

Application Brief

利用 LMKDB11xx-FS 失效防护输出器件降低系统级 Flex I/O 风险

**摘要**

灵活输入或输出 (Flex I/O) 信号或接口允许用户灵活地将接口引脚用于不同类型的接口场景，例如 PCIe 差分时钟输入、边带信号或满足未来高速管理接口不断升级的功能需求。使用 Flex I/O 接口引脚时，Flex I/O 接口的启用需经过一系列规定步骤以完成控制权协商。在控制权协商过程中，连接至平台的 Flex I/O 信号处于三态（即高阻态），且泄漏电流极低。但是，当 Flex I/O 引脚通过时钟缓冲器器件被用作 PCIe 差分时钟引脚时，由于时钟缓冲器器件在断电模式下存在低阻抗要求，这种无偏置或高阻态的要求无法完全满足。如果用户插入不兼容的平台卡，在接口启用阶段会形成漏电路径，从而引发可靠性问题。[LMKDB11xx-FS](#) 器件通过提供漏电流超低 (10µA) 的失效防护输出，解决了这一可靠性问题；该输出的具体运作方式为：当器件无供电时，其输出端会被上拉至 3.3V。

灵活输入/输出 (Flex I/O) 接口

灵活输入/输出 (Flex I/O) 允许用户在满足 [PCIe Express 基础规范](#) 中定义的接口交互要求后，灵活地重新定义接口引脚的功能。Flex I/O 接口为系统设计人员提供了灵活性以提高硬件接口利用率，满足未来后代高速管理接口不断发展的需求并实现不同平台之间带外功能的增值¹

Flex I/O 接口在交互阶段需要遵循 [PCIe Express 基础规范](#) 中描述的以下准则：

- 默认状态
- 发现
- 兼容性检查
- 控制协商

有关交互阶段每个准则的详细信息，请参阅 [PCIe Express 基础规范](#) 第 12.3.2.1 节。本应用手册重点关注 [PCIe Express 基础规范](#) 中规定的允许默认状态：

- **未使用**：未连接（电气开路），或根据特定外形规格或连接器/线缆规范的要求进行特定端接。
- **预接线/待用**：指引脚或接口已通过预设电路和连接方式进行接线，但在协商完成前不会执行其预期功能。允许协商前的电压偏置。例如，特定外形规格要求的 Flex I/O 信号连接至平台逻辑，其默认状态为三态或高阻抗，并通过平台侧的上拉电阻连接至

平台侧的 +3.3V 辅助电源轨。协商完成后，该信号方可用于其预设功能。外形规格规范必须确保所有允许的默认电路条件均具备电气安全性，且不会施加逻辑域约束。例如，需避免出现跨电源域的电气应力或泄漏电流问题。

- **可切换功能**：指引脚/接口默认具备预定义功能（通常为传统功能），但可通过电气或逻辑方式切换至替代功能。例如，某外形规格接口默认具备 JTAG 功能，并满足所有相关要求，如默认端接和连接方式。在通过成功的发现和兼容性检查（定义见下文）后，控制系统会禁用默认功能，然后启用预期的替代功能。

模块化 - 可扩展 IO (M-XIO) 基础规范

开放计算项目 (OCP) [模块化 - 可扩展 IO \(M-XIO\)](#) 为 DC-MHS 模块化可扩展 I/O 连接器及产品制定了技术规范。该规范涵盖 M-XIO 源连接器的以下内容：

- 要求
- 信号列表
- 特定连接器型号的引脚分配附录。

在 [模块化 - 可扩展 IO \(M-XIO\)](#) 的第 6.7 节中，连接器上 Flex I/O 引脚的默认初始化状态是根据 [PCIe Express 基础规范](#) 指南所定义。² 下面表 1 展示了每个 FLEXIO 引脚的默认初始化状态。

¹。另请参阅[参考资料](#)。

² 另请参阅[参考资料](#)

