

LMV225

*Application Note 1374 Use of LMV225 Linear-In-dB RF Power Detector In
CDMA2000 1X and EV_DO Mobile Station and Access Terminal*



Literature Number: ZHCA173

在CDMA2000 1X和EV-DO移动台和接入终端中采用线性增益的射频功率检测器LMV225

美国国家半导体
应用注释 1374
Barry Yuen
2005年4月



引言

CDMA IS-95蜂窝网络的商业化始于1996年，码分多址技术已被证实为应用在现代蜂窝和个人通信行业的最佳无线技术。所有流行的3G标准，CDMA2000，W-CDMA和TD-SCDMA，都已采用CDMA作为它们的接入方式。CDMA方法基于扩频调制技术，而扩频原理基于香农信息理论。香农容量定律表明，以一个附加高斯白噪声表征的信道容量为：

$$C_{sh} = B_{RF} \cdot (1 + SNR)$$

其中：

C_{sh} 为通道发送容量，单位bps

B_{RF} 为通道带宽，单位Hz

SNR为信噪比

为了实现相同的容量 C_{sh} ，比之 B_{RF} 较小的窄带系统，带宽和 B_{RF} 较大的系统对信噪比的要求较低。另一方面，对于给定的 B_{RF} ，大信噪比在信道中具有较高的传输容量。这意味着若所有的用户都发送相同数量的数据，就可以拥有更多的用户。

为什么在CDMA反向链路中功率控制很重要？

因为任何移动台在相同的基站覆盖区域内被认为是对其用户的干扰因素，在相邻单元上被认为是对所有用户的干扰因素，移动台的发送功率控制已经成为CDMA的高性能工作和较高系统容量的极重要特性。因此，有效的移动台数目越多，系统内的干扰程度就越高。因而，移动台的发送功率越低，总体干扰就越小。也就是，在射频载波频带BRF内的信噪比越高，系统容量 C_{sh} 就越大。

功率控制方案的主要原理是将移动台的发送功率设置到一个最低水平，使基站能从所有移动台以类似的强度接收信号。在这种情况下，基站输入处的信噪比为：

$$SNR = \frac{1}{M - 1}$$

M为这个基站的用户总数。

总之，CDMA系统中功率控制的主要优点如下：

- a) 增加了系统容量
- b) 将远近效应降到最小
- c) 减少移动台的电池消耗

用于移动台或接入终端的IS-95和CDMA2000的功率控制

功率控制特性通过估算最佳的发送功率水平并对网络或基站传送的功率控制方向做出反应来控制反向链路中的干扰程度。

在CDMA IS-95和CDMA2000 1X中，由基站确定功率控制，然而在CDMA2000 EV-DO中，由接入终端执行功率控制。总的来说，两个标准中的功率控制方案非常相似。其使用了两种功率控制方案，也就是开环控制和闭环控制。

开环功率控制

开环方法采用移动台接收端 P_{RX} 处的功率电平来估算正向链路损耗，然后再确定移动台的初始发送功率 P_{TX} ，由用户终端的选择将正向和反向链路的功率总和保持恒定，也就是说，在手机，PCS或3G中， $P_{TX} + P_{RX} = \text{恒量}$ 。从 E_b/I_o 中可计算得到 P_{RX} ，这是移动台的DSP测量得到的。 E_b/I_o 是平均每位的能量 E_b 与噪声和干扰的功率谱密度 I_o 的比值。

在得到初始 P_{TX} 之后，移动台和基站都将启动闭环控制。基站发送一个有错信号到移动台，以指示它逐级增加或者减少功率，具体实现取决于采用哪种CDMA标准。

闭环功率控制

闭环功率控制由两个过程组成：外向环路（仅有基站）和内向（移动台和基站同时），在IS-95和CDMA 1X中可以实现高达800 Hz的功率控制速率。

闭环功率控制的主要目的是基于基站的测量值，将信号的多路径传输损耗造成的快衰减效应降到最低。

结合使用闭环功率控制方法以及外向和内向环路，在高达80 dB的动态范围内，可得到20毫秒逐帧间隔内的20 dB至35 dB的衰减补偿。

外向闭环功率控制

在外向环路中，基站在接收端每隔20毫秒为每个帧指定一个目标 E_b/I_o （从移动台至基站）。如果产生帧错误，这个 E_b/I_o 可自动以每级0.2至0.3 dB减少，或者以3至5 dB增加。

