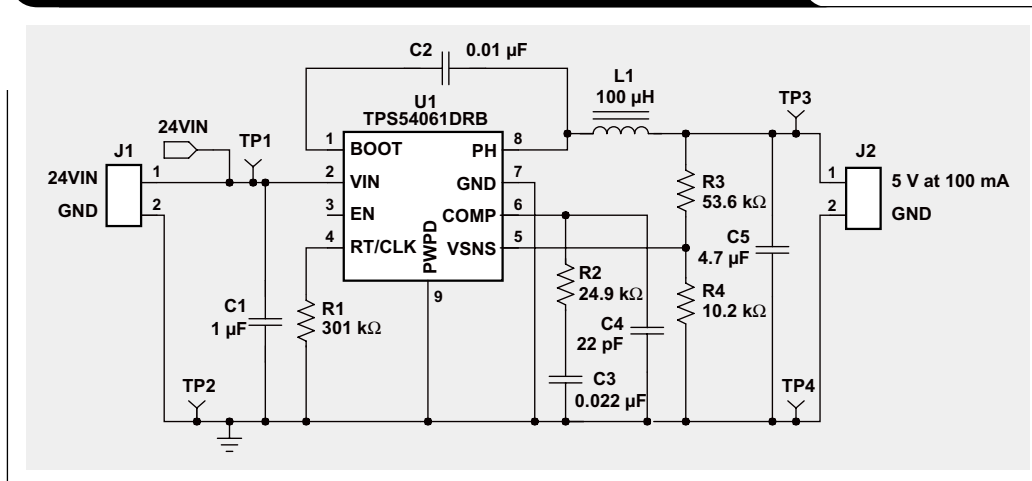


24V总线工业应用中线性稳压器 与开关式稳压器比较

作者：德州仪器 (TI) 电源管理组产品营销经理Rich Nowakowski和应用工程师兼技术员组成员Robert Taylor

图1 集成MOSFET的开关式（降压）转换器



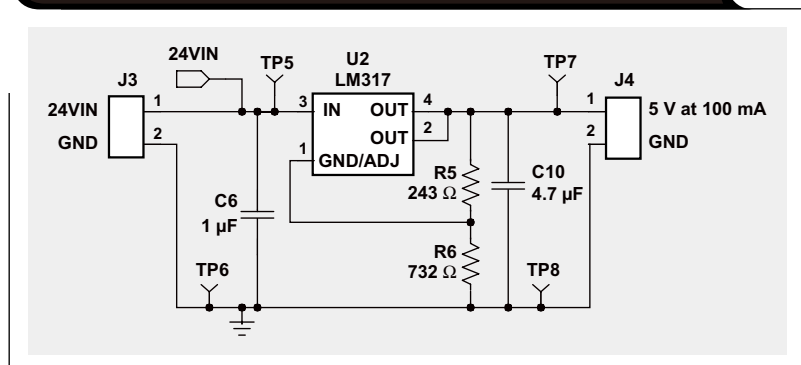
线性稳压器已存在了许多年。一些设计人员仍然把已存在了20多年之久的线性稳压器用于众多新老项目。另一些设计人员则通过离散组件制作出属于自己的线性稳压器。在进行宽范围电压转换时，线性稳压器的简单性是一个难以超越的优势。但是，如果压降过大，则24V总线的低电流应用（例如：工业应用或者HVAC控制等）可能会遇到热问题。幸运的是，设计人员现在有许多选择，可以使用小型、高效、宽输入电压开关式稳压器。

本文将对24V总线、100mA和5V输出的三种不同解决方案进行比较。我们把一个同步降压转换器与一个集成线性稳压器和一个离散线性稳压器进行对比。通过比较它们的尺寸、效率、散热性能、瞬态响应、噪声、复杂度和成本，帮助广大设计人员选择最能满足某个特殊应用要求的解决方案。

比较条件

大多数工业应用都使用24V总线，并要求

图1 集成、宽输入电压线性稳压器



5V电压来驱动各种负载，例如：逻辑和低电流微处理器等。我们选择100mA的输出电流，原因是它可适应许多逻辑和处理器负载。但是，功耗水平会影响我们使用开关式稳压器还是线性稳压器的决定。图1、2和3所示电路均建立在相同电路板基础上，并使用相同额定值的1μF输入和4.7μF输出陶瓷电容器。

