

高功率便携式设备的电池充电注意事项

作者: Tahar Allag, 系统工程师

Wenjia Liu, 应用工程师

前言

过去几十年间, 便携式设备的功能和性能得到了显著提升, 手机就是一个很好的实例。它们已变得更为复杂, 不仅能够完成许多基本任务, 而且还能像计算机一样工作。更多的功能性已经把智能手机从一种只能接打电话的设备变成了多用途便携式设备, 这也使其对功耗的需求空前高涨。

内部电池组是存储电量并为便携式设备电路供电的主电源。电池充电器 IC 负责安全高效地为电池组充电。此外, 它们还必须控制提供给系统的电源, 确保在插入墙上电源时设备能正常工作。电池组需要在不影响重量与体积的情况下, 不仅能存储大量电源, 还能在短时间内完成充电。更高的充放电电流加上更小的物理尺寸, 使得电池组很容易受到物理及热应力的损坏。因此, 电池充电器光作为简单的独立充电器已经不够了。

要确保合理的充电时间和安全的充电条件, 电池充电器 IC 需要具有高度的灵活性, 因为它必须保证随时为系统供电, 并保证为电池和系统提供适当的保护。本文不仅将探讨单体电池充电器解决方案, 而且还将详细介绍小型高功率应用充电器的性能与限制。

单电池充电解决方案概览

充电电池对手机和可穿戴电子产品等电子设备都至关重要。充电电路不仅必须认真设计, 而且很大程度上还取决于三大因素: 电池化学成分、功率级以及系统负载。不同的电池化学成分需要不同的充电方法。应用的电源需求会直接影响充电系统的成本与尺寸。最后, 必须考虑系统电源需求, 明确是选择电源路径还是非电源路径。

锂离子电池正在成为许多便携式应用的首选, 主要原因是: 它们不仅能以较小的尺寸重量提供较高的容量, 而且还具有低自放电与高单元电压 (通常为 3.6V) 的特性, 能够实现只有一节电池的电池组设计。虽然具有上述优点, 锂离子电池也容易受到应力损坏。它们需要特别考虑充电电流、稳压、小电流充电等级以及温度监控等。

基本充电方法有两种: 线性充电与开关模式充电。开关模式充电可在广泛的 AC 适配器电压下最大限度地降低功耗, 但会占用更多的板级空间, 增加复杂性。此外, 开关模式应用通常比相应的线性应用成本高。线性充电器体积较小, 非常适合噪声敏感型设备。不过, 它们在整个充电过程中的效率没有开关模式设备那么高。

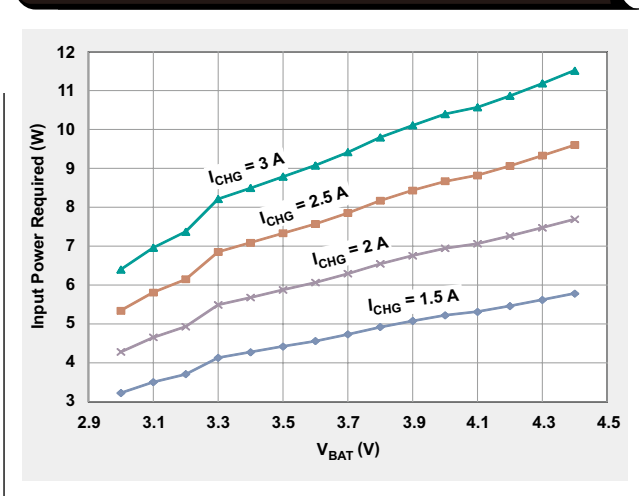
选择充电方法时, 设计人员要根据成本、空间、材料单 (BOM) 数量以及效率 (热负载) 进行综合考虑。系统需求不同, 就会有不同的电池充电器解决方案, 从简单的独立充电器到也可为系统供电的嵌入式充电器都有可能。系统需求包括但不限于:

- 动态电源路径管理 (DPPM) 需求, 可确保系统在电池电量耗尽或断开电池的情况下仍能立即开启。
- 电池与系统路径的低 FET $R_{DS(on)}$, 可确保合格的整体效率与散热管理。
- 高充电电流, 不仅支持大容量电池组, 而且还可缩短充电时间。
- 输入电压动态电源管理 (DPM), 支持任何适配器和 / 或 USB 端口限制。