表 1. M-XIO 灵活 I/O 功能选择

信号名称	默认初始化	注释
FLEXIO_0	无功能且无偏置	从 M-XIO 引脚排列角度优化的单端模式
FLEXIO_1	SB_FLEX_1	从 M-XIO 引脚排列角度与 FLEXIO_2 差分耦合
FLEXIO_2	SB_FLEX_2	从 M-XIO 引脚排列角度与 FLEXIO_1 差分耦合
FLEXIO_3	无功能且无偏置	从 M-XIO 引脚排列角度与 FLEXIO_4 差分耦合
FLEXIO_4	无功能且无偏置	从 M-XIO 引脚排列角度与 FLEXIO_3 差分耦合
FLEXIO_5	无功能且无偏置	从 M-XIO 引脚排列角度与 FLEXIO_6 差分耦合
FLEXIO_6	无功能且无偏置	从 M-XIO 引脚排列角度与 FLEXIO_5 差分耦合

借助时钟器件将 Flex I/O 接口引脚作为高速信号 (时钟输入)

如前文所述，Flex I/O 接口引脚可重新配置以适应多种不同应用场景。其中一种应用场景是：当需要额外时钟时，用其传输 PCIe 差分时钟信号。然而，当使用 Flex I/O 引脚进行时钟信号路由时，时钟分配器件的规格与 Flex I/O 引脚的默认状态之间会产生冲突。根据模块化 - 可扩展 IO (M-XIO) 规范，默认状态要求无偏置或无功能（如节 2 所示），而根据 DB2000QL 规范，时钟缓冲器器件在断电模式下的输出被设置为低电平。这导致在断电状态下，当输出通过上拉电阻被拉高时，会形成一个漏电路径。漏电流的具体数值，取决于不同时钟缓冲器厂商的电路架构。这些架构可能采用的是二极管钳位，也可能采用接地电阻器。

因此，当 Flex I/O 引脚用作高速时钟引脚时，如果用户插入了不兼容的卡，且该卡定义的边带信号并非时钟信号，则会出现问题。在接口交互确定该卡不兼容之前，这会带来泄漏风险或器件可靠性问题。

适用于 Flex I/O 应用场景的 LMKDB11xx-FS 失效防护时钟缓冲器

LMKDB11xx-FS 系列时钟缓冲器旨在最大限度地降低使用 Flex I/O 引脚作为差分时钟时的泄漏和可靠性风险。LMKDB11xx-FS 具有晶体管开关功能，当器件断电时，可从输出驱动侧保护输出端，避免产生任何泄漏。为满足 DB2000QL 规范中的输出低电平要求，焊盘上采用了高阻抗接地电阻器。如节 4 所示，通过在

焊盘上增设晶体管开关和高阻抗设计，LMKDB11xx-FS 器件的泄漏电流在最坏情况下可控制在 $10\mu A$ 以下。LMKDB11xx-FS 可最大限度降低平台在检测期间或长期接入不兼容适配器及板卡时产生的泄漏风险或可靠性问题。因此，这为系统设计人员提供了灵活性，可将 Flex I/O 接口用于多种应用场景。

此外，LMKDB11xx-FS 器件的所有时钟输入与数字输入均具备失效防护功能，即当器件断电时，任何时钟输入或数字输入的电压均可保持在电源电压之上，或维持在数据手册规定的绝对最大值以上。这也为系统中的电源时序设计提供了灵活性。

以下是 LMKDB11xx-FS 器件工作原理的要点，如图 1 所示。

- 当 $VDD=3.3V$ 或 $1.8V$ 时，OE# (输出使能) / PWRGD/PWRDN# 用于使输出无效。输出通过 50Ω / 42.5Ω 阻抗推挽驱动器输出级实现下拉。
- 当 $VDD = 0V$ 时，通过弱下拉电阻接地以维持低电平状态，此时泄漏电流小于 $10\mu A$ ，或接近无偏置状态，如图中绿色部分所示。晶体管开关可将输出焊盘与输出驱动器断开连接，同时保护输出端。
- 当 $VDD=0V$ 时，LMKDB110x-FS 器件呈现高阻抗特性，且具备弱下拉功能，以符合 DB2000QL 规范要求。因此，当不兼容的卡插入主板时，可实现低漏电路径。
- LMKDB110x-FS 为将 Flex I/O 引脚用作时钟输入提供了可能，且不会与默认状态要求产生冲突。

