

为ADC添加一个带噪声滤波器的数控PGA

作者: Kai Gossner, 德州仪器 (TI) 现场应用工程师

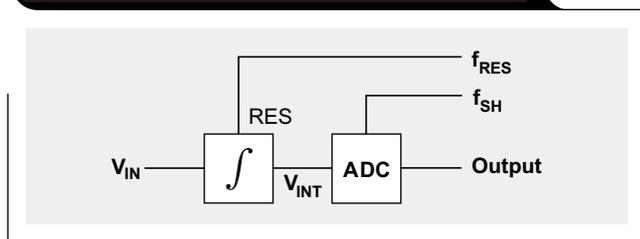
引言

在一些应用中, 需要对高动态范围的信号进行数字化。一种常见的数字化方法是在模数转换器 (ADC) 前面添加一个外部可编程增益放大器 (PGA)。只有一少部分微控制器拥有内部PGA。但是, 现在的一些PGA均以一一个或者多个输入通道单芯片的方式出售。这类PGA增加了系统的成本, 并且由于是一种固定增益解决方案, 它通常会消耗更多的功率。

本文为您介绍如何利用一个单可重置积分电路来实现PGA, 这种方法的好处是:

- 解决方案成本低且易于设计。
- 可以数字方式控制和校正增益。

图 1 PGA 基本结构图



- 使用低通滤波器减少信号噪声, 其在高噪声的微控制器环境且用于小型模拟信号时特别有用。截止频率随选定采样速率自动调节。
- 可以外部控制零电位电压基准。单电源电路时, 零电位通常设置为 $V_{REF}/2$, 这种方法让其更易于操作。

基本电路

图1显示了这种基本电路, 其在ADC前面添加一个积分电路。该积分电路可由信号 f_{RES} ($1 =$ 积分电路重置) 重置。ADC由信号 f_{SH} 控制, 其连接至ADC的采样保持 (SH) 单元 ($1 =$ 采样, $0 =$ 保持)。下降沿启动模数转换周期。

图2显示了图1所示电路的单模数 (A/D) 转换周期。该周期被划分为四个阶段:

- 1、“积分电路重置阶段”: 重置积分电路为“0。”
- 2、“积分阶段”: 积分电路重置信号被释放, 积分电路开始求积分。
- 3、“采样阶段”: ADC的采样保持单元对积分电路输出采样, 即 V_{INT} 。
- 4、“A/D转换阶段”: 采样保持单元保持电压, 而ADC开始转换。

