

Circuits from the Lab® 参考设计是经过测试的参考设计，有助于加速设计，同时简化系统集成，帮助并解决当今模拟、混合信号和 RF 设计挑战。如需更多信息和/或技术支持，请访问 www.analog.com/cn/CN0419。

连接/参考器件

ADuM4160	全速/低速 5 kV USB 数字隔离器
ADuM5020	低辐射隔离式 DC/DC 转换器

通用串行总线(USB)外设隔离器电路

评估和设计支持

电路评估板

[CN-0419 电路评估板\(EVAL-CN0419-EBZ\)](#)

设计和集成文件

[原理图](#)、[布局文件](#)、[物料清单](#)

电路功能与优势

通用串行总线(USB)作为标准接口被部署在大多数计算机外设中。由于它具有出色的速度、灵活性，并且支持设备热插拔，因而几乎已经取代 RS-232 和并行打印机端口。工业和医疗设备制造商也强烈需要使用 USB 标准。然而，由于在医疗应用中，还没有一种好的方法来控制危险电压或低泄漏、防纤颤连接的机器提供所需的安全可靠的连接隔离，所以采用速度一直很慢。

EVAL-CN0419-EBZ 对采用 USB 接口，并且总线由基于 ADI 公司 iCoupler® 技术的小尺寸隔离 DC/DC 转换器供电的外围设备实施电流隔离。图 1 所示的应用电路是许多医疗和工业应用所需的典型电路。此电路具有如下特性：

1. 直接隔离 USB 线缆中 D+和 D-上行信号。
2. 针对不需要外部控制线路的数据流实施自动控制方案。
3. 提供医用级隔离。
4. 支持完整外设达到 USB-IF 认证标准。
5. 支持全速(12 Mbps)和低速(1.5 Mbps)信号速率。
6. 为连接的外设提供高达 92 mA 的隔离电源。

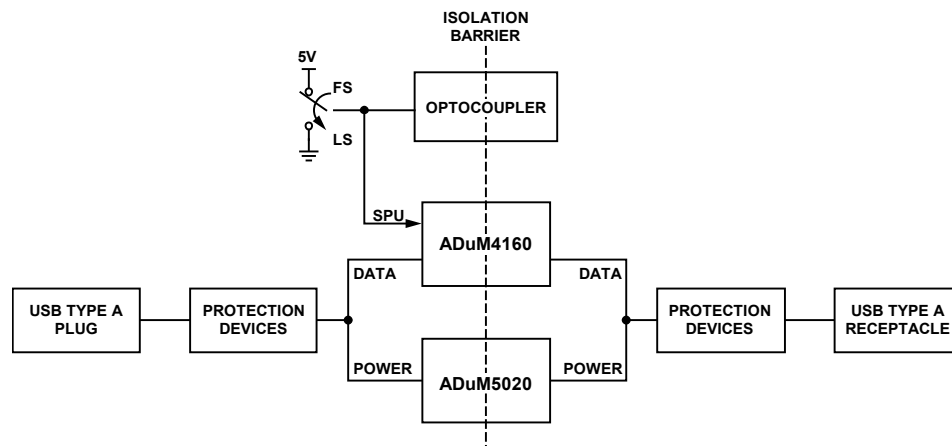


图 1. USB 电缆隔离器电路

Rev. 0

Circuits from the Lab® reference designs from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

电路说明

USB 隔离

USB 是大多数计算机外设所选择的串行接口。它受所有常见的商业操作系统的支持，能够实现硬件的实时连接和驱动程序的加载。数据传输模式能够处理所有数据传输，从内存设备的大容量数据传输，到流媒体的同步传输，再到针对关键数据的中断驱动型传输，例如鼠标的移动。USB 以三种数据传输速率运行：低速(1.5 Mbps)、全速(12 Mbps)和高速(480 Mbps)。

