

实现降压型转换器出色 PCB 布局的五个步骤

作者：Chris Glaser

应用工程师

引言

在实现正确的性能与可靠性的过程中，印刷电路板 (PCB) 布局是一项至关重要然而却未得到充分认识的步骤，对于开关模式电源 (SMPS) 而言尤其如此。PCB 布局中的错误会引起多种不当的运行方式，包括了不良的输出电压调节、开关抖动、甚至是器件故障。无论如何应避免诸如此类的问题，因为其修理常常需要更改 PCB 设计。然而，假如在首批 PCB 被订购之前的 PCB 布局过程中投入必要的时间和思考，那么这些隐患是可以轻松规避的。本文介绍了五个简单的步骤，其可确保您的下一款降压型转换器的 PCB 布局具备稳健性，并为原型设计做好准备。

当设计服务器、平板电脑、或电子收款机时，风险最低的最优方法选项是简单地拷贝评估模块 (EVM) 上提供的、并且在产品手册中给出的 PCB 布局示例。然而由于种种原因，这种做法或许并非总是可行的。本文就是专门针对此类场合而撰写的，其详细介绍了一种 5 步程序，可用于设计适合任意 TPS62xxx 集成型开关、降压型转换器的上佳 PCB 布局。通过降低 PCB 布局的难度和减少 PCB 布局所需的时间，内部 MOSFET 和集成型环路补偿电路极大地简化了此类器件的 PCB 布局。通用的 TPS62130A 被用作一个降压型转换器实例，该器件可在所有上述的应用中使用。图 1 示出了一款典型电路的完整原理图。

步骤 1：实施输入电容器的安置和布线

对于任何降压型转换器来说，输入电容器都是其实现可靠操作的最重要组件。因此，在布局过程中其应为 IC 之后首先安置的组件。在安置了电容器之后立即将其布线至 IC，这样在其走线排布的路径中就不会被置入其他的组件。输入电容器端子（电源端子和接地端子）之间以及 IC 的 PVIN 和 PGND 端子之间的额外寄生电感将由

图 1：用于实现 12 V 至 3.3 V 降压的 TPS62130A 电路

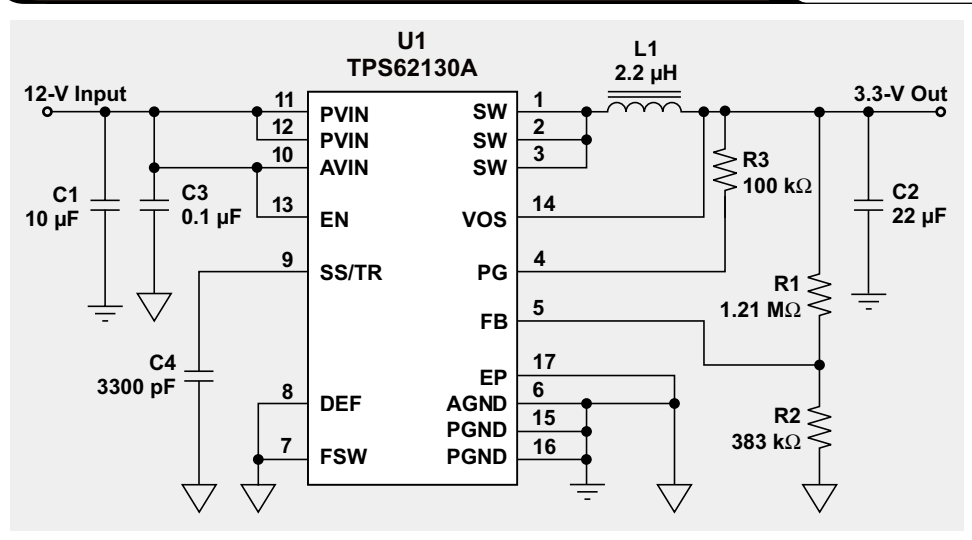
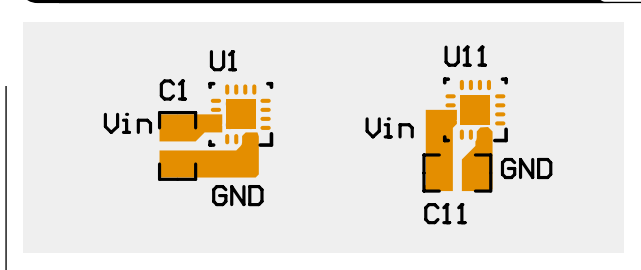


