

提升 TPA3110 无电感式 EMI 性能的电路优化设计

Rocky Chen 陈莹

East China OEM Team

摘要

TPA3110D2 具有出色的音频指标、SpeakerGuard™ 保护功能及采用 EMI 抑制技术™ 等出众的性能，被广泛地应用在 TV、iPhone Docking 等产品中。本文结合 TPA3110 评估板^[1]Layout 设计，详细介绍并定性分析了在无电感方式下提升 EMI 性能的板级 Layout 优化设计，帮助设计者在给定的或不能改变系统 Layout 的环境下，从 PCB 板级设计角度提升 EMI 性能。

内容

1. TPA3110 简介.....	1
2. PCB Layout 优化.....	2
2.1 Groundplane.....	2
2.2 Decoupling Caps.....	2
2.3 RC Snubber.....	3
2.4 Ferrite Bead.....	4
2.5 PVCC.....	5
3. 无电感式 EMI 测试结果.....	5
4. 结论.....	6
参考文献.....	6

1. TPA3110 简介

TPA3110^[2]是一颗15W立体声高效率(90%)D类音频功放，具有先进的EMI抑制技术，允许客户使用低成本铁氧体磁珠满足EMC的要求。可靠性方面，具有Speakguard™功能来限制功率保护喇叭，以及输入端直流检测功能。同时具有短路、过热保护功能。其无电感式典型功能图如下：

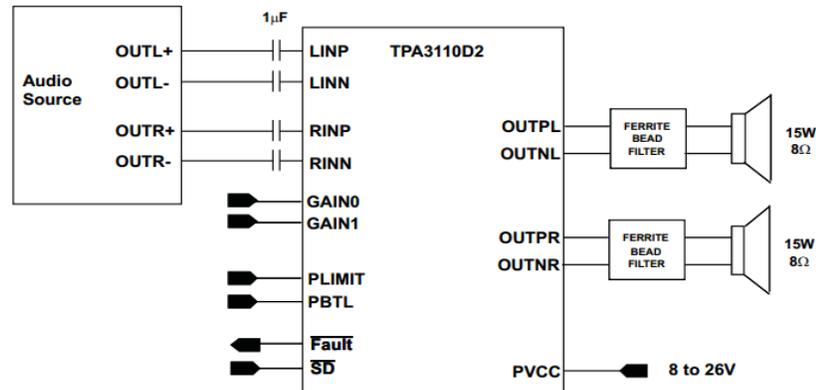


图1，TPA3110典型功能图

该系列目前包括以下器件：

- TPA3110：带有SpeakerGuard™ 的15W Class D立体声功放。
- TPA3113：带有SpeakerGuard™ 的6W Class D立体声功放，与TPA3110管脚兼容。
- TPA3111：带有SpeakerGuard™ 的10W Class D单声道功放。
- TPA3112：带有SpeakerGuard™ 的25W Class D单声道功放，与TPA3111管脚兼容。

SpeakerGuard™ 功能包括Power Limiter（功率限制）和DC Detection（直流检测保护）两种。功率限制可以限制功放输出的最大功率，避免喇叭在超过额定功率时损坏。直流检测保护功能可以避免由于输入级电容损坏或短路造成功放持续输出直流电平烧毁喇叭。

TPA3110系列器件还具有优秀的EMI抑制性能™，这允许用户使用低成本的磁珠来替代滤波电感来得到可以满足EMI测试要求的性能。当TPA3110被设计在整个系统中，其EMI性能和PCB Layout以及系统级Layout紧密相关，实际应用中，基于结构、材料成本等因素，系统Layout的因素往往不易或者无法调整，如电源板与功放板的布局，喇叭线长度等。本文将从PCB角度出发，详细介绍并定性分析了在无电感方式下提升EMI性能的板级Layout优化设计，帮助设计者在给定的或不能改变系统Layout的环境下，从PCB板级设计角度提升EMI性能。

