

单电源系统中单端视频到差动视频的转换

作者: Jim Karki

德州仪器 (TI) 高性能模拟产品实验室研究组成员

引言

视频信号常常作为单端信号被编码、解码和处理,但是人们通常希望将其转换为差动信号,以通过线缆进行传输。安全系统便是一个典型的例子,其摄像头安装在不同的位置,视频信号通过线路被传回中央单元,实现监控和数据存储功能。

因其固有的抗噪声特性,差动传输长期以来一直用于电话线路和专业音频应用。噪声耦合至差动传输线路中时,它会以一种受到抑制的共模信号形式出现在接收器端。

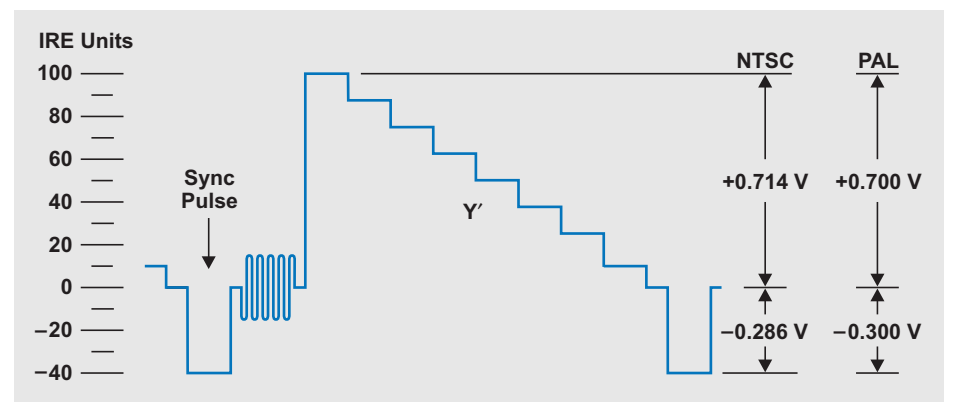
随着单电源设备变得越来越普遍,将线驱动电路也设计成单电源未尝不是一种好的办法。在单电源系统中,信号电平经过转换以适应电源电压,同时还要考虑偏置电平,以便不会产生讨厌的输出偏移量。另外,还需要做一些平常的工作,例如:增益设置、线路端接类型选择以及达到足够的带宽和转换速率等。

我们可以利用单端输出运算放大器或者全差动放大器(FDA)将单端视频转换为差动视频。本文的目的是向您介绍如何使用一个FDA将单端视频信号转换为差动信号,以在单电源系统中驱动一条双端接5类(Cat 5)线缆。我们假设读者熟悉FDA概念和使用方法。FDA基础的更多详情,请参见参考文献1。

典型视频参数

图1为一个复合视频基带信号(CVBS),其显示了我们经常使用的标准清晰度(SD)视频的灰度。SD视频特性一般符合模拟信号标准。这是一种专为NTSC或者PAL电视广播系统制定的一种标准。规定总峰至峰输出电压为 $140 \text{ IRE} = 1 \text{ VPP}$,纯同步亮度(Y')时,同步脉冲为负。增加色度信息以后,完全调制复合视频信号约为 1.23 VPP 。为了支持负脉冲,可以使用分离电源($\pm V_S$)运算放大器,也可以使用AC耦合,其DC电平在接收器端被恢复。使用分离电源或者AC耦合,

图 1 显示灰度的 SD 复合视频基带信号 (CVBS)



要求更多的组件,成本也更高。DC耦合可以降低成本,但是改用支持单电源的DC耦合信号要求对信号进行电平转换。例如,TI TMS320DM368 视频处理器的产品说明书,规定视频缓冲器在 75Ω 负载时的输出电压范围为 0.35 V 到 1.35 V 。这样,可以通过偏置电平转换支持 1-VPP 视频信号,而这对消费类视频而言是可以接受的。

其他高清视频格式,例如:增强清晰度(ED)和高清晰度(HD)等,不会像SD那样将大量不同信息都编码到一条线路中。它们会根据视频内容和规范,使用多条线路来传输不同持续时间和传输速度的信号。

