

# RS-485 数据速率独立型半双工中继器设计

作者: Thomas Kugelstadt,

德州仪器 (TI) 应用工程师。

工程师们经常面临的一个问题是, 如何为 RS-485 应用设计一款非数据速率依赖型半双工中继器。例如, 通过给现有网络添加分接头, 设计一款超出建议最大线缆长度 (1200m) 的远距离网络, 或者设计一款星型拓扑网络。各种系统所使用的数据速率并不相同, 从 10 kbps 到 200 kbps, 不一而足。

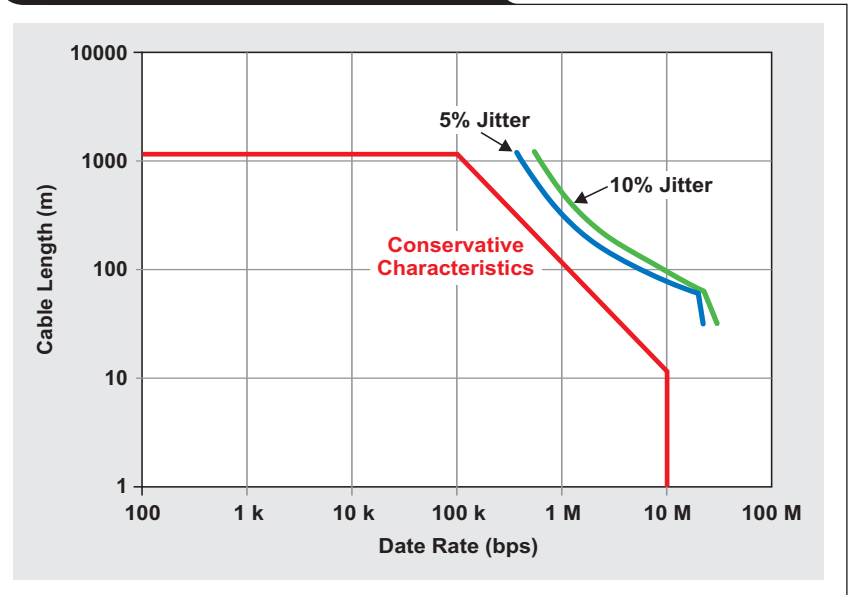
远程节点之间的接地电位差 (GPD) 所产生的电压, 超出了大多数总线收发器的最大共模电压范围, 因此必须在网络节点电子组件和总线之间实施电隔离。

《参考文献 1》中, 线缆长度与数据速率的对比特性表明, 应使用 1200m (4000英尺) 的最大线缆长度 (图 1)。使用该长度时, 常用 120-Ω、AWG24 无屏蔽双绞线 (UTP) 的电阻接近端电阻器值, 并使总线信号摆幅减小一半 (6 dB)。

在 RS-485 技术文献中, 为了简便起见, 收发器产品说明书通常会介绍一种全双工中继器设计。但是, 在远距离传输网络中, 数千个仪表都使用全双工线缆并不可取, 因为线缆和配线都非常的昂贵。

为了实施一款更远距离的半双工模式远距传输网络, 我们必须安装一个半双工中继器。图 2 显示了一个系统结构图。由于半双工中继器连接至两个总线段, 该中继器必须包含两个独立的收发器, 每个收发器都经由信号隔离器连接至其各自