整个外向闭环过程仅包含基站。

内向闭环功率控制

在内向环路中，基站每隔1.25毫秒将反向业务信道的 E_b/I_o 与目标 E_b/I_o 进行比较，然后通知移动台减少或者增加发送功率，以便实现目标 E_b/I_o 。对于CDMA2000而言，功率增量从 ± 0.25 dB变化至 ± 0.5 dB，对于CDMA IS-95，功率增量从 ± 0.25 dB变化至 ± 1.0 dB。它的更新速率为800 bps。

CDMA移动台中功率控制的硬件实现

总之，CDMA IS-95要求移动台每隔1.25毫秒以每级 ± 1.0 dB的速率调节发送功率电平，而CDMA2000的步长可设置为 ± 0.25 dB至 ± 0.5 dB之间。

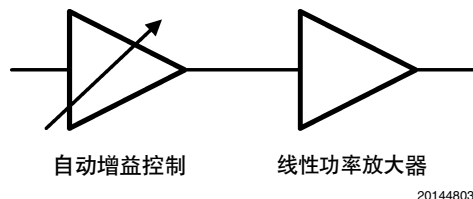


图1. 线性应用中的输出功率控制

图1所示为手持设备线性功率放大器信号路径的总输出功率控制。因为CDMA信号要求高线性，输出功率放大器通常会偏置在固定增益，然后输出功率电平将必须由一个增益控制线性驱动放大器来调节，通常称之为CDMA移动台中的自动增益控制放大器。

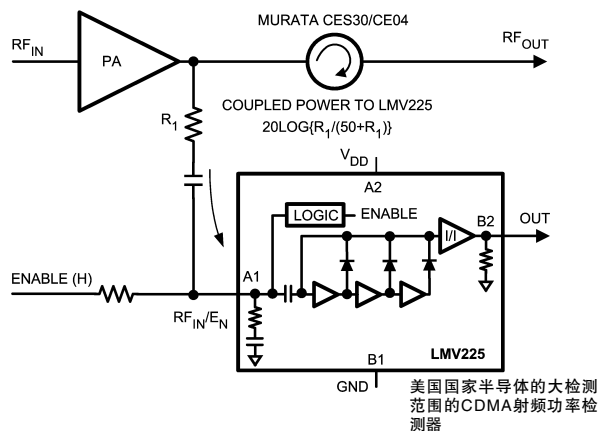


图2. 发送射频结构

已经发现，由于图2的发送射频结构中采用了如Murata CE04或者CES30的隔离器和精确的射频功率检测器LMV225，可以降低功率放大器的直流功耗。隔离器为功率放大器的输出提供了接近完美的 50Ω 负载，而LMV225可以检测精确的发送功率电平，然后移动台的DSP能够智能地将其输出功率设置为基站要求的合适水平。在这个应用电路中，采用电阻将主信号路径的射频信号转移到LMV225的输入端。需要一个约100 pF的电容来隔离使能控制信号进入主信号路径的直流信号。因为我们不希望直流电压进入到功放的输出端或隔离器的输入端，这种隔直电容是必需的。因为已经安置好隔离器，可以安全地说，大多数转移的射频能量来自发送功放。来自天线的反射能量会被转移至隔离器内建 50Ω 负载上，很少会到达功放的输出端或者LMV225。因此，采用表达式 $20\log[R_1/(R_1+50)]$ 可估算耦合到LMV225的功率。