2. PCB Layout 优化

D类功放的EMI性能指标和PCB板级Layout以及系统Layout紧密相关，就板级Layout而言，EMI性能一定程度上取决于D类功放输出的PWM的上升斜率和过冲的幅度，下面将结合TPA3110评估板的Layout设计，详细介绍并定性分析优化和改善PWM的设计技巧。

2.1 Groundplane

PCB板上寄生电感对功率开关电路的EMI性能有着重要的影响，为了得到最小的寄生电感及地间阻抗，

我们需要有一个完整的没有明显分割的地平面，如图2，Groundplane将连接所有关键电路的地，包括TPA3110电源PVCC的高频滤波电容、后端EMC电路、以及IC的Powerpad，这使得他们之间的阻抗以及寄生电感到达最小。从而获得最小的地间阻抗以及寄生电感。

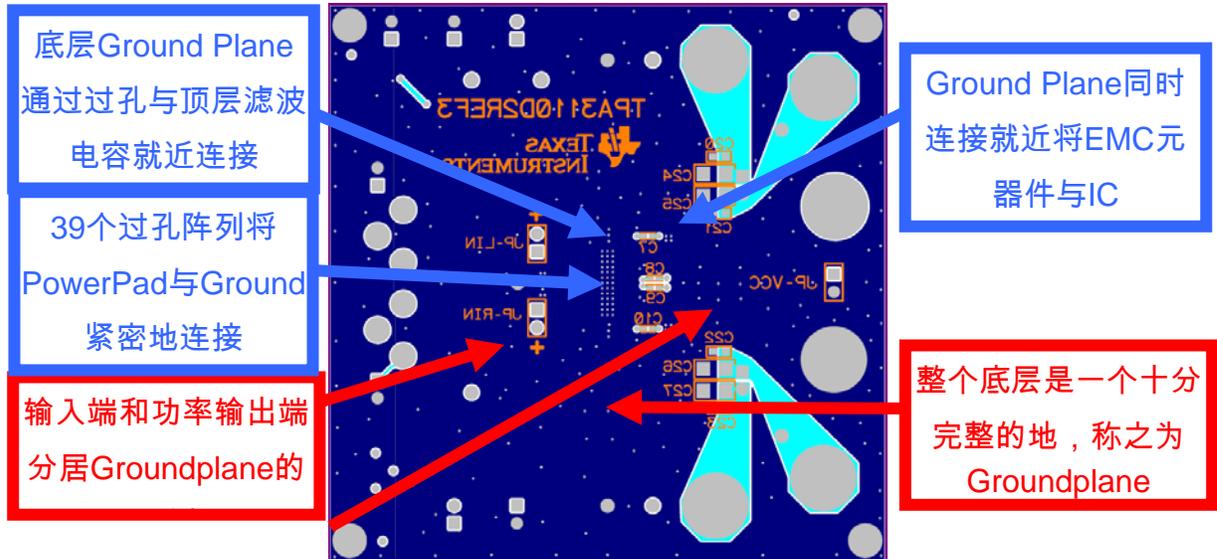


图2，Groundplane的设计

其中Powerpad的过孔阵列，使用的是0.33mm孔径，阵列间间距1mm的设计。

2.2 Decoupling Caps

电源的高频旁路滤波电容的Layout在功率开关电子电路中的起着重要的作用，对于D类放大器的性能有着重要的影响。TPA3110共有2对PVCC电源引脚，每一对都需要一个100nF以及1nF两个高频滤波电容。如图3，Layout时这两颗电容要尽可能靠近电源引脚摆放，其GND通过过孔，就近连接到底层Groundplane上，确保其GND与Groundplane之间的阻抗以及寄生电感最小。高频滤波电容的材质应选取X7R或其以上更好的材质。

