

## **DAC34H84 HD2 性能优化与 PCB 布局建议**

涂浩昇 (Lance Tu)

HSP Telecom FAE

### 摘要

本文分析了 DAC 二次谐波的产生，并给出了优化 DAC34H84 谐波性能的 PCB 布局。

Key words: HD2(二次谐波)

DAC(数模转换器)

SFDR(无杂散动态范围)

### 目录

1. 引言.....	2
2. 二次谐波的产生.....	2
3. DAC34H84 模拟输出接口 PCB 布局建议.....	4
4. 结论.....	7
5. 参考文献.....	7

## 1. 引言

DAC34H84 是一款由德州仪器 (TI) 推出的四通道、16 比特、采样 1.25GSPS、功耗 1.4W 高性能的数模转换器。支持 625MSPS 的数据率，可用于宽带与多通道系统的基站收发信机。

由于无线通信技术的高速发展与各设备商基站射频拉远单元 (RRU/RRH) 多种制式平台化的要求，目前收发信机单板支持的发射信号频谱越来越宽，而中频频率一般没有相应提高，所以中频发射 DAC 发出中频 (IF) 信号的二次谐波 (HD2) 或中频与采样频率  $F_s$  混叠产生的信号 ( $F_s - 2 * IF$ ) 离主信号也越来越近，因此这些非线性杂散越来越难被外部模拟滤波器滤除。这些杂散信号会降低发射机的 SFDR 性能，优化 DAC 输出的二次谐波性能也就变得越来越重要。

