出电容充放电引起的。

$$\Delta V_{OUT-ripple} = \frac{\Delta I_L}{8 \times C_{OUT} \times F_{SW}} + \Delta I_L \times ESR$$

ΔI_L表示电感纹波电流，F_{SW}表示 MOSFET 开关频率

为了在瞬态变化中保持较小的输出电压过冲或欠冲、减小输出纹波，需要电容具有较大的容值和较小的 ESR，这也会使成本和体积增加，选择合适的输出电容至关重要[(1)(2)]。

（1） 输出电容过大也会影响芯片的正常启动和回路稳定性。

（2） 可以直接使用典型应用中推荐的 10μF，100V，X7R 的陶瓷电容，或者将其作为一个选择输出电容值的起点。

自举电容 C_{BST}

ZCC2458 降压驱动器高侧开关驱动电路要求偏置电压高于 VDD，以确保高侧 MOS 管处于开启状态。BST 和 SW 之间的电容 C_{BST} 作为“电荷泵”，将 BST 端的电压升高到 SW+VDD（V_{BST-SW}=5V），为 C_{BST} 充电的导通二极管集成在 ZCC2458 的芯片内部，尽可能最小化使用方案的尺寸。

C_{BST} 推荐使用 0.1μF 电容器，耐压值高于 10~16V。

功率电感 L

对于功率电感的选型主要考虑电感的饱和电流，要基于所期望的纹波电流ΔI_L，即电感中随负载电流变化的交流电流有效值。一般控制在最大负载电流 $I_{OUT-MAX}$ 的 20%-40% 之间。电感值可由以下公式进行计算：

$$\Delta I_L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times D}{L \times F_{SW}}$$

D 表示开关占空比，可用$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$ 近似计算，得到的电感值单位是 μH。

电感饱和电流值必须高于最大的负载电流和纹波电流之和：

$$I_{L-MAX} \geq I_{OUT-MAX} + \frac{\Delta I_L}{2}$$

一般来说，选择电感值较低的电感会具有更小的 DCR，能应对更快速的瞬态响应，使用方案的尺寸更小。但是过低的电感会产生更大的电感电流纹波，从而导致使用同样 C_{OUT} 时的输出电压纹波更大。

经过测试，典型应用中推荐的电感值可以作为使用参考。

参考 PCB 布局

概述

ZCC2458 的高集成度使 PCB 板布局非常简明清晰。较差的布局会影响 ZCC2458 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，进而影响使用的稳定性。为了优化其电气和热性能，请参照下列规则来实现 PCB 布局布线，确保最佳性能：

- 将高频陶瓷输入电容 C_{VIN} 尽可能放置在距离 ZCC2458 的 VIN 和 GND 引脚近的位置，以降低引入到输出引脚的高频噪声，减小 EMI 辐射。此外，保持输入输出电容在所在层上连接到大面积 GND 上。
- 对功率回路最好使用大面积覆铜的方式，使输入输出连接回路尽可能宽，减小传输过程中的损耗，使效率最大化。
- 为增强散热和连接性，可以增加过孔数量来实现顶层和其他电源层或地层之间的互连。请确保 PCB 板有足够的铺铜区域用来散热，使结温保持在 125℃以下。
- 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。
- 反馈电阻 R_{FBT} 和 R_{FBB} 应位于靠近 FB 引脚的位置，将前馈电容 C_{FF} 与 R_{FBT} 平行放置，反馈回路与 FB 和 GND 引脚距离必须近，适当的与 V_{OUT} 距离可以相对放远一些，需要保证反馈回路远离任何噪声源（如 SW 节点）。