视频信号本身为脉冲型,因此放大器和传输介质需要有优异的脉冲特性才能完全正确地重现它们。正因如此,使用双端接传输线路是一种标准方法。在双端接中,驱动线路的放大器本身具有与特性线路阻抗相同的输出阻抗,而接收机本身也有与特性线路阻抗相同的输入阻抗。利用这种配置,脉冲沿的反射被最小化,并且保持了最佳信号完整性。由于在理想情况下运算放大器是一些电压源,因此其输出具有极低的阻抗(接近 0Ω),只需添加一个串联输出电阻器便可轻松实现输出阻抗匹配。该输出电阻器与接收器的输入阻抗一起,得到 6-dB 的损耗,其为双端接的固有损耗。若想对这种损耗进行弥补,常用方法是:让视频缓冲器的增益为 2 V/V (6 dB),这样视频源到负载的总增益便为 1 V/V (0 dB)。

5类 (Cat 5) 线的使用非常普遍，它广泛用于计算机局域网 (LAN)，但它也用于传输其他信号，例如：电话信号、视频信号和音频信号等。大多数 5 类线价格都很低，也没有屏蔽功能，使用双绞线设计实现差动信号传输的噪声抑制。5 类线的标准特性阻抗为 100Ω。

电路分析

建议电路 1

第一款建议电路，用于对单电源视频源（例如：TMS320DM368）的单端视频信号进行转换，目的是驱动差动线路，如图 2 所示。各部分功能如下：

V_{S+} 为放大器的电源；负电源输入 V_{S-} 接地。

V_{IN} 为 TMS320DM368 视频源的输入，其范围为 0.35 V 到 1.35 V。

R_G 和 R_F 为放大器的主要增益设置电阻器。增益为 2 V/V 时， $R_F = 2R_G$ 。

V_{OUT+} 和 V_{OUT-} 为 FDA 的差动输出信号。它们为 180° 异相，并被电平转换为共模输出电压 V_{OCM} 。

我们选择了两个 R_O 电阻器来匹配特性线路阻抗 Z_O 。

$= 100\Omega$ 时， $R_O = 50\Omega$ 。 R_L 为匹配 Z_O 的电阻器。 $Z_O = 100\Omega$ ， $R_L = 100\Omega$ 。

乍一看图 2 中的电路，好像是可以接受的，但仔细查看之后发现还需要做一些工作才行。该电路并没有为 TMS320DM368 视频缓冲器提供 75-Ω 负载，因此缓冲器输出电压将不正确。当使用如 TMS320DM368 等视频源驱动时，视频源的视频缓冲器输出范围为 0.35 V 到 1.35 V，因此该电路的输出信号有一个等于视频信号共模电压乘以增益的差动偏移量，其将被电平转换为 V_{OCM} 。计算表明，图 2 电路输出有一个 1.7-V 的差动偏移量。要纠正该偏移量，FDA 未受驱动侧的 R_G 必须被分离和偏置，以便实现 FDA 受驱动侧 R_G 的戴维宁等效电路。戴维宁等效输入电压等于视频源的共模电压，即 $V_{TH} = V_{IN_CM}$ 。