## 2. 二次谐波的产生

在理想状态下，DAC 的输出状态发生变化时，它应该从当前值直接跳变到期望的新值。但是实际上当 DAC 输出状态改变时，如下图所示，是可能会引起过冲与下冲现象的。

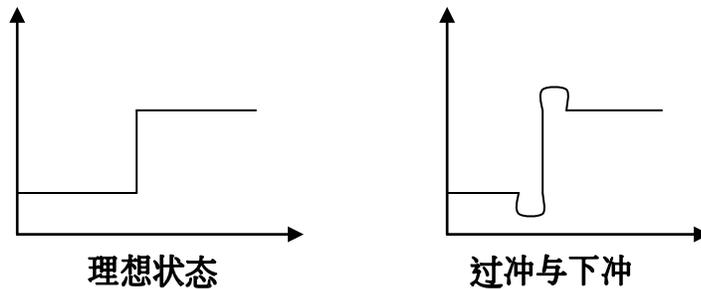


图 1 DAC 输出状态切换

这种现象是由 DAC 内部电流源相邻走线的互容效应以及状态变化时内部开关切换不同步引起的。

互容效应会在电流源线路上引入相邻线路的电流，形成串扰从而形成过冲或下冲脉冲。

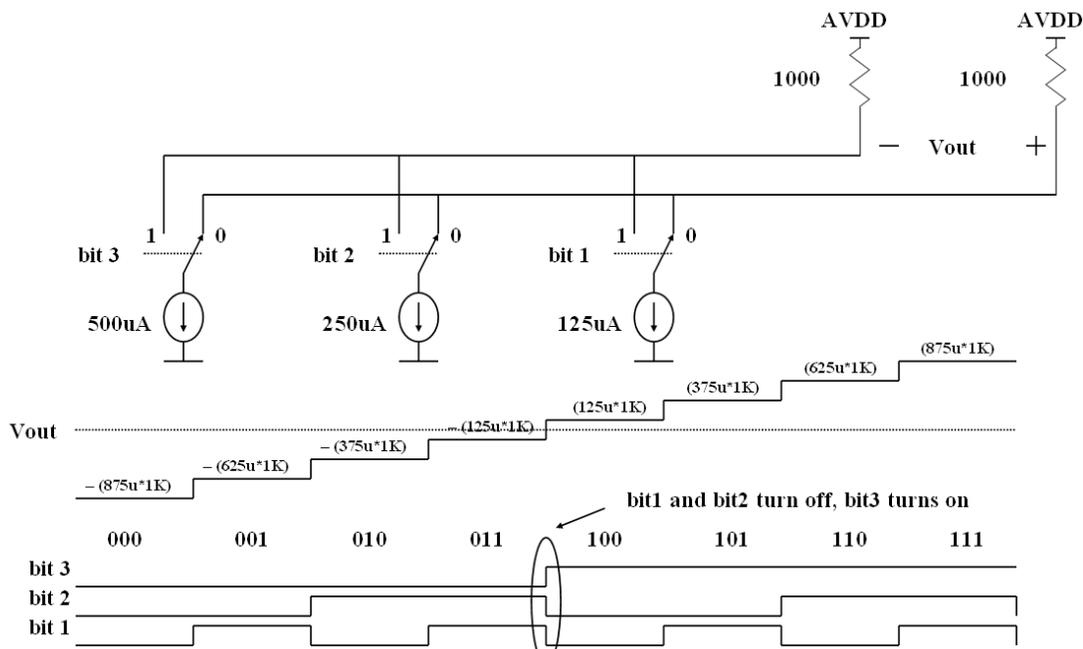


图 2 Three bit binary DAC

如上图所示，以 3 bit 的 binary DAC 为例，在进行代码 011 到 100 状态切换时，需要同时切换 3 个电流源开关，此时就可能会产生上述过冲与下冲现象。

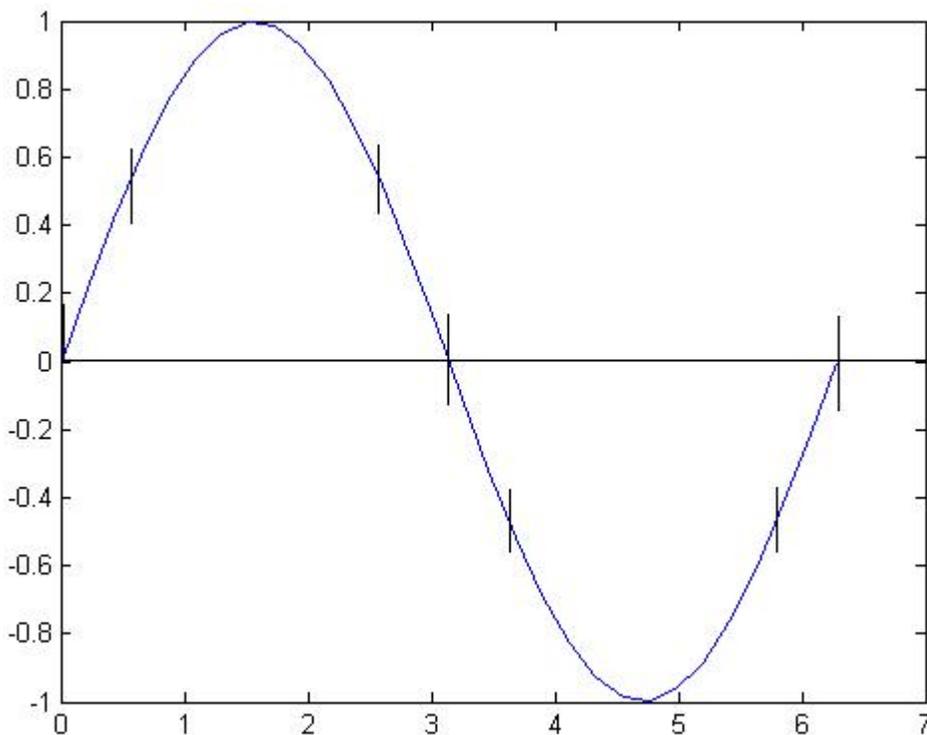


图 3 脉冲对正弦信号的影响

这些过冲与下冲脉冲将会产生 DAC 输出信号的谐波。以正弦波二次谐波的产生为例，如上图所示 DAC 在成形正弦信号时，由过冲与下冲效应引起的脉冲信号数量在一个周期内正好是两次，从而产生了此正弦信号的二次谐波。