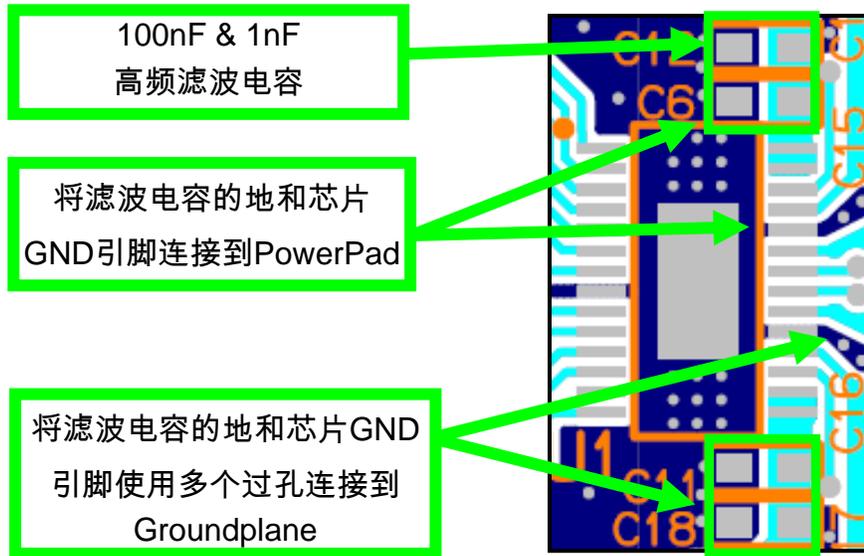


图3, Decoupling caps Layout

图4 为电源旁路电容摆放15mm远与摆放1mm远的PWM输出端过冲的对比，可以看出高频旁路电容的就进摆放以及好的Grounding可以明显减小输出端PWM的过冲幅度，有效的衰减了高频分量的能量，从而达到提升EMI性能的效果。

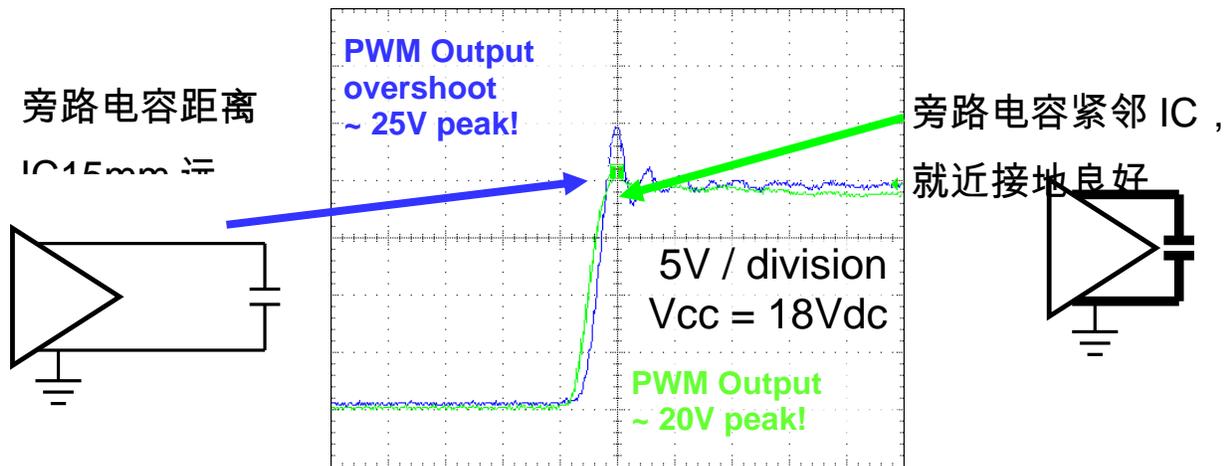


图4, PWM输出端过冲幅度的对比

2.3 RC Snubber^[3]

Snubber作为一种常用的能量吸收回路，有多种拓扑结构，可以改善PWM的过冲幅度、过冲振铃以及PWM的Slew Rate。RC Snubber是其中一种拓扑简单，可以在一定程度上有效减缓PWM的Slew Rate，从而在源头提升EMI的性能。图5为典型的TPA3110使用的RC Snubber电路。

