

# 利用双充电器实现更快、温升更低的充电

作者: Jeff Falin,

应用工程师, 电源管理电池管理系统高功率充电器

随着智能手机和相机等采用可再充电电池供电的电子产品的功能和功率需求的增长, 其电池的容量也在增加以延长运行时间。利用较高功率的墙上适配器以及可在 5 V、9 V 和 12 V 电压下提供较高电流的 USB 3.x 规范, 增大充电器的输入电流限值以接受额外的功率可为加快充电速度提供更大的充电电流。这也导致了被充电器作为热量耗散掉的更多损耗。历史上, 通过外部 FET 和充电控制器 IC 的谨慎布局使这些损耗经由 PCB 接地平面进行分布。消费者对于体积较小的便携式电子产品的需求迫使 IC 制造商开发具有集成型 FET (I-FET) 和采用较小封装的电池充电器 IC。为了确保这些高电流、I-FET 充电器能在不使 PCB 发生过热的情况下提供设计的充电电流, 在设计的前期阶段即纳入热考虑因素是至关重要的。

便携式设备中的热管理需要谨慎的 PCB 布局。例如, 若想把热量从一个采用具有裸露底部散热衬垫的 QFN 封装中的 IC 移除, 则要求该散热衬垫连接至一个没有热饱和、最好是裸露 (而不是内部) 的铜接地平面。相互靠近且试图使用同一个散热接地平面的过多 IC 会以热量使此接地平面达到饱和状态, 从而导致 IC 发生过热并进入功耗较低的热调整模式 (甚至是停机模式)。

此外, 当印刷电路板 (PCB) 的接地平面处于热饱和状态时, 器件的外壳温度将上升至不可接受的水平。为避免发生这种情况, 应给每个 IC 及其相邻接地平面的一块区域分配一部分热预算。热预算给单个小占板面积、输出电流为几安培的 I-FET 充电器在不使器件外壳升高的情况下所能耗散的热量设定了一个硬限值。

对于具有集成型 FET 的降压型充电器, IC 的效率为:

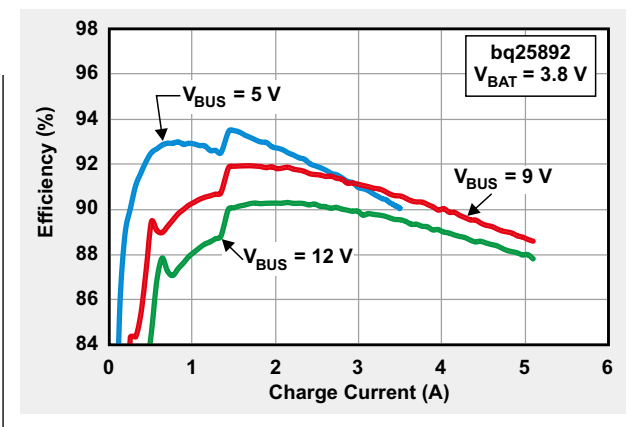
$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{V_{BAT} \times I_{CHRG}}{V_{BUS} \times I_{BUS}}$$

而通过发热产生的损耗为:

$$P_L = P_{IN} - P_{OUT} = P_{OUT} \times \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right)$$

当电流较高时, 该损耗以内部 FET 两端的  $I^2R$  损耗为主。图 1 示出了电池充电器 (如 bq25890) 在不同充电电流和输入电压条件下的效率。

图 1: I-FET 充电器效率示例

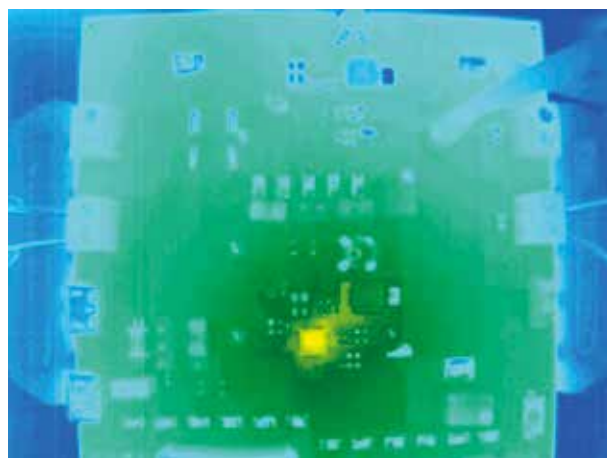


当采用一个 9 V 输入适配器时, 效率为 91% 的电池充电器被设定为向一个 3.8 V 充电电池提供 3 A 充电电流, 产生的损耗为:

$$P_L = 3.8 \text{ V} \times 3 \text{ A} \times (1 / 0.91 - 1),$$

其等于 1.13 W (按热量)。充电器 IC 被焊接在一块具有 2 盎司铜箔的四层、31 密耳厚的 FR-4 电路板上。封装的散热衬垫正确地焊接到顶层接地敷铜并穿过每个内部层和底层上的过孔至地敷铜。所有这些铜都起一个散热器的作用。图 2 示出了一个在 25°C 环境气温条件下 IC 顶部外壳的温升为 16.1°C 的 4 mm x 4 mm QFN 封装的热成像。[接下页]

图 2: 单个充电器工作的热成像 ( $V_{IN} = 9 \text{ V}$ ,  $V_{BAT} = 3.8 \text{ V}$ ,  $I_{CHRG} = 3 \text{ A}$ )



[续上页] 在该热成像中，“凉爽”用蓝/绿色表示，“温暖”用黄色表示，而“较热”则显示为红色至白色。

为图 2 所测试的 PCB 不包含其他的功率耗散 IC，因此铜接地平面近似于一个无限大的散热器且没有达到饱和。这种状态由围绕在 IC 黄色热点周围的蓝色和绿色加以证实。

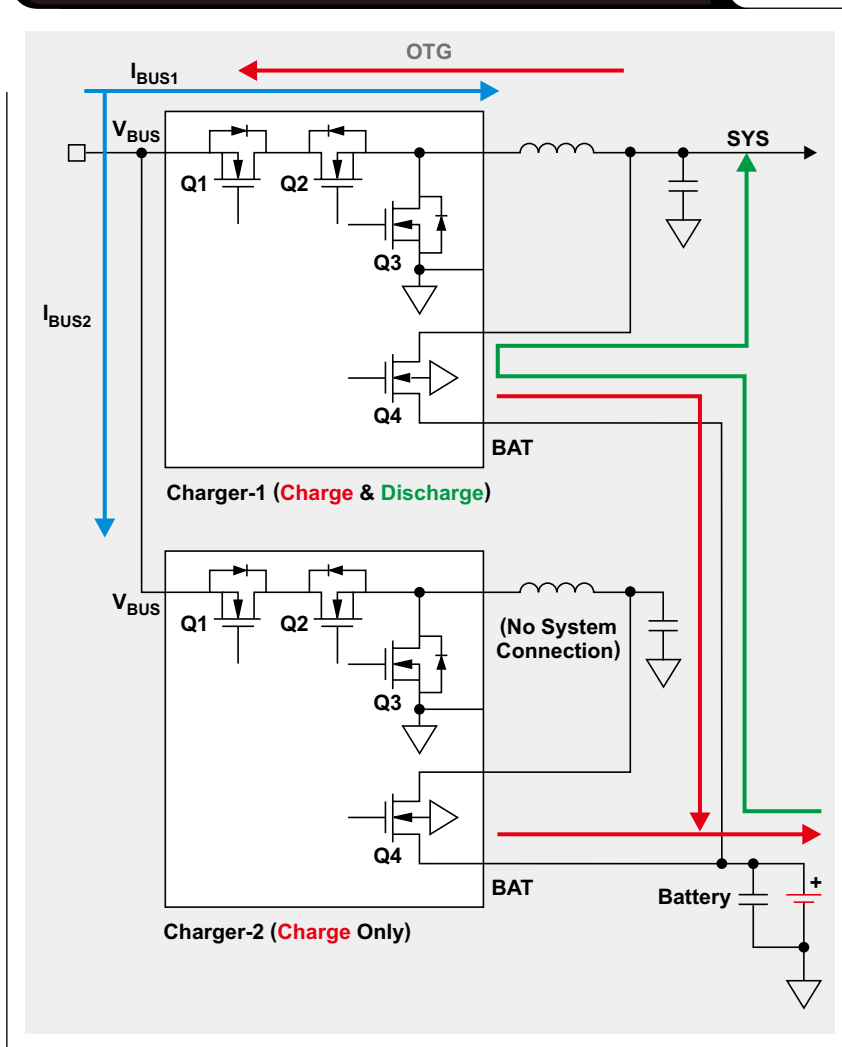
把这同一个充电器的充电电流增大 50%（至 4.5 A）导致了一个 37° C 的温升（相比于 25° C 的环境温度）。该温升或许在某些器件的热预算之内，但超过了其他器件的热预算。