改善 DAC 二次谐波性能的方法主要有两种：1. 通过 DAC 模拟输出端合理的 PCB 布局来优化。2. 使用数字预失真算法产生一个幅度相同，相位相差 180 度的信号来抵消 DAC 的谐波。本文主要介绍第一种方法。

DAC 的 HD2 性能可以通过良好的 PCB 走线布局来优化。现在的 RRU 收发信机采用的都是 DAC+IQ 调制器的解决方案。DAC 的模拟输出端口与 IQ 调制器的模拟输入端口之间的 PCB 布局会直接影响系统的线性性能。如果拥有良好的 PCB 走线布局，DAC+IQ 调制器的谐波性能会相对单独的 DAC 有所提高。

PCB 布局在为了满足等长线要求时，通常会采用多个连续 U 字的蛇型绕线法。这些 U 字形在高中频时会形成互感效应。此外 DAC 的模拟输出端口与 IQ 调制器的模拟输入端口电阻的位置会影响阻抗连续性，从而引起回波。以上两个效应都会影响 DAC 的谐波性能。

DAC 的 2 次冲击响应模型如下：

$$h(t) = A + B*x(t) + C*x^2(t)$$

假设通过 DAC I+路的信号为  $x(t) = k*\cos(\omega t)$

$$\begin{aligned} \text{那么 } h(t) &= A + Bk*\cos(\omega t) + Ck*\cos^2(\omega t) \\ &= A + Bk*\cos(\omega t) + Ck*[\cos(2\omega t)+1]/2 \\ &= A + 0.5*Ck + Bk*\cos(\omega t) + 0.5*Ck*\cos(2\omega t) \end{aligned}$$

2 次谐波可以表示为  $0.5*Ck*\cos(2\omega t)$

$$\begin{aligned} \text{2 次谐波的回波为 } Dk*\cos(2\omega t + \phi) \\ = Dk*[\cos(2\omega t)\cos\phi - \sin(2\omega t)\sin\phi] \end{aligned}$$

总 2 次谐波表达式为  $k(0.5*C+D*\cos\phi)\cos(2\omega t) - Dk*\sin(2\omega t)\sin\phi$

多通道 DAC 的所有通道的 C、k 与  $\omega$  是相同的，不相同的是由 PCB 布局阻抗不连续与互感效应引起的回波幅值 D 与回波相位  $\phi$ 。它们带来了 HD2 性能的差异性。