图 2 用于将单端视频信号转换为差动信号的建议电路 1

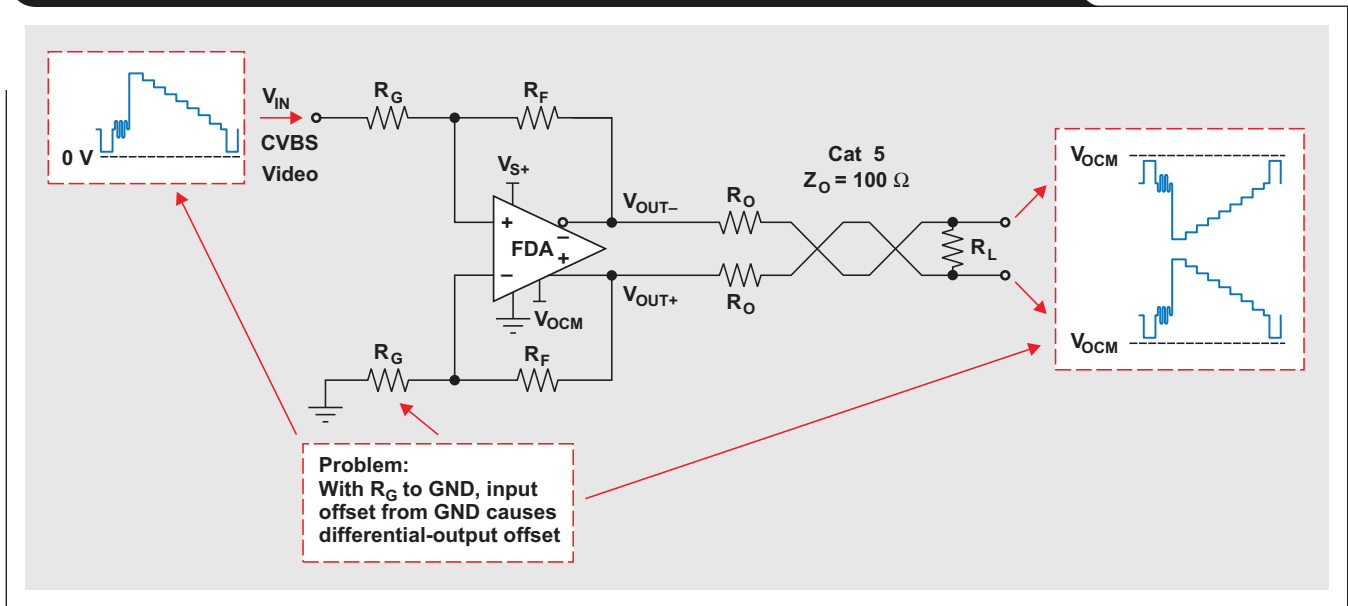
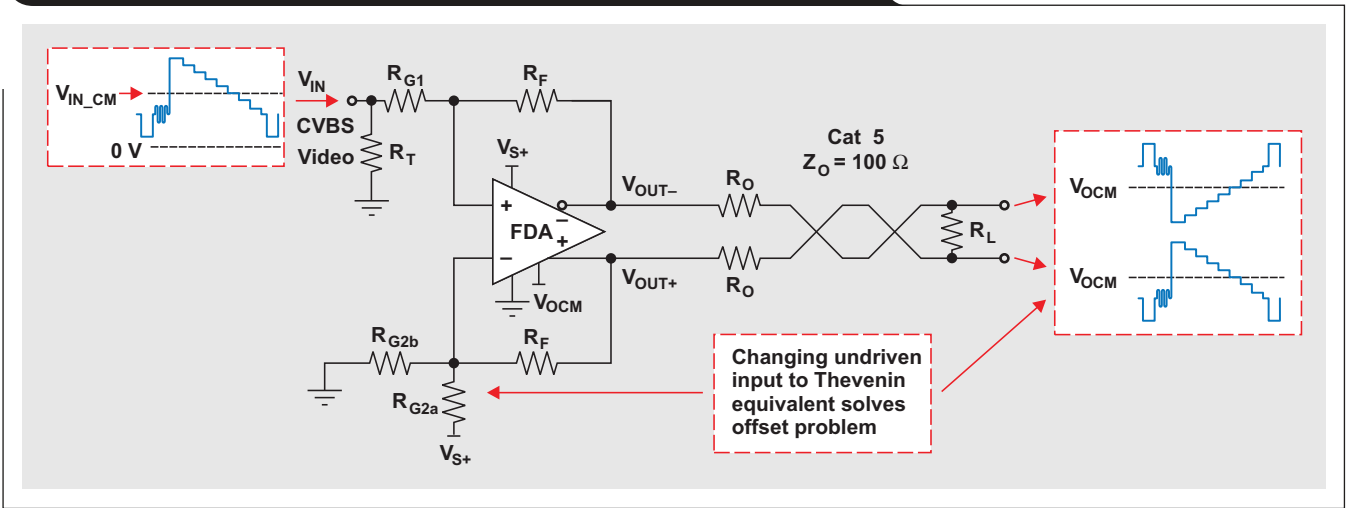


图 3 校正差动输出偏移量的建议电路2



建议电路2

第二款建议电路，用于对如 TMS320DM368 等单电源视频源的单端视频信号进行转换，以驱动差动线路，如图 3 所示。在这种电路中，我们电路进行了一些改进：给 75-Ω 输入端接添加 R_T ，然后将 FDA 未受驱动侧的 R_G 改为受驱动侧的戴维宁等效电路， $V_{TH} = V_{IN_CM}$ 。这样做的目的是校正电路 1 中出现的偏移量。各组成部分的功能与之前相同，只是用 R_{G2a} 和 R_{G2b} 代替了未受驱动侧的 R_G 。下面是对电路 2 的分析和模拟情况。