CDMA 移动台中功率控制的硬件实现（续）

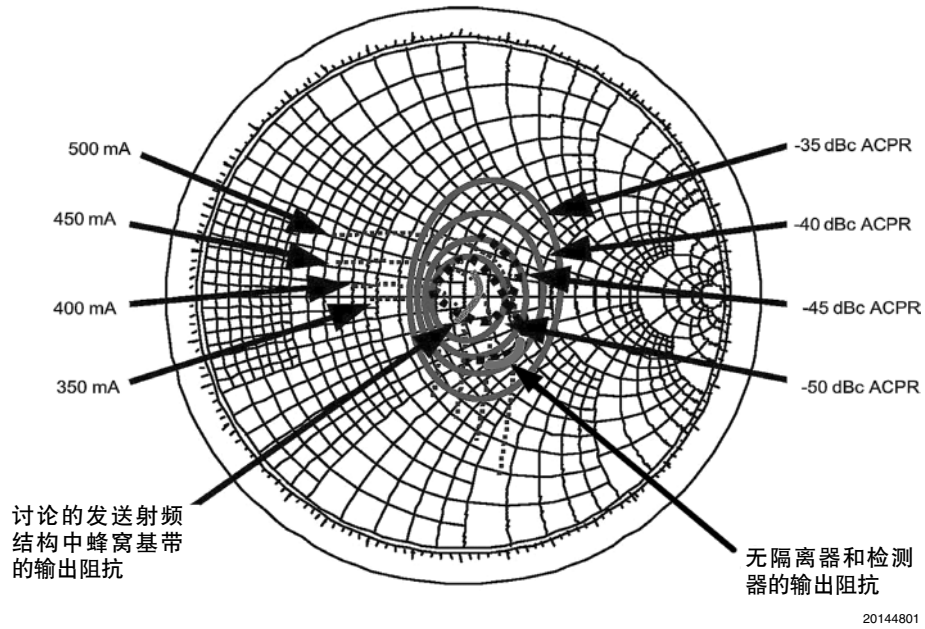


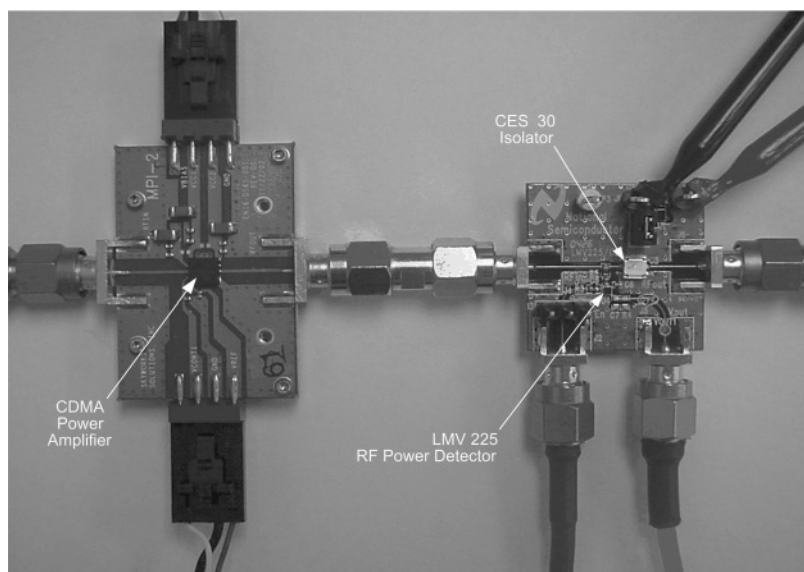
图3. 输出阻抗的史密斯圆图

图3简单描绘并解释了测试结果。以相邻信道功率抑制（ACPR）表征的功放失真性能可从500 mA供电电流时的-40

dBc提高到450 mA时的-50 dBc。在该例中电流减少了10%，失真性能提高了约10 dB。

CDMA移动台中功率控制的硬件实现（续）

在这种实验中采用的典型测试电路板如图4所示。



20144802

图 4. LMV225评估电路板 + CDMA功放模块

现在我们已经展示了，对于IS-95，W-CDMA，CDMA2000和TD-SCDMA的空中接口，在直流功耗和射频失真方面，LMV225连同CES30隔离器在线性CDMA功放应用中能提供更好的性能。实际上，对于CDMA2000移动台或接入终端，有必要将LMV225用作发送功率检测器，从而实现严格的内向闭环功率控制，这是由于发送信号路径元件的性能变化和不确定性，称之为AGC，功放的增益，无源器件的损耗等所导致的。我们将在下一节中详细解释这一点。