### 3. DAC34H84 模拟输出接口 PCB 布局建议

适合 DAC34H84 的 IQ 调制器为 TRF3705，它具有高线性性能，其 OIP3 性能高达 30dBm。

为了充分发挥 DAC34H84 的线性性能，提供更好的 HD2 性能与 HD2 一致性。建议的 DAC34H84+TRF3705 系统 PCB 布局如下：

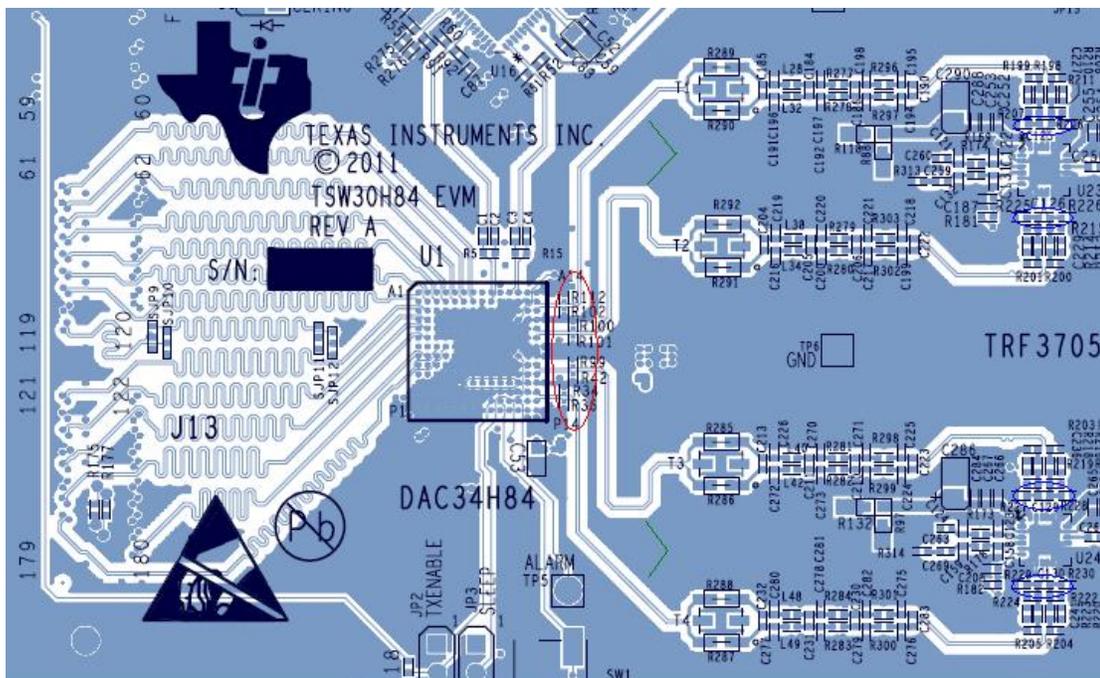
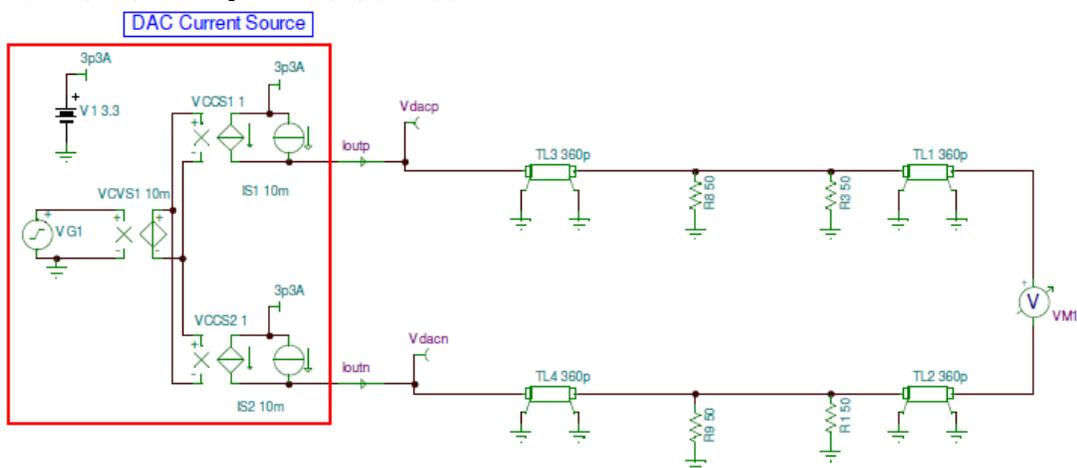
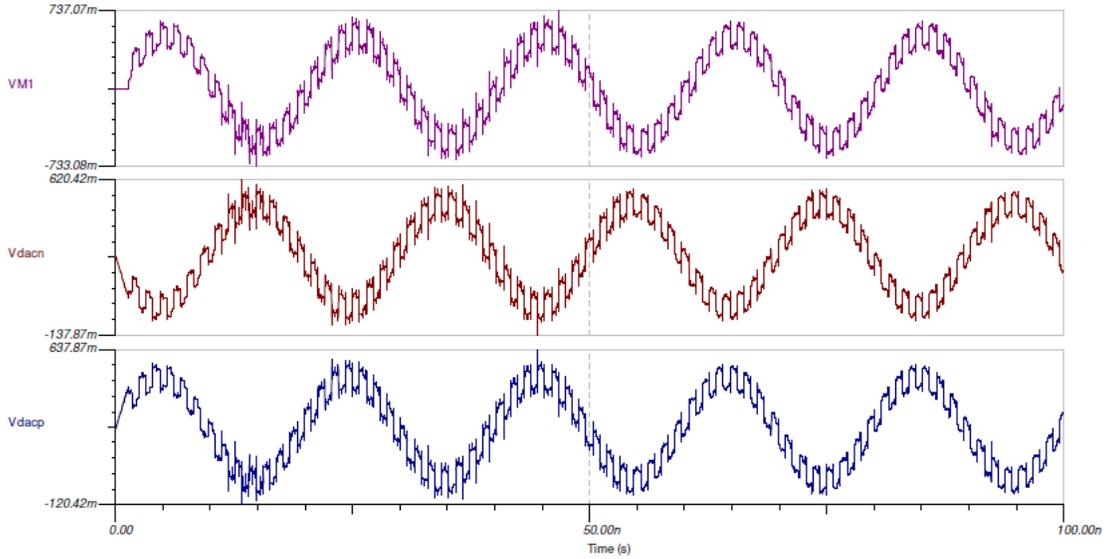