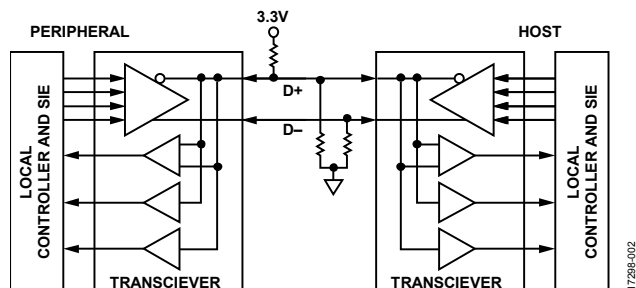


图 2. USB 的标准元件

USB 物理层仅由四根线组成：两根为外围设备提供 5 V 电源和进行接地；另外两根，D+ 和 D-，形成传输差分数据的双绞线，其信号电压为 3.3 V。数据被组织成数据帧或数据包。每个帧可以包含时钟同步位、数据类型标识符、设备地址、有效载荷数据和包顺序的结束部分。

对这种复杂数据结构的控制由串行接口引擎(SIE)在每根线缆的末端执行。这种特殊的控制器—或更大型控制器的一部分，通常包括 USB 收发器硬件，负责处理 USB 协议。它处理总线上的所有控制流，根据需要启用和禁用线路驱动器 and 接收器。

开发 USB 隔离器面临的主要挑战在于正确确定数据传输方向，以及何时禁用驱动程序，从而允许进入空闲总线状态。USB 以数据包为导向的性质使其可以采用简单的方法确定数据方向，无需采用整个 SIE。当总线空闲时，上拉和下拉电阻使 USB 处于空闲状态，且没有缓冲器驱动总线。

基于 ADI 公司的 iCoupler 技术的 ADuM4160 USB 端口隔离器已经解决了这些挑战。ADuM4160 提供了既能检测数据流方向又能依据输出缓冲器状态进行控制的机制。根据一个个数据包确定数据方向。ADuM4160 将高速 CMOS 工艺与单片空芯变压器技术相结合，可提供出色的工作性能，并且很容易与低速和全速 USB 兼容外设集成。

USB 速度选择

ADuM4160 提供多个电源、总线速度和静电放电/电气过载 (ESD/EOS) 保护选项，必须选择确定。ADuM4160 不支持高速运行，并会屏蔽用于协商该速度的握手信号。高速模式以全速配置开始，外设通过一个称为高速线性调频的过程请求高速支持。ADuM4160 忽略该高速调频；因此，高速运行请求永远不会传递给主机，外设自动继续以全速运行。

由于外设以一种单一速度运行，隔离器采用硬连接方式获得所需的速度设置，无论是全速或低速。为了让 ADuM4160 以全速或低速运行，必须正确配置 SPU 和 SPD 信号。在这个应用中，上行端设有开关，允许用户在低速和全速之间进行选择。采用光耦合器，将来自上行 SPU 引脚的同一个脉冲信号传输到下行的 SPD 引脚。

若要在两种模式之间切换，请将 S1 开关按钮拨到全速(FS)模式进行全速操作，拨到低速(LS)模式进行低速操作。图 3 和图 4 显示了每种操作模式对应的开关位置。



图 3. 全速操作模式对应的 S1 开关位置



图 4. 低速操作模式对应的 S1 开关位置

当电路工作时，会进行包检测，并将数据从隔离的一侧传送到另一侧。图 5 所示的数据以时域数据的形式展示了典型的全速处理情况。在实时数据中，需要注意的是数据包开始时的被动空闲状态，它会转换为受驱 1 状态，然后是处理结束时数据包末尾显示为单端 0 状态，其后是空闲 1 状态。正是这种自动的流控制和这些特殊逻辑状态的处理，才使得 ADuM4160 芯片成功运行。