移动台发送信号路径和射频

在图2中的发送射频结构可用于许多不同的CDMA芯片组。通用的最佳解决方案之一是来自美国加州圣地亚哥的高通公司的产品，MSM6500™/射频T6120™。图5为在CDMA2000 1X或EV-DO单频带手持设备中用于发送功率检

测的推荐LMV225应用框图。在这种发送结构中，天线的输出功率表达为：

$$RF_{OUT} = P_{RFT} - L_{SAW} + G_{PA} - L_{ISOLATOR} - L_{DUPLEXER}$$

其中： RF_{OUT} 送到天线的射频功率（假定已用50欧姆匹配）

P_{RFT} P_{RFT} 发送芯片的输出功率

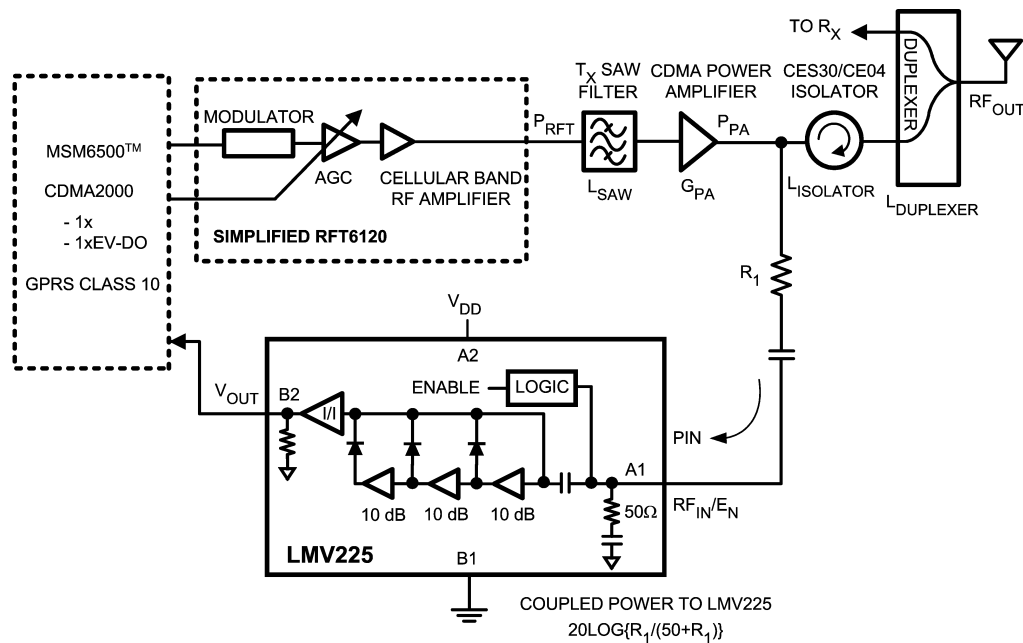
L_{SAW} SAW滤波器的LSAW插入损耗

G_{PA} CDMA功放的固定增益

$L_{ISOLATOR}$ 隔离器的插入损耗

$L_{DUPLEXER}$ 双工器的插入损耗

移动台发送信号路径和射频（续）



20144805

图 5. 单带CDMA2000的发送结构

因为 R_1 和LMV225构成到信号路径的高阻并联负载，这里可以忽略 R_1 和LMV225所构成的电阻功率分配器的插入损耗。

我们看到，在室温下可以将 L_{SAW} ， G_{PA} ， $L_{ISOLATOR}$ ， $L_{DUPLEXER}$ 看成是恒定的。通过 P_{RFT} 可调节送到天线的射频功耗 RF_{OUT} ，这可通过发送芯片中的AGC来控制。实际上，按照IS-95或CDMA2000的规定，AGC放大器一般可支持大约80 dB的动态范围。同样可以发现在大多数时间内，CDMA移动台以中等输出功率工作，于是从中等功率电平到高输出功率的功率控制精度显得更为重要。不够精确的高输出功率电平将会减少移动台的通话时间，并对其它网络用户产生更多的干扰。

