

德州仪器面向光谱分析的 DLP® 技术

Pascal Nelson

1 德州仪器有什么新动态？

德州仪器 DLP 产品部门推出首款近红外机电系统 (MEMS) 数字微镜器件 (DMD), DLP4500NIR。与此同时, DLP NIRscan™ 平台也已面市, 从而使得开发人员能够设计出新一代的高性能经济实用型光谱分析解决方案。

2 什么是光谱分析？

光谱分析是一种功能强大的非接触式技术, 通过分析不同波长的光在整个光谱中的吸收或反射变化, 可以快速识别物质的成分和相关特性。光谱分析可以支持可见光、红外光 (IR) 或紫外光 (UV) 波长。

光谱分析的工作原理是将光线展开为一个按波段分布的光带, 形成一个类似“彩色”的彩虹 (即使有可能某些颜色并不能被人眼所看见)。这样光线强度与对应波长能被测量和记录。通过对这些记录数据进行分析可以揭示与光线透射、反射或辐射相关的许多物质特性。近红外 (NIR) 和短波红外 (SWIR) 区具有特别丰富的分子振动模式信息, 从而该波长范围特别适合分子光谱分析应用。

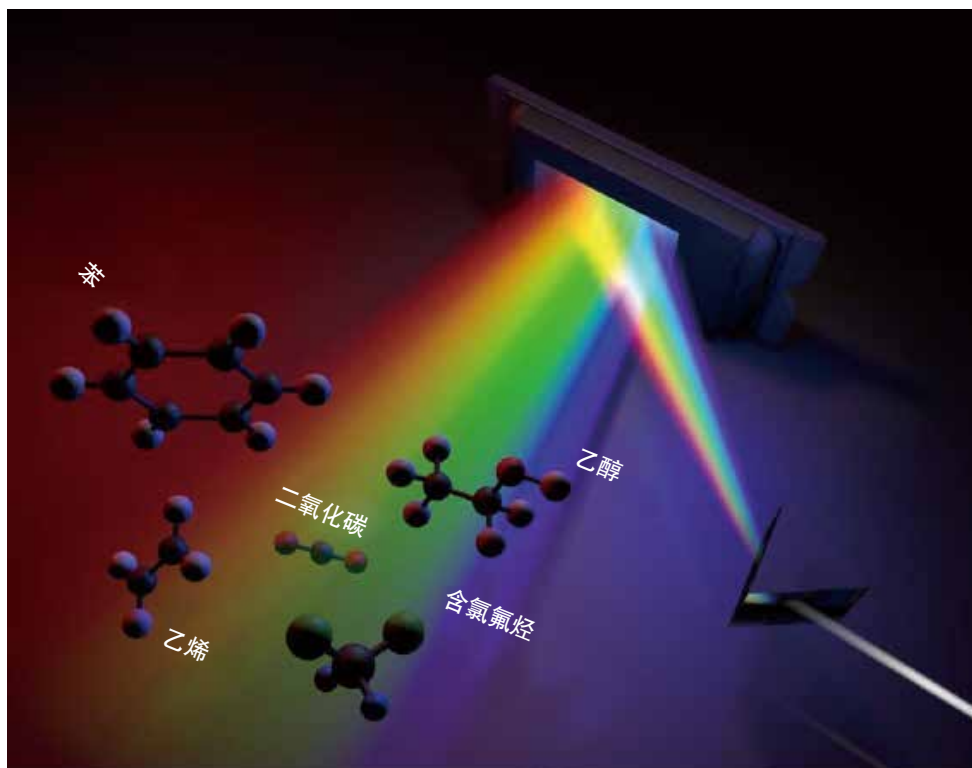


图 1: 分光镜检查采用光来揭示材料的性质

NIRscan 是德州仪器的商标。
DLP 是德州仪器的注册商标。

图1 强调了光谱分析作为一种检测和分析材料属性（通过测量其对于各种不同光的波长的差别相互作用来完成）的工具所具备的重要性。另外，该图还示出了经过 DLP DMD 微镜阵列展开光谱波段的原理，该阵列用作一个可编程波长选择滤波器，以实现光谱分析应用。

2.1 分光计用在哪些地方？



图 2：分光镜检查的用途

图2 示出了光谱分析在工业、医疗和科学领域中的许多应用。以下列举的并非所有应用，随着低成本、高性能、经济实用型分光计（特别是采用 DLP 技术的分光计）的面市，新的应用将不断涌现。药品