紧凑型单电池充电器应用 电源要求（适配器限制）

目前大多数智能手机适配器都标定为 5 至 10W 的最大输出功率。图 1 是不同充电电流等级所需的 USB 端口或适配器输入电源。对于 1.5A 的充电电流来说，随着电池电压从 3V 上升到最高电压，所需电源可从 3W 线性上升至 5W。对于 3A 充电速率而言，整个充电周期，输入需要提供高达 12W 的电源。在这种情况下，根据电池充电状态不同，5W 或 10W 适配器可能会毁坏，进而导致系统崩溃。为了避免这种情况发生，充电器要具有某些类型的保护功能来降低

图 1. 不同充电电流所需的输入电源



输入供电。

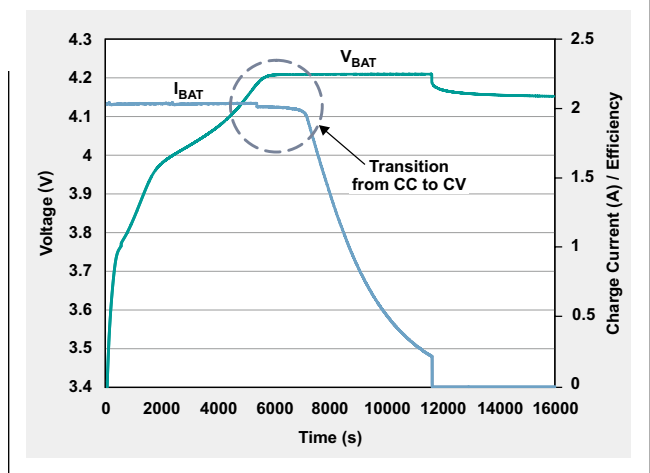
德州仪器 (TI) 的 bq24250 等电池充电器支持动态电源管理 (DPM)，可监控输入电压 (V_{IN_DPM})。在正常充电过程中，如果输入电源不能支持编程的或默认的充电电流，输入电压就会下降。如果输入电压降至设计人员设定的 V_{IN_DPM} 阈值，充电电流就会降低。这可限制输入电源的供电，避免输入电压进一步下降。该特性可在无任何硬件改变的情况下，确保 IC 兼容于具有不同电流功能的适配器。

充电时间

如前文所述，充电时间取决于电池容量和充电速率。缩短充电时间的最简单方法就是加快充电速率。不过，电池充电速率如果超过电池总容量的 80% (0.8C)，就会在电池上产生应力。这会缩短电池使用寿命，可能也会损坏电池组，造成灾难性后果。TI 开发了充电周期的充电时间优化技术，与其它解决方案相比，其可在给定充电速率下缩短充电时间。锂离子

电池的充电周期主要包括三个阶段：预充（小电流）、快充（恒定电流）和逐渐变弱（恒定电压）。不同阶段之间的过渡对许多开关模式充电器来说并不理想。图 2 重点显示了在原有充电器电路中从恒定电流过渡到恒定电压阶段的情况。电压和电流都没有太明显的变化，这种行为会在充电周期中造成时间和功率上的损失。

图 2: 原有充电器（不支持时间优化技术）的充电周期



TI 锂离子电池充电器用时间优化技术改善了这种不同阶段之间的过渡。图 3 显示的充电周期与图 2 采用的电池和充电条件相同。充电时间缩短了 15% 以上。在最新充电器上这种过渡要强烈得多，其在快充阶段的时间更长，而后再转换到逐渐变弱阶段。这就能让电池组以更快速度获得更多电量，从而可在不增加充电速率的情况下缩短充电时间。

