

Fly-Buck™ 转换器在 PLC 应用中提供了 EMC 和隔离

作者: Timothy Hegarty

系统工程师, 非隔离式电源解决方案

您是如何在尽量保持低成本和低复杂性的情况下提供电气隔离式正电压轨或负电压轨的呢? 与此同时, 您又是怎样成功地应对与宽输入电压范围、多输出、小解决方案尺寸、电磁兼容性 (EMC) 和高可靠性相关的众多挑战的呢?

不妨思考一下工厂自动化和控制终端设备领域, 例如: 可编程逻辑控制器 (PLC)、现场发送器、传感器和生产过程用检测仪表、工业通信、数据采集系统 (DAS)、人机界面 (HMI) 和基于 IGBT 的电机驱动器。在许多此类应用中都有一个躲不开的要求, 那就是在日渐狭小的空间里提供更多的功能。解决方案的占板面积和高度是至关重要的, 这意味着系统设计人员必须想尽一切办法节省宝贵的 PCB 空间资源。尤其是对于电源解决方案来说, 一项关键的要求便是实现可提供一个或多个隔离式电压轨的坚固型设计。本文特别关注了 PLC, 考察了 EMC

与安全隔离要求, 并说明了一款多输出电源转换器解决方案。

PLC I/O 模块

图 1 给出了 PLC I/O 模块的说明性方框图。I/O 模块在基于模块化机架的 PLC 系统中使用, 其在 PLC 和工厂设备或者现场设备之间建立了物理连接。机架可接受能够有效地滑入机架中的插槽以完成背板连接的各种不同类型的 I/O 模块。

图 1 中的系统包括一个微控制器、数据转换器、隔离器、输入放大器、电流 / 电压 (I/V) 输出驱动器、基准、有线和 / 或无线连通性、以及一个基于多输出 DC/DC Fly-Buck™ 的电源解决方案^{[1], [2]}。模拟 I/O 信号范围常常从电压选项 (0V 至 5V、0V 至 10V、±5V 和 ±10V) 或者电流选项 (0 mA 至 20 mA 和 4 mA 至 20 mA) 中选择。