图1所示设计使用一个具有集成MOSFET的同步降压转换器，即德州仪器的TPS54061。注意，该电路并不要求使用一个保护二极管，但却包含了1个电感、5个电容器和4个电阻器。该器件还使用了外部补偿，并使用与图2和图3所示线性电路一样的输入和输出电容器。

图2所示设计使用了一个集成、宽输入电压线性稳压器，即德州仪器的LM317，它是一种具有1.5A输出能力的流行工业标准稳压器。该电路使用2个外部电阻器和2个外部电容器。输入和输出电压的巨大差异，要求双decawatt封装（DDPak）的低热电阻。

图3显示的是一个离散线性稳压器，它使用一个晶体管和一个齐纳二极管，并有2个外部电容器和4个外部电阻器。5.6V下时，齐纳二极管损坏，该电压被馈给NPN晶体管的基极。由于存在基极-发射极压降，输出被调节至~5V。外部电阻器用于帮助降低NPN晶体管的功耗。

表1概括了这类设计的板面积和组件数目。

线性稳压器解决方案要求使用更多的板面积来缓解电路板上的热问题。全负载下时，所有线性稳压器解决方案的功耗都必须达到约2W。一般而言，1平方英寸板面积内，1W左右的功耗会带来100°C的温升。按照设计，线性稳压器解决方案仅允许40°C的温升。如果不考虑外部组件的数目以及补偿反馈环路和选择电感的大量设计工作，在板面积有限时，同步降压转换器无疑是理想选择。

散热性能

图4所示热图像表明了这类电路板设计的温升情况。这样设计电路板的目的是，让所有电路均不会干扰相邻电路的散热性能。表2表明，开关式稳压器具有低温升，其温度为11°C。输入和输出电压之间存在巨大差异时，相比线性电路，同步整流开关式稳压器的效率表现优异。（参见表3）有趣的是，我们注意到，集成线性电路的温升不同于离散线性电路。由于集成线性稳压器的封装（DDPak）更大，因此它的散热所分布面积也更大。使用SOT-23和SOT223封装的离散线性电路比DDPak小，并拥有更高的封装功耗额定值，从而让散热更加困难。

图3 离散线性稳压器

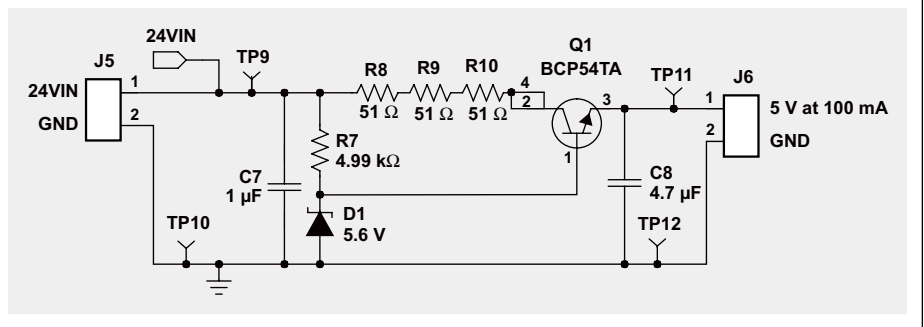


表1 板面积和组件数目概括表

REGULATOR TYPE	BOARD AREA (in ²)	NUMBER OF COMPONENTS	COMPLEXITY
Switching (Buck) (TPS54061)	0.14	11	High
Integrated Linear (LM317)	2.25	5	Low
Discrete Linear (Zener/Transistor)	2.25	8	Medium

表2 散热性能总结表

REGULATOR TYPE	TEMPERATURE RISE (°C)	MAXIMUM TEMPERATURE (°C)	PACKAGE
Switching	11	40.7	3x3-mm VSON
Integrated Linear	27	56.2	DDPak
Discrete Linear	40	69.1	SOT-23, SOT223