图 2 增益=1的单A/D周期

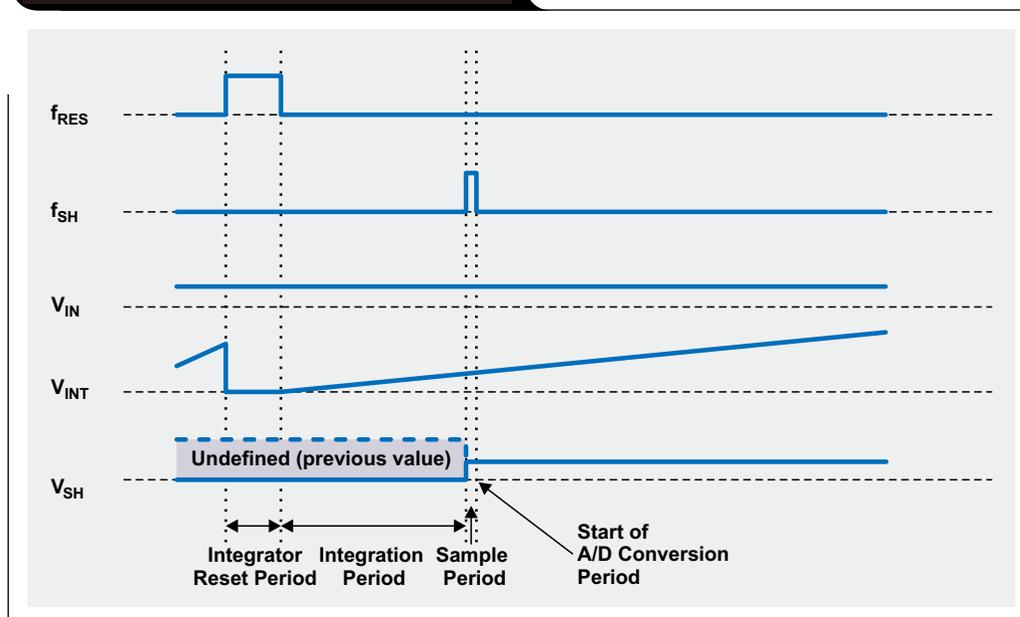
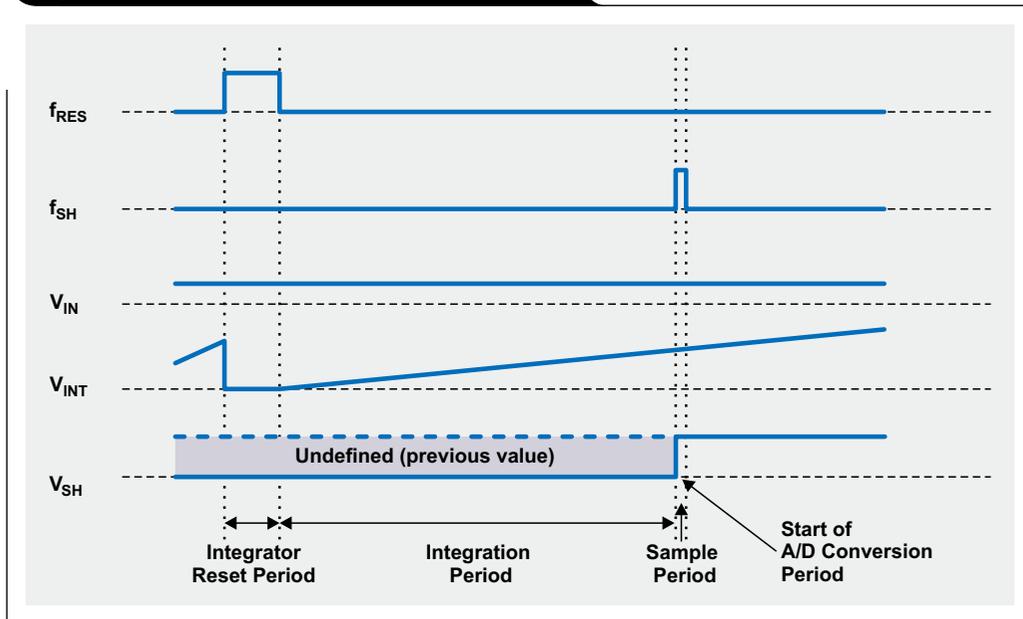


图 3 PGA增益=2的单A/D周期



积分阶段的持续时间长短决定PGA的增益，因为其输入端上的电压影响线性斜线：积分时间翻倍，增益翻倍。图3说明了这种影响情况。积分时间翻倍，电压 V_{SH} 也翻倍。

这种积分方法的一个重要好处是，积分期间对输入信号求平均，其降低了来自输入信号 V_{IN} 的带外噪声。滤波器的脉冲响应持续时间有限，其与数字FIR滤波器而非标准低通滤波器的性能相当。

PGA的实际配置

反相放大器可以有一个单运算放大器（图4）。利用开关组件S，通过让电容器C短路，可以重置积分电路。组件R和C均影响积分电路的增益。

信号 V_{COM} 决定积分电路的零电位电压并可进行设置，例如，设置为 $V_{REF}/2$ ，其中 V_{REF} 为ADC的基准电压。当电容器放电时，积分电路被设置为该电压值。通常， V_{COM} 信号可以任何方式出现在系统中。它常常被用作单电源模拟信号链的一个虚拟接地或者偏置电压。