把在 PCB 上进行热分布的相同原理用作一种具有外部 FET 的充电控制器，可以采用两个并联的 I-FET 充电器 IC（其被称为“双充电器配置”）。一般来说，当连接多个并联充电器的电池输出引脚时不存在稳定性问题。这是因为：当处于恒定电流 (CC) 模式时，充电器的电池引脚 (BAT) 具有高阻抗电流源的特征。当处于恒定电压 (CV) 模式时（但远在充电终止之前），电池引脚特征类似于一个低阻抗电压调节器。采用一种并联配置的双充电器 IC 示于图 3。

充电器 1 配置为充电，然而，如果提供一条电源路径的内部电池 FET (Q4) 具有足够低的  $R_{DS(on)}$ ，则该 IC 还提供了通过 Q4 的电池放电。充电器 2 仅配置为充电。如果需要的话，充电器 1 在充电器 2 针对高阻抗模式进行配置之后专门在  $V_{BUS}$  上提供一个 USB On-The-Go (OTG) 5 V 电源轨。即使采用相同的充电终止电压和电流设定值，并具有高的调节准确度，但由于每个充电器的内部基准电压和电流中存在失配，因此一个充电器始终试图在另一个充电器之前终止充电操作。如果两个充电器被设定为相同的充电终止电流，则两个充电器在终止充电时都将有困难。于是，应把一个充电器（通常是充电器 2）的终止电流设定得高于另一个充电器（通常是充电器 1）以实现平稳的充电终止。

当所需的总输入电流很高时（例如：采用一个 5 V 适配器时  $I_{CHARGE} > 5 A$ ），建议采用并联配置以实现最佳的热分布。当两个输入引脚皆连接时，任何一个充电器都不能

图 3：采用并联配置的双充电器 IC



采用用于输入电流限值优化 (ICO) 的控制环路来提取最大的适配器功率，而不在其相互的  $V_{BUS}$  节点上引起环路不稳定性。因此，应把每个充电器的电流限制功能设定在适配器最大输出电流的一半。而且，电感器额定电流也可以减半。

为了防止  $V_{INDPM}$  环路引起不稳定性，并使充电器拥有给系统供电的优先等级，应把充电器 2 的  $V_{INDPM}$  设定得比充电器 1 的高。如果充电器具有一个集成型模数转换器 (ADC) 以提供充电电流以及输入、系统和电池电压的实时测量，主机软件必须连续监视该信息以及环路状态位。主机软件随后必须刷新每个充电器的电流限值和充电电流设定值，以实现适配器功率的最大化并在两个充电器之间平衡功率负载和热负载。

当所需的总输入电流较低（例如， $I_{\text{CHARGE}} < 5 \text{ A}$ ，或者适配器从 9 V 变更为 12 V）且充电器 1 的反向隔离和电流限制 FET (Q1) 具有足够低的  $R_{\text{DS(on)}}$  时，图 4 中示出的级联式配置也许是一种更好的选项。