图 3: 开关模式锂离子电池充电器的时间优化充电周期

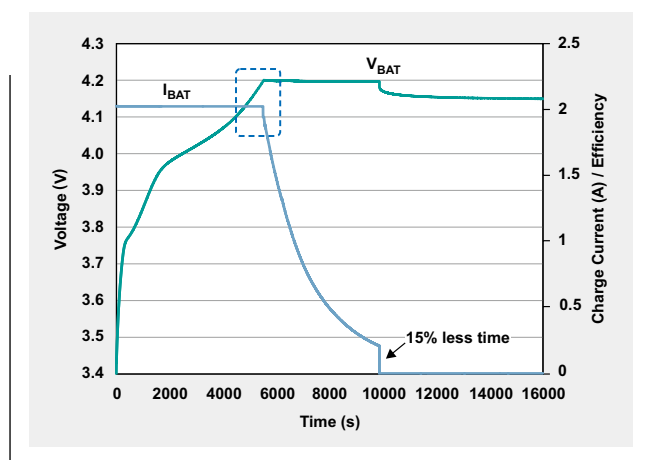
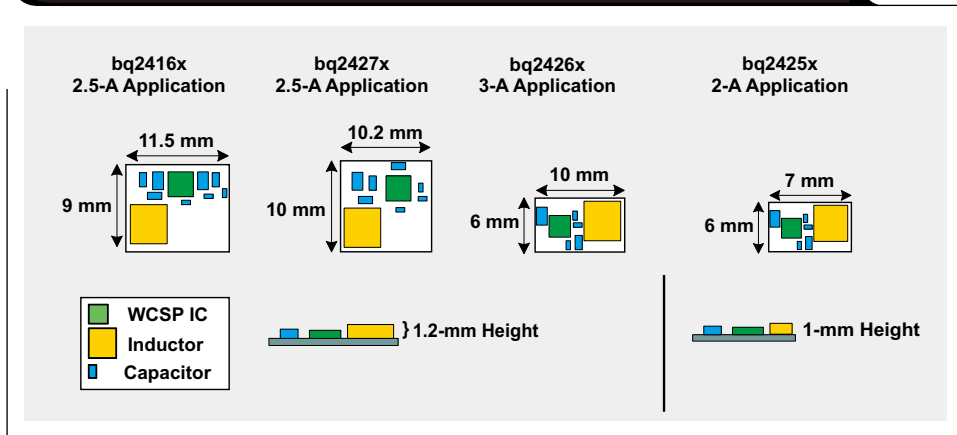


图 4: 适用于不同应用的 DPPM 充电器应用面积



电路板尺寸与 BOM 成本

对较高充电速率来说, 线性充电器就没那么有吸引力了。其在充电周期上降低的效率会在系统上导致热负载。这一点在尺寸受限的电路板和高功率应用中尤为突出。这些条件就推动了对全面集成型开关模式充电器的需求。

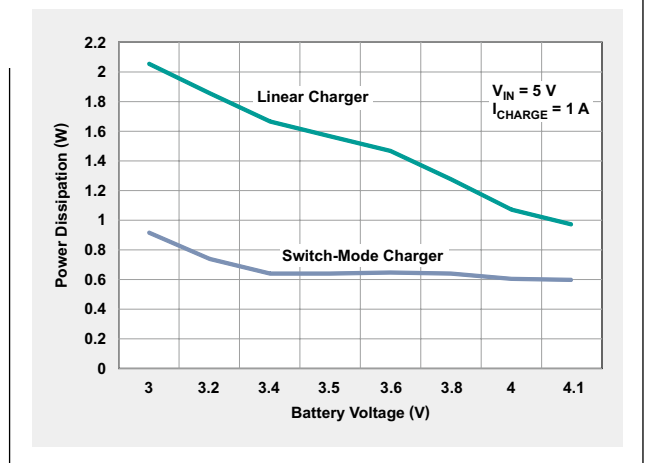
TI 等厂商正在积极推进包络创新, 通过在不影响器件性能的情况下缩减 BOM 成本与电路板尺寸来满足市场要求。例如, bq24250 是一款高度集成的单体锂离子电池充电器及系统电源路径管理 IC, 主要面向采用大容量电池的空间有限型便携式应用。图 4 是提供实际应用面积尺寸的各种器件。举例来说, bq2425x 系列充电器支持高达 2A 的充电电流、经济型 BOM 以及 42 平方毫米的应用面积。

散热性能与效率

缩小充电器面积尺寸会影响整个电路板的散热性能。更少的可用面积可导致充电过程中功耗产生的热量散发空间更小。就给定的电路板面积而言, 唯一降低热负载的办法是提高电源转换期间的充电器效率。更高的效率可带来更低的功耗, 而 IC 和电路板产生的热量也会更少。

在更高功率应用中比较线性充电器与开关模式充电器的功耗时, 线性充电器处于劣势, 因为功率消耗可能非常高, 对于较低电池电压而言尤其如此。这是因为线性充电器采用线性稳压器进行功率转换。另一方面, 开关模式充电在整个电池电压范围内的效率要高得多, 可产生较低的功率耗散。图 5 是线性充电器与开关模式充电器之间的功耗对比。