图 4 DAC34H84+TRF3705 推荐 PCB 布局

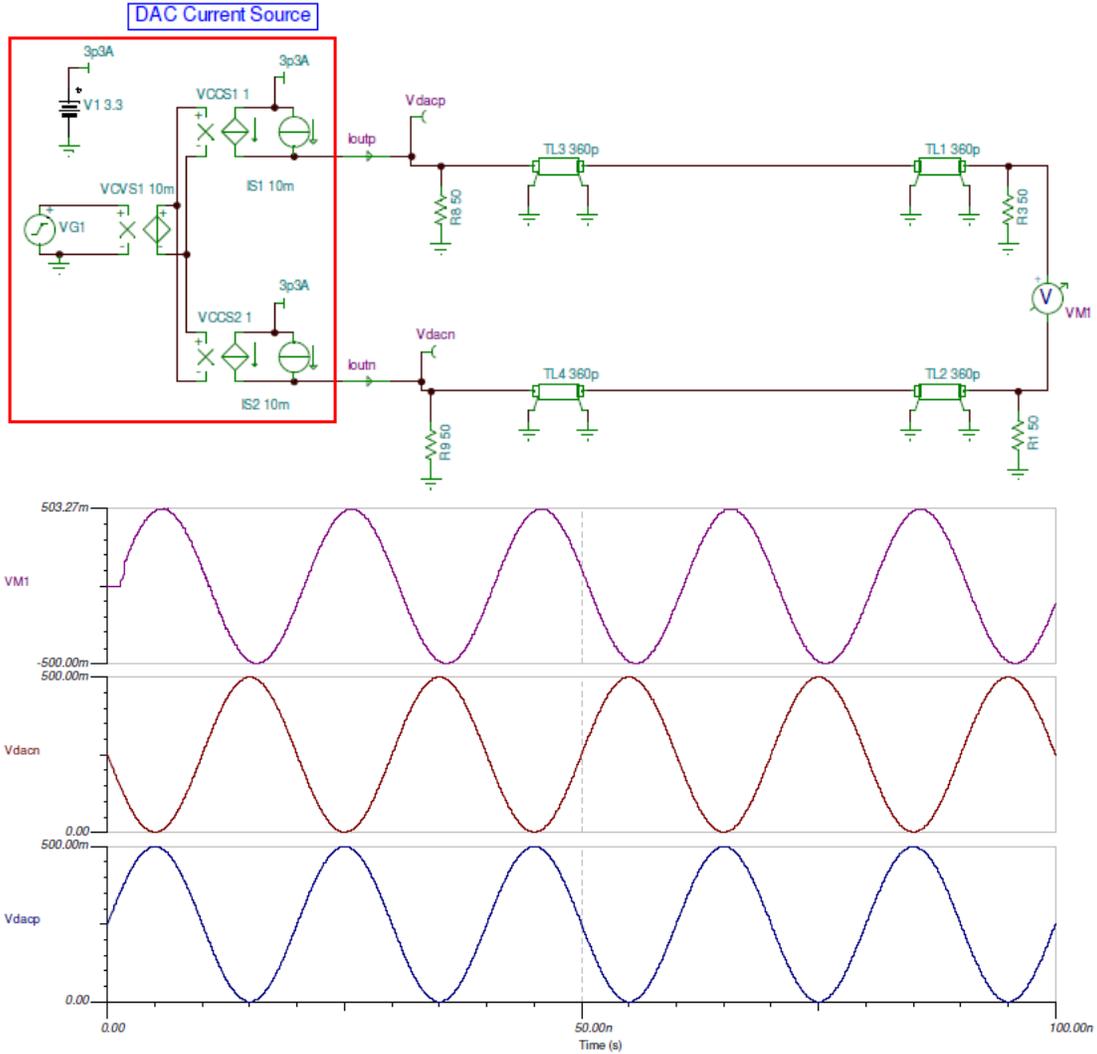
- (1) 图中红色圈内为 DAC34H84 模拟输出端电阻，将它们放置得离 DAC34H84 的模拟输出 pin 脚尽可能的近。
- (2) 图中四个蓝色圈内为 IQ 调制器 TRF3705 的信号输入端电阻，将它们放置得离 TRF3705 输入 pin 脚尽可能的近。