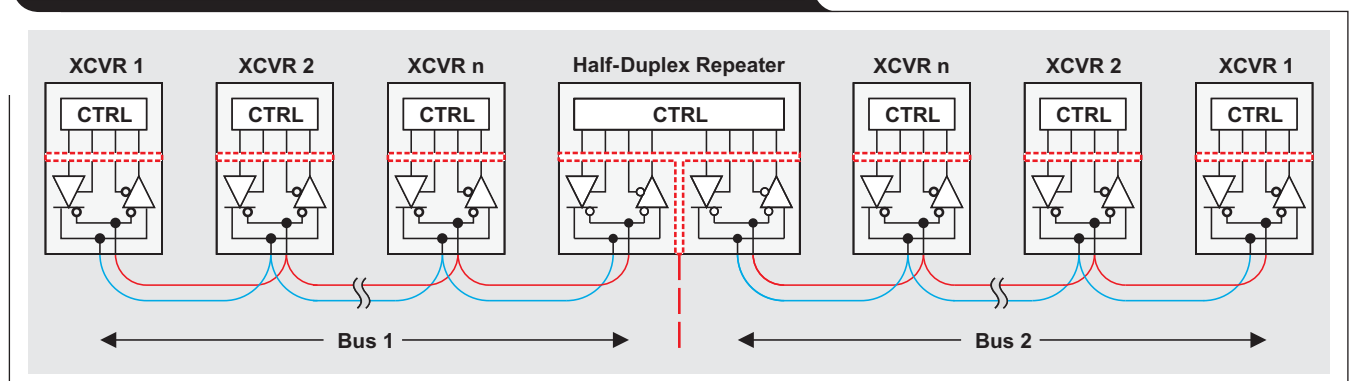
图 1 线缆长度与数据速率的关系



总线, 并连接至一个隔离于两个收发器部分的控制逻辑。该控制逻辑及时关闭和开启中继器的驱动器和接收机部分。任意方向的发来数据信号都可对其初始化。

两种最为常用的时序控制方法是图 3 所示单触发电路和图 4 所示时延反相缓冲器电路。为了确保正确的开关行为, 两种方法都要求对上电和总线闲置以后的启动条件进行定义。通过故障保护偏压电阻器  $R_{FS}$  可以完成这项工作, 其在没有收发器有效驱动总线时, 产生一个大于接收机输入灵敏度  $V_{FS} > +200$  mV

图 2 双隔离半双工中继器总线扩展



的故障保护电压  $V_{FS}$ 。

完整执行一遍单触发电路的功能运行顺序（此处以数字编号，请参见图 3），清楚地说明了该中继器的工作过程：

- 1、在总线闲置期间，由于  $V_{FS}$ ，两个中继器端口的接收机输出均为高电平。因此，两个收发器在接收模式下相互牵制。
- 2、接下来，端口 1 上发来数据包起始位的到达，驱动  $RX_1$  输出为低。这种转变触发单触发电路，从而驱动其输出为高，并激活驱动器  $DR_2$ 。
- 3、正确计算时间常量  $R_D \times C_D$ ，以使该单触发电路输出在整个数据包时间期间都保持高态。
- 4、在单触发时间常量期间， $DR_2$  始终驱动总线 2。  $XCV_{OUT}$

代表总线 2 上远程收发器的接收机输出状态。请注意， $DR_2$  被激活时，上拉电阻器  $R_{PU}$  拉高未激活接收机 ( $RX_2$ ) 的输出，以使  $RX_1$  保持激活状态。

这种解决方案的缺点是，R-C 时间常量取决于数据包长度和发送信号的数据速率。另外，单触发电路易受噪声瞬态的影响，容易引起伪触发和中继器故障。

不过，单触发电路常用于接口桥接，例如：RS-232 到 RS-485 转换器等。这些转换器直接把 RS-485 网络连接至老式 PC 或者 RS-232 控制机器的 RS-232 端口。

有一种更加稳健和不依赖于数据速率的方法可以替代单触发电路，即通过一种具有不同充电和放电时间的反相施密特 (Schmitt) 触发缓冲器，实现时序控制。优先原则是在逻辑低