图 1: 工厂自动化 PLC I/O 模块

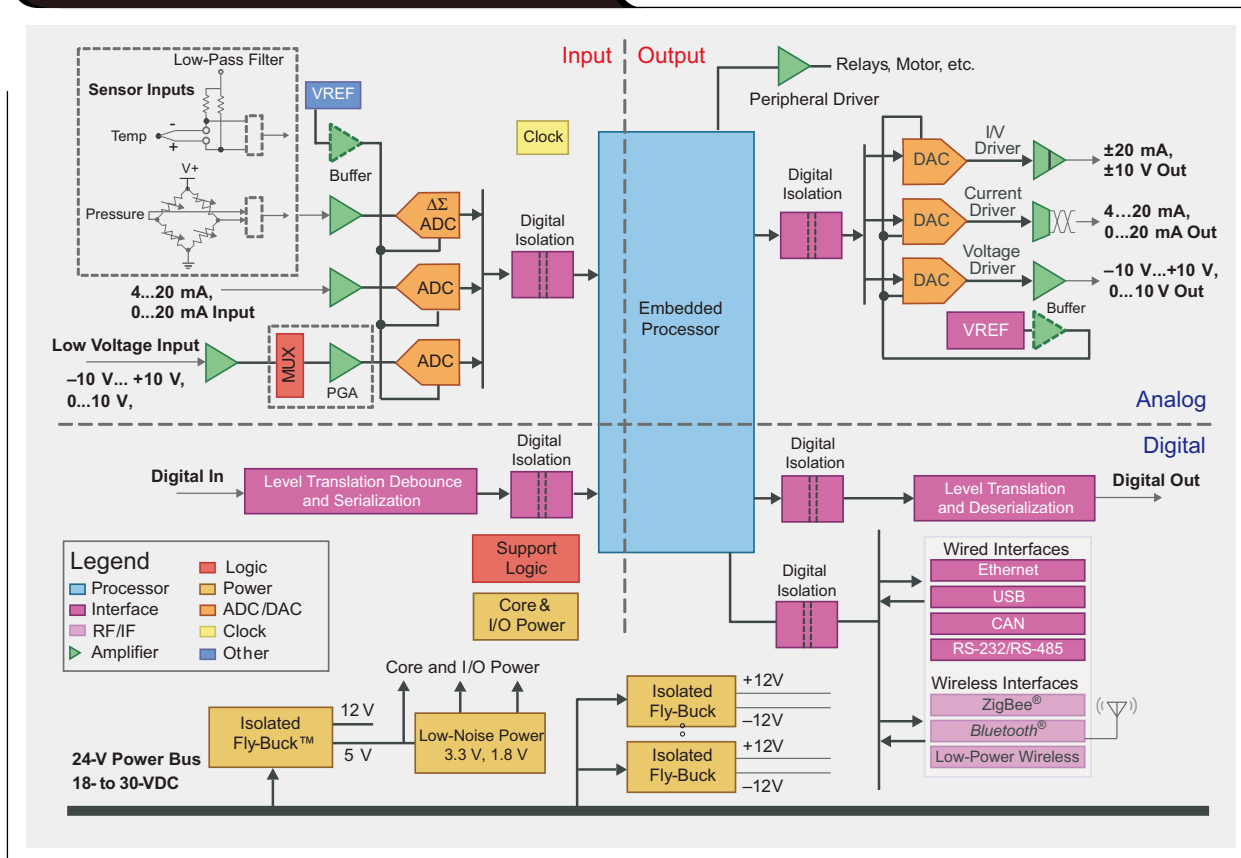


表 1: 针对 EMC 和电气安全性的常用调和化标准概要

标准	适用性	备注
IEC/EN 61131-2	列于 EMC 指令	特定于 PLC 设备的要求和测试
IEC/EN 61000-6-2/-4	列于 EMC 指令	针对工业环境的通用抗扰度 / 辐射标准
IEC/EN 61326-1/-2	列于 EMC 指令	面向测量、控制和实验室用途的电气设备
IEC/EN 61000-4-2	高频扰动	静电放电 (ESD) 抗扰度测试
IEC/EN 61000-4-3		辐射电磁 (EM) 场抗扰度测试
IEC/EN 61000-4-4		开关瞬变 (EFT / 脉冲群) 抗扰度测试
IEC/EN 61000-4-5		浪涌冲击 (雷电) 抗扰度测试
IEC/EN 61000-4-6		传导射频 (RF) 电流抗扰度测试
IEC/EN 61000-4-8	低频扰动	50 / 60 Hz 磁场抗扰度测试
IEC/EN 61000-4-11		电压下降和短暂中断抗扰度测试
IEC/EN 61000-4-12		阻尼振荡波抗扰度测试
IEC/EN 55011 (或 CISPR 11)	低频和高频辐射	针对工业、科学和医疗 (ISM) 设备的传导和辐射发射抗扰度测试
IEC/EN 60664-1	列于低电压指令	低电压系统内部设备的绝缘。低电压被定义为 75 VDC 至 1500 VDC 或者 50 VAC _{rms} 至 1000 VAC _{rms} 。
IEC/EN 61010-1	安全性	针对用于测量、控制和实验室用途的电气设备的安全性要求
IEC/EN 60950-1	安全性	IT 设备的安全性

针对 PLC 的辐射、抗扰度和安全性要求

进入欧盟 (EU) 市场的工厂设备在完全安装好的时候通常应遵从 EMC 指令 (2014/30/EU) 和低电压 (LV) 指令 (2014/35/EU)。这些指令旨在采用一系列基于若干通用和产品专属标准的调和化标准 (harmonized standards) 来实现与主要要求的相符性。表 1 列出了几种适用于 EMC 和电气安全性的欧洲规范 (European Norm) 标准^[3-5]。许多此类测试是在系统级上进行的 (在底盘电源端口或数据端口)。请注意, 倘若合适的输入或输出电压位于 75 VDC 至 1500 VDC 或者 50 VAC_{rms} 至 1000 VAC_{rms} 的范围之内时, 则低电压指令适用。

EN 61131-2 标准规定了特别针对 PLC 及其关联外设的要求的有关测试。然而, 尽管该标准取代了针对抗扰度 (EN 50082-2) 和安全性 (EN 61010-3) 的通用标准, 但是这些通用标准仍然用于 AC 供电型设备的辐射 (EN 61000-6-2) 和 AC 谐波 / 波动 (EN 61000-3-2)。而且, 在 EN 61000-4 瞬变抗扰度规范内所参考的各种测试还可适用于静电放电 (ESD)、电快速瞬变 (EFT) / 脉冲群、雷电冲击和传导 / 辐射 RF 抗扰度^[6, 7]。