图 2：可减小电压尖峰的 IC 和输入电容器的布局和布线



于开关动作而产生过大的电压尖峰 ($V = L \times di/dt$)。这会导致 IC 故障。

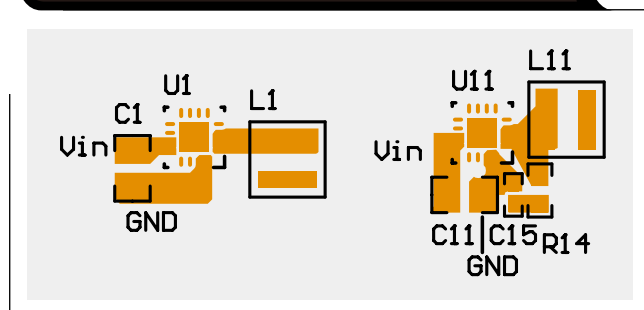
在制造规则允许的情况下把输入电容器布设在尽可能靠近 IC 的地方。利用平面来实现输入电容器端子至 IC 的连接。采用如此宽阔和简短的平面连接方式可最大限度地减小印制线电感。通过增设过孔以连接至系统的输入电压和接地点。这些过孔的增设可在“步骤 5”中进行，因为它们的重要性没有那么高。图 2 示出了输入电容器和 IC 的正确安放和布线。基于 TPS62130A 的引出脚配置 (U1 和 U11)，输入电容器可以有两个安放位置 (C1 和 C11)，因此图中给出了两款电路。IC 的引脚 1 位于右下角。

步骤 2: 实施电感器和 SW 节点减振器的安置和布线

在需要安置和布线的组件中，重要性排在第二位的是电感器和 SW 节点减振器（如果需要的话）。偶尔需要采用减振器电路以通过减缓 SW 节点的上升和下降时间来降低开关模式电源 (SMPS) 的电磁干扰 (EMI)。不幸的是，减缓上述时间将增加开关损耗，从而导致效率下降。由于 SW 节点电压以非常快的上升和下降时间从输入电压摆动至地电位，因此它是 SMPS 中 EMI 的主要产生者。新式 SMPS 往往运用了一些降低 EMI 的方法，因而通常免除了增设减振器的需要。为了有效地降低 EMI，可在这一步为 PCB 布局增设一个电阻 / 电容 (RC) 减振器。这是 SW 和 PGND (GND) 引脚之间布线最短的地方，从而最大限度地降低了其寄生电感^[1]。

如需降低辐射 EMI，则把电感器安放在尽可能靠近 IC 之处，并保持尽可能小的 SW 节点铜面积。连接至 SW 节点的所有铜箔是寄生电容器的一块极板，它的另一块极板则是电路中的每个节点。该电容器是一个噪声耦合路径。通过使 SW 节点很小，可最大限度地压缩电容器极板的面积并减少耦合。根据需要旋转电感器以保持很小的 SW 节点并实现至输出电容器的简易连接（步骤 3）。图 3 示出了在 SW 和 PGND (GND) 之间采用和未采用 RC 减振器 (R14 和 C5) 的情况下电感器 (L1 和 L11) 的正确布设。

图 3: 可最大限度降低 EMI 的电感器和 RC 减振器的布局和布线



步骤 3: 实施输出电容器和 VOS 引脚的安置和布线

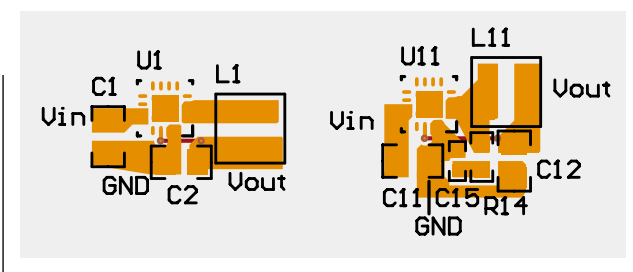
输出电容器的排布是完成功率组件（内部 MOSFET、输入电容器、输出电容器、电感器和任选的减振器）布线工作的最后一步。其为系统中连接至电源接地端的最终组件，而且它所选择的安放位置旨在尽可能地缩短从电感器背部至电源接地的距离。输出电容器布设不当通常会引起不良的输出电压调节。