图 3 利用一个单触发电路实施的收发器时序控制

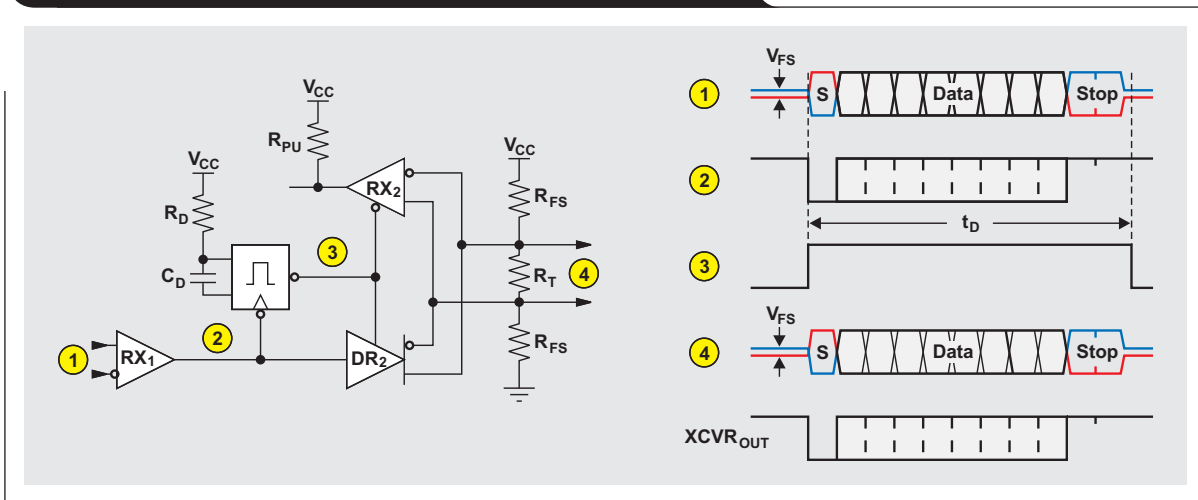
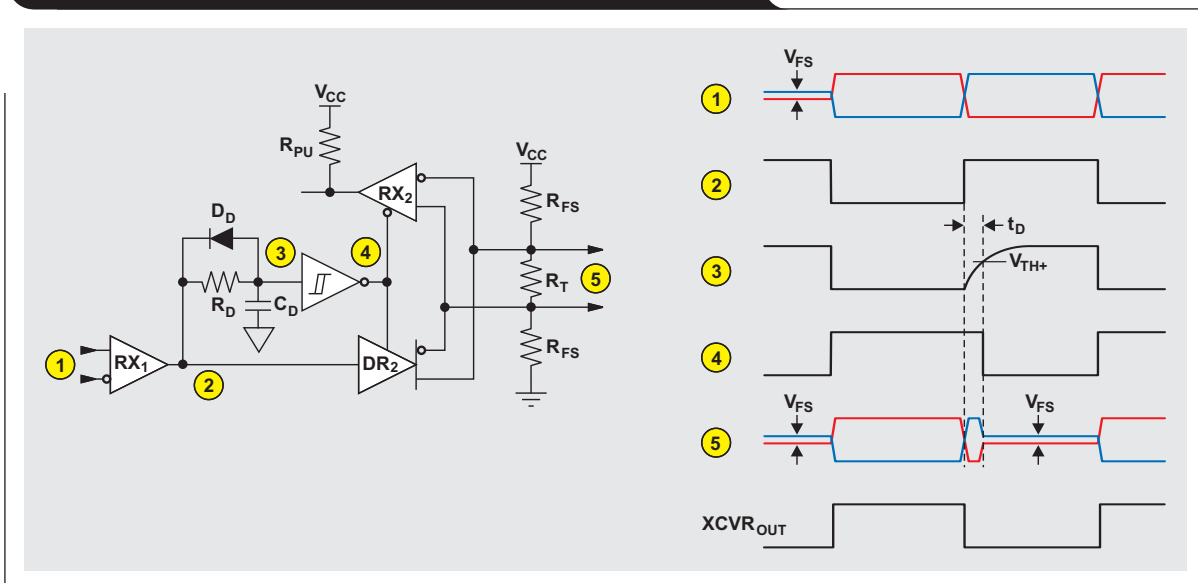


图 4 利用一个反相缓冲器电路实施的收发器时序控制



状态期间主动驱动总线，并在逻辑高状态期间关闭驱动器。然后，根据逐位原则开启和关闭序列，从而使中继器功能独立于数据速率和数据包长度。

完整执行一遍反相器控制中继器的功能运行顺序（此处以数字编号，请参见图4），可以清楚地说明其运行过程：

- 1、在总线闲置期间，由于  $V_{FS}$ ，两个中继器端口的接收机输出均为高。延迟电容  $C_D$  获得完全充电，驱动反相器输出为低态，以使收发器维持在接收模式下。
- 2、之后，总线 1 出现一个低位，驱动RX1输出为低电平，快速对  $C_D$  放电，并激活驱动器  $DR_2$ 。
- 3、当总线电压变为正 ( $V_{Bus} > 200 \text{ mV}$ ) 时， $RX_1$  输出变为高，其驱动  $DR_2$  输出为高，并通过  $R_D$  对  $C_D$  缓慢充电。必须正确计算最小时间常量 ( $R_D \times C_D$ )，以使最大电源电压  $V_{CC(max)}$  和最小正反相器输入阈值  $V_{TH+(min)}$  时，延迟时间  $t_D$  超过驱动器最大低到高传播延迟  $t_{PLH(max)}$ ，即超出 30%。例如，电容为  $C_D = 100 \text{ Pf}$  时， $R_D$  的要求电阻值为：