图 5: 线性充电器与开关模式充电器之间的功耗比较



改善电路板上的充电器散热性能, 选择开关模式充电器而不选择线性充电器是符合逻辑的。降低开关充电器内部集成型 FET 的 $R_{DS(on)}$ 有助于提高大电流下的充电器效率。这是因为大电流情况下大多数开关充电器功耗都是由 FET 的 $R_{DS(on)}$ 造成的。bq24250 锂离子电池充电器集成了功率 FET 与低 $R_{DS(on)}$ 。内部高侧及低侧 MOSFET 的额定电阻分别仅为 $100\text{m}\Omega$ 。这有助于降低从输入到系统输出的功耗。FET 切换至电池的 $R_{DS(on)}$ 仅为 $20\text{m}\Omega$, 这也有助于降低充放电期间的损耗。图 6 提供的 bq24250 系统效率数据可高达 95%。

电池保护与电池使用寿命延长

高功率便携式电子设备的一个主要问题是电池使用寿命周期。电池容量随时间推移的降低可缩短运行时间，严重影响用户体验。延长电池使用寿命周期的一个主要方法是降低充放电过程中的应力。锂离子电池对电池组上过流或过压产生的应力非常敏感。

bq24250 等电池充电器 IC 可调节电池电压，支持 $\pm 0.5\%$ 的室温误差精度。对充电电流而言，该 IC 可在 0 至 125 摄氏度的温度范围内针对高达 2A 的充电电流提供 $\pm 0.75\%$ 误差精度。这种高精度有助于设计人员根据应用需求精确编程电压与电流等级。有了这些精确的充电参数，电池就可在不影响电池使用寿命周期的情况下更积极地充电。这可在维护安全充电解决方案的同时，缩短充电时间。

图 7 是 0 至 126 摄氏度温度范围的 3 种充电电流准确度。对于高达 1.5A 的充电电流而言，产品说明书中显示的误差精度不超过 2%（典型值）。

系统关闭模式 (SYSOFF)

在预售发货存储过程中，电池需要与系统其它部分断开，以免耗尽电池电量。bq24250 电池充电器具有 SYSOFF 模式，其可通过设置来关闭电池 FET，断开电池与系统的连接。在使用 SYSOFF 模式时，电池到 IC 的泄漏电流将降低至 $1\mu\text{A}$ 以下（图 8）。设计人员可对系统进行编程，在终端客户将电源插入充电器时自动退出 SYSOFF 模式。

应用灵活性

在当前竞争激烈的市场上，大多数市场参与者都在不断追求更低成本，以实现更高的利润率与更大的竞争实力。如果能够针对不同产品及多代要求改变相同芯片的使用意图，就会为不同系统设计直接节省成本。此外，这还可缩短应用学习曲线，通过使用已知可行解决方案来避免不必要的风险。

市场正需要集成多种特性的电池充电器系列来为不同应用提供高度的灵活性。例如，如果一款充电器支持宽泛输入电压，它就适用于各种不同的适配器，从而可能会降低库存成本。充电电流的高灵活性可支持充电宝、智能手机、低级充电以及蓝牙 (Bluetooth®) 耳机等应用的更大电流。