图 4 PGA 的实际配置

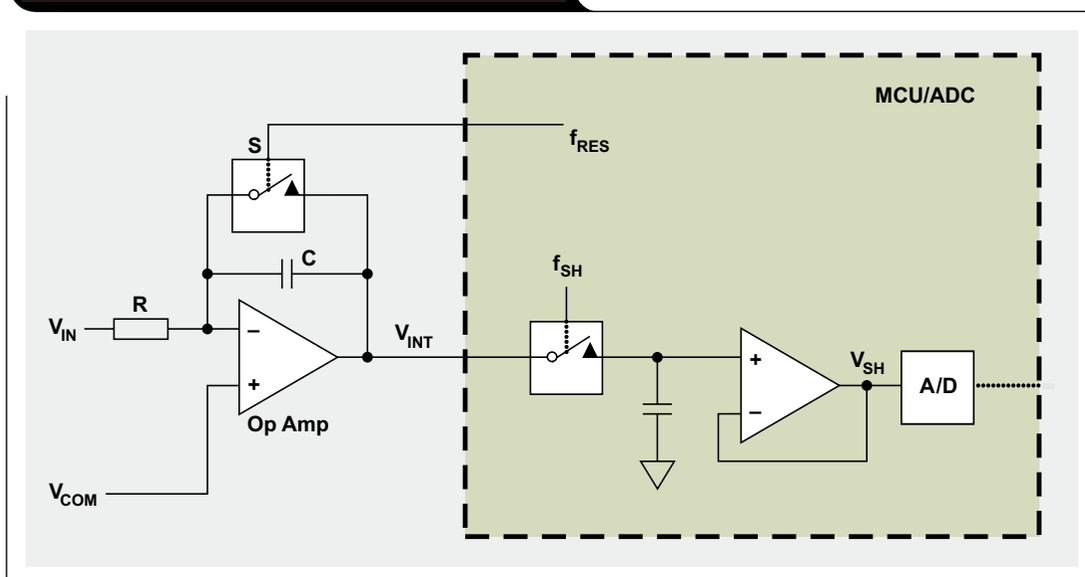


图 5 图 4 所示电路的SPICE仿真结果

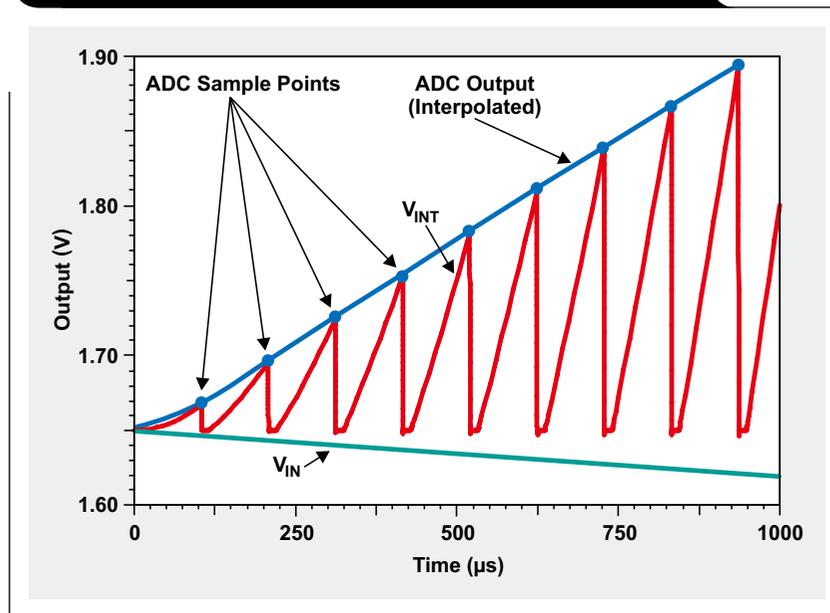


图5显示了图4所示电路的SPICE仿真结果。蓝色的点标示了ADC的采样矩。如图所示，信号 V_{IN} 被放大至约原来的8倍。由于积分电路的反相动作，红色信号被反相为绿色。

工作原理

采样速率、最大期望增益和A/D转换时间影响R和C定义积分常量的选择。如图2和3所示，积分电路需要足够的时间来达到增益G，并且不超出积分期间的持续时间t。G和t的依赖关系可以计算如下：

$$G = \frac{-t}{R \times C}$$

开关(S)的关闭时间(积分电路重置时间)取决于开关的阻抗和电容器(C)的值。

校正

R和C的容差带来增益因数的改变。电容器应有非常小的压电效应，以获得非常线性的积分。电容器会有特别大的容差—例如：20%。这只是初始容差，其可以获得一次校正。老化效应带来的容差非常小(不超过1%每年)。

通过把已知电压应用于输入端，然后根据预计和实际值计算偏差和增益的校正值，我们可以用与使用标准ADC时一样的方法来对此处的增益和偏差进行校正。我们可以对应用中使用的每一个增益因数进行这种校正。

电路改进

仅把PGA用作一个低通滤波器(增益=1)