LMV225的重要特点

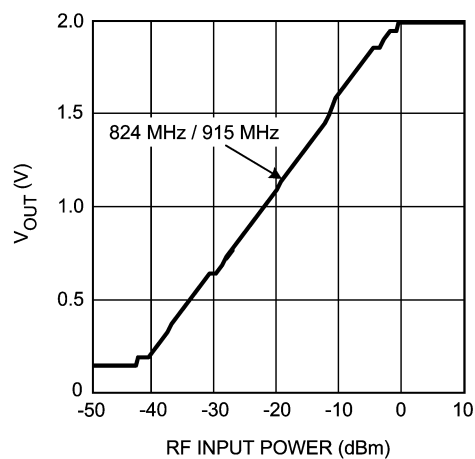
设计并优化LMV225以提供CDMA手持设备中最佳的功率检测范围。它的检测范围如图6和图7所示。正如上面提到的，从中等输出功率电平至高输出功率电平的精确功率控制更为重要。应选择耦合电阻 R_1 使得LMV225输出的射频信号满足这种关键范围。

假定AGC视图设置在最高增益电平，使之可得到来自CDMA功放的最大输出电平，如28 dBm。如果此刻传送射频信号的波峰因子为3 dB，来自CDMA功放的瞬时峰值功率电平将为 $28 + 3 = 31$ dBm。如果我们选择它作为最大参考点，其中LMV225应该能观察并检测到，也就是说0 dBm到 RF_{IN}/E_N 激活LMV225，当功放的瞬时输出功率为31 dBm时，应采用31 dBm的耦合因子。可以发现1.8K欧姆的 R_1 能在电路中产生31 dB的耦合因子。

LMV225线性增益特性的附加价值

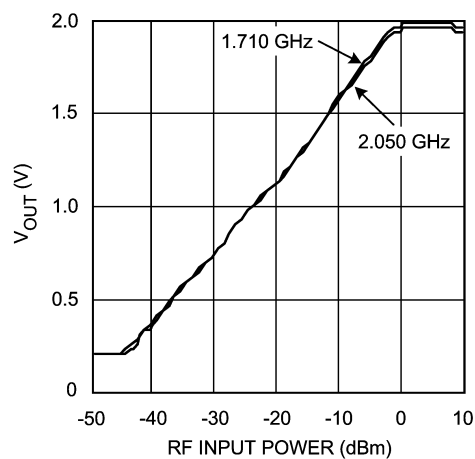
在图6和图7中可以发现，LMV225具有30dB的线性增益检测范围。这种特性可简化产品校准工艺的复杂性。校准工艺是CDMA移动台制造工艺的关键部分。采用自动测试设备来收集关于移动台输出功率的相关信息与弱信号到强信号的控制代码/信号相比较。然后将这种信息存储到移动台的内存中供现场使用。每当基站请求输出功率电平时，移动台的DSP会在内存中找出相应的控制代码或信号来实现请求的输出功率电平。在市场上一些AGC在控制信号和输出增益之间具有指数特性。如果这种类型的AGC与LMV225一起使用，与其它检测方法相比，例如二极管检波等，线性增益特性将不会使原始的控制曲线比原始的AGC特性曲线更加复杂。然而，如果AGC具有线性的控制范围，线性的增益特性将使校准点从20多个点减少至2个左右。这种两点校准过程是根据在两维平面中仅需两个不同点便可表现一阶的线性等式的原理。如果等式是 $y = mx + b$ ，根据两个测试坐标 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 便可找到斜率 m 和截点 b 。