- 食品与农业
- 石油化工
- 制造（化学品和塑料）
- 医疗
- 安全
- 更多…

光谱分析用于：

- 通过和一个特征光谱的对比来识别某种未知物质；
- 确定某种需检测物质的存在；
- 定量检测以确定某些特定物质的浓度范围；
- 采用主成分分析法 (PCA) 和化学计量学来分析某个样本的化学成分。

2.2 现有的光谱分析解决方案

光谱分析有多种类型，其包括：

- 辐射（亮线）式光谱分析 — 主要用于元素分析；
- 直接吸收或反射式光谱分析 — 主要用于分子分析；
- 拉曼 (Raman) 光谱分析 — 用于分子分析。

除了不同的光谱分析类型（例如：拉曼或直接式），还有各种不同的光学和检测方式。分光计通常有用到反射镜和透镜等光学元件。透射和反射式衍射光栅被用来按波长分离光线。然而，选择一个传感器（探测器）来记录“光强与波长的关系”数据是一项重大的挑战。

一种方法（示于图 3）是采用单点（非阵列）探测器。对于可见光（也许还有近紫外光）波长，这种探测器可以是基于硅的光电二极管。对于 NIR 和 IR 波长，探测器可以是光子器件（基于一种特殊的半导体材料，比如 InGaAs）或者热敏元件（辐射热测定器、热电偶、热释电晶体）。单点探测器需要某种物理运动以扫描由衍射光栅产生的光谱，从而对所有的波长进行采样。这种要求常常是通过旋转衍射光栅来实现的，这是一种严苛而且有可能十分麻烦的机械解决方案，对于便携式系统而言尤其如此。

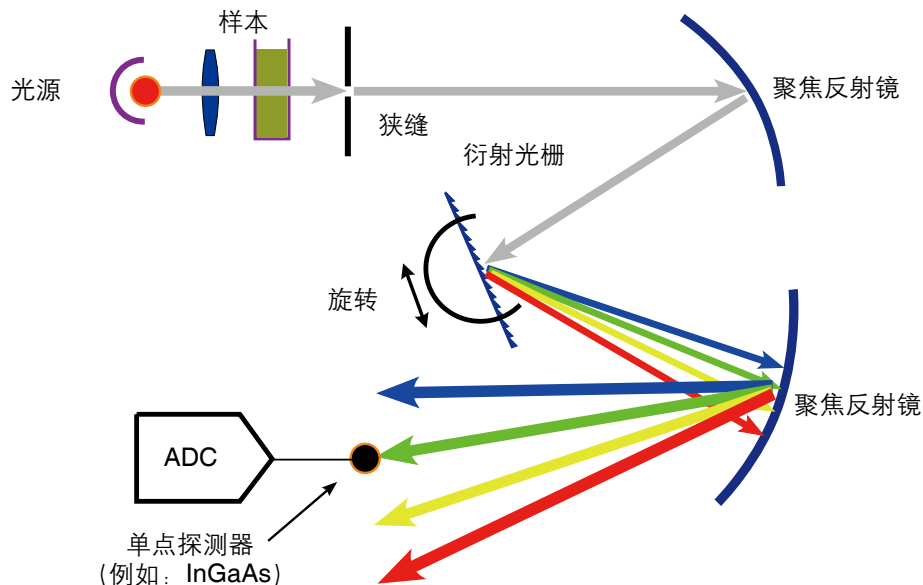


图 3：采用一个旋转光栅和单元探测器的分光计

对于某些波长范围（可见光、长波长 UV 光和 NIR 光区域：大约 350 nm 至 900 nm），基于硅的 CCD 成像阵列或许是实用的（见图 4）。这些成像阵列类似于科研摄像机中使用的成像阵列。采用阵列探测器可免除在光学系统中需可运动部件的要求，从而实现更简单和更可靠的结构设计。此外，这些传感器还具有与摄像机图像捕获相似的数据捕获优势。这种阵列方式在可见光波段具有高分辨率的解析度，出色的灵敏度及合理的成本。

在 IR 范围中（特别是对于 $> 1 \mu\text{m}$ 的波长），需要采用更多独特的半导体材料，而阵列探测器要么价格十分昂贵、分辨率低，要么无法可用。在某些场合中，为了降低成本可允许存在坏点（或像素之间的非均匀性），但最终制成的分光计的实用性则也许因此受到限制。