$$R_D = \left| \frac{1.3 \times t_{PLH(max)}}{C_D \times \ln\left(1 - \frac{V_{TH+(min)}}{V_{CC(max)}}\right)} \right|$$

- 4、根据延迟时间 ( $t_D$ ) 与实际数据位间隔时间的对比情况，延长驱动器激活时间，以在总线建立有效的高态信号。需在从发射模式切换至接收模式以前完成这项工作，目的是让接收机输出始终保持高态。由于接收机传播延迟短于驱动器，因此接收机不可能变为低态，即使是一瞬间的低态都不可能。驱动器一旦关闭，外部故障保护电阻器便将总线 2 偏压至 200 mV 以上，其被活跃接收机看作是一个定义高电平。
- 5、某个总线闲置，低位  $V_{OD} < 1.5 \text{ V}$ ，高位之初时延 ( $t_D$ ) 的  $V_{OD} > 1.5 \text{ V}$ ，此时，总线 2 的差动输出电压为  $V_{OD} = V_{FS} > +200 \text{ mV}$ 。之后，其余高位  $V_{OD} = V_{FS} > +200 \text{ mV}$ 。

此外， $XCVR_{OUT}$ 代表总线 2 上远程收发器的接收机输出状态。传统中继器设计的数据速率通常被限制为 10 kbps，更短传播延迟的一些现代收发器拥有高达 100 kbps 以上的数据速率。

为了简便起见，到目前为止，中继器讨论始终都没有涉及电隔离这一重要内容。但是，在一些远距传输网络（中继器的主要应用领域）中，网络节点之间的大接地电位差 (GPD) 很是常见。这些 GPD 以收发器输入强共模电压的形式存在，如果不实施电隔离，它们会对器件产生破坏力。当收发器总线电路隔离于其控制电路时，总线系统独立于本地节点的接地电位。

图 2 显示了隔离于节点控制电路的总线节点驱动器和接收机部分。但是，就中继器而言，必须使用双隔离，因为内部控制逻辑必须隔离于总线 1 和总线 2。另外，两个总线还必须相互隔离。图 5 显示了实施这种隔离的一个中继器电路，表 1 列出了其材料清单 (BOM)。电路使用两个经过隔离的 RS-485 收发器，每个收发器都要求一个单独的隔离电源  $V_{ISO}$ ，其源自于控制部分的中央 3.3V 电源（请参见图 6）。

结论

中继器可用作总线扩展器或者分接头延长器。用作总线扩展器时，中继器构建一个总线的末端和另一个总线的开端。这样可以在两个端口固定安置故障保护电阻器和端接电阻器。但是，当中继器用作分接头延长器时，它可以放置在网络的任何位置。这时，应去除连接总线的端口的电阻器，但是仍然保留分接头端口的电阻器。

参考文献

1、2006年1月1日刊发的TIA TSB-89“TIA/EIA-485-A应用指南”，网站地址：www.global.ihs.com。

表 1 中继器信号路径材料清单

DESIGNATOR	FUNCTION	DEVICE/VALUE	SUPPLIER
U1, U2	Isolated half-duplex transceiver	ISO1410	Texas Instruments
U3	Dual Schmitt-trigger inverter	SN74LVC2G14DBV	
R <sub>PU</sub>	Pull-up resistor	4.7 kΩ	Vishay
R <sub>FS</sub>	Fail-safe resistor	348 Ω	
R <sub>T</sub>	Termination resistor	120 Ω	
R <sub>D</sub>	Delay resistor	10 kΩ	
C <sub>S</sub>	Storage capacitor	10 μF	
C <sub>B</sub>	Bypass capacitor	0.1 μF	
C <sub>D</sub>	Delay capacitor	100 pF	
D <sub>D</sub>	Discharge diode	1N4448	