选择一款电源解决方案

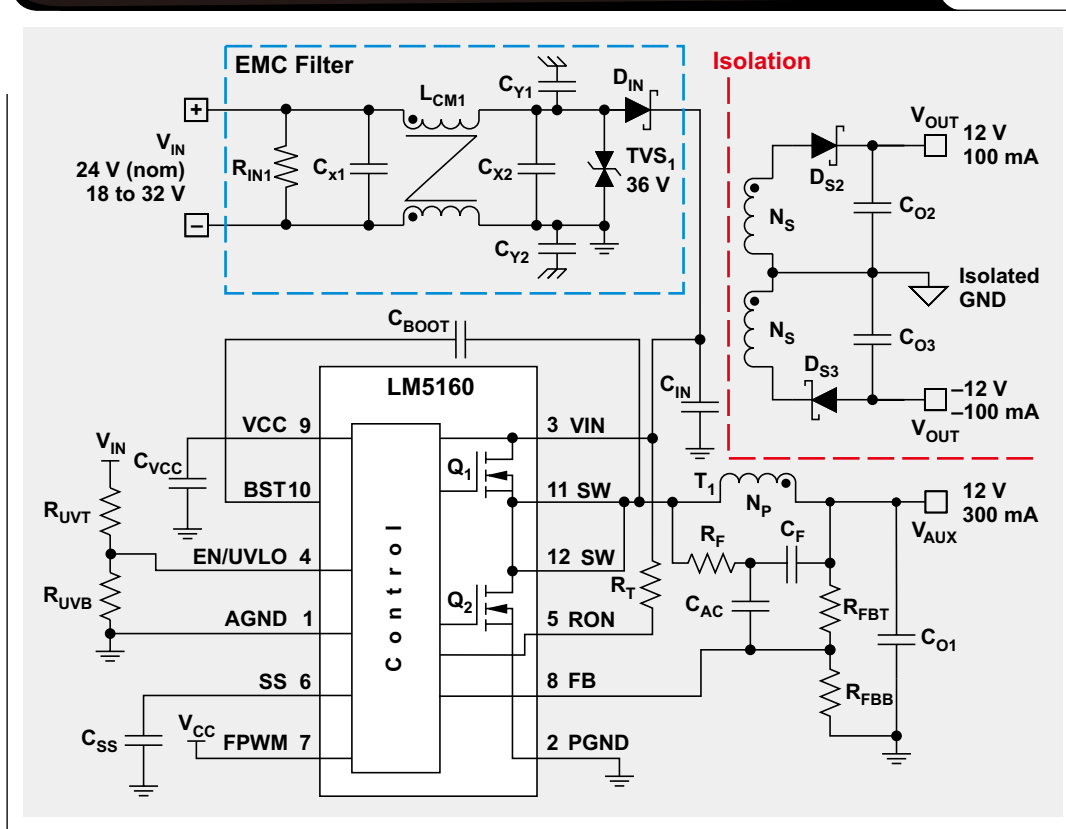
基于转换器或控制器的 IC 解决方案可轻松获取, 而且其选择首先取决于输入电压和输出电流规格。然而, 特地具有一个大输入电压范围 (宽 V_{IN}) 的解决方案则提供了过大的额定电压和操作裕量, 以应对 EN 61000-4 标准中描述的电源轨电压瞬变。必须对于给定的 PLC 应用选

择合适的电源解决方案, 以为将要供电的给定 I/O 配置和数量的基本 / 任选模块插槽提供足够的功率。需要多个隔离式转换器输出 (尤其是在每个通道都需要隔离的场合), 用以提供针对瞬变和接地环路的保护。

宽 V_{IN} Fly-Buck 电路由于诸多基于降压的拓扑而引起了人们的关注。对于电源系统设计人员来说, 此概念逐步成为了一种更加主流的解决方案。Fly-Buck 转换器最值得关注的特性在于其所省略的组件。Fly-Buck 的设计基于可靠的同步降压型稳压器, 其既没有环路补偿组件也没有反馈光耦合器组件。不需要使用一个补偿型误差放大器, 而一种恒定导通时间 (COT) 控制方法则提供了准瞬时响应, 可实现出色的瞬态增益特性。反馈调节由初级侧通过一个标准的电阻分压器提供。对于线路电压前馈和连续导通模式 (CCM) 操作, 开关频率保持稳定。

为了获得最大的灵活性, 可提供隔离式和非隔离式输出。这使得 Fly-Buck 非常适合于辅助和偏置电源轨、用于数字隔离器的浮动电源 (图 1)、以及用于为高精度放大器和数据转换器供电的双极型电源^[2]。如需针对更多的输出进行客户化设计, 则只需增设一个具有必要匝数的变压器次级绕组、一个整流二极管和一个输出电容器即可。对于空间受限的设计, 利用一个小型磁性组件可轻松获得双路、三路、四路或更多的输出。作为一种多输出转换器, Fly-Buck 是 PLC 的绝佳选择, 在此类应用中, PLC 通道数量和功能密度不断增加, 而外壳则日益缩小, 因此需要实现高集成度。

图 2: 面向 PLC 应用并符合 EMC 标准的 Fly-Buck™ 稳压器电源



Fly-Buck™ 电路实施方案

图 2 中的原理图详细示出了一款符合 EMC 标准的 Fly-Buck 转换器，其基于 65 V、LM5160 同步稳压器，可从一个中心抽头次级绕组提供 $\pm 12\text{ V}$ 隔离式电源轨。输出电压按照变压器 T_1 的匝数比 N_p/N_s 进行调整，另外还提供了 12 V 初级侧输出 V_{AUX} 。红色虚线示出了隔离边界。上方的电路为 EMC 滤波器，其具有共模电感器、X 和 Y 电容器、阻尼电阻器、双向瞬态电压抑制器 (TVS) 电压箝位、以及反极性保护二极管。

