

60A交错式有源钳位正向转换器设计

作者: Brian King, 德州仪器 (TI) 技术研究组成员、应用工程师

引言

在48V输入电信系统中, 100W到250W的电源便足以满足许多应用的需求。正向转换器是这些应用的理想选择。在更低输出电压下, 次级电路中的同步整流可提高效率和简化系统散热设计。有源钳位正向转换器可以很好地服务于这些应用, 因为同步整流的易于实现性。

在大多数情况下, 正向转换器的输出电流常常被设定在约30A。超过该电流值, 便很难管理次级电路的电感设计和传导损耗。从功率的角度来看, 主电路(许多并联FET)成为250W以上额定功率的一个限制因素。在一些大功率系统中, 必须转而使用一种不同的拓扑结构, 例如: 全桥等, 或者并行操作两个或者更多正向转换器以增加输出功率。

对于使用二极管整流其输出的一些并联电源, 负载共用IC非常有效。二极管整流电源允许仅从电源吸取电流。但是, 使用同步整流器的电源同时可以提供和吸取功率, 其会损毁一些负载负载共用控制器。在启动时更是如此, 因为反馈环路被主控制器的慢启动电路主导, 而两个并联电源会尝试把输出调节至不同的电压水平。通过交错式两个单独功率级可以避免出现这些问题。本文为您介绍一种5V、300W交错式隔离式电源, 其通过一个标准36V-72V电信输入驱动。

交错式功率级的设计

在本设计举例中, 把电源分成两个交错式功率级, 这样做可以把每个相次级电路的电流减少至30A。这比单相电源所要求的60A要易于管理得多。我们需要对两个相进行设计以承载30A以上的电流, 目的是容许相位误差。功率级设计的第一步是选择电源变压器的匝数比和电感。这种有源钳位正向转换器的一个特点是, 它能够工作在50%以上的占空因数下。最大占空因数最好不要超过75%, 这样变压器的重置电压才不会过高。

本例中, 36V输入时, 4.5: 1的匝数比可带来约63%的占空因数。在200kHz下对每个相进行开关操作, 可在尺寸和效率之间提供一种较好的平衡。把主电感设置在100 μ H, 可确保开关过渡期间有足够的磁化电流来驱动功率MOSFET的换向整流。次级电感和开关频率决定钳位中谐振电容器的值。在这种情况下, 0.1 μ F电容器可产生50kHz的谐振频率。

输出电感的选择与所有降压转换型拓扑一样。使用2 μ H电感情况下, 输入为72V最大值时, 每个相的峰到峰纹波电流达到8.5A。考虑到20%的相位误差, 该电感必须能够在不饱和的情况下承载至少41A的峰值电流。

输出电容器的选择, 需满足负载瞬态引起的输出纹波电压和电压偏移要求。功率级交错式可抵消一些输出电容器纹波电流。纹波电流抵消的多少取决于占空因数和两个相位之间的相角。仅当两个相位同步为异相180°且占空因数为50%时, 纹波电流全部抵消。纹波电流的降低, 减少了基于纹波电压要求和电容器RMS额定电流所要求的电容器数量。就本设计而言, 每个4A RMS额定使用4个180 μ F聚合物电容器, 便足以让峰到峰纹波电压保持在50 mV以下。如果必要, 我们还可以增加更多的电容, 以支持大负载瞬态。

选择主MOSFET也很简单。峰值漏电压是输入电压和谐振变压器重置电压的和。RMS主电流包括反射负载电流和变压器磁化电流。重要的是, 选择最少的高成本效益晶体管, 并让每个晶体管的功耗始终为可控。就本设计而言, 每个相位均使用两个并联150V、50m Ω MOSFET, 并且每个FET的最大功耗约为700mW。

图1说明了如何在有源钳位正向转换器的每个相位中实现自驱动同步整流器。一套同步整流器(Q4、Q5和Q6)有通过变压器反射的输入电压, 而另一套(Q1、Q2和

Q3) 则有反射到次级端的变压器重置电压。选定匝数比时, 额定30V的MOSFET足以满足该设计的要求。这些组件中大多数功耗均产生自传导损耗。每个相位的并联多个 $7\text{m}\Omega$ MOSFET导致每个FET出现约 800mW 的最大损耗。它可以确保结温不至于过高, 即使20%相位误差时也是如此。栅极驱动组件Q12、Q13、Q15和Q16服务于两个功能。首先, 它们保护MOSFET栅极免受开关波形上电压尖峰的伤害。其次, 它们提供一个缓冲功能,

