# XpressSWITCH Hot-Plug

XpressSWITCH支持PCI Express热插拔解决方案。这使您能够在不关闭系统的情况下插入和卸下扩展卡，这意味着您可以在操作系统和其他服务运行时更换有缺陷的外接卡。您还可以出于测试目的关闭和重新启动与热插拔设备相关的软件。

PCIe要求每个SW下游端口都有一个单独的热插拔控制器。在XpressSWITCH中，每个热插拔控制器都是嵌入式的，标准化的软件接口控制热插拔操作。XpressSWITCH热插拔还实现：

* Slot control and slot status registers

插槽控制和插槽状态寄存器

* Power controller control

功率控制器控制

* Board detection using **HP\_PRSNT** as input

使用HP\_PRSNT作为输入的板级检测

* Power indicator signal, controlled by system software

电源指示灯信号，由系统软件控制

* Hot-Plug interrupts to the Root Complex

根复合体的热插拔中断

* Attention button

警告按钮

* MRL sensor

MRL传感器

* Attention indicator

注意力指示器

* Hot-Plug surprise

热插拔惊喜

* Electromechanical interlock

机电联锁

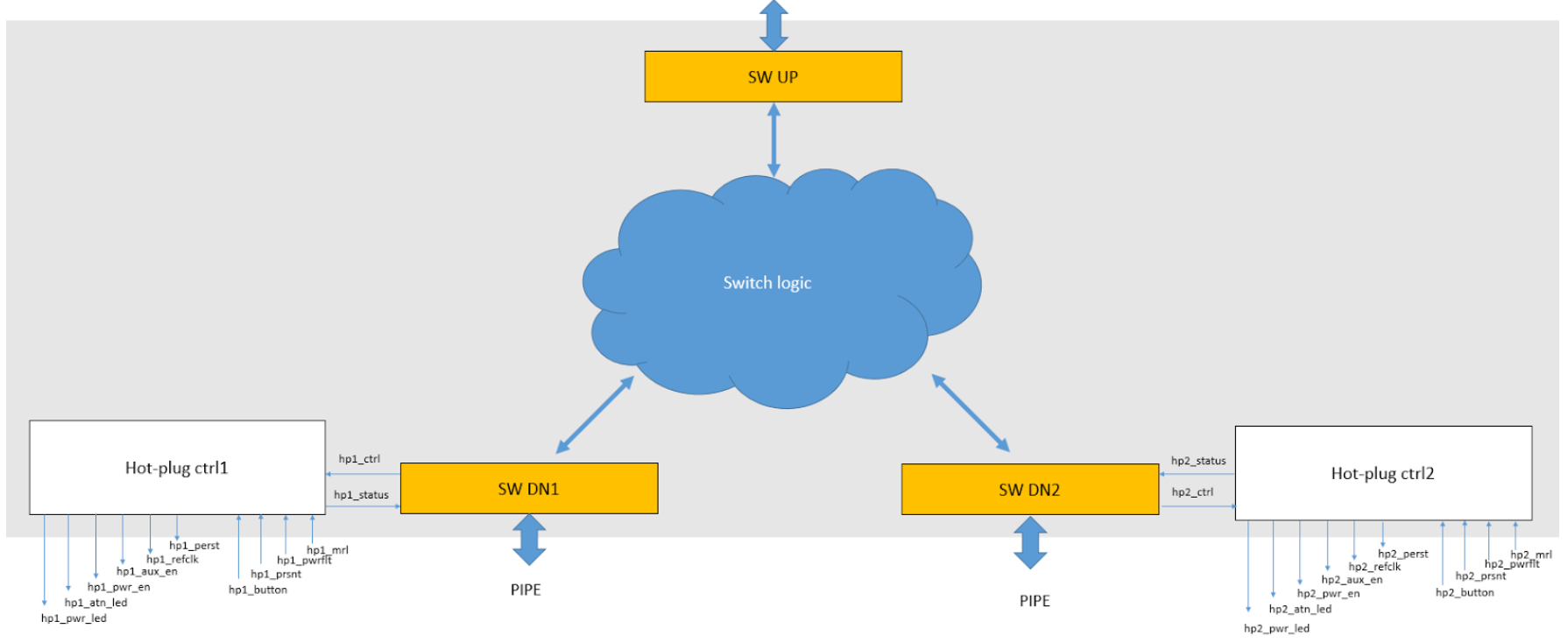
* No Command Completed

未完成命令

注意：当满足条件时，下游端口可以使用PM\_PME消息在上游生成唤醒事件，以响应热插拔事件。

XpressSWITCH热插拔是一种定制的解决方案。如果您想使用热插拔功能，请联系PLDA支持。

下图显示了XpressSWITCH架构的一个示例，该架构包含一个上游端口和两个下游端口，每个下游端口都有一个嵌入式热插拔控制器。

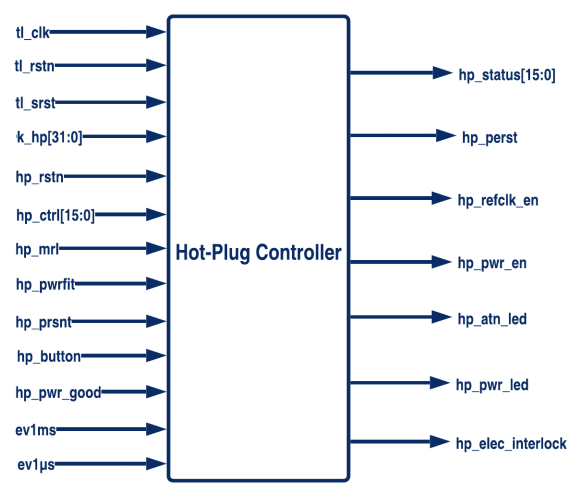


注意：PCIe使用点对点连接，因此不需要隔离逻辑。

## 1、Hot-Plug Parameters

|  |  |
| --- | --- |
| 参数名称 | 描述 |
| SIMULATION\_MODE | 1'b1：缩短延迟持续时间，实现更快、更可用的模拟  1'b0：实际延迟长度 |
| DBNC\_COUNTER\_SIZE | 在热插拔物理输入信号（MRL、Attention button注意按钮和presence detection存在检测）上实现的去抖动滤波器的计数器宽度。允许热插拔控制器在通电重置后等待来自过滤器的有效值。 |

## 2、Hot-Plug Signals



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 方  向 | 位宽 | 复  位  值 | 隔  离  值 | 时钟域 | 脉冲/  电平 | 功能 |
| tl\_clk | I | 1 | na | n | clk\_i | x | Trans层时钟 |
| tl\_rstn | I | 1 | 0 | n | -- | 电平 | 异步复位 |
| tl\_srst | O | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 | 同步复位 |