相关网站

www.ti.com/iso

www.ti.com.cn/product/cn/partnumber

使用 ISO1410, SN6501 或者 SN74LVC2G14 代替上面地址中的“partnumber”

图 5 双隔离半双工中继器

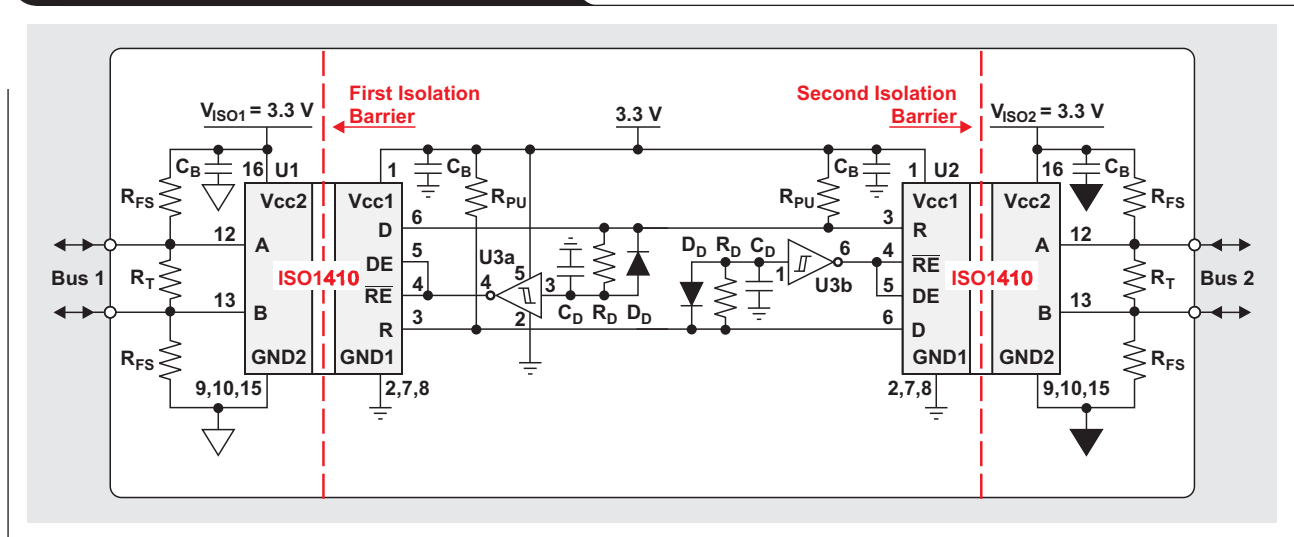
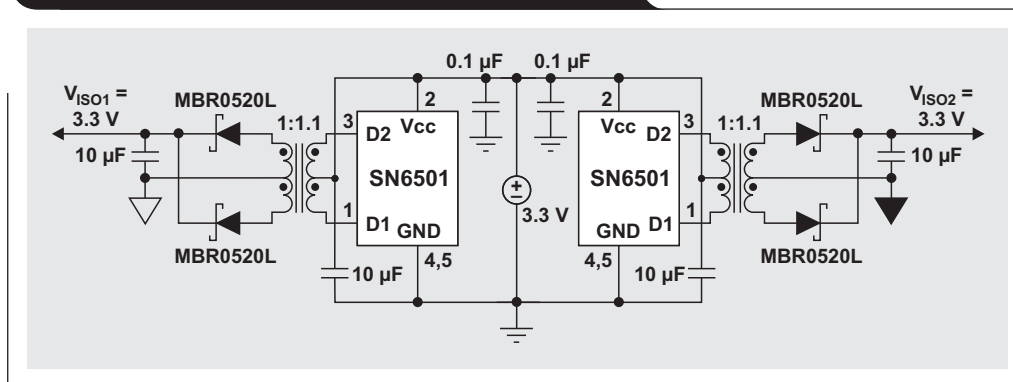


图 6 双隔离电源设计



## 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

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2018 德州仪器半导体技术（上海）有限公司