

RS-232应用中的iCoupler®隔离

作者: Sean Clark和Ronn Kliger

简介

RS-232总线标准是最常用的串行通信总线设计之一,最初由电子工业协会(EIA)在1962年指定用于计算机设备与调制解调器之间的通信,目前仍广泛用作系统间串行通信链路。

RS-232标准属于串行数据点对点设计,每个方向上有一条信号线路专用于通信。这两条专用单向线路形成全双工通信。

标准没有规定最大电缆长度,但实际最大电缆长度约为16米。RS-232简单、灵活、历史悠久,有助于广泛应用于系统间连接。

因为RS-232标准通常用作系统间连接,所以总线与每个连接的系统之间的隔离至关重要。数字隔离提供关键的隔离与保护,防止RS-232电缆总线与连接至总线的系统之间发生过压瞬变。数字隔离还消除RS-232总线上的接地环路。将RS-232总线与连接至总线的系统数字隔离可以减少信号失真和误差,并为系统和元件提供保护,防止系统和总线电压与接地失配。

本应用笔记旨在为用户简要介绍RS-232总线物理层,帮助用户理解隔离对系统的重要性。本应用笔记详细说明了如何使用ADI公司的iCoupler产品对RS-232总线实施隔离。

RS-232概述

RS-232更恰当的称谓应该是EIA232,但一般习惯用旧的“推荐性标准”232称呼。RS-232使用单端(非平衡)点对点发信,信号以地为基准。

RS-232额定最大数据速率为20 kbps。RS-232的低电压版本TIA/EIA562标准的额定最大数据速率为64 kbps。

RS-232规格不定义最大电缆长度。但是,RS-232额定最大线路电容为2,500 pF,负载阻抗为3 k Ω 至7 k Ω 。这些规格得出典型的最大可用电缆长度为大约16米。

标准规定逻辑1的驱动器输出电平为-5 V至-15 V,逻辑0为+5 V至+15 V,并规定接收器读取-3 V至-15 V的输入电平作为逻辑1,+3 V至+15 V的电平作为逻辑0。-3 V与+3 V之间的电平未定义。较宽的电压摆幅和中心未定义电压区保证了高水平的抗干扰能力,并允许以最大电缆长度接收到有效信号电平。

RS-232标准自采用之日起已经过数次修订。标准通过字母命名表示各种版本。RS-232C是PC行业常用的版本。第四版RS-232D增加了三条额外测试线路并将最大线路电容定义为2,500 pf。

截至本手册撰写之日,最新版本是1991年采用的EIA232E。此版本正式更名为EIA232。此外,此版本还重新命名了某些信号线路并定义了保护接地导线。

RS-232规格只定义物理层。信号协议由用户定义，或者由定义该协议并指定RS-232物理层的标准来定义。

RS-232规格以20条信号线路定义25引脚D连接器的引脚排列。不过，EIA574定义的9引脚连接器、8信号配置更为常用。

在RS-232系统中，每个方向上只有一条线路用于数据传输。所有其他线路都被指定用于信号通信协议。这些信号线路为设计人员提供多种选择来配置RS-232协议。系统可设计用于利用常用9引脚连接器中的8个信号进行异步操作。最简单的是仅使用三条线路：Tx(数据)、Rx(数据)和GND，来实现RS-232。

RS-232标准中规定的25引脚连接器定义了9引脚连接器中未使用的11个信号。这些额外信号包括每个数据方向上一条时钟线路，以允许使用同步数据协议。

本应用笔记特别关注的是在25引脚连接中加入保护接地线路。此线路设计成设备安全接地，一般连接至串行适配器的电源接地或机壳接地。该接地不应连接至信号地。此外，不建议将此接地连接在两个系统之间，尤其是在长电缆线路应用中。将这些接地连接在一起或连接至两个系统会构成接地环路。

RS-232引脚连接

RS-232标准将连接至串行端口的设备分成两类。即，DCE(数据通信设备)和DTE(数据终端设备)。这类命名沿袭了传统计算机和调制解调器标准，该标准将数据终端设备定义为计算机或计算机终端，并将数据通信设备定义为调制解调器。在实际应用方面，DCE和DTE命名定义了哪些线路作为输入连接至各系统以及哪些线路作为输出。

虽然RS-232规格没有定义信号协议，但一般采用利用8条信号线路和1个接地的异步发信来实现(图1)。

如上所述，可以使用少于总共6条的握手信号线路来配置系统。虽然硬件可能只需连接Tx、Rx和接地即可运行，但一些驱动器软件仍将继续等待其中一条握手线路转到正确电平。这是否会起作用取决于信号状态。