这样变压器的次级绕组便不会直接连接至大量的栅极电容。对于确保功率MOSFET在开关过渡期间能够迅速换向整流, 这一点很重要。

图 1 自驱动同步整流器的栅极驱动调节电路

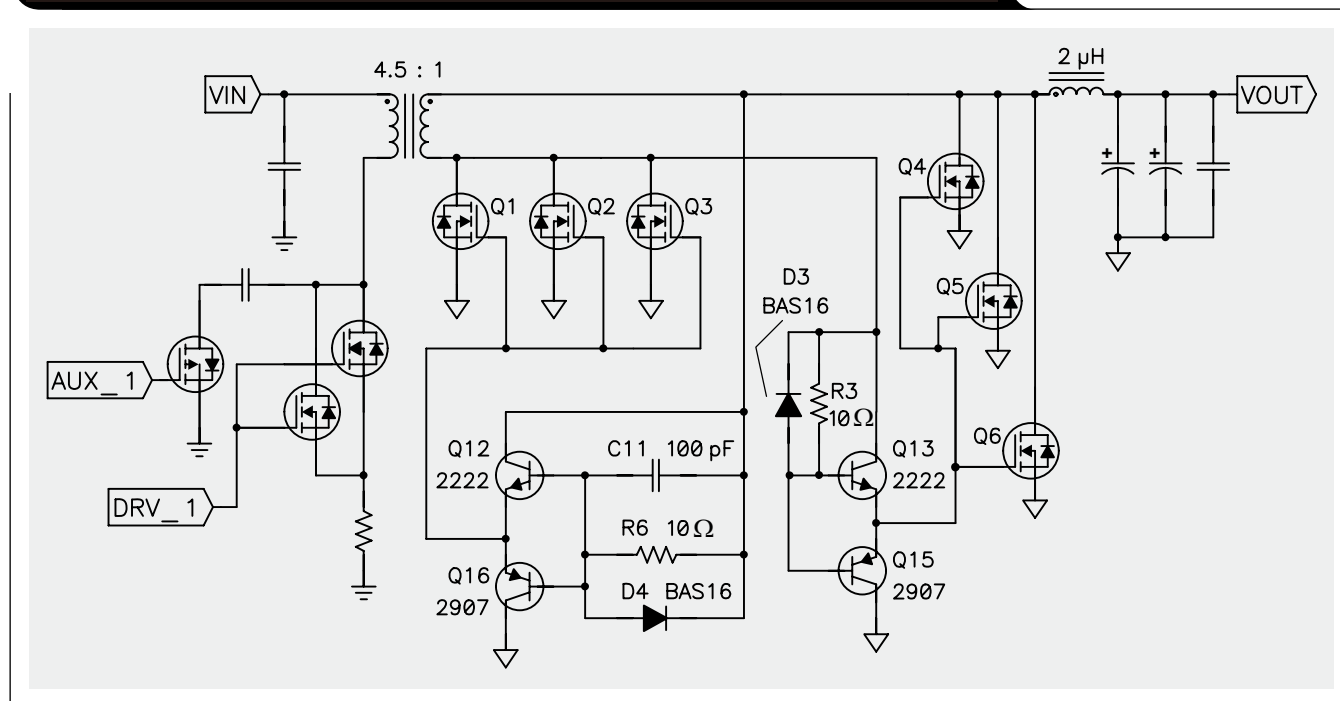


图 2 共用反馈网络和软启动电路的交错式控制器

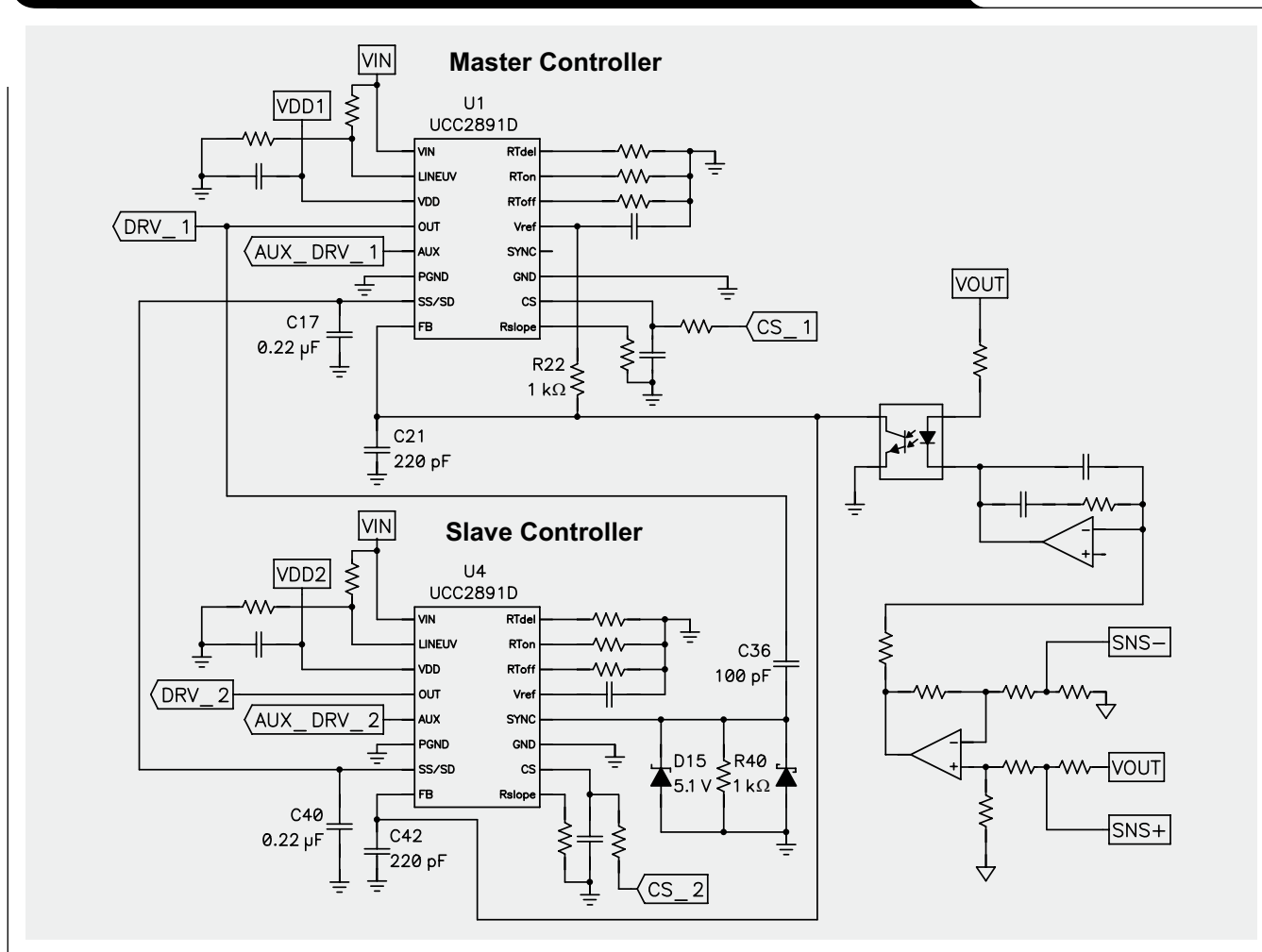
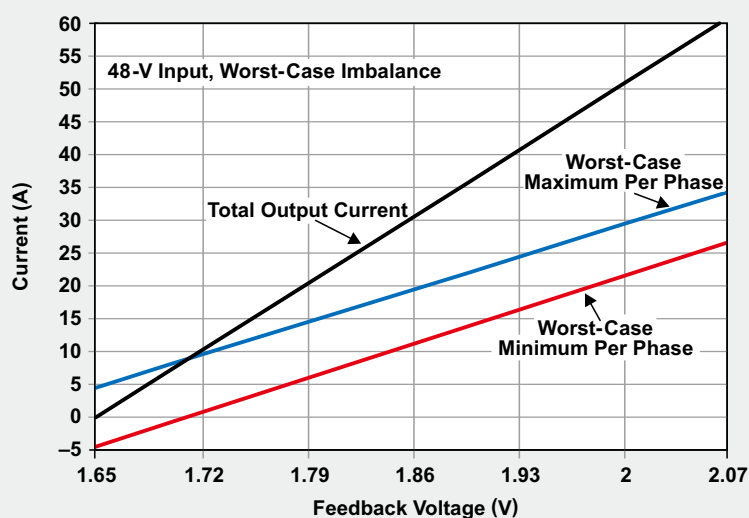


图2描述了如何把两个控制器并联在一起，让它们共用一个公共反馈信号和软启动电路。利用峰值电流模式控制，每个功率级都表现为一个电流源，其由反馈引脚的电压控制。一个单误差放大器通过同时控制两个控制器的反馈引脚来调节输出电压。两个相位之间的电流失衡基本由控制器内部的偏差变化以及电流检测容差和斜率补偿来决定。图3显示了一个可导致两个相位间最大误差的总容差的各相电流与反馈电压对比曲线。在高负载水平下时，这并不会成为问题，因为一个级刚好承受更大的负载。但是，在轻负载状态下，误差会允许一个相吸取电流，从而迫使另一个相提供额外电流。这导致轻负载损耗的增加。当对电流限制编程时，还必须考虑相位失衡问题。

图 3 偏差变化可导致相位电流失衡



通过指定一个控制器为主控制器而另一个为从控制器，来实现同步。从控制器的时钟频率比主时钟频率低10%，从而确保同步。主控制器的栅极驱动信号用作从控制器的时钟频率。需要一些调节组件，以对同步脉冲的大小和持续时间进行调整。