每种功率组件的安置和布线以尽量缩短它们之间的距离为宗旨。使这些环路面积保持很小可实现 SMPS 的最佳运作。最后，此类组件的布线不应采用过孔，因为过孔

将使印制线的电感显著地增加。在某些特殊的场合中，可以在 SW 节点连接上使用过孔。请参见本文末尾的“特殊考虑因素”部分。

最至关重要的小信号连接是 VOS 输入引脚。VOS 引脚连接不当或存在噪声将引发不良的输出电压调节、开关抖动、在某些场合中甚至是 IC 故障。现在实施 VOS 引脚布线以确保其具有高于其他信号布线的优先级。使 VOS 引脚走线简短并直达输出电容器。由于 TPS62130A 引出脚配置的原因，采用两个过孔和一条专用印制线将 VOS 引脚布线至输出电容器。这为电路中的功率组件赋予了优先级。为了减少噪声拾拾，需将两个过孔与所有其他接线（VOS 引脚和顶层上的输出电压平面除外）隔离开来。不要直接在顶层上进行 TPS62130A 的 VOS 引脚布线，因为这将中断更为重要的 PGND 连接。图 4 示出了针对 C2 和 C12 输出电容器的正确安置和布线，以及底层上的一种良好的 VOS 引脚布线。

图 4: 用于实现良好调节的输出电容器和 VOS 引脚的 PCB 布局和布线



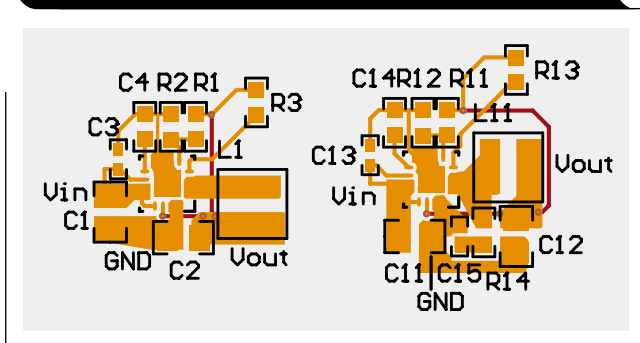
步骤 4: 进行小信号组件的安置和布线

小信号组件包括所有与电源转换没有直接关系的模拟和数字组件。诸如 FB 引脚分压器、软起动电容器及任何小信号去耦电容器（比如：0.1 μF ）等即为此类组件。噪声较高的功率组件及其节点产生噪声，而模拟小信号组件则容易受到噪声的不良影响。应采用简短和直接的布线把所有这些组件布设在靠近 IC 的地方，以使其对噪声的敏感性保持在很低的水平。特别重要的是，必需尽可能地使 FB 节点保持小巧，以最大限度地减少噪声拾拾并提供优良的输出电压调节性能。采用一个公共的模拟接地或者安静的接地 (quiet ground)。应把所有的组件安装在 PCB 的单面之上以实现简易的布线。由于小信号组件的安放和布线不当所引发的常见问题包括输出电压调节性能欠佳、软起动操作出错和器件操作问题。

所有的数字信号（例如：EN 和 PG 引脚电路）在安放和布线的重要性方面是最低的，因此放在最后进行。数字引脚通常具有一个低阻抗驱动源。（接下页）

(续上页) 所需的任何上拉或下拉电阻器一般可沿着信号路径随意布设, 不必安放在靠近 SMPS 的地方。图 5 示出了小信号组件的正确安置和布线: FB 电阻器 (R1、R2、R11 和 R12)、SS/TR 电容器 (C4 和 C14)、AVIN 去耦电容器 (C3 和 C13) 以及 PG 引脚上拉电阻器 (R3 和 R13)。

Figure 5. Layout and routing of digital and small-signal components



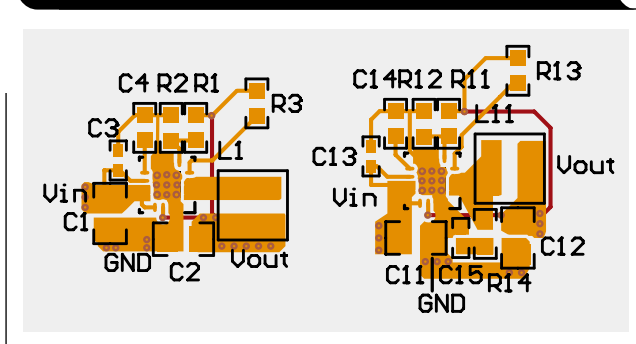
步骤 5: 制作一个单点接地并连接至系统的其余部分

应始终遵从产品手册中针对接地所给出的具体建议。一般来说, 这意味着必需为有噪声的功率组件设立一个接地点, 而为安静的小信号组件保留一个单独的接地点。通过遵循上文说明的建议和步骤, 已经可以满足这一条。接着, 在单个点上把这两个接地接合起来, 这个点通常是位于 IC 下方的裸露散热焊盘 (其也应该连接至地)。参阅图 5, 对于接地点所需进行的唯一“修订”是在 PGND 引脚和裸露散热焊盘之间完整地敷设一个铜平面。TPS62130A 产品手册中则更进一步, 强制要求建立该连接。如果不建立此连接, 则有可能引起与噪声相关的问题, 比如: 输出电压调节性能欠佳, 抑或是数字输入引脚的逻辑电平可能不当。这是由于操作期间接地点之间的电压漂移造成的。另外, 接地点的正确连接还可提供器件的最佳散热效果。