| k\_hp | I | 32 | 0 | n | clk\_i | 电平 | 此信号采用Slot Capabilities Register的值。交换逻辑将交换机下游端口的Slot Capabilities Register的支持值分配给该信号。Slot Capability Reg具体如下：  [31:19] : Physical Slot Number(表示链接到该端口插槽的物理编号)  [18] : No Command Completed Support  [17] : Electromechanical Interlock Present  [16:15] : Slot Power Limit Scale  [14:7] : Slot Power Limit Value  [6] : Hot-Plug Capable  [5] : Hot-Plug Surprise  [4] : Power Indicator Present  [3] : Attention Indicator Present  [2] : MRL Sensor Present  [1] : Power Controller Present  [0] : Attention Button Present |
| hp\_rstn | I | 1 | 0 | n | - | 电平 | 插槽状态机的异步重置。 |
| hp\_ctrl | I | 16 | 0 | n | clk\_i | 电平 | 交换逻辑将SW下游端口Slot Control register的支持值直接分配给该信号。 |
| hp\_mrl | I | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 | 该信号是XpressSWITCH的输入. |
| hp\_pwrflt | I | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 |
| hp\_prsnt | I | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 |
| hp\_button | I | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 |
| hp\_pwr\_good | I | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 |
| ev1ms | I | 1 | 0 | n | clk\_i | 脉冲 |  |
| ev1us | I | 1 | 0 | n | clk\_i | 脉冲 |  |
| hp\_status | O | 16 | 0 | n | clk\_i | 电平 | 交换逻辑将该信号的支持位分配给SW下行端口的TL\_REPORT\_HOTPLUG信号 |
| hp\_refclk\_en | O | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 | 该信号是XpressSWITCH的输出. |
| hp\_pwr\_en | O | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 |
| hp\_atn\_led | O | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 |
| hp\_pwr\_led | O | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 |
| hp\_elec\_interlock | O | 1 | 0 | n | clk\_i | 电平 |