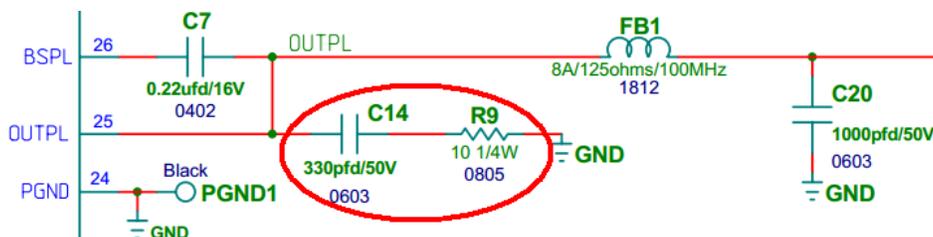


图5，RC Snubber电路

其中R起到降低C的并联谐振以及一定的限流作用，其值不易过大，过大会削弱Snubber的作用，典型值范围在10~50欧姆之间。在C的选择上，过小Snubber的作用不明显，过大会增加系统功耗以及发生短路的风险，用户需谨慎配合R来调整C的值，C的典型值为330pF。

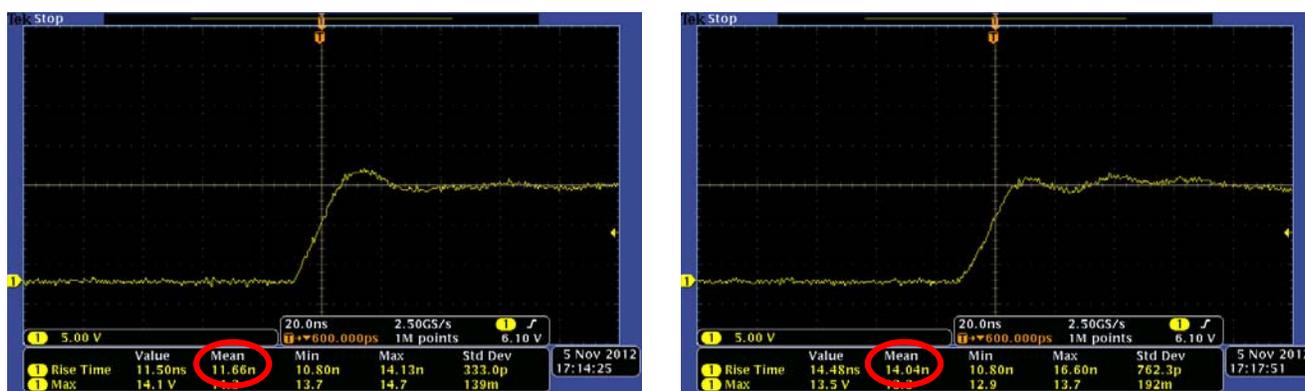


图6（左），没有Snubber时PWM的Rise Time为11.66ns；

图6（右），Snubber为330pF/10ohm时PWM的Rise Time为14.04ns

如图6所示，无电感式TPA3110评估板上，没使用Snubber时，PWM的上升时间（均方根值）为11.66ns；当使用330pF、10ohm的Snubber电路后，PWM的上升时间减缓为14.04ns，从而降低高频分量的基波频率，提升EMI性能。需要注意，引入Snubber会增加额外的功耗，C在的充放电过程中的功耗会消耗在R上。功耗估计公式为^[4]为：

$$P_{LOSS} = f * C_s * V_{CS}^2$$

以图7为例， $P_{LOSS} = f * C_s * V_{CS}^2 = 310 * 10^3 * 330 * 10^{-12} * 12^2 \approx 10mW$ ，用户在选取电阻的时候应注意其功耗指标。

2.4 Ferrite Bead

Ferrite Bead EMC滤波电路由铁氧体磁珠和高品质陶瓷电容组成，它可以有效的抑制高频能量，良好的Ferrite Bead电路设计、元器件选取可以帮助设计者进一步优化无电感式的EMI性能。