完成了接地之后, 就该是把该电路连接至系统其余部分的时候了。这可以利用过孔来实现, 因为输入电压、输出电压和接地的布线通常是在位于内部 PCB 层的平面上实施的, 以到达各种不同的电路。以接地为起始点, 过孔的最佳布设位置是 IC 的正下方, 这样裸露焊盘就可将其热量向下传导至 PCB 层中。这是实现 IC 的最佳热性能所必需的。另外, 过孔还常常被布设在输出和输出电容器的接地端子上。一般情况下, 建议不要把过孔安置在位于安静接地组件上的系统接地平面中, 因为这会将噪声从接地平面耦合到这些网络中。最好是把这些接地通过布线直接回接至 AGND 引脚, 在该引脚上它们建立一个至裸露散热焊盘的单点连接。

过孔也是把输入和输出电压回接至系统所需要的。最好是把过孔置于电路的外部 (例如: 不要安放在输入电容器和 IC 之间), 以避免妨碍组件之间的关键性布线。就必需的过孔数量而言, 良好的经验法则是: 每安培电流使用一个过孔。不过, 在可用空间允许的情况下, 过孔的数量则是越多越好。图 6 示出了一款完工的布局。

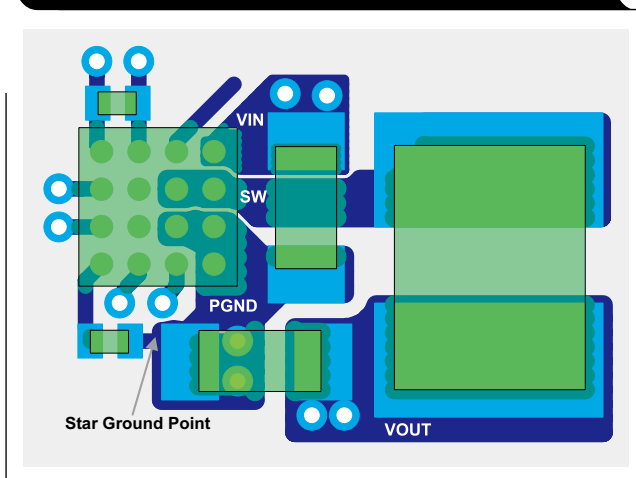
Figure 6. Finished PCB layout and routing with vias and single-point ground



特殊考虑因素

如需了解具体的布局建议和推荐的布局示例, 请始终参阅器件的产品手册。其所提供的指导和示例对于大多数器件的布局而言是足够的。一种会产生某些困惑的布局常常出现在晶圆芯片规模封装 (WCSP) 上, 例如: TPS62360。在许多 WCSP 封装的降压型转换器中, IC 的引出脚配置会将 SW 引脚置于 VIN 和 PGND (GND) 引脚之间。如果遵照步骤 1, 那么输入电容器将阻止接近 SW 引脚, 除非 SW 引脚的布线位于输入电容器的下方。有人觉得这是不可取的, 因为要在小组件 (比如: 输入电容器) 的端子之间布线, 走线就必须相当细。那么这看起来就像图 7 示出的情形。

Figure 7. Recommended layout of the TPS62360 in a WCSP package^[2]



优选的 PCB 布局方法是在输入电容器的下方进行 SW 引脚的布线（图 7）。SW 印制线不仅很细，而且也非常短，因此保持了很小的 SW 节点。这遵循了“步骤 2”的指导，旨在降低 EMI。如果无法排布这样的一根印制线，则使用过孔来把 SW 引脚连接至电感器。在此连接中采用过孔仅仅由于布线的延长而产生了额外的 EMI。然而，这些过孔所增加的电感是无关紧要的，因为该寄生电感与电感器的电感相串联。相比于把输入电容器从其理想位置移开的做法，在此路径中使用过孔是一种更好的选择。