注：为HP\_MRL、HP\_PRSNT和HP\_BUTTON输入实现了去跳动滤波器，以避免潜在的跳动问题。

## 3、XpressRICH Configuration for Hot-Plug

你还必须将交换机端口配置为使用K\_PEXCONF参数进行热插拔。下表显示了基本热插拔配置的示例：

|  |  |
| --- | --- |
| 参数设置 | 描述 |
| k\_pexconf[83]=0 | Surprise down error reporting capable  具有意外停机错误报告功能 |
| k\_pexconf[96]=0 | Attention button present  注意按钮存在 |
| k\_pexconf[97]=1 | Power controller present  电源控制器存在 |
| k\_pexconf[98]=0 | MRL sensor present  MRL传感器存在 |
| k\_pexconf[99]=0 | Attention indicator present  注意指示器存在 |
| k\_pexconf[100]=1 | Power indicator present  电源指示灯存在 |
| k\_pexconf[101]=0 | Hot-plug surprise  热插拔惊喜 |
| k\_pexconf[102]=1 | Hot-plug capable  热插拔功能 |
| k\_pexconf[110:103]=<value> | Slot power limit value  插槽功率限值 |
| k\_pexconf[112:111]=<value> | Slot power limit scale  插槽功率限制比例 |
| k\_pexconf[113]=0 | Electromechanical interlock present  存在机电联锁 |
| k\_pexconf[114]=0 | No command complete support  没有完整的命令支持 |
| k\_pexconf[127:115]=<value> | Physical slot number  物理插槽编号 |
| k\_pexconf[172]=1 | Slot register implemented  插槽寄存器已实现 |

具有热插拔功能的下游端口支持以下热插拔插槽事件：

• Attention button pressed 按下“注意”按钮

• Power Fault Detected 检测到电源故障

• MRL Sensor State Changed MRL传感器状态已更改

• Command completed 命令已完成

• Presence Detect Changed 状态检测已更改

• Data Link Layer State Changed Events 数据链路层状态更改事件

## 4、插入和卸下外接程序卡

PCI热插拔规范1.1版中描述了插入和卸下外接插卡的一般热插拔场景。以下示例概述了XpressSWITCH热插拔控制器与软件之间的交互。

### 系统启动后第一个适配器通电（未知）

软件通过设置插槽控制寄存器（Slot Control Register）中的电源控制器控制位（Power Controller Control）来启动热插拔通电和断电序列。由于该位的默认值为0（已启用电源），因此第一次适配器通电是自动的，除非软件应用程序在插入适配器之前将该位设置为1。

* 当系统启动时插槽中存在适配器时，它将按照通电顺序立即通电。
* 如果插槽在系统通电时是空的，当插入适配器时，热插拔控制器将立即启动通电序列。

因此，在以下插入示例中，热插拔控制器在继续通电或断电序列之前，不会等待软件操作“将插槽控制寄存器（Slot Control Register）中的电源控制器控制（Power Controller Control）位设置为0”。