为保险起见，应将未使用的握手信号回送并连接至发送请求(RTS)信号。握手信号环路一旦建立，来自处理器或控制器的RTS输出将立即激活清除发送(CTS)输入。采用这种配置，发送系统可有效控制其本身的握手信号。或者，可以用硬连线方式将数据终端就绪(DTR)等部分信号置为有效信号电平，从而有效发送关于系统随时准备接收数据的信号。

有关使用RS-232协议进行连接的更多详细信息，请参阅AN-375应用笔记，网址：http://www.analog.com/UploadedFiles/Application_Notes/527881158649405705232480454AN375.pdf

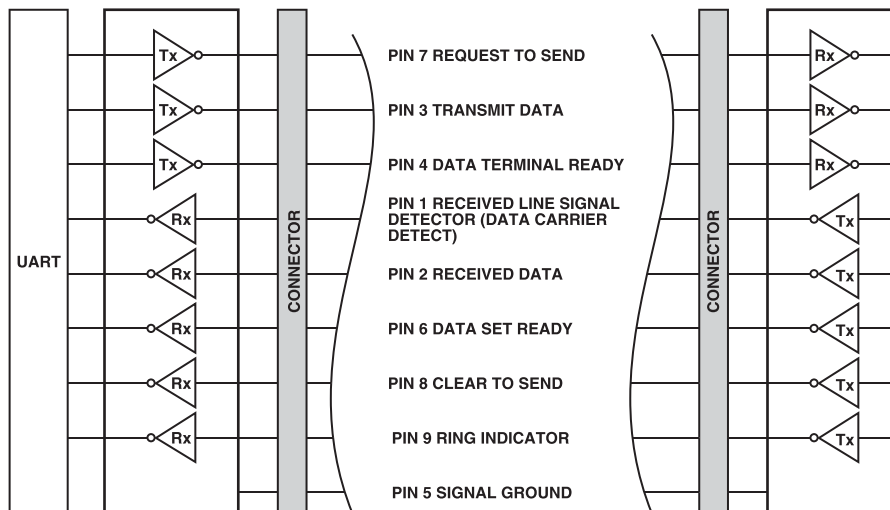


图1. RS-232 8信号网络配置

系统隔离概述

连接两个系统的电缆总线上出现不需要的电流和电压可能会导致严重的问题。高电压和电流会破坏连接至总线的元件。这些不需要的电压和电流主要有两个来源：接地环路和线路电涌。

如果总线或系统利用多个接地路径，就会发生接地环路。不能假定连接至总线并分开数米或更远的两个系统接地会处于相同电位。这些接地不大可能处于相同电位，因此接地之间会产生电流，这类非预期的电流会损坏或破坏元件。

引起电涌的来源有很多。这些电涌由通过感应耦合在电缆线路上的电流引起。工业环境中的长电缆线路和系统尤其易受这种现象影响。电动马达等切换较大电流的设备工作时会造成接地电位迅速变化。这类变化会在任何附近的线路中产生电流以使接地电位相等。其他感应电涌源还包括静电放电(ESD)和雷击。这些感应产生的电涌会在线路上产生数百、甚至数千伏电位，表现为瞬态电流和电压浪涌。

这导致的结果是，电缆末端节点可能收到一个开关信号，相对于其局部接地，叠加在高电压电平上。这些不受控制的电压和电流会破坏信号，并且对器件和系统而言是灾难性的，会造成连接至总线的元件损坏并导致系统故障。RS-232系统通过最长16米的电缆运行并互连两个系统，因此极易受这类事件影响。

要防止这种潜在破坏性能量，总线上的所有器件和连接至总线的系统必须只以一个地为基准。将RS-232系统器件与连接至总线的每个系统隔离开，这样可防止接地环路和电涌破坏电路。

因为连接至RS-232电缆总线的系统和每个RS-232电路都具有独立且隔离的地，所以隔离可防止接地环路产生。通过使用每个RS-232电路只以一个地为基准，可消除接地环路。

隔离还允许RS-232电路基准电压电平随电缆线路上出现的任何电涌而上升或下降。允许电路基准电压源随浪涌移动，而不是将其箝位于固定地，可防止器件受到损坏或毁坏。

要实现系统隔离，必须隔离RS-232信号线路和电源。可通过隔离式DC-DC电源获得电源隔离。信号隔离通常通过光耦合器或使用ADI公司的创新产品*iCoupler*来实现。