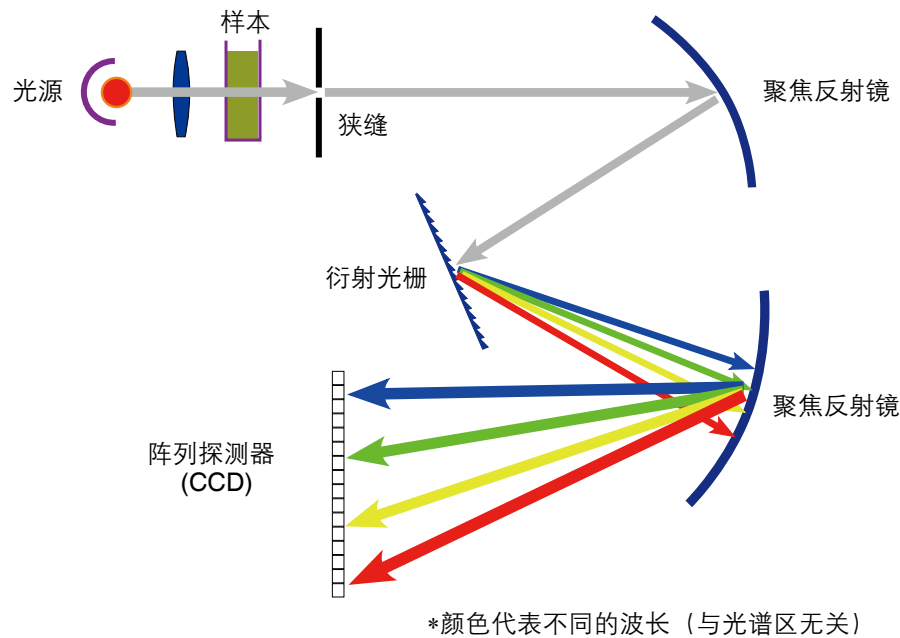


图 4: 采用一个阵列探测器的分光计

在几乎所有的 NIR 和 IR 光谱分析解决方案中 (特别是波长超过 $1.7 \mu\text{m}$ 的), 必须积极主动地将探测器冷却到环境温度以下, 旨在抑制暗电流的影响并改善动态范围。这通常是采用单级或多级热电冷却器 (TEC) 来实现的。

虽然在某些波长区域中可利用阵列探测器获得绝佳的结果, 但是 NIR 和 IR 区域则需要使用昂贵和低分辨率的独特半导体探测器阵列。对那些针对 NIR 和 IR 并基于阵列探测器的光谱分析解决方案而言, 这不仅将增加成本, 而且还会限制性能。

3 面向光谱分析解决方案的 DLP 技术

相对于传统的光谱分析设计, TI 的 DLP DMD 是非常适合解决上述提到问题的完美解决方案。

DMD (图 5) 由数十万到数百万个极微小的微镜阵列构成。

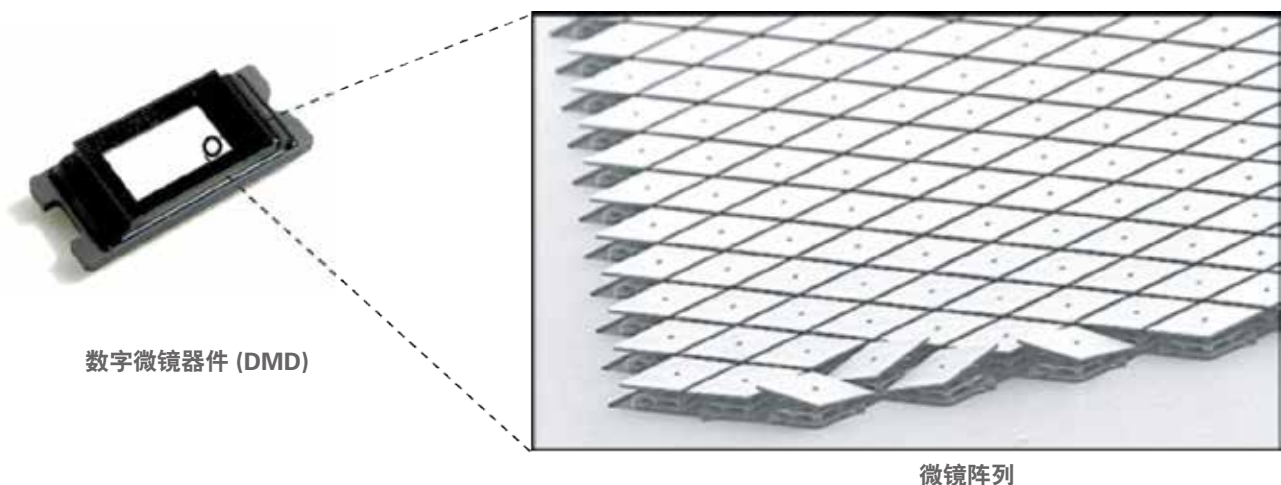


图 5: DLP DMD (配有微镜阵列的近摄图)