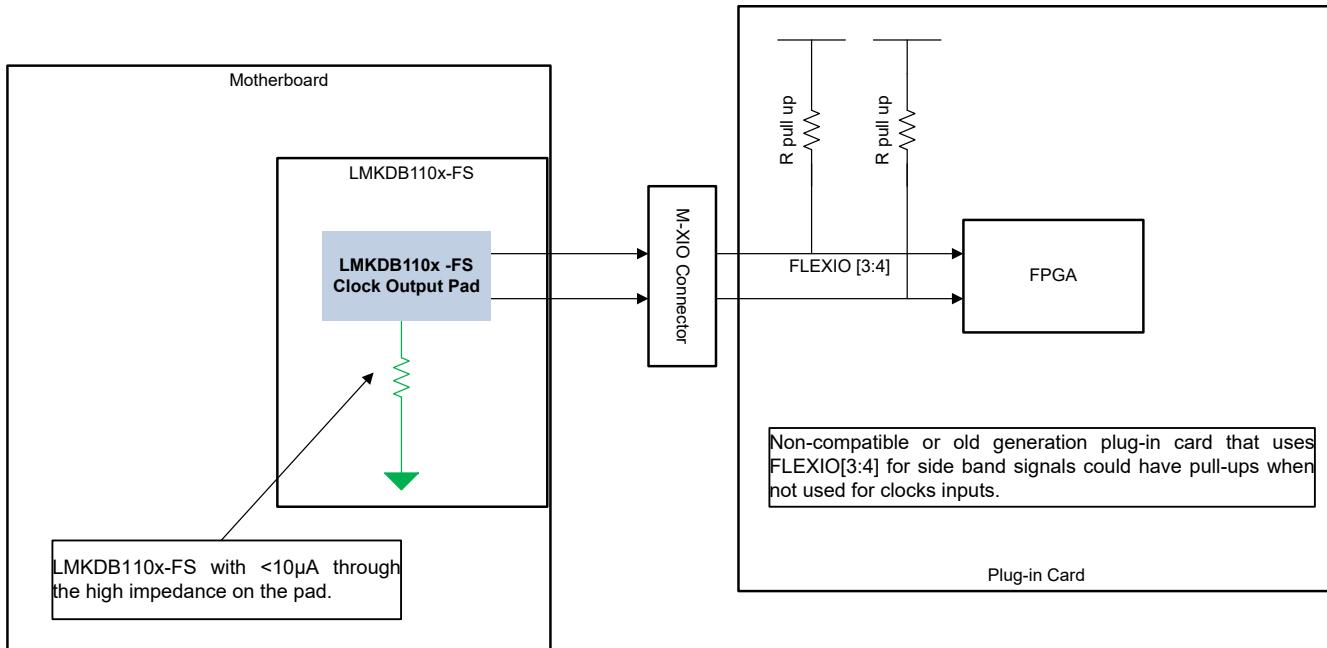


图 1. 满足 Flex I/O 默认状态要求的 LMKDB11xx-FS 器件应用场景

总结

LMKDB11xx-FS 时钟缓冲器器件针对 Flex I/O 接口应用场景，提供了与现有 PCIe 时钟缓冲器系列在引脚对引脚及软件上均兼容的设计。这些器件为系统设计人员提供了灵活性，使其能够在 Flex I/O 引脚上布设差分时钟信号，而无需担心泄漏或兼容性问题。如果用户在发现阶段或长时间内插入带有边带信号的不兼容板卡。LMKDB11xx-FS 器件不会出现反向电流或可靠性问题。此外，LMKDB11xx-FS 器件的输入与输出端均具备失效防护功能，这也为系统设计人员在电源时序设计方面提供了灵活性。

参考资料

- PCI Express 规范
- 模块化 - 可扩展 IO (M-XIO) 基础规范
- LMKDB11xx

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#))、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025 , 德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期 : 2025 年 10 月