如果不要输入信号放大，则可以把PGA电路仅用作一个噪声滤波器。我们可以将积分电路常量设置为某个能够获得固定增益1的值。在这种情况下，积分阶段会在采样之后立即开始，而保持阶段会被设置为保持模式(图6)。

非反相积分

图4所示电路使用了一个反相积分电路。当这种反相不可接受时，可以在积分电路前面添加一个单电源反相缓冲器，从而让非反相积分电路的使用成为可能。

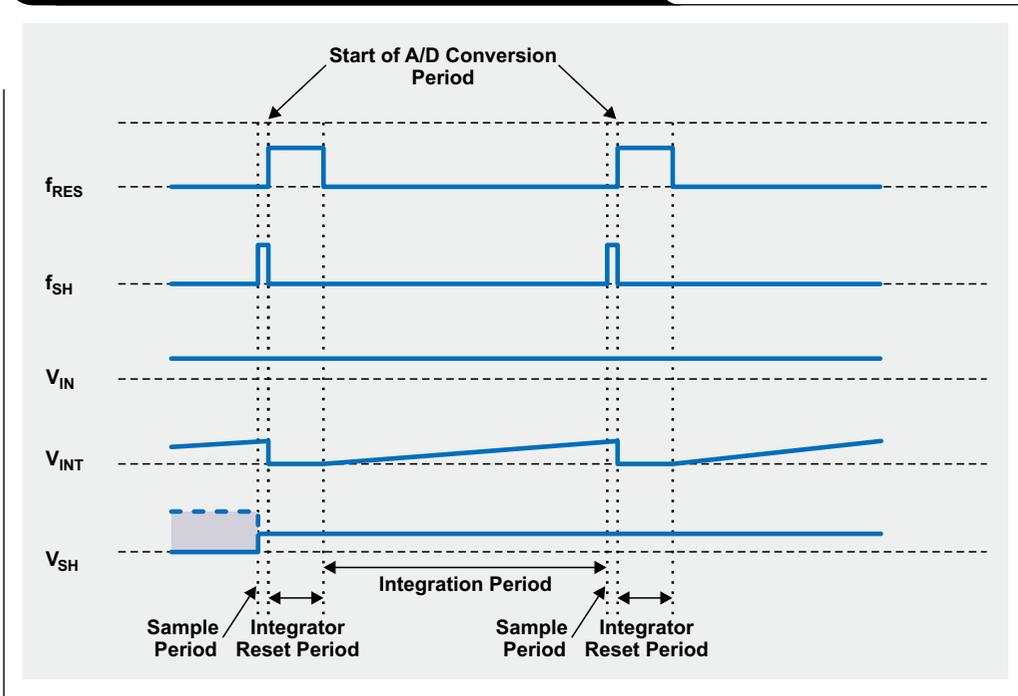
结论

本文介绍了一种高成本效益且简单的方法，用于在一些成本和功率密集型应用中实现PGA功能。由于不再需要常常出现在ADC前面的外部滤波器，它的众多滤波特点还降低了成本。但是，这种方法并不能代替所有的PGA，例如，高采样速率或者超大增益变化就会让这种解决方案难以实现。

相关网址

数据转换器：
www.ti.com/dc-aa
www.ti.com/adc-aa
www.ti.com/e2edcforum-aa
www.ti.com/msp430-aa
《模拟应用期刊》订阅，
请访问：www.ti.com/subscribe-aa

图 6 PGA电路仅用作一个滤波器（增益=1）





WEBENCH®
Design Center



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 | Iout 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 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:

TI新浪微博



www.deyisupport.com

800-820-8682

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



**TEXAS
INSTRUMENTS**

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, 但他们将独立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, 并且独立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 对未能满足应用所需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 | ers http://www.ti.com.cn/mcu |
| 能源 | www.ti.com.cn/energy | | microcontroll |
| DSP - 数字信号处理器 | http://www.ti.com.cn/dsp | 无线通信 | www.ti.com.cn/wireless |
| 工业应用 | www.ti.com.cn/industrial | RFID 系统 | http://www.ti.com.cn/rfidsys |
| 时钟和计时器 | ers http://www.ti.com.cn/clockandtim | RF/IF 和 ZigBee® 解决方案 | www.ti.com.cn/radiofre |
| 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