在级联配置中，充电器 1 负责控制两个充电器的总输入电流。由于可充分利用充电器 1 的  $V_{\text{INDPM}}$  和  $\text{ICO}$  功能来最大限度地增加适配器的抽取功率，因此极大地简化了主机软件开发。如果在 CV 模式中遭遇一个大的系统负载瞬变，则用于充电器 1 的降压型转换器可能承受一个较高的输入电流。因此，必需确定用于充电器 1 的电感器大小以处理适配器的全输入电流。如果可使用同一个充电器系列中具有不同 I<sup>2</sup>C 地址的器件（比如：bq25890 用于充电器 1，bq25892 用于充电器 2），则开发工作将更加容易，因为不需要用于在每个充电器的 I<sup>2</sup>C 通信线路之间进行切换的额外硬件。

当采用与图 2 相同的 PCB 和测试设置时，将级联式充电器（图 4）设定为给一个 3.8 V 电池提供 2.25 A 的充电电流，且效率为 92%。每个充电器的损耗仅为：

$$P_L = 3.8 \text{ V} \times 2.25 \text{ A} (1/0.92 - 1) = 0.74 \text{ W}$$

两个充电器的顶部外壳温度仅上升至比 25° C 环境温度高 17° C，如图 5 中的热敏摄像机成像测试结果所示。在充电电流增大 50% 的情况下，这比图 2 所示的单充电器外壳的温度只高 1° C。

图 4：采用一种级联式配置的双充电器 IC

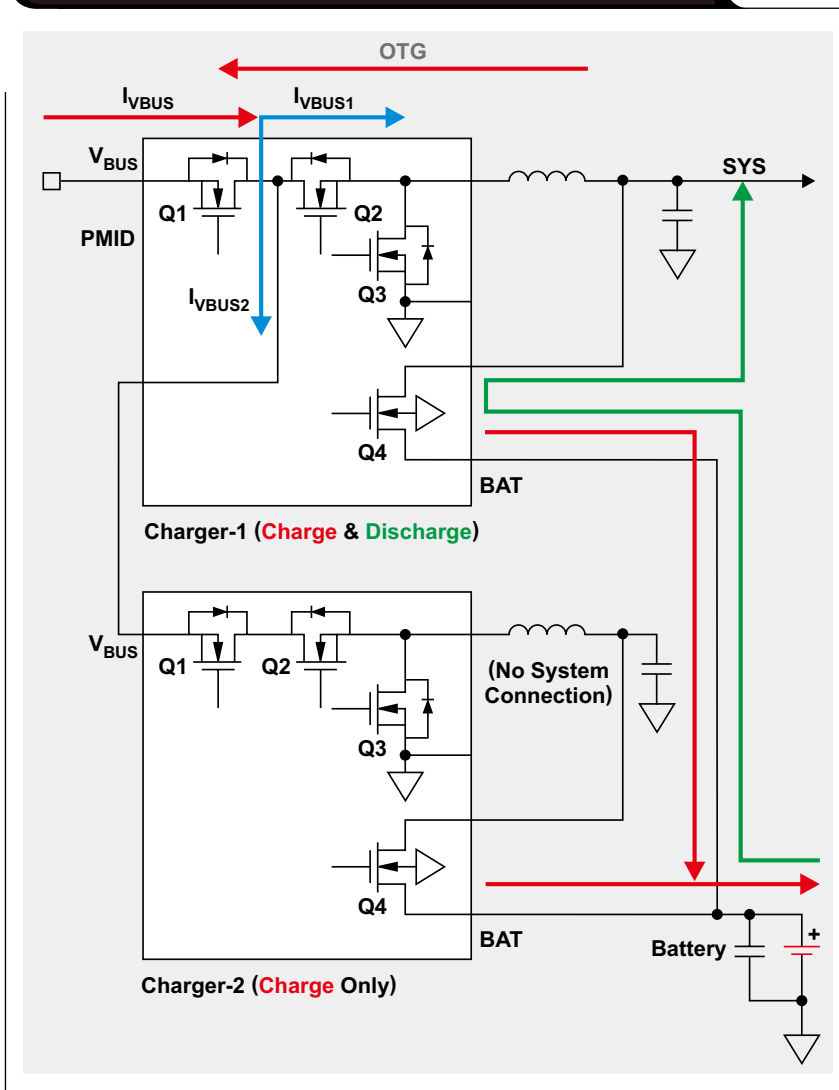


图 5：双充电器工作的热成像 ( $V_{\text{IN}} = 9 \text{ V}$ ,  $V_{\text{BAT}} = 3.8 \text{ V}$ ,  $I_{\text{CHRG}} = 4.5 \text{ A}$ )