图 6: bq24250 锂离子电池充电器的系统效率 — 4.2V 稳压

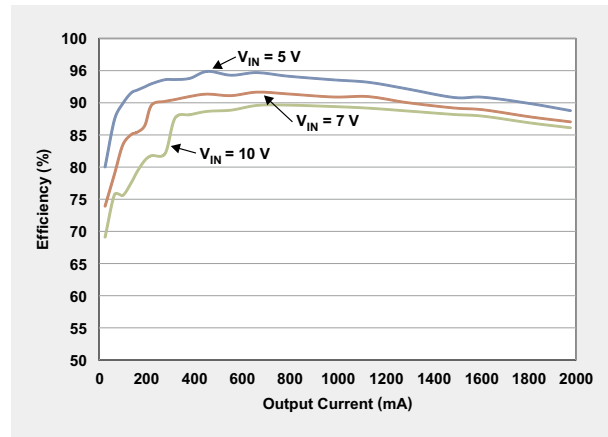


图 7: 不同温度下的充电电流精确度

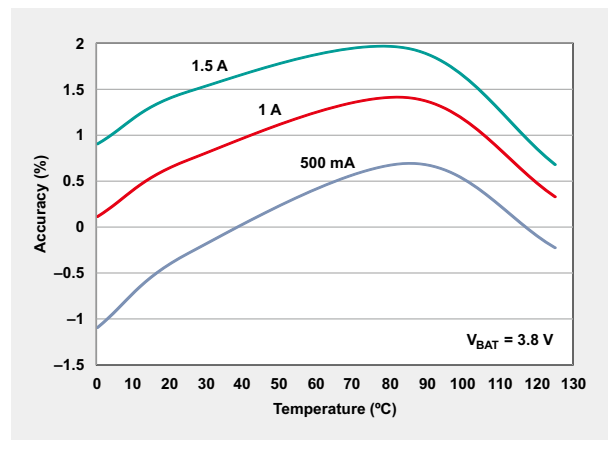
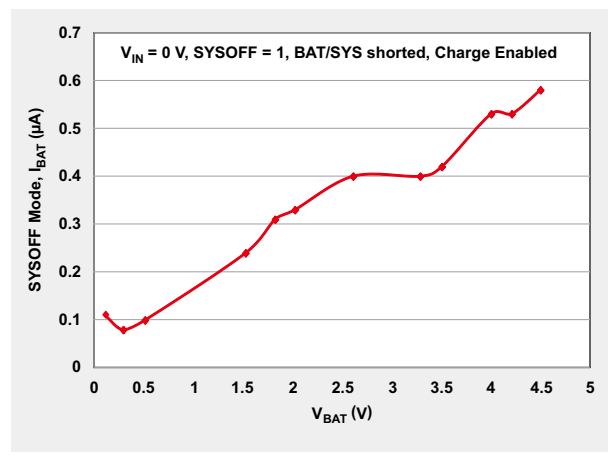


图 8: SYSOFF 模式下的电池泄漏电流



许多充电器提供两种芯片控制方案：I2C 通信与独立式，这允许根据需要调节每个应用。在 I2C 模式下，设计人员可对 VIN_DPM 阈值、充电电流、输入电流限制、稳压和充电结束电平等各种参数进行编程。在独立模式下工作时不需要主机控制，设计人员不仅可使用外部设置来编程以上参数，而且还可利用外部引脚来选择不同输入电流限制级和启用 / 禁用芯片。

符合 BC1.2 标准的 D+/D- USB 检测特性可为实现更稳健 USB 充电提供更高灵活性。过去，USB 充电非常直接，设备直接从 USB 端口为电池供电，没什么控制功能。在今天的高功率应用中，设备需要从 USB 端口获得更大电源，这就需要实施更复杂的标准和协议。此外，随着相同 USB 端口连接器中不同 USB 标准的标准化，能识别可连接设备的类型是一项极具竞争力的实用特性。

结论

高功率便携式设备充电有许多可用选项。目前提供的充电 IC 支持功率路径管理以及可实现更高效率的高充电电流，从而可缩短充电时间，降低热应力并缩小解决方案尺寸。低成本 BOM 加上小尺寸解决方案，可在不影响尺寸与容量的情况下降低器件成本。

参考资料

1. 德州仪器，《2A 单通道输入 I2C / 独立开关模式锂离子电池充电器参考设计》，参考设计，访问：www.ti.com/2q14-tida00048;
2. Tahar Allag 与 James Smith，《使用 bq2425x 的 DPM 特性满足太阳能面板应用需求》，应用报告，2013 年 7 月，访问：www.ti.com/2q14-slua687;
3. Tahar Allag 与 James Smith，《为应用选择最佳 bq2425x 单电池 I2C 独立开关模式电池充电器》，应用报告，2013 年 6 月，访问：www.ti.com/2q14-slua685。

相关 Web 站点

www.ti.com/2q14-bq24250

www.ti.com/2q14-bq24251

www.ti.com/2q14-bq24253

www.ti.com/2q14-bq24257

订阅 AAJ:

www.ti.com/subscribe-aaaj

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 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
www.ti.com.cn/powerlab
www.ti.com.cn/powertraining

WEBENCH® Designer My Designs

Clocks	Filters	传感器
电源	FPGA/μP	LED
输入您的供电要求:		
<input checked="" type="radio"/> 直流 <input type="radio"/> 交流		
输入电压	最小 14.0 V	最大 22.0 V
输出	输出电压 3.3 V	输出电流 2.0 A
环境温度	30 °C	
多负载	单输出	
Power Architect	开始设计	

WEBENCH® Designer My Designs	
输入电压	最小 14.0 V 最大 22.0 V
输出	输出电压 3.3 V 输出电流 2.0 A
环境温度	30 °C
 开始设计	

德州仪器在线技术支持社区

www.deyisupport.com

中国产品信息中心 免费热线:

800-820-8682

TI新浪微博



e.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	极低噪音、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 _{PK} 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 10/100Mbs 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含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,但他们将独力负责满足与其产品及其在其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和与安全相关要求。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,并且由客户独力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	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2013 德州仪器 半导体技术(上海)有限公司

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隐含权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, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 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, 并且由客户独力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	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼邮政编码: 200122
Copyright © 2014, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司