DLP DMD 的独特架构易于形成一种分光计结构，并能够采用较大的单个探测器来取代昂贵的阵列探测器，同时仍可提供一个可靠的（无活动部件）光学平台。

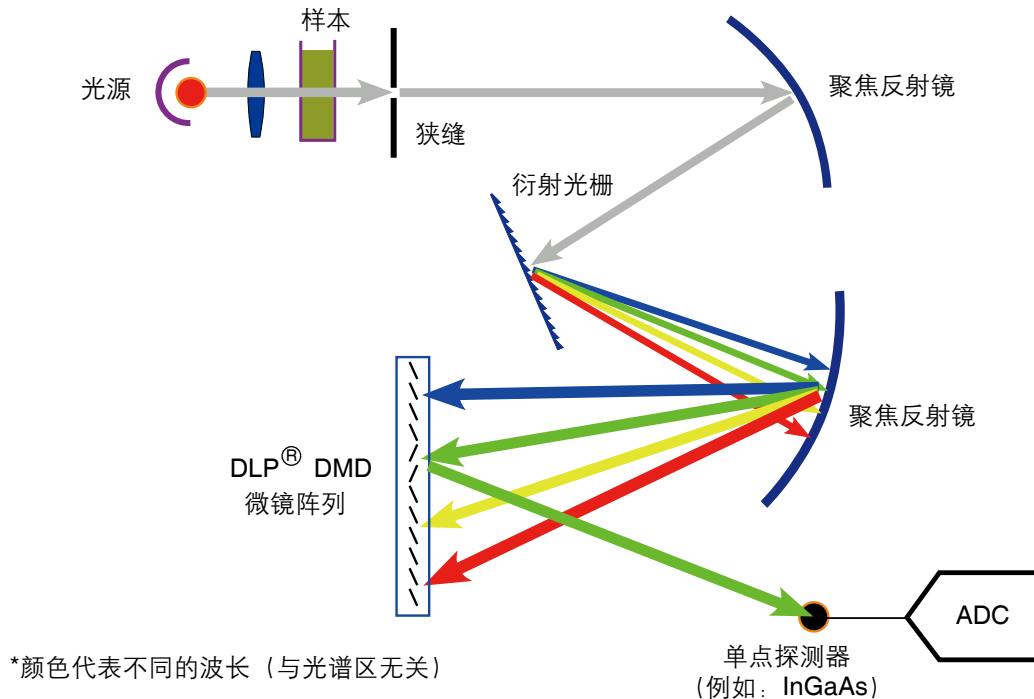


图 6：采用一个 DLP DMD 和单元探测器的分光计

图6 示出了怎样将 DMD 应用于光路以选择特定的波长范围，然后由单个探测器进行测量。对单一波长的选择是通过有选择性地打开或关闭反射镜列来完成，旨在仅将需要的波长反射至探测器。在 IR / NIR 波长范围内，这允许使用高性能低成本的单元探测器，同时实现了波长选择的灵活性、快速和可靠性。

图7 示出了基于 DMD 的光谱分析光路设计布局。这种强大且可编程的设计架构使得设备制造商能够以更高的性能和更低的价位分析更多近红外物质，同时实现小型化以适合于现场分析产线作业。