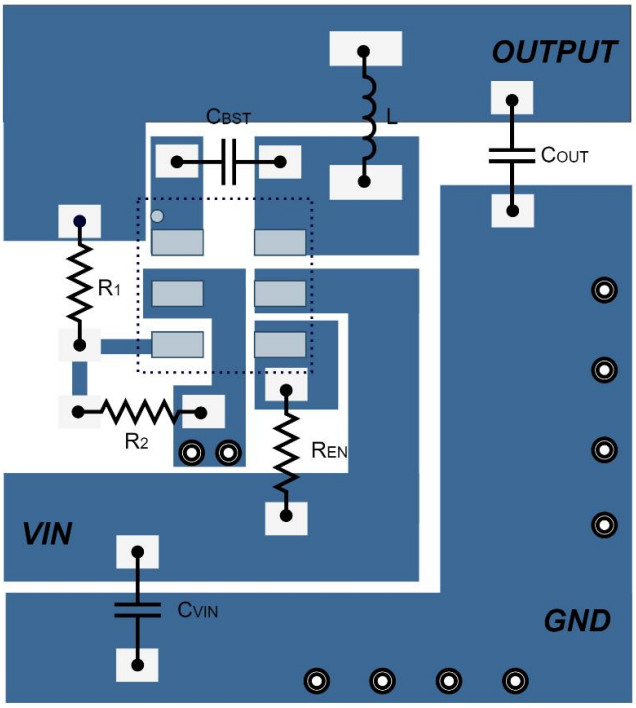
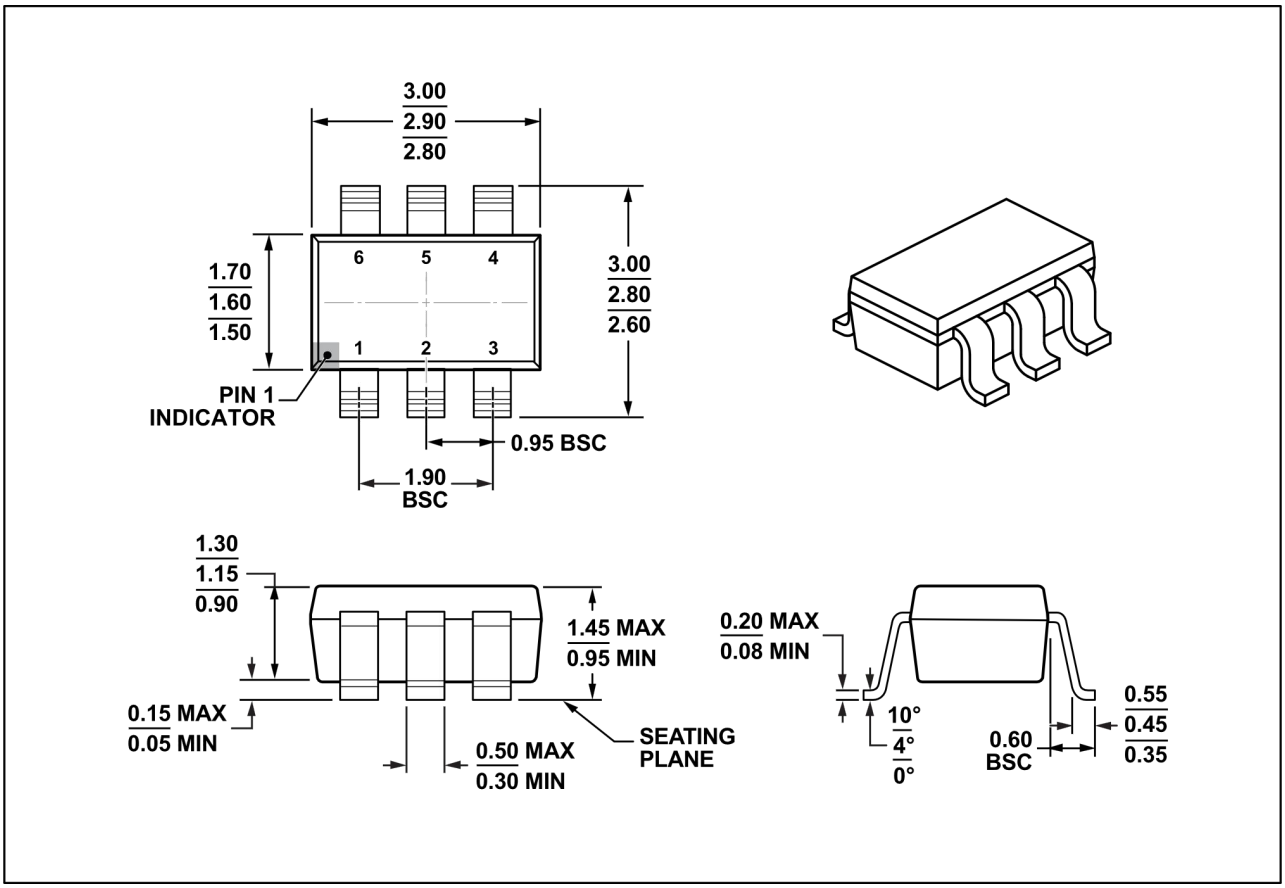