这么做的原因是为了保持阻抗的连续性。当 DAC 模拟输出端与 IQ 调制器信号输入端的  $50\ \Omega$  电阻离端口距离 3 英寸 (360ps) 时仿真结果如下：





当 DAC 模拟输出端与 IQ 调制器信号输入端的 50 Ω 电阻紧贴端口时，其仿真结果如下：



通过以上仿真对比可以得出，将端口电阻放置到离端口越近的位置，阻抗就越均衡，信号质量也就越高（以上信号质量仿真引用于“DAC3484 TRF3705 interface termination, Hsia Kang”）。

- (3) 除 DAC34H84 模拟输出走等长差分线以外，图中绿线所指的 DAC34H84 的两对 I 路与 Q 路也需要走等长线，并且在绕线时尽可能的不要一直连续使用 U 字型绕线，以此来保证 I 路与 Q 路的相位平衡并减少不必要的互感效应。
- (4) DAC34H84 与 TRF3705 之间的走线尽可能的不要经过过孔，各个模拟通道保持在 PCB 的同一层，以避免过孔引入的寄生电容。
- (5) 图中 1:1 作为传输线使用的巴伦理论上可以提升 PCB 走线的阻抗连续性，从而提供更优的谐波性能。如果严格按照建议（1）、（2）、（3）、（4）进行了 PCB 布局，此巴伦的效果在中频低于 200MHz 时就不明显了，如果空间不够可以移除。

以上措施会提供更好的 IQ 平衡与阻抗连续性，减小 PCB 走线寄生电容、幅度与相位误差以及耦合与互感效应，从而提高 DAC34H84+TRF3705 输出系统的线性。

通过大量对比测试表明，严格按照上述建议进行 PCB 布局的 DAC34H84+TRF3705 评估板的 HD2 性能会比未严格按照上述建议进行 PCB 布局的评估板的 HD2 性能优化 3 至 6dB。HD3、HD5、HD7 也有着不同程度的优化。

#### 4. 结论

通过合理的 PCB 布局，能够充分发挥 DAC34H84+TRF3705 系统的线性性能。其二次谐波性能会优化至少 3dB，使其在超宽带平台化系统与要求最为严格的多载波 GSM 系统中更加具有优势。

#### 5. 参考文献

- DAC34H84 datasheet, 2011 年 9 月修订版, Texas Instruments Inc.
- TSW30H84EVM PCB layout, 2011 年 9 月, Texas Instruments Inc.
- DAC3484 TRF3705 interface termination, 2011 年 6 月, Hsia Kang, Texas Instruments Inc.

## 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	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP 机动性处理器	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>		
	德州仪器在线技术支持社区		<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

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 © 2012 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司