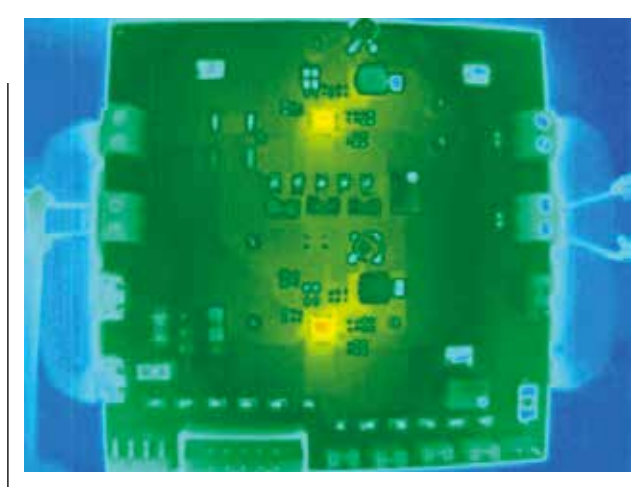


图 6 示出了当充电器从恒定电流调节过渡到恒定电压调节时的典型充电器终止曲线。依照前文的建议，为了实现干净的充电终止，充电器 2 应在充电器 1 之前终止充电操作。

## 结论

大多数电池充电器 IC 都具有一个负责减小其充电电流的热调节环路，旨在避免 IC 遭受过热的损坏。正因如此，对于在保持实际的外壳温度之外尽量增大进入当今高容量电池的充电电流（这将缩短充电时间）而言，PCB 热管理是至关重要的。热管理包括把热预算分配给所有产生热量的 IC、谨慎的 IC 布局、以及 PCB 上的散热接地（用于在不使 PCB 的敷铜和平面发生热饱和的情况下散发热量）。采用 I-FET 双充电器（按照应用的允许，可采用并联或级联配置）能提供更好的散热效果，从而实现更低的 IC 和外壳温度以及更快、温升更低的充电和更长的设备运行时间。

## 参考文献

1. 《双电池充电器 IC 参考设计（采用共源共栅配置进行连接）》，TI Designs 参考设计库，TIDA-00590。

## 相关网站

产品信息：

**bq25890**

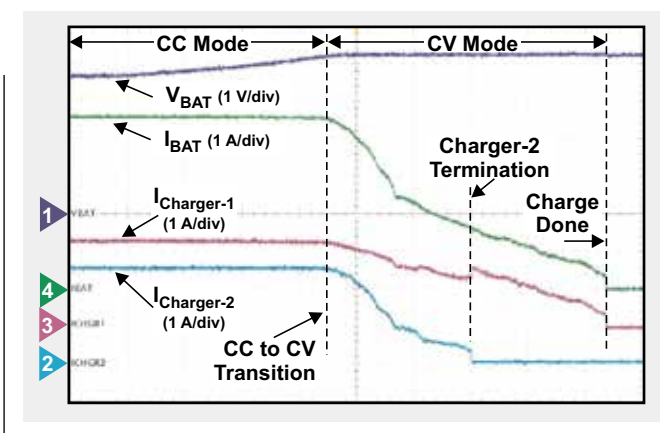
**bq25892**

**bq24715**

订阅 AAJ：

[www.ti.com/subscribe-aaaj](http://www.ti.com/subscribe-aaaj)