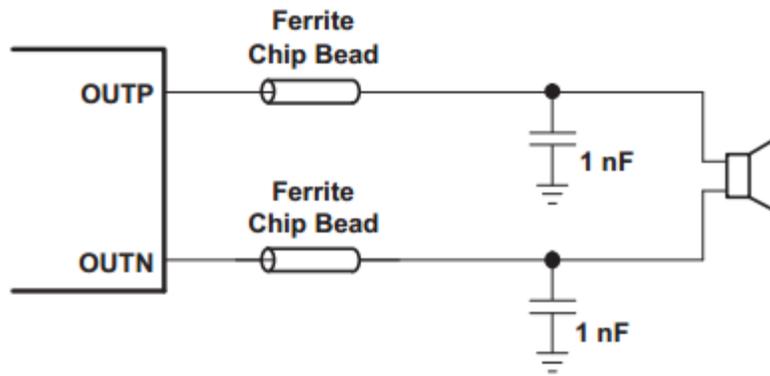


图7，铁氧体磁珠滤波器

为了获得好的EMI效果，PCB layout时，应遵循以下原则，

- (1) 此电路尽可能靠近IC输出端，减少寄生电感对EMI的影响
- (2) 电容的地引脚通过多个过孔连接到Groundplane，保持接地良好

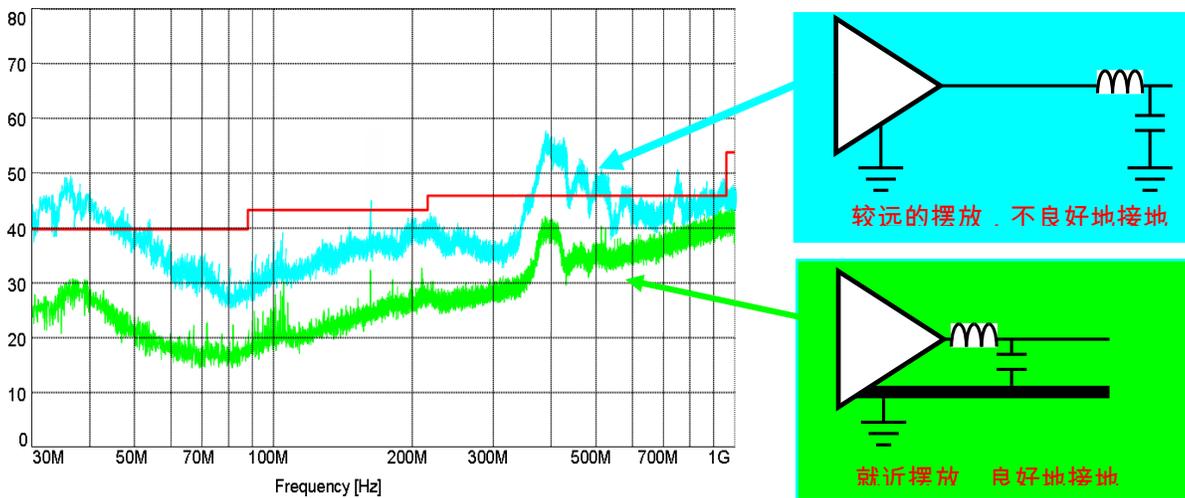


图8，滤波电路Layout对EMI性能的影响

同时关于Ferrite Bead的选型应注意以下几个方面：

- (1) 材质选取时，应选择有效频率带宽的范围为10M~100M的材质，这个频率范围是D类功放辐射的关键频率范围。
- (2) 其中有频率内阻抗不低于100ohm，由于这个阻抗后Ferrite Bead后面的陶瓷电容构成一个低通衰减，故其高频阻抗越大，高频抑制效果越好。
- (3) 可以承受足够的饱和电流。

高品质电容方面，适当增大其值可以更好的抑制高频能量，改善EMI性能，但是过大，会使静态功耗加大以及触发交流短路的危险，用户需谨慎调整，其典型值为1nF。同时，应注意其材质以及耐压，建议