图 16 参考 PCB 布局

封装外形描述

1.45mm 高度 6 引脚 SOT-23 塑封 SOIC

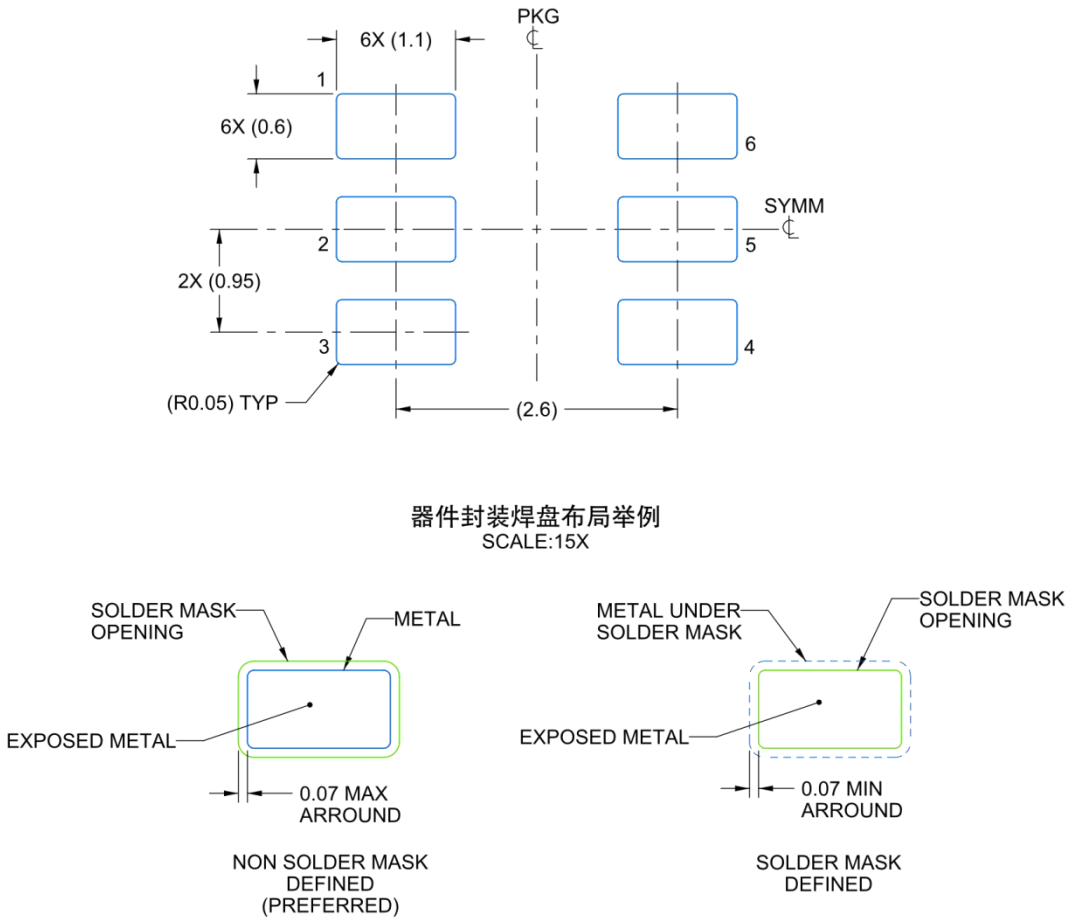


NOTE：

(1) 所有的数据单位都是毫米，括号内的任何尺寸仅供参考。尺寸和公差符合 ASME Y14.5M。
(2) 本图如有更改，恕不另行通知。
(3) 此尺寸不包括塑模毛边，塑模每侧的毛边或突起不超过 0.25 毫米。

器件封装焊盘布局举例

1.45mm 高度 6 引脚 SOT-23 塑封 SOIC

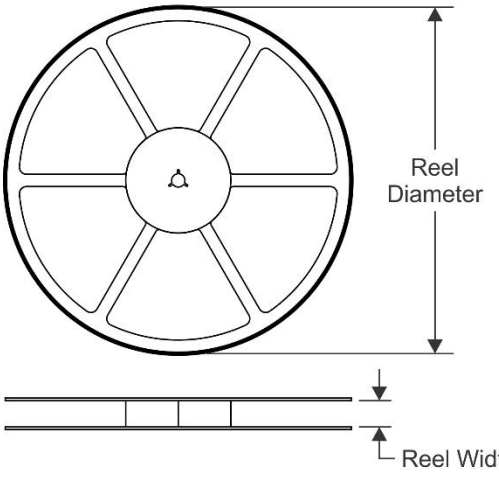


NOTE：

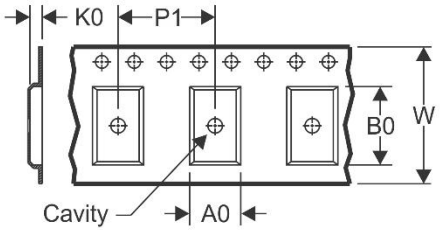
(1) 基于 IPC-7351 依赖于久经考验的数学算法，综合考虑了制造、组装和元件容差，从而精确计算的焊盘图形。
(2) 信号焊盘之间和周围的焊接掩膜公差可能因电路板制造而异。

TAPE AND REEL INFORMALEGEND-SION

REEL DIMENSIONS

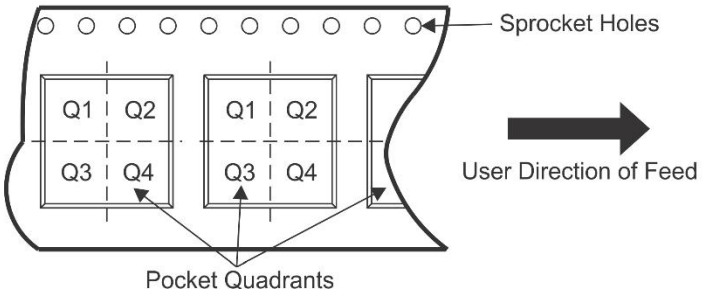


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*ALL dimensions are nominal

Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Width W1(mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
SOT23-6	DBV	6	3000	180.0	8.4	3.2	3.2	1.4	1.4	Q3