图4 每种电路的发热情况（白色表示最高温度）

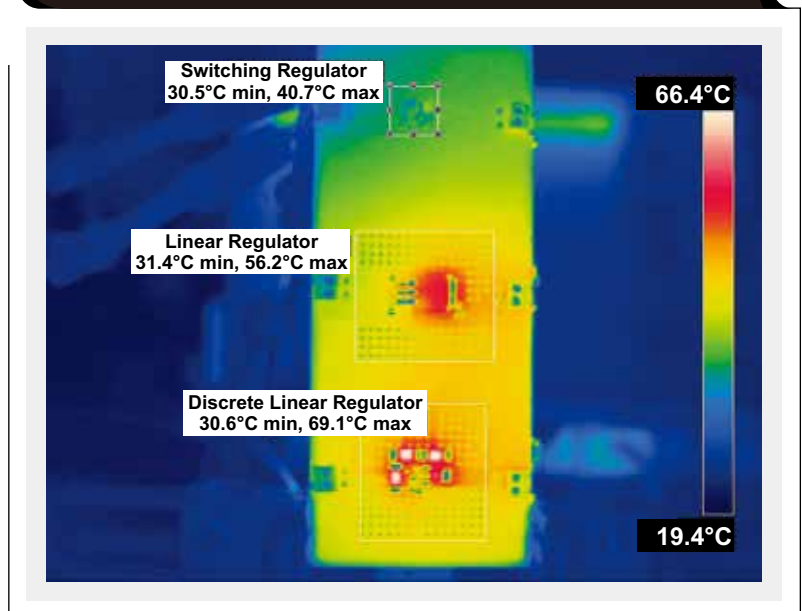


表3 效率和功率损耗总结表

REGULATOR TYPE	MAXIMUM LOAD		NO LOAD
	EFFICIENCY (%)	POWER LOSS (W)	QUIESCENT CURRENT (mA)
Switching	84.5	0.093	0.5
Integrated Linear	20.0	2.06	5.5
Discrete Linear	20.1	2.02	4

效率比较

散热性能直接与每种稳压器的效率有关。图5显示了所有三种电路的效率比较情况。正如我们所预测的那样，在轻负载和全负载效率两方面，开关式稳压器均表现优异。在轻负载下，开关损耗和静态电流损耗更加明显，其解释了更轻负载下效率较低的原因。轻负载下时，最好是查看功耗曲线图（图6），而非效率曲线图，因为10mA下50%的效率差异看似为一个较大的余量。但是，负载消耗的电流较小。当输入电压为24V而输出电流为10mA时，开关式稳压器的功耗为2.8mW，集成线性稳压器的功耗则为345mW。在全负载条件下，开关式稳压器的测得功耗为0.093 W，而线性稳压器则为2.06W，其表明余量较宽并且性能获得明显改善。

表3总结了所有三个电路的效率和功耗。注意，离散线性电路的静态电流小于集成线性电路。相比离散线性电路，集成线性稳压器内部电路的功耗更高，并拥有更多的功能。

输出电压特性

模拟电路对电压纹波敏感，而数字处理器则对内核电压的精度敏感。应查看电源的电压纹波、电压调节精度以及负载瞬态期间的电压峰值偏差，这一点很重要。线性稳压器本身的纹波较低，可用于消除开关式稳压器的噪声。在最大负载条件下，集