电路2分析

为了分析图 3 所示电路 2，我们假设 FDA 为一个理想放大器，其有无限的增益，且不存在偏移量。这样做的目的是让 FDA 的未受驱动侧成为受驱动侧的一个戴维宁等效电路。这种做法，与这一定理（戴维宁等效电路定理）的一般使用方法相反，其将更简单的受驱动侧转换为未受驱动侧更为复杂的电路。

第一步是设置平行和，即 $R_{G2a} \parallel R_{G2b} = R_{TH}$ ，其中 $R_{TH} = R_{G1} + R_S \parallel R_T$ 。我们可以将它写成如下方程式：

$$R_{TH} = R_{G1} + \frac{R_S \times R_T}{R_S + R_T} \tag{1}$$

R_S 等于 75Ω，其为 TMS320DM368 视频缓冲器的输出阻抗。RT 等于 82.5Ω，其为使放大器电路输入阻抗等于 75Ω所需要的电阻。如何选择正确端接和增益的 R_T 和 R_{G1} ，详情请参见参考文献 2。

第二步是设置 $V_{TH} = V_{IN_CM}$ ，其中

$$V_{IN_CM} = \frac{V_{IN(min)} + V_{IN(max)}}{2} \tag{2}$$

利用图 4，可以很容易地对所需 V_{TH} 进行分析，其计算方法如下：

$$V_{TH} = V_{S+} \times \frac{R_{G2b}}{R_{G2a} + R_{G2b}} \tag{3}$$

为了叙述的完整性，我们假设已经按照上述要求建立了器件，则单端输入到差动输出的增益为：

$$G = \frac{V_{OUT\pm}}{V_{IN}} = 2 \times \frac{R_F}{R_{TH}} \times \frac{R_T}{R_S + R_T} \tag{4}$$

每个单端输出均为一半差动输出，其被电平转换为 V_{OCM} ：

$$V_{OUT+} = V_{IN} \times \frac{R_F}{R_{TH}} \times \frac{R_T}{R_S + R_T} + V_{OCM}$$

$$V_{OUT-} = -V_{IN} \times \frac{R_F}{R_{TH}} \times \frac{R_T}{R_S + R_T} + V_{OCM}$$

图 4 戴维宁等效电路 (V_{TH}) 分析图

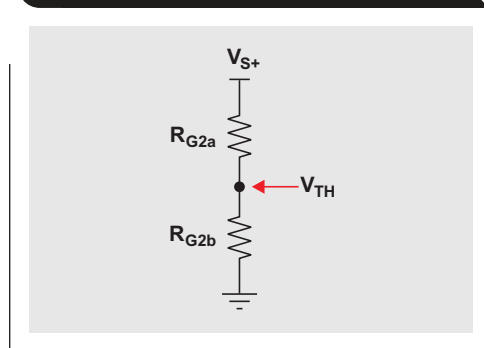
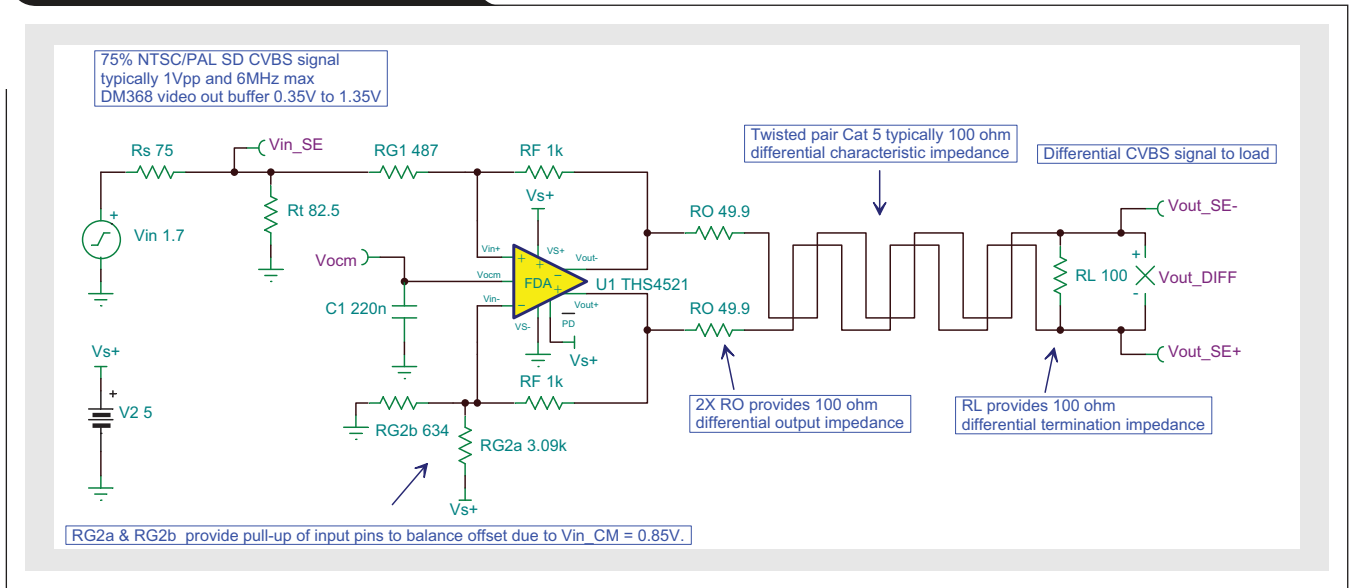