隔离的实现

实现隔离并不十分复杂。但是，设计人员在实现隔离电路时必须考虑几个重要因素。

因为数字隔离器不支持RS-232信号标准，所以不可能在RS-232收发器和RS-232电缆之间插入数字隔离器。理论上，可以使用变压器在该位置提供隔离。不过，总线速度极慢，需要较大的变压器，这种解决方案不切实际。

RS-232信号路径隔离通过在RS-232收发器和本地系统之间的数字信号路径中设计隔离器来实现。系统侧RS-232收发器利用0 V至5 V或0 V至3 V的数字逻辑电平信号，一般连接至通用异步收发器(UART)或处理器。*iCoupler*隔离器包含彼此电气隔离的输入电路和输出电路。在此位置放置*iCoupler*可将RS-232电缆总线信号与连接至其的每个系统电气隔离。

要完成RS-232电路与本地系统的隔离，需要一个DC-DC隔离式电源转换器。隔离的电源用于为本地RS-232收发器和隔离器的RS-232侧供电。隔离的电源一般由本地系统提供。

数字隔离器和隔离式DC-DC电源相结合可以有效防止电涌损害并消除接地环路。图2和图3说明应用*iCoupler*集成的典型RS-232信号配置中的系统隔离设计。

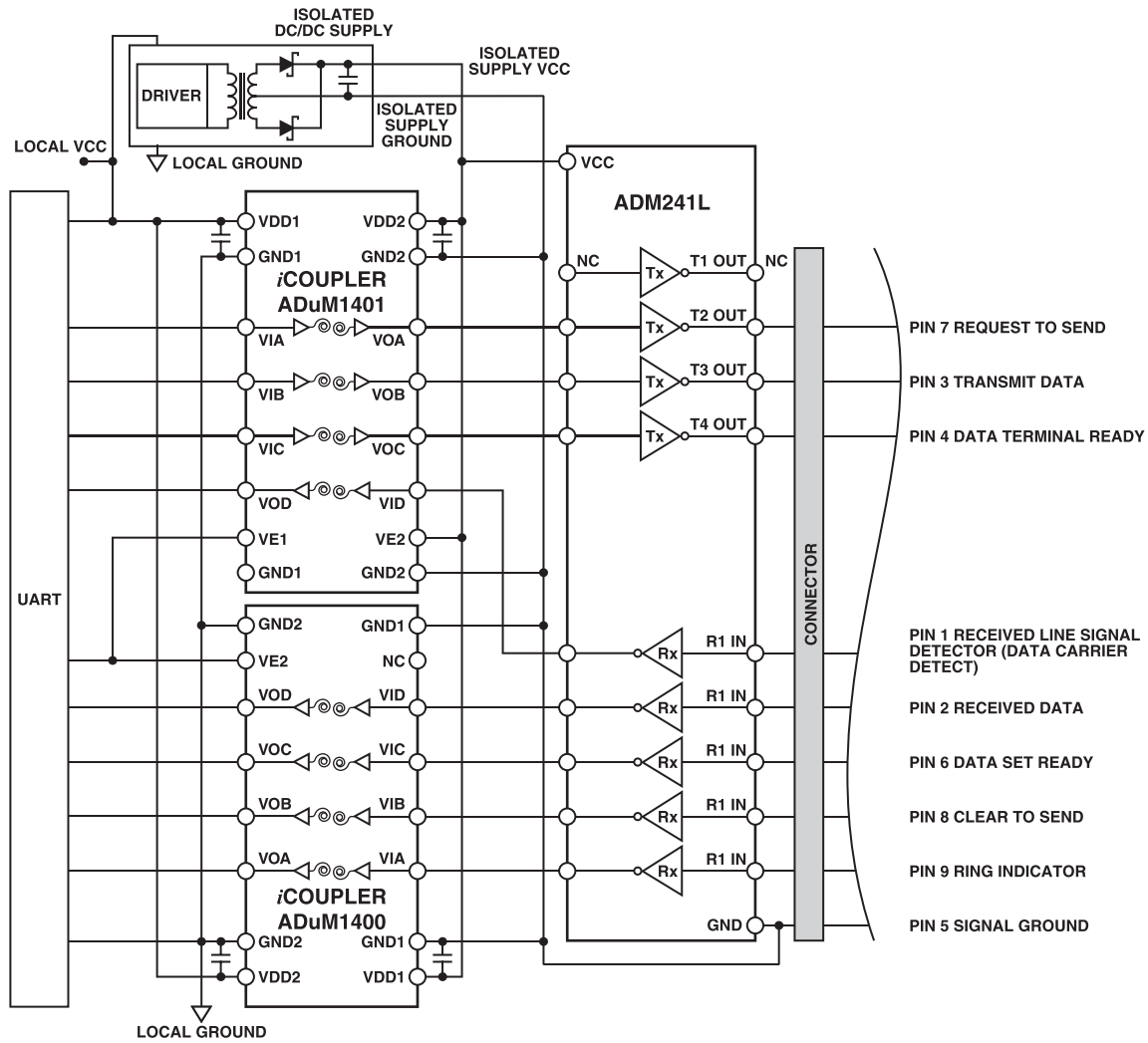


图2. 隔离式RS-232 8信号电路(DTE侧);iCoupler信号隔离器配置在系统UART和RS-232收发器之间。
 系统使用隔离式直流电源给RS-232收发器和iCoupler的收发器侧供电。