图5 效率与负载电流的关系曲线图

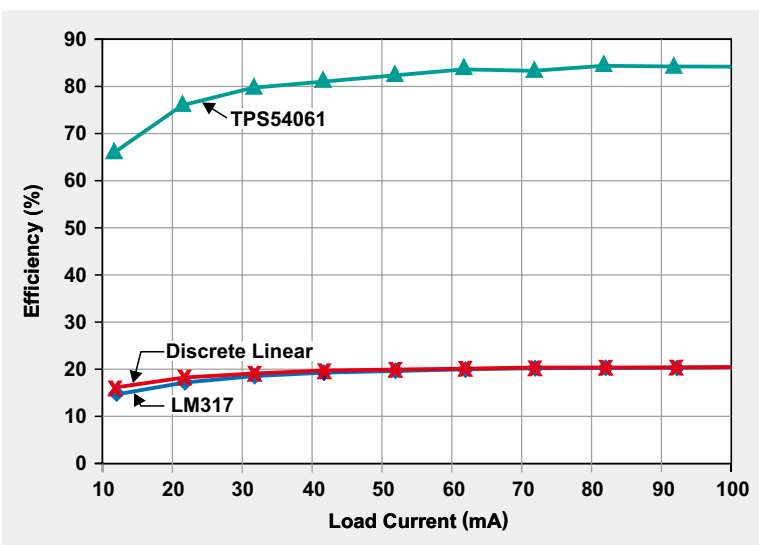
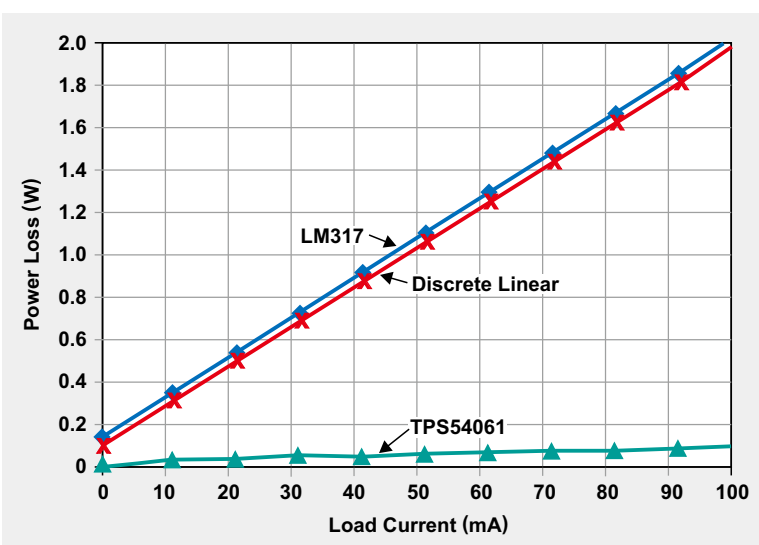


图6 功耗与负载电流的关系曲线图



成和离散线性稳压器电路的电压纹波均小于10mV。以输出电压百分比表示时，精度应大于0.2%。另一方面，开关式稳压器的电压纹波为75mV，即输出电压的1.5%。开关式稳压器的陶瓷输出电容器的低等效串联电阻特点，使这种电路的纹波较低，但存在开关式稳压器的固有噪声。

比较空载到全负载时开关式稳压器和线性稳压器的输出电压精度表明，开关式稳压器拥有更高的性能。进一步查看产品规格表，我们可知道，开关式稳压器的基准电压是三种电路中精度最高的。开关式稳压器是一种相对较新的集成电路，并且DC/DC转换器正朝着更高的基准电压精度发展。离散线性电路使用一种更加简单的方法来调节输出电压，其性能最低。在许多情况下，由于调节后输出电压为5V，许多应用不需要高电压精度。

图7到图9显示了负载瞬态曲线图。尽管开关式稳压器拥有高输出电压精度，但其在负载瞬态期间测得的峰值到峰值电压并没有线性电路好。50mA到100mA负载步进期间，开关式稳压器的测得峰值到峰值电压为250mV，即输出电压的5%，而线性电路则为40mV。我们可以为开关式稳压器添加更多输出电容，以降低电压峰值，但是代价是成本和尺寸的增加。注意，离散线性电路的设计目的并非是恢复负载瞬态期间的输出电压。另外，简单电路无法实现限流或者热关断保护功能！