图 6：双充电器充电终止曲线



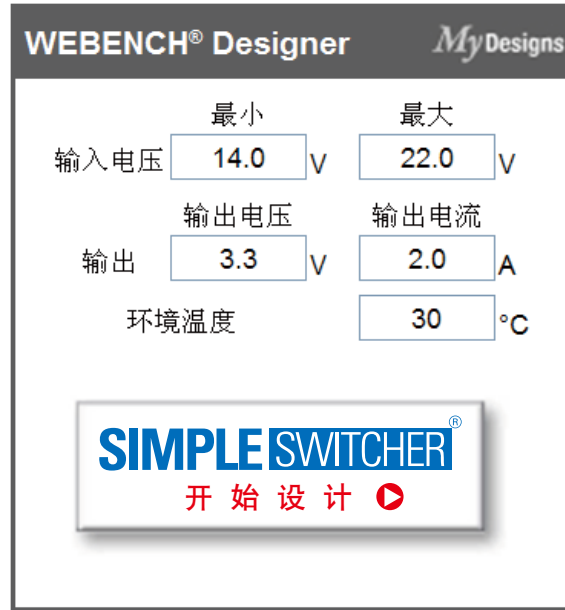
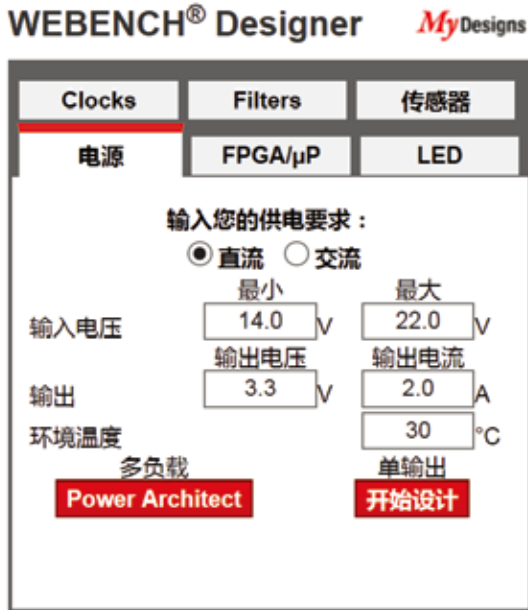
TI Designs 参考设计库提供完整的设计方案，由资深工程师团队精心创建，支持汽车、工业、医疗、消费等广泛应用的设计。在这里，您能找到包括原理图、物料清单、设计文件及测试报告的全面设计方案。登陆TI Designs，找寻更多适合您的参考设计！简单设计，从TI起步。

马上登录 [ti.com.cn/tidesigns](http://ti.com.cn/tidesigns) 查询最适合您的设计文档。



WEBENCH® 设计中心: 易于使用且可提供定制结果的设计工具。  
PowerLab™ 参考设计库, 包含了近千个适用于所有应用的参考设计。  
电源在线培训课程

[www.ti.com.cn/webench](http://www.ti.com.cn/webench)  
[www.ti.com.cn/powerlab](http://www.ti.com.cn/powerlab)  
[www.ti.com.cn/powertraining](http://www.ti.com.cn/powertraining)



德州仪器在线技术支持社区

[www.deyisupport.com](http://www.deyisupport.com)

中国产品信息中心 免费热线:

800-820-8682

TI新浪微博



[weibo.com/tisemi](http://weibo.com/tisemi)

## 热门产品

DAC8760	用于 4-20mA 电流回路应用的单通道、16 位、可编程电流/电压输出 DAC
DAC7760	单通道、12 位可编程电流输出和电压输出 DAC
ADS1247	极低噪声、精密 24 位 模数转换器
ADS1120	具有串行外设接口的低功耗、低噪声、16 位 ADC
ISO7242	四通道 2/2 25Mbps 数字隔离器
ISO7631FM	4kV <sub>PK</sub> 低功耗三通道、150Mbps 数字隔离器
TPS54062	4.7V 至 60V 输入、50mA 同步降压转换器
TLK105L	工业温度、单端口 10/100Mbps 以太网物理层
SN65HVD255	CAN 收发器具有快速循环次数, 可用于高度已加载网络

了解更多, 请搜索以下产品型号:

DAC8760



## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接版权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独自负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2015, Texas Instruments Incorporated