 请注意, ADM241L RS-232收发器的Tx1不用于8信号配置。

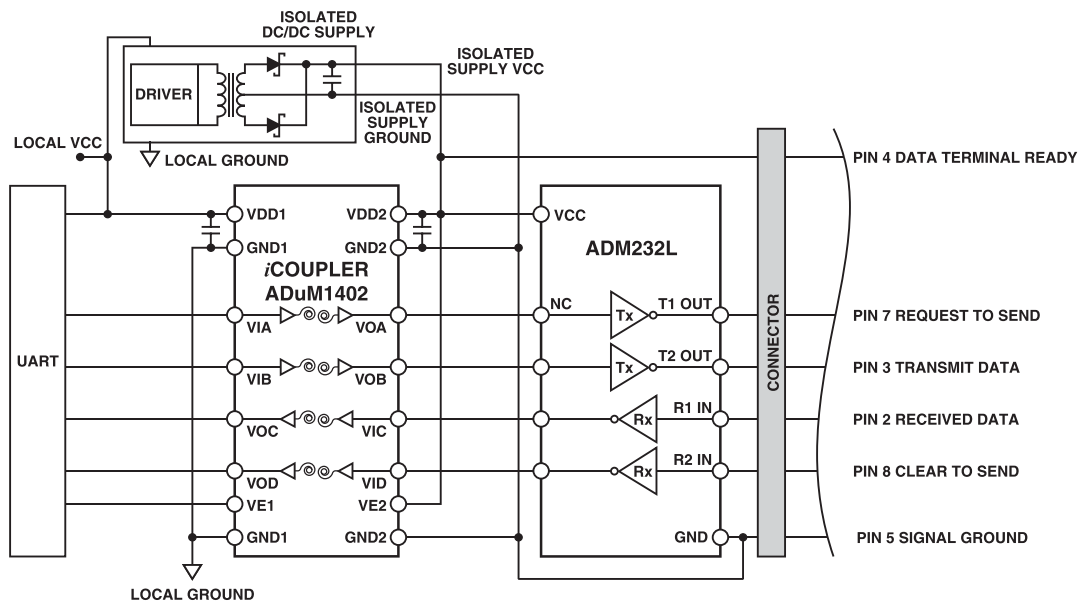


图3. 隔离式RS-232 5信号电路(DTE侧)此设计可将RS-232总线中使用的信号降至最少。
iCoupler信号隔离器配置在系统UART和RS-232收发器之间。
系统使用隔离式直流电源给RS-232收发器和iCoupler的收发器侧供电。

隔离器件选择

系统性能要求是影响隔离器件选择的最重要因素。其他考虑因素还包括空间限制和成本。

数据速率要求

系统数据速率要求可能是唯一最重要的器件选择参数。

虽然RS-232规格将数据速率定义为20 kbps，但许多更新的RS-232收发器都能够以高得多的数据速率运行。其中包括低电压RS-232收发器，该收发器与RS-232的更新低电压版本TIA/EIA562兼容。如上所述，此规格定义64 kbps的工作速率。某些低电压RS-232收发器能够以甚至更高的数据速度运行。ADM3312E的额定数据速率为460 kbps。这些更高的数据速率扩展了RS-232规格的可用性，为系统设计人员提供了大量选择。

在系统中使用高数据速率将可能隔离器件的选择范围缩小至现有的高性能产品。幸运的是，所有iCoupler产品都以高达1 Mbps的数据速率运行。iCoupler产品系列还包括数据速率高达25 Mbps和100 Mbps的器件。