图 5 TINA-TI™ 举例电路



为了找到满足设计要求的 R_{G2a} 和 R_{G2b} 的值，需要对方程 1 和 3 重新排列，并同时求解出结果。一种方法得到：

$$R_{G2a} = R_{TH} \times \frac{V_{S+}}{V_{TH}} \tag{5}$$

该值可用于求解：

$$R_{G2b} = \frac{R_{G2a} \times R_{TH}}{R_{G2a} - R_{TH}} \tag{6}$$

电路 2 计算举例

这是一个如何使用电路 2 的例子，我们假设输入信号来自 TMS320DM368，其信号输出范围为 0.35 V 到 1.35 V。我们使用了 5 类线，因此双端接 $R_O = 50\Omega$ 和 $R_L = 100\Omega$ 。该举例使用了 TI THS4521，它是一种单 +5-V 电源的 FDA。

THS4521 产品说明书建议 R_F 等于 $1k\Omega$ 。若想提供 $75\text{-}\Omega$ 输入端接和 2 V/V (6 dB) 的 G 值，可将 R_{G1} 设置为 487Ω ， R_T 设置为 82.5Ω ，如参考文献 2 所述。将这些值用于下列方程式中，计算出其余电阻值。

利用方程式 1：

$$R_{TH} = R_{G1} + \frac{R_S \times R_T}{R_S + R_T} = 487\Omega + \frac{75\Omega \times 82.5\Omega}{75\Omega + 82.5\Omega} = 526\Omega$$

Using Equation 2:

$$V_{IN_CM} = \frac{V_{IN(min)} + V_{IN(max)}}{2} = \frac{0.35\text{ V} + 1.35\text{ V}}{2} = 0.85\text{ V}$$

利用方程式 5：

$$R_{G2a} = R_{TH} \times \frac{V_{S+}}{V_{TH}} = 526\Omega \times \frac{5\text{ V}}{0.85\text{ V}} = 3096\Omega$$

利用方程式 6：

$$R_{G2b} = \frac{R_{G2a} \times R_{TH}}{R_{G2a} - R_{TH}} = \frac{3096\Omega \times 526\Omega}{3096\Omega - 526\Omega} = 634\Omega$$