注意：如果系统中有电源指示灯，则该指示灯由软件驱动。这意味着，如果软件应用程序在自动通电后没有更新显示状态，则电源指示灯将不会反映系统的状态（电源适配器和电源指示灯仍然关闭）。

### 插入热插拔卡

下表描述了插入热插拔卡时热插拔控制器（Hot-Plug Controller）和软件应用程序（Software Application）执行的操作顺序。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Action** | **Hot-Plug Controller** | **Software Application** |
| 1.插入PCIe板 | 如果HP\_PRSNT被触发，则控制器在SWDN端口插槽状态寄存器中（Slot Status register）设置存在检测状态（Presence Detect state）。（如果启用，SWDN端口将设置存在检测更改并生成IRQ）**①** | 清除端口的存在检测更改位（Presence Detect Changed） |
| 2.电源指示灯闪烁 | 驱动HP\_PWR\_LED信号使电源指示灯LED闪烁（2Hz） | 将SWDN端口的电源指示灯控制字段（Power Indicator Control）设置为2’b10 |
| 3.通电 | * **驱动HP\_PWR\_EN为插槽通电（代码中是依靠k\_hp[1]决定该是否打开）②** * 等待HP\_PWR\_GOOD信号，将激活低HP\_REFCLK\_EN设置为0**③** * 为Core通电（设置电源控制状态Power Control status）。（如果启用，SWDN将生成IRQ） * 等待100毫秒（模拟中为10 us），然后取消断言HP\_PERST信号**④** * 设置命令完成位（Command Completed）。 * DL链路接通后，Core在插槽状态寄存器（Slot Status register）中设置数据链路层状态更改位（Data Link Layer State Changed）。 | * 将插槽控制寄存器（Slot Control register）中的电源控制器控制位（Power Controller Control）设置为0 * 清除命令完成位（Command Completed ） * 清除禁用链接位（Disable Link，仅用于仿真） * 清除插槽状态寄存器（Slot Status register）中的数据链路层状态更改位（Data Link Layer State Changed） |
| 4.打开电源指示灯 | 驱动HP\_PWR\_LED以打开电源指示灯 | 将“电源指示灯控制”字段设置为2'b01以打开电源指示灯。 |



图1 插卡波形

### 移除热插拔卡

下表描述了卸下热插拔卡时热插拔控制器和软件应用程序执行的操作顺序。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Action** | **Hot-Plug Controller** | **Software Application** |
| 1.电源指示灯闪烁 | 驱动HP\_PWR\_LED信号使电源指示灯LED闪烁（2Hz） | 将SWDN端口的电源指示灯控制字段（Power Indicator Control）设置为2’b10 |
| 2.断电 | * 取消断言HP\_PERST**①** * 等待100us（仿真中为10us），然后将活动低HP\_REFCLK\_EN设置为1**②** * 等待100us（仿真中为10us），然后退出HP\_PWR\_EN**③** * 等待DL\_down（链路状态寄存器Link Satus register中的数据链路层链路活动位Data Link Layer Link） * 设置插槽状态寄存器（Slot Status register）（下行端口）中的数据链路层链路状态更改位（Data Link Layer Link State Changed） * 设置命令完成位（Command Completed）（如果启用，SWDN将生成IRQ） | * 通过将1写入链路控制寄存器（Link Control Register）的链路禁用字段来禁用链路（仅用于仿真）。 * 将插槽控制寄存器（Slot Control register）中的电源控制器控制位（Power Controller Control）设置为1以关闭电源 * 清除插槽状态寄存器中的数据链路层状态更改位 * 清除端口的命令完成位。 |
| 3.关闭电源指示灯 | 驱动HP\_PWR\_LED以关闭电源指示灯 | * 将“电源指示灯控制”字段设置为2’b11以关闭电源指示灯 |
| 4．从插槽中移除PCIe板 | 如果HP\_PRSNT被取消断言，则清除插槽状态寄存器中（Slot Status register）的存在检测状态（Presence Detect state）。（SWDN端口设置插槽状态寄存器中的存在检测更改位，并在启用时生成IRQ） | 清除端口的存在检测更改位 |