器件成本一般与数据速率性能成比例增加。因此，设计人员应注意，器件性能满足需要即可。不过，选择低性能器件会使未来的系统性能升级更复杂并且成本更高，因为任何不能与升级的系统数据速度兼容的器件都需要进行替换。

空间要求

空间限制是第二大值得关注的问题，该问题也会限制设计人员的选择。最大尺寸要求是几乎所有应用都需要考虑的问题。不过，某些实施方案严重受空间限制。幸运的是，我们现在有了针对这些情况的解决方案。

针对空间受限系统的解决方案包括组合使用一个ADuM1401 iCoupler和一个ADuM1400 iCoupler用于8信号RS-232网络的隔离(见图2)。ADuM140x是采用16引脚SOIC封装的4通道隔离器件；每个器件代替4个光耦合器及相关电路。

成本要求

成本限制及问题是几乎所有系统设计工作的现实情况。成本考虑因素对系统的设计选择具有一定影响。如上所述，隔离器的成本与数据速率性能成比例增长。只根据系统性能要求指定器件可以降低成本。

其他成本问题包括使用器件数量的考量。iCoupler器件的成本随通道数增加而增加。但是，单位通道的成本随器件通道数增加而降低。

在单一器件中集成尽可能多的通道所带来的额外成本优势还包括电路板空间成本和装配成本。器件数越少，电路板就越小。而且，一般而言，器件数越少，电路板的布局就越简单。更小的尺寸与更简单的布局可以降低电路板的成本。此外，电路板装配成本一般随装配过程所需器件数的减少而成比例下降。因此，使用较少的器件进行设计可以实现更低的制造成本。

模拟器件的iCOUPLER产品

对于系统设计者而言，ADI公司的*iCoupler*器件技术使产品具备其他可用隔离选择无法比拟的独特优势。

独一无二的*iCoupler*技术为实现隔离提供了新的选择。*iCoupler*产品性能优越，功耗更低，可靠性更高并且元件数更少，产品的成本特性可以与光耦合器相媲美。

iCOUPLER技术概述

与光耦合器使用LED和光电二极管不同，ADI公司的*iCoupler*技术提供的隔离基于芯片级变压器。通过使用晶圆级工艺直接在片内制造变压器，*iCoupler*通道可以彼此集成，并集成其他半导体功能，实现低成本隔离(见图4)。

*iCoupler*设计中使用的技术省去了光耦合器中发生的低效率光电转换。这是因为*iCoupler*无需光耦合器中使用的LED。而且，因为通道完全是通过晶圆级工艺制造的，所以可以轻松地将多个*iCoupler*通道集成于单一封装中。*iCoupler*技术能够提升性能，降低功耗，减小尺寸，增加可靠性和成本优势。

*iCoupler*与光耦合器相比的另一大独特优势是省去了外部元件。除旁路电容以外，光耦合器还需要外部分立器件来偏置输出晶体管并驱动LED，而*iCoupler*器件除了去耦电容不需要任何外部元件。*iCoupler*解决方案可以降低电路复杂性，减少成本。

*iCoupler*产品还整合了独特的刷新电路和看门狗电路。在输入端没有高于2 μs 的逻辑转换的情况下，生成一组指示正确输入状态的周期性刷新脉冲，以确保输出端的直流正确性。如果*iCoupler*输出侧电路没有接收到高于约5 μs 的内部脉冲，则系统会假定输入侧电路没有电源输入或无效，在这种情况下看门狗定时器会强制隔离器输出进入默认状态。

iCOUPLER产品选择

*iCoupler*系列包含广泛的产品组合，允许系统设计人员选择非常适用于设计的产品。*iCoupler*器件系列具有1通道至4通道可选产品，并包括设计用于双向通信和增强流经电路板电流设计的器件。*iCoupler*器件还可用于实现一系列数据速率性能，允许设计人员针对应用选择理想的产品。

ADI公司的*iCoupler*系列产品提供的功能和选择允许以更少的器件设计系统，可以更好地匹配系统数据性能要求(见表1)。

如上所述，ADI公司提供广泛的*iCoupler*产品选择。性能和通道配置的组合使系统设计人员能够进行优化系统和器件匹配的选择。表1所示为产品选项比较，包括通道数量以及数据速度性能。