结论

当设计开关模式电源 (SMPS) 的 PCB 布局时，应始终参阅器件的数据表和 EVM 以了解示例和具体的建议。但是，对于那些无法完全遵循这些示例和建议的场合，或者少数未提供示例和建议的情形，遵照 5 个简单的步骤可实现良好的降压型转换器布局：

- 1、实施输入电容器的安置和布线。
- 2、实施电感器和 SW 节点减振器的安置和布线。
- 3、实施输出电容器和 VOS 引脚的安置和布线。
- 4、进行小信号组件的安置和布线。
- 5、制作一个单点接地并连接至系统的其余部分

履行上述步骤将造就一款稳健型设计，可为服务器、平板电脑、电子收款机及任何其他采用降压型转换器的系统提供上佳的性能。

参考文献

1. 作者：Jeff Falin，《最大限度地抑制升压型转换器开关节点上的振铃》，应用笔记，德州仪器，2006 年 9 月。在线版地址：www.ti.com/1q15-slva255
2. 取自 TPS62360 产品手册中第 35 页上的图 52 的布局示例。在线版地址：www.ti.com/lit/slvsau9

相关网站

www.ti.com/1q15-TPS62130A

www.ti.com/1q15-TPS62360

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:

直流 交流

最小 最大

输入电压 14.0 V 22.0 V

输出 3.3 V 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

最小 最大

输入电压 14.0 V 22.0 V

输出 3.3 V 2.0 A

环境温度 30 °C

SIMPLE SWITCHER®

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



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 _{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 10/100Mbps 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

德州仪器及其下属子公司 (TI) 有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的半导体产品和服务进行修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准终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, 并验证这些信息是最新且完整的。所有半导体产品 (本文也指“组件”) 的销售都遵循在确认订单时 TI 的销售条款与条件。

TI 确保其销售的组件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。TI 仅在认为有必要时才采用测试或其它质量控制技术。除非相关法律有强制规定, 否则 TI 没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 没有义务承担应用帮助或客户产品设计。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, 客户应提供充足的设计与操作安全保障措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或使用了 TI 组件或服务的任何产品组合、机器或流程相关的其他 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限做出任何担保或解释。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、担保或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其他知识产权方面的许可, 或 TI 的专利权以及 TI 其他知识产权的许可。

如需复制 TI 产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 不得对内容进行任何篡改, 且须带有相关授权、条件、限制和声明。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遵从其他限制条件。

经销 TI 组件或服务时, 如果经销商对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数之间存在差异或存在虚假成分, 则相关 TI 组件或服务的所有明示或暗含的保修将作废, 且此行为被视为不正当的欺诈性商业行为。TI 不对任何此类虚假陈述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可能仍由 TI 提供, 但其将自行负责符合与其产品及其在其应用中使用 TI 组件相关的所有法律、法规和安全方面的要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的所有专业技术和知识, 可预见故障的危险、监测故障及其后果、降低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攸关的应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些情况下, TI 可能进行特别促销推进安全应用的发展。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相关功能安全标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然受这些条款约束。

TI 组件未获得用于 FDA 三级 (或类似生命攸关的医疗设备) 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 组件才是专门设计用于军事/航空应用或环境的产品。客户认可并同意, 如将不带有该标识的 TI 组件用于军事或航空航天应用, 则风险由客户自行承担, 客户自行负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 特别标示了符合 ISO/TS16949 要求的特定组件, 这类组件主要用于汽车。在任何情况下, TI 均不因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 的要求而承担任何责任。

产品

音频	www.ti.com/audio
放大器	amplifier.ti.com
数据转换器	dataconverter.ti.com
DLP® 产品	www.dlp.com
DSP	dsp.ti.com
时钟与定时器	www.ti.com/clocks
接口	interface.ti.com
逻辑	logic.ti.com
电源管理	power.ti.com
微控制器	microcontroller.ti.com
RFID	www.ti-rfid.com
OMAP 应用处理器	www.ti.com/omap
无线连接	www.ti.com/wirelessconnectivity

应用

汽车与运输	www.ti.com/automotive
通信与电信	www.ti.com/communications
计算机及外设	www.ti.com/computers
消费电子	www.ti.com/consumer-apps
能源和照明	www.ti.com/energy
工业控制	www.ti.com/industrial
医疗	www.ti.com/medical
安防	www.ti.com/security
空间、航空和国防	www.ti.com/space-avionics-defense
视频和影像	www.ti.com/video
TI E2E 社区	e2e.ti.com

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

© 2014 年德州仪器公司版权所有

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	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

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