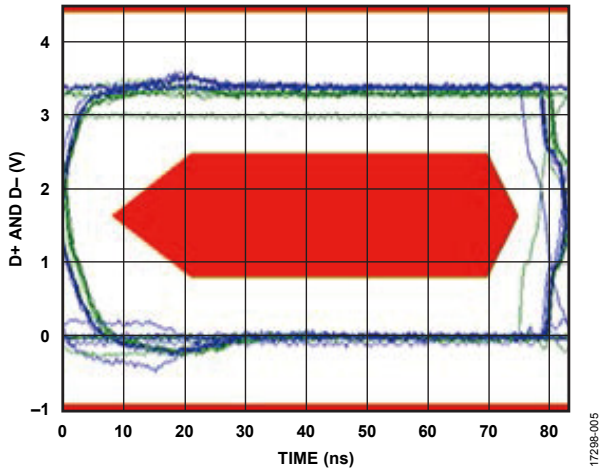


图5. 全速眼图形

电源隔离

驱动隔离式USB外设需要使用隔离式DC/DC转换器来为下行端口和电缆供电。为了满足USB规格要求，电缆的下行段必须为外围设备提供5 V电源。如ADuM5020等隔离式DC/DC转换器，可以提供足够的剩余电力，为下游低功耗设备供电。

ADuM5020 DC/DC转换器采用ADI公司的iCoupler技术，能够在带铁氧体的2层印刷电路板(PCB)上提供满载时低于CISPR22 B类限制的稳压隔离电源。它采用分离的控制器结构，集成隔离脉宽调制(PWM)反馈，将电流传输到次级端整流并根据VSEL引脚的设置调整输出电压至3.3V或5.0V。

ADuM5020 提供高达 100 mA 的隔离电源。ADuM4160 V_{BUS2} 引脚消耗 8 mA，将剩下的 92 mA 留给外设使用。

保护方案

共模扼流圈和瞬态电压抑制(TVS)二极管被安装在DD+/DD-和UD+/UD-数据线路上，分别用于差模噪声以及ESD保护。在ADuM5020上，铁氧体磁珠放置在 V_{ISO} 和 GND_{ISO} 引脚之间，以降低180 MHz初级侧开关频率以及360 MHz次级侧整流频率和谐波的辐射。

该电路完全隔离，可承受最高达5 kV的瞬变电压。它还支持共模电压；但不推荐用于执行安全相关测试，如耐高压测试等。这类测试应在器件级或生产板上进行。

常见版本

对于电压较低的绝缘电压解决方案(2.5 kV版本)，ADuM4160也适用。该系列为USB外设和隔离式USB集线器等应用提供隔离。

电路评估与测试

CN-0419使用EVAL-CN0419-EBZ USB隔离器电路板，该板专为评估与测试CN-0419中的电路而开发。图1显示了该电路的详图。

设备要求

- 带USB端口的PC、Mac或Linux计算机
- EVAL-CN0419-EBZ电路评估板
- 外围设备，例如USB闪存/EE硬盘、鼠标或键盘

系统设置

图6所示为测试设置。

设置

将外设连接至 EVAL-CN0419-EBZ 的插座边缘。将设备插入PC的USB端口，自动打开设备。



图6. 测试设置

测试

根据外设规格，将开关S1设置为全速或低速运行。

对于低速外设，例如低速鼠标，将开关设置为低速，D4亮起绿色。对于全速外设，例如闪存盘，将开关设置为全速，D4亮起蓝色。

当EVAL-CN0419-EBZ连接PC时，连接的外设应正常运行。

有关测试设置以及如何组合使用软件和硬件的完整信息和细节，请参阅 ADI wiki 知识库中的 [CN-0419 用户指南](#)。



图 7. EVAL-CN0419-EBZ 评估板

更多资料

Cantrell, Mark. [数字隔离器简化了医疗和工业应用中的USB隔离](#), ADI公司。2009。

数据手册和评估板

[ADuM4160数据手册](#)

[ADuM5020数据手册](#)

修订历史

2019年3月—修订版 0: 初始版

(Continued from first page) Circuits from the Lab reference designs are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab reference designs in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab reference designs. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab reference designs are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab reference designs at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN17298sc-0-3/19(0)



www.analog.com/cn