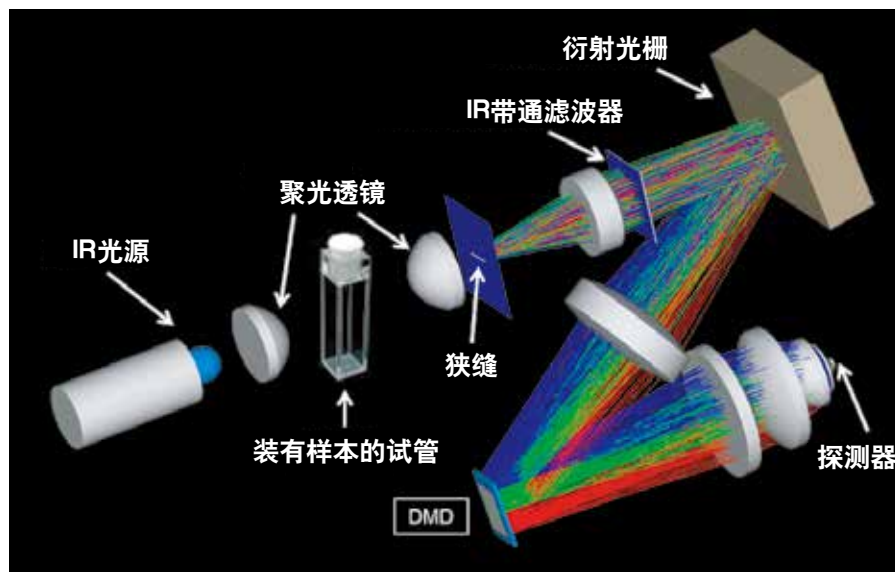


图 7: DLP NIRscan EVM 的光路和组件示意图

4 为什么选择 DLP 技术用于光谱分析？

4.1 性能

与现有的光谱分析解决方案相比，DLP DMD 解决方案拥有诸多的优势，包括：

- 与阵列探测器中的列数相比，DMD 具有的列数更多，因而可提供更高的波长分辨率。
- 相比于阵列探测器，基于 DMD 的分光计解决方案可提供更大的探测面积和更高的光捕获效率。
 - DMD 提供了较大的空间面积（垂直于展开的光谱），因而与窄阵列探测器相比可捕获更多来自样本的光线。
 - DMD 可以使用大得多的单像素探测器（1 mm 至 3 mm），而典型阵列探测器的像素尺寸则为 30 μm 至 50 μm 。
- DLP 解决方案可在给定的测量时间里实现更好的信噪比 (SNR) 指标。这为设计人员提供了以较少的时间完成更精确测量的能力，从而可测量新的或难以探测的物质。有些阵列探测器常常需要 0.5 s 到 1 s（甚至长达 10 s）的积分时间，尽管其宣称具有 10 ms 的采集时间。而采用 DLP 时，不到 0.5 s 就能完成全部扫描，并可以提供理想的 SNR。
- 基于 DMD 的光谱分析能校正杂散光的影响，从而以低于其他类型光谱分析系统的成本实现了性能优化。
- DLP 技术所用到的单元探测器法可消除由于像素缺陷或非均匀性（基于阵列的低成本解决方案常常伴随着此类问题）引起的扫描误差。DLP 光谱分析的校准在装配时可利用软件完成，并且整个系统能在一定温度范围内、老化过程中和机械振动环境下保持工作性能的稳定。
 - DMD 光谱分析简单、可靠的结构简化了制造和校准工艺，而基于软件的校准方法可在批量生产过程中确保每一台机器的一致性。

4.2 可编程性

- 可编程的 DLP DMD 使得光谱分析仪器在使用时可以更灵活的编程出简单或复杂的扫描图形。这将拓展使用单个终端设备检测更多不同物质的能力。

- DLP 架构实现了自适应扫描技术，而采用阵列探测器或旋转光栅设计是不可能做到这一点的。此外，软件还能够根据先前的测量结果来相应地调整扫描方法。这可实现一种更加“按需优化”的分析，并提供更大的灵活性而不仅仅是增加扫描时间。实例的方法包括：
 - 自动 SNR 调节 — 恒定 SNR 扫描：
 - 可通过动态地调节扫描速率或滞留时间来实现，即使在光谱的不同子区域内部也不例外。
 - 自动光通量控制：
 - 通过改变一列之中的反射镜数量（列的高度）来实现，由此调节反射光通量的大小。
 - 分辨率和波长范围的“执行中”控制：
 - 可以改变扫描列的宽度，因此实现所需的分辨率；对特定区域，可以以相对其他不重要区域更高的分辨率扫描。
 - 采用多模式的化学计量学方法：
 - 可将计算出的pattern顺序地输入至 DMD，旨在寻找化学物质的特性光谱特征。

4.3 便携

- DMD 使得能够采用一个较大的单探测器来取代昂贵的阵列探测器。这可以在提高性能的同时极大地降低光谱分析的成本。
- 基于 DMD 的光谱分析结构简单和可靠，简化了制造和校准工艺，而基于软件的校准方式可在批量生产中确保一致性。

5 下一步的计划

DLP 技术在光谱分析应用中提供了诸多的优势。采用 DLP 技术可以克服目前光谱分析设备中存在的许多缺陷。今天，可以采用 DLP 技术来设计高性能、可靠、灵活和经济的光谱分析解决方案。TI 通过提供 IR 优化型 DMD、光谱分析开发套件 (NIRscan EVM)、相关软件和技术信息加快了面向光谱测定法之 DLP 技术的普及。

敬请访问 [TI DLP on the web](#)，以了解更多详情并及时获悉先进光谱分析解决方案的最新开发成果。

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