图7 负载瞬态期间的开关式稳压器

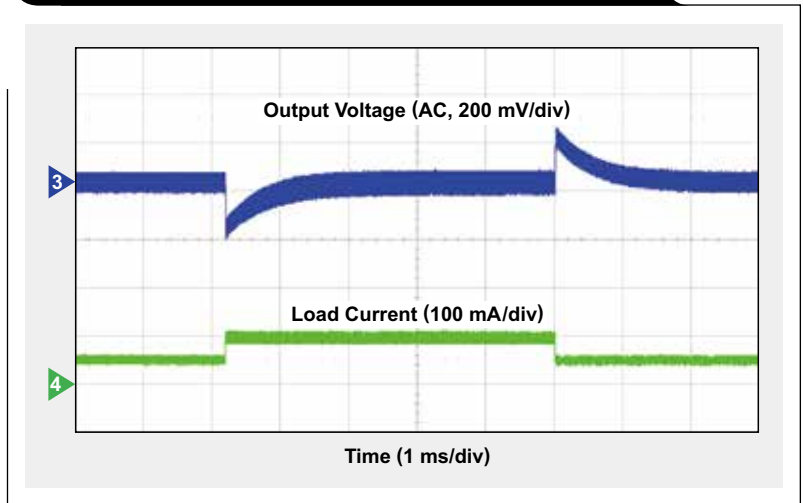


图8 负载瞬态期间的集成线性稳压器

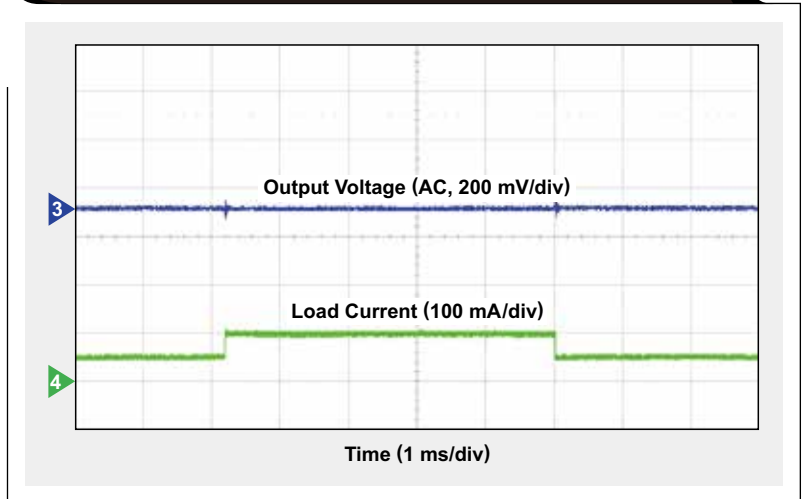


图9 负载瞬态期间的离散线性稳压器

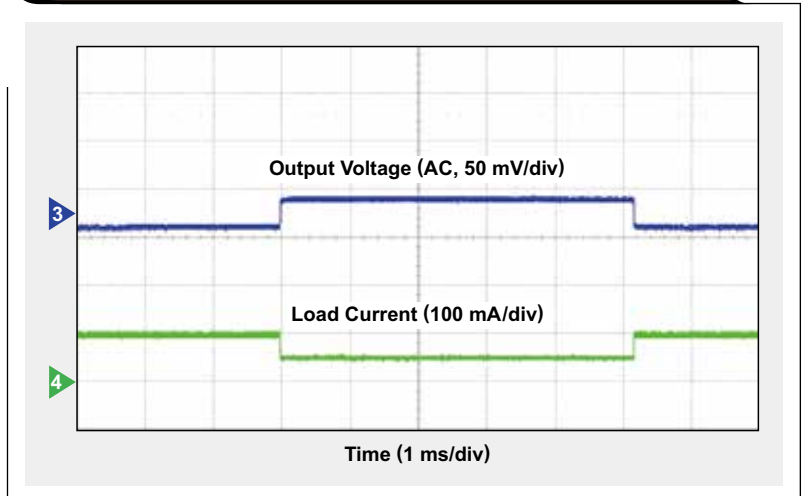


表4总结了三种稳压器设计的输出电压特性。

成本比较

这些电路中使用的大多数外部组件均为小型、无源电阻器和电容器，成本不超过0.01美元。三个电路中成本最高的组件是硅。所有三个材料清单（BOM）的费用（如表5所示），均收集自10000颗批发建议销售定价的美国销售渠道。正如我们所看到的那样，线性稳压器解决方案的成本远低于开关式稳压器。不幸的是，开关式稳压器要求使用一个外部电感，其费用约为0.10美元，但它所带来的效率提高和尺寸缩减值得我们为此多给钱。集成和离散线性稳压器的成本差异仅为0.06美元！单是保护功能就能证明集成线性稳压器相比离散线性稳压器的优势所在。