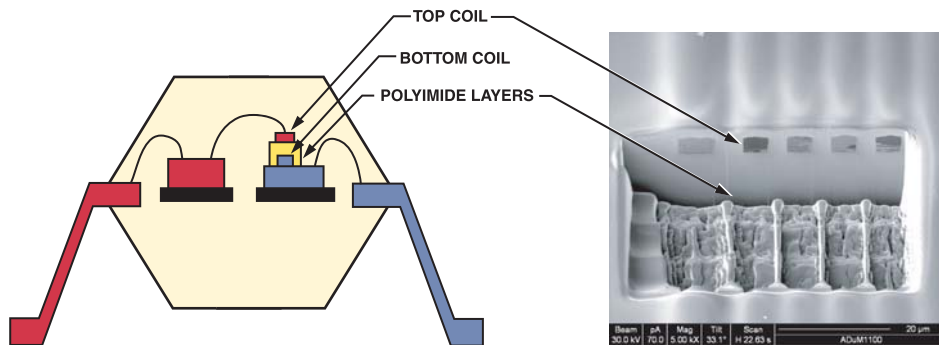


图4. *iCoupler*配置截面图

旁路电容

除旁路电容外，iCoupler产品不需要任何外部元件。我们强烈建议将旁路电容用于输入和输出电源引脚。旁路电容值应在0.01 μF 和0.1 μF 之间。电容末端和电源引脚末端之间的总引脚长度不应超过20 mm。

输出使能控制

许多iCoupler产品都具有输出使能控制引脚以允许输出处于高阻抗状态。输出使能引脚处于高电平状态或浮空态时，输出处于有效逻辑状态。输出使能引脚处于低电平状态时，输出被禁用。建议在噪声较高的应用中将输出使能引脚拉至已知逻辑电平(高电平或低电平)。

小结

RS-232规格的灵活性和高抗干扰能力使该设计得以普遍应用于系统间通信。然而，系统间通信电缆系统很容易受过压瞬变和接地环路的干扰和破坏。

将RS-232总线与连接至总线的系统数字隔离可以减少信号失真和误差，并为系统和元件提供保护，防止系统和总线电压与接地失配。

ADI公司的iCoupler系列产品性能全面，通道数和配置形式灵活多样。性能和通道配置的组合为系统设计人员提供了多种选择，实现了系统设计的优化。iCoupler产品为在系统设计中加入关键隔离技术提供了经济有效的方法。

表1. iCoupler与隔离式RS-485收发器产品

产品	型号	通道数	通道配置	UL隔离 额定值(kV)	最大值 数据速率 5 V(Mbps)	最大值 传输延时 5 V(ns)	最大值 工作 温度范围($^{\circ}\text{C}$)	封装
ADuM1100	ADuM1100AR	1	1/0	2.5	25	18	105	8-引脚窄体 SOIC
	ADuM1100BR	1	1/0	2.5	100	18	105	8-引脚窄体 SOIC
	ADuM1100UR	1	1/0	2.5	100	18	125	8-引脚窄体 SOIC
ADuM120x	ADuM1200AR	2	2/0	2.5	1	150	105	8-引脚窄体 SOIC
	ADuM1200BR	2	2/0	2.5	10	50	105	8-引脚窄体 SOIC
	ADuM1200CR	2	2/0	2.5	25	45	105	8-引脚窄体 SOIC
	ADuM1201AR	2	1/1	2.5	1	150	105	8-引脚窄体 SOIC
	ADuM1201BR	2	1/1	2.5	10	50	105	8-引脚窄体 SOIC
	ADuM1201CR	2	1/1	2.5	25	45	105	8-引脚窄体 SOIC
ADuM130x	ADuM1300ARW	3	3/0	2.5	1	100	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1300BRW	3	3/0	2.5	10	50	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1300CRW	3	3/0	2.5	90	32	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1301ARW	3	2/1	2.5	1	100	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1301BRW	3	2/1	2.5	10	50	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1301CRW	3	2/1	2.5	90	32	105	16-引脚宽体 SOIC
ADuM140x	ADuM1400ARW	4	4/0	2.5	1	100	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1400BRW	4	4/0	2.5	10	50	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1400CRW	4	4/0	2.5	90	32	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1401ARW	4	3/1	2.5	1	100	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1401BRW	4	3/1	2.5	10	50	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1401CRW	4	3/1	2.5	90	32	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1402ARW	4	2/2	2.5	1	100	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1402BRW	4	2/2	2.5	10	50	105	16-引脚宽体 SOIC
	ADuM1402CRW	4	2/2	2.5	90	32	105	16-引脚宽体 SOIC

*通道配置表示隔离通道的方向。例如，2/1表示两个通道在同一方向上通信而第三通道在相反方向上通信。

注释