优化 EMC 和隔离

Fly-Buck 拓扑具有广泛的通用性，可满足 EMC 及隔离性能目标^[1, 8]。一般来说，EMC 保护电路的目标是利用低阻抗将外部瞬变旁路至地并保护电路免受损坏。可接受宽 V_{IN} 的 Fly-Buck 稳压器允许使用额定功率较低和占板面积较小的较高电压 TVS 二极管，同时仍然满足功率级的输入瞬变抗扰度规格要求。TVS 额定电压的选择基于 TVS 的动态阻抗和预计的峰值电流。Y 电容器（在图 2 中标示为 C_{Y1} 和 C_{Y2} ）把暂态能量从输入线路旁路至外壳的底板接地 (chassis ground)。小型铁氧体磁珠为这种方法给予了补充，它们用于在那些需要高衰减的信号链路中的特别敏感的节点上提供高阻抗^[8]。

成品变压器很容易购得，它们具有纤细的外形和高达 4.5 kV （峰值）的额定隔离度，并基于必要的爬电距离和电气间隙。当然，较大的隔离额定值要求增加绕组间距，这意味着漏电感的升高。幸运的是，相比于同等的反激式转换器，Fly-Buck 对于漏电感的耐受能力更强。Fly-Buck 不存在与漏电感有关的初级侧电压尖峰，因而使得针对输入电压瞬变的工作电压裕量有所增大。而且有助于 EMC 的是，与反激式拓扑相比，Fly-Buck 具有一个谐波含量较低的初级侧电流波形。

请注意， 24 V 工业总线一般实施了双重隔离或强化隔离。于是，至 500 VDC 的持续功能性隔离对于下游功率级而言通常是足够的。例如，大多数传感器都采用一个 4 mA 至 20 mA 环路来传输测量值，并不存在噪声或线路长度问题。在该场合中，隔离式电源轨可提高信号准确度并消除与其他设备的互连有关的任何接地噪声电流问题。比如，对于基本隔离或强化隔离而言，当为数字隔离器供电时，应当选择那些可满足隔离等级要求的磁性组件，并通过合理的设计使 PCB 布局符合参照标准的相关爬电距离和电气间隙规格。

结论

面向工厂自动化和控制应用的 PLC 具有独特的功率级设计要求。一款宽 V_{IN} Fly-Buck 解决方案可满足这些要求，从而证明了其易用性、小尺寸、安全隔离能力、与 EMC 管理标准的相符性以及低的总物料清单成本。展望未来，随着要求更高的隔离式应用得以实现，对于面向工业应用的电源解决方案来说，与技术管理规范的相符性显然将成为它们的一项衡量标准，其重要性将日益提高。

参考文献

1. 《面向工业 PLC 应用的隔离式三路输出 Fly-Buck 电源》，LM5160 参考设计，德州仪器。在线版地址：www.ti.com/tool/PMP10532
2. 作者：Tim Hegarty，《后置稳压的 Fly-Buck 为噪声敏感型负载供电》，Power Electronics，2014 年 10 月 14 日。在线版地址：
3. www.powerselectronics.com/
4. 《IEC 61131-2 标准介绍，PLC 设备要求和测试》。在线版地址：
5. www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec61131-2
6. 《EMC 和低电压指令的调和化标准，说明与指导》。在线版地址：
7. ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/
8. 《调和化标准的 EMC 指令列表》，Journal of the European Union，2014 年 2 月 25 日。在线版地址：eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=en
9. 作者：Ian Williams，《EMC 测试说明》，Precision Hub，TI E2E™ 社区。在线版地址：e2e.ti.com/blogs/
10. 《用于可编程逻辑控制器 (PLC) 的 8 通道数字输入模块》，TI Design。在线版地址：www.ti.com/1q15-tidu196
11. LM5017 Fly-Buck™ PLC 参考设计：
 - 《用于可编程逻辑控制器 (PLC) 的 16 位模拟混合输入和输出模块》。在线版地址：www.ti.com/tool/TIDA-00170
 - 《用于可编程逻辑控制器 (PLC) 的 16 位、8 通道、集成型模拟输入模块》。在线版地址：www.ti.com/tool/TIDA-00164
 - 《采用一个 Tiva™ C 系列 ARM® Cortex™ M4 MCU 的 PLC I/O 模块前端控制器》。在线版地址：www.ti.com/tool/TIDA-00123

相关网站

www.ti.com/1q15-LM5160

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