结论

有许多电源管理解决方案可供设计人员选择，但需根据具体应用需求来选择最佳的解决方案。那些能够降低能耗和节省板空间的电源管理解决方案，使设计人员让其产品具备更加差异化的特性，并在市场上表现出对用户的吸引力。相比线性电路，同步降压转换器的

效率更高，板空间更节省。如果某个设计必须实现最低的成本，则可使用离散线性电路，但其性能最低，并且还存在着许多潜在问题，例如：散热和缺少保护功能等。

表6总结了所有三种稳压器设计的特性，帮助设计人员为某种具体应用选择最佳解决方案。

参考文献

- 1、《3端可调节稳压器》，LM317产品说明书，
网址：www.ti.com/slvs044-aaj
- 2、《低IQ的60V、200mA同步降压DC-DC转换器》，TPS54061产品说明书，
网址：www.ti.com/slvsbb7-aaj

相关网站

电源管理：

www.ti.com/power-aaj

www.ti.com/lm317-aaj

www.ti.com/tps54061-aaj

订阅AAJ，请访问：www.ti.com/subscribe-aaj

表4 输出电压特性总结表

REGULATOR TYPE	MAXIMUM LOAD RIPPLE (mV)	OUTPUT TRANSIENT WITH 50- TO 100-mA LOAD STEP (mV)	REGULATION ERROR WITH 0- TO 100-mA LOAD STEP (mV)
Switching	75	250	1.5
Integrated Linear	<10	40	0.7
Discrete Linear	<10	40	21.8

表5 BOM成本总结表

REGULATOR TYPE	BOM COST AT 10-ku RESALE PRICE (U.S. DOLLARS)
Switching	1.80
Integrated Linear	0.32
Discrete Linear	0.26

表6 24V输入5V/100mA稳压器特性

REGULATOR TYPE	BOM COST AT 10-ku RESALE PRICE (U.S. DOLLARS)	V _{OUT} RIPPLE (mV)	FULL-LOAD EFFICIENCY (%)	BOARD AREA (in ²)	COMPLEXITY
Switching	1.80	75	84.5	0.14	High
Integrated Linear	0.32	<10	20.0	2.25	Low
Discrete Linear	0.26	<10	20.1	2.25	Medium



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

Power | **FPGA/μP** | Sensors | LED

Enter your power supply requirements:

Min Max
Vin 14.0 V 22.0 V

Vout Iout
Output 3.3 V 2.0 A

Ambient Temp 30 °C

Multiple Loads Single Output
Power Architect **Start Design**

WEBENCH® Designer My Designs

最小 最大
输入电压 14.0 V 22.0 V

输出电压 输出电流
输出 3.3 V 2.0 A

环境温度 30 °C

SIMPLE SWITCHER®
开始设计 ▶



从通讯、计算机、消费类电子到汽车、工业，从能源、医疗到安防、航空航天，TI推出一系列创新、完整、独特的制胜解决方案，给您带来前所未有的技术支持体验。<http://www.ti.com.cn/www/more/>



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

- | | |
|-----------|--|
| TPS92075 | 具有自适应基准的非隔离式、相位可调光、降压 PFC LED 驱动器 |
| BQ24195 | 具有 5.1V 1A/2.1A 同步升压运行的由 I2C 控制的 2.5A/4.5A 单电池 |
| LM3447 | 相位调光、初级侧电源调整的准谐振反激式控制器 |
| LM34917 | 具有智能电流限制的超小型 33V、1.25A 恒准时降压开关稳压器 |
| ADS1298 | 具有集成 ECG 前端的 8 通道 24 位模数转换器 |
| SN65HVD82 | 针对要求严格的工业类应用的稳健耐用的驱动器和发送器 |
| LM22670 | 具有同步或可调节开关频率的 3A SIMPLE SWITCHER、降压电压稳压器 |
| ISO1050 | 电镀隔离的隔离式 CAN 收发器 |

了解更多, 请搜索以下产品型号:

TPS92075



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