使用X7R或其以上材质。

2.5 PVCC 设计与走线

在PVCC的电源输入端串联铁氧体磁珠或者电感，可以起到很好的高频隔离和衰减的作用，有效的防止电源端高频噪声和D类功放的高频噪声相互串扰，有助于提升EMI的测试结果。实际当中，可选择成本较低的铁氧体磁珠。PVCC走线方面的基本原则是不破坏Groundplane的完整性，保持获得最大面积的Groundplane，以得到最小的PCB板寄生分量。

3. 无电感式 EMI 测试结果

3.1 测试条件

TPA3110 评估板，12V 供电，输出功率 2x10W，61cm 非屏蔽喇叭线，喇叭（8ohm+68uH），输出端为铁氧体磁珠。

3.2 测试结果

峰值读取距离 FCC Class-B 具有 10dB 以上的余量。

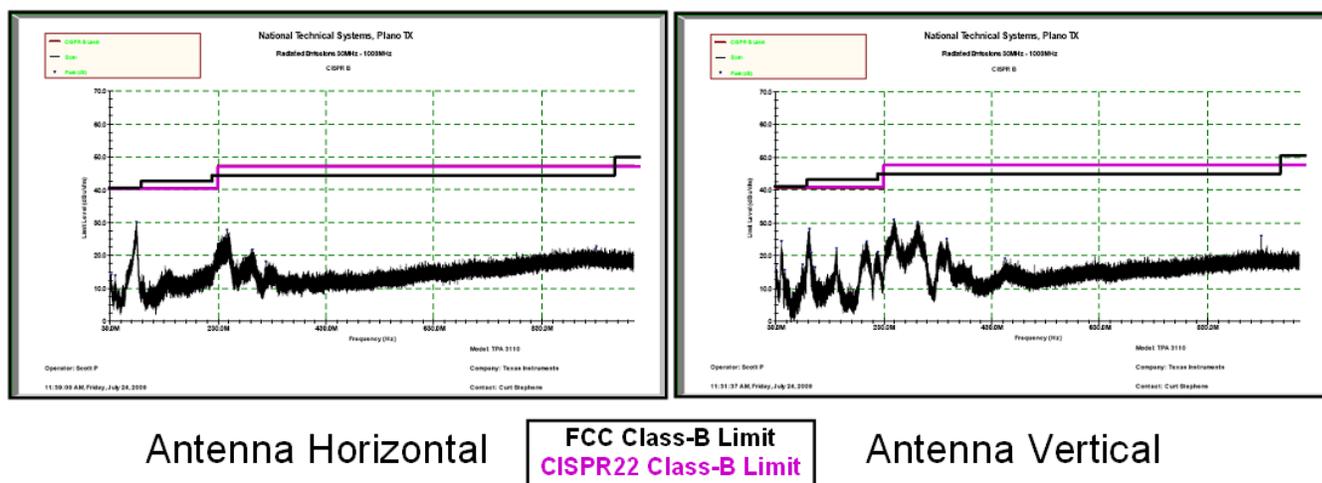


图 9，TPA3110D2 EVM EMI-RE 测试报告

4. 结论

本文从PCB板级设计方面，详细介绍了TPA3110D类功放在使用无电感方式下提升EMI性能的Layout优化设计，外围元器件选取以及参数优化，从源头上改善D类功放的PWM，减小过冲幅度，减缓上升时间（Slow Rate），达到从PCB板级的角度优化EMI性能的目的，帮助设计者在不改变系统Layout（喇叭线长度，电源板走线，系统接地，屏蔽措施等）前提下，获得最优的EMI性能。

参考文献

- [1], TPA3110 评估板使用手册<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ug/slou263a/slou263a.pdf>
- [2], TPA3110 规格书<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/tpa3110d2.pdf>
- [3], Byoung-Kuk Lee, Bum-Seok Suh and Dong-Seok Hyun, "Design Consideration for the Improved Class-D Inverter Topology", in IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 45, NO. 2, APRIL 1998
- [4], Lu Jiming; Wang Dan; Mao Chengxiong; Fan Shu, "Study of RC-snubber for series IGCTs", Power System Technology, 2002. Proceedings. PowerCon 2002. International Conference on Volume: 1

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 © 2013 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司