LMV225线性增益特性的附加价值（续）



20144806

图 6. 蜂窝通信频带的典型性能



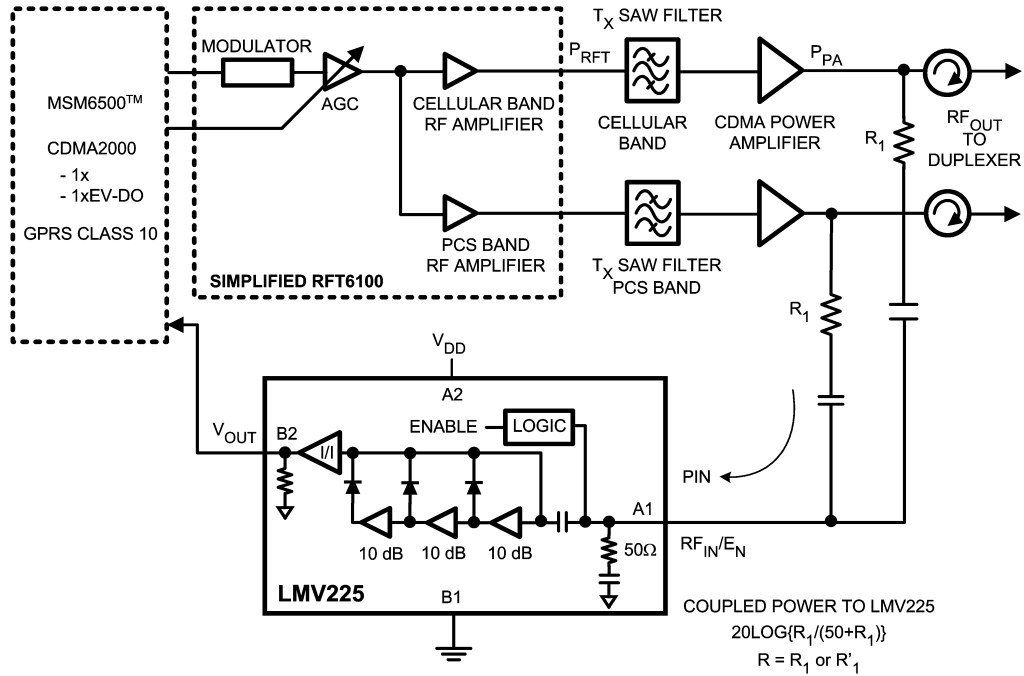
20144807

图7. DCS/PCS/W-DCMA频带的典型性能

在双频带CDMA2000移动台中的LMV225

图8为用在CDMA2000手持设备中的推荐模块框图。尽管电阻 R_1 和 R_1' 可能不尽相同，用户仍可优化两个频带性能，

使 R_1 和 R_1' 都有相同的数值。另一方面，因为在实际应用里同一时间内功率放大器中仅有一个开通，电阻（ R_1 或者 R_1' ）一般会提供超过30 dB的隔离，低频带和高频带之间的这种隔离应该是可接受的。



20144808

结论

最后，用对数放大器的射频频率检测器LMV225已经成为反向链路中CDMA2000功率控制的关键器件。可以看到LMV225不仅满足CDMA2000空中接口标准规定的基本要求，

而且能节省直流功耗，改善发送路径中的失真性能如ACPR，节省了产品的校准成本，并简化了研发阶段的使用步骤。

注释

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体公司不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。
想了解最新的产品信息，请访问我们的网址：www.national.com。

生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备/系统指：（a）打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；（b）支持或维持生命，依照使用说明书正确使用，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备/系统失效，或影响生命支持设备/系统的安全性或效力的任何部件。

禁用物质合规

美国国家半导体公司制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范（CSP-9-111C2）》以及《相关禁用物质和材料规范（CSP-9-111S2）》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。
无铅产品符合RoHS指令。



National Semiconductor
Americas Customer
Support Center
Email: new.feedback@nsc.com
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Support Center
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Customer Support Center
Fax: 81-3-5639-7507
Email: jpn.feedback@nsc.com
Tel: 81-3-5639-7560

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 & 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	www.ti.com.cn/audio
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters
DLP® 产品	www.dlp.com
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers
接口	www.ti.com.cn/interface
逻辑	www.ti.com.cn/logic
电源管理	www.ti.com.cn/power
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys
OMAP 机动性处理器	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 © 2011 德州仪器 半导体技术(上海)有限公司