为了正确启动，计时至关重要。必须在任一芯片的 V_{DD} 电压降至UVLO OFF水平以下之前完成启动，否则没有一个控制器能够启动。把两个软启动引脚绑到一起，确保两个转换器同时开始启动序列。在出现故障时，这种方法允许通过对软启动电容放电来关闭两个控制器。

图4显示了这种电源的效率。标称输入为48V且负载电流为60A时，电源的效率大于92%。转换器可以转换得到一个独立、稳定的5V，无需中间总线，并且功耗最小。它简化了系统设计，并减少了上游AC/DC整流器的功率需求。

结论

总之，交错式有源钳位正向功率级可带来一种高性价比、高效率的设计。设计必须考虑两个相位之间的电流失衡，并确保正确同步和启动。如果设计得当，交错式操作可扩大有源钳位正向转换器的实用功率范围至500W左右，可轻松支持高达60A的负载电流。

本设计更多详情，请访问www.ti.com/tool/PMP2214详细了解完整的示意图、材料清单和测试结果等。

相关网站

电源管理

www.ti.com/power-aaj

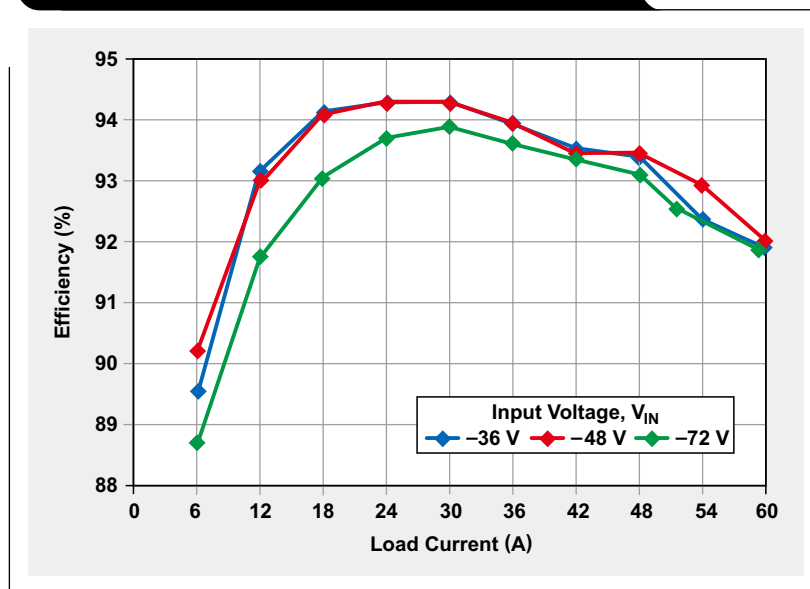
www.ti.com/ucc2891-aaj

www.ti.com/pmp2214-aaj

订阅《模拟应用期刊》，

请访问：www.ti.com/subscribe-aaj

图 4 同步整流带来非常高的效率





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	3.3 V	2.0 A
Output	3.3 V	2.0 A
Ambient Temp	30 °C	

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

WEBENCH® Designer My Designs

输入电压	最小 14.0 V	最大 22.0 V
输出电压	3.3 V	输出电流 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

中国产品信息中心 免费热线:

www.deyisupport.com

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在不事先通知的情况下, 随时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, 并有权随时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 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。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。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品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 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或间接隐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, 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。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 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在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

产品应用

数字音频	www.ti.com.cn/audio	接口	http://www.ti.com.cn/interface
通信与电信	www.ti.com.cn/telecom	安防应用	www.ti.com.cn/security
放大器和线性器件	http://www.ti.com.cn/amplifiers	逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
计算机及周边	www.ti.com.cn/computer	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
数据转换器	ers http://www.ti.com.cn/dataconvert	电源管理	http://www.ti.com.cn/power
消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps	视频和影像	www.ti.com.cn/video
DLP® 产品	www.dlp.com	微控制器	http://www.ti.com.cn/mcu
能源	www.ti.com.cn/energy	无线通信	www.ti.com.cn/wireless
DSP - 数字信号处理器	http://www.ti.com.cn/dsp	RFID 系统	http://www.ti.com.cn/rfidsys
工业应用	www.ti.com.cn/industrial	RF/IF 和 ZigBee® 解决方案	www.ti.com.cn/radiofre
时钟和计时器	ers http://www.ti.com.cn/clockandtim		
医疗电子	www.ti.com.cn/medical		

TI E2E 工程师社区 <http://e2e.ti.com/cn/> IMPORTANT NOTICE

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 © 2011 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/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