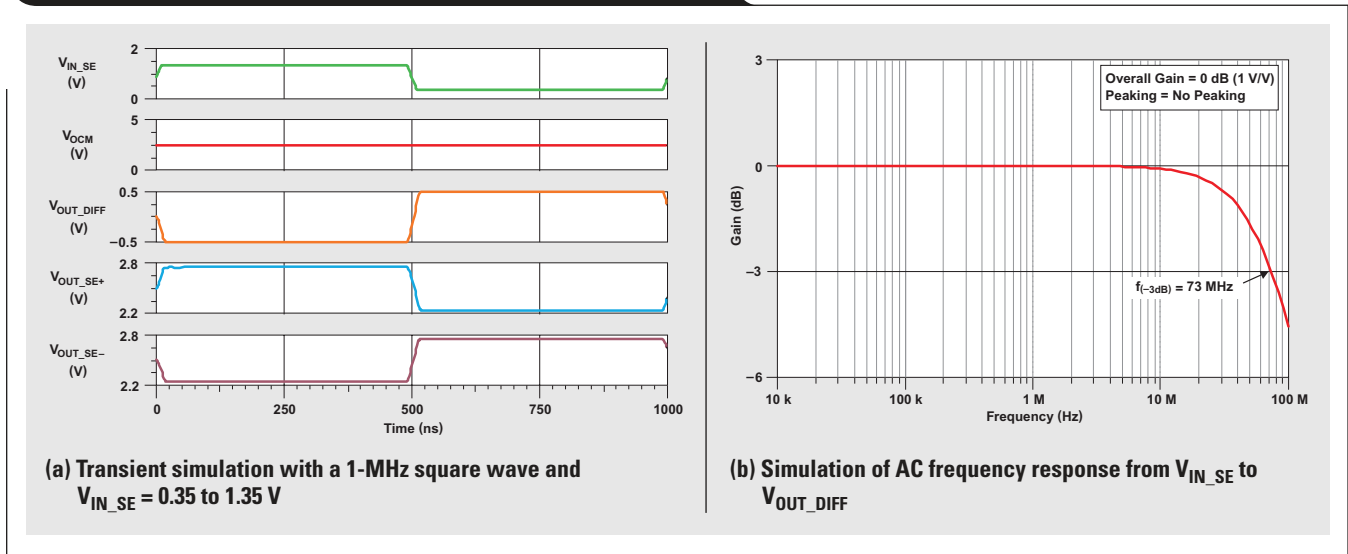
最接近标准 1% 值 $3.09k\Omega$ 和 634Ω ，用于下列仿真。

TINA-TI™ 软件仿真

通过对建议电路进行仿真，找出错误并验证假设是否有效，始终都是一种好方法。图 5 和 6 显示了运行 TINA-TI™ 软件得到的瞬态结果和频率分析结果。该仿真表明，输出电平转换为 $V_{OCM}=2.5V$ 时没有出现讨厌的瞬态响应偏移量，同时 AC 频率响应显示负载增益为理想的 1 V/V (0 dB)。

如欲查看电路的 TINA-TI 仿真情况，请访问 <http://www.ti.com/lit/zip/slyt427>，然后点击“打开”在线浏览 Winzip 目录（也可以点击“保存”下载 Winzip 文件离线使用）。如果您已经安装了 TINA-TI 软件，您便可以打开文件 THS4521_SE_to_DIFF_for_Cat5_video_drive。TSC 查看实例。若想下载和安装免费的 TINA-TI 软件，请访问 www.ti.com/tina-ti，然后点击“下载”按钮。

图 6 实例电路的 TINA-TI™ 仿真结果



结论

THS4521 是单电源应用中将标准清晰度 (SD) 或者增强清晰度 (ED) 视频信号, 从单端转换为差动的极好选择。表 1 列举了 SD 和 ED 最为严格的 NTSC 和 PAL 视频缓冲要求, 并将其与 THS4521 规范进行比较。THS4521 可以满足所有这些要求。

THS4521 能够非常适用于这种应用, 其拥有一个低至 +2.5 V 的电源。另外, 它还拥有低静态电流和省电功能, 让它成为远程、便携式和电池供电型设备的理想选择。

表 1 NTSC/PAL SD/ED 视频缓冲要求与 THS4521 规范的对比

规范	0.1-dB带宽 (MHz)	转换速率(V/μs)
NTSC/PAL CVBS视频	6	38
NTSC/PAL ED视频	12	53
THS4521 (VS = 3.3 V)	20	420

参考文献

如欲了解本文相关更多详情, 敬请访问 www.ti.com/lit/litnumber (用TI文件编号替换网址中的“litnumber”), 下载Acrobat® Reader®格式文件, 获取下列参考资料。

文献标题

TI文献编号

- 《全差动放大器》, 作者: James Karki, 发表于《应用报告》..... sloa054d
- 《全差动放大器的输入阻抗匹配》, 作者: James Karki, 发表于《模拟应用杂志》(2008年第4季度刊)..... slyt310

相关网站

amplifier.ti.com
www.ti.com/sc/device/THS4521
www.ti.com/sc/device/TMS320DM368
 TINA-TI 举例:
www.ti.com/lit/zip/slyt427
 TINA-TI 软件下载:
www.ti.com/tina-ti

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	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/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/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 机动性处理器	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 © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司