图2 移除卡波形

### 插入带有注意按钮和MRL的热插拔卡

当插入热插拔卡，且存在注意按钮、注意指示灯和MRL时，热插拔控制器和应用软件的操作顺序如下表所示。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Action** | **Hot-Plug Controller** | **Software Application** |
| 1. 插入PCIe板 | •如果触发HP\_PRSNT**①**，控制器会在SWDN端口槽位状态寄存器中设置Presence Detect状态  •将存在检测更改位（Presence Detect Changed）设置为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •清除SWDN端口的存在检测更改位（Presence Detect Changed） |
| 2. 锁定MRL | •将SWDN端口的Slot Status寄存器中的MRL Sensor State置为0。  •将SWDN端口的Slot Status Register中的MRL Sensor Changed设置为1**②**  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范。 | •清除SWDN端口的MRL传感器更改位（MRL Sensor Changed） |
| 3.按下注意按钮 | •将SWDN端口槽位状态寄存器（Slot Status Register）中的“注意按钮按下”设置为1**③**  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •清除SWDN端口的注意按钮按位（Attention Button Pressed）。 |
| 4. 注意指示灯闪烁(系统软件识别此插槽，供人工操作员查找) | •驱动HP\_ATN\_LED信号使注意指示灯LED闪烁  •在SWDN的槽位状态寄存器（Slot Status Register）中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •在SWDN端口的槽控制寄存器（Slot Control Register）中将注意力指示器控制字段设置为2'b10。  •清除端口的命令完成位。 |
| 5. 电源指示灯闪烁(外接卡禁止插拔) | •驱动HP\_PWR\_LED信号闪烁电源指示灯LED (2Hz) **④**  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status Register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •将SWDN端口的Power Indicator Control字段设置为2'b10。  •清除端口的命令完成位。 |
| 6. 电源开通 | •驱动HP\_PWR\_EN给槽位上电**⑤**  •等待HP\_PWR\_GOOD信号**⑥**，然后将HP\_REFCLK\_EN设置为0**⑦**（打开参考时钟）  •等待100毫秒(模拟中为10秒)，然后解除HP\_PERST信号**⑧**  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，根据PCIe规范  •DL链路建立后，在SWDN端口的槽位状态寄存器(Slot Status Register)中设置数据链路层状态改变位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •将槽位控制寄存器（Slot Control Register）中的电源控制器控制位置为0。  •清除命令完成位。 |
| 7. 打开电源指示灯 | •驱动HP\_PWR\_LED点亮电源LED  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •将电源指示灯控制字段设置为2'b01以打开电源LED。  •清除命令完成位。 |
| 8. 关闭注意指示灯 | •驱动HP\_ATN\_LED信号关闭注意指示灯LED  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status Register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •在SWDN端口的槽控制寄存器(Slot Control Register)中将注意指示灯控制字段设置为2'b11。  •清除命令完成位。 |

表26:插入带有注意按钮和MRL的附加卡时的动作顺序

下面的波形说明了这个顺序:



图27:带注意按钮的和MRL时插入卡的波形

### 移除带有注意按钮和MRL的卡

当插入热插拔卡，且存在注意按钮、注意指示灯和MRL时，热插拔控制器和应用软件的操作顺序如下表所示。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Action** | **Hot-Plug Controller** | **Software Application** |
| 1. 按注意键 | •将SWDN端口槽位状态寄存器（Slot Status Register）中的“注意按钮按下”设置为1**①**  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范 | 清除SWDN端口的“注意按钮按下位”。 |
| 2. 注意指示灯闪烁  （同表26:插入带有注意按钮和MRL的附加卡时的动作顺序。  ） | •驱动HP\_ATN\_LED信号使注意指示灯LED闪烁  •在SWDN的槽位状态寄存器（Slot Status Register）中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •在SWDN端口的槽控制寄存器（Slot Control Register）中将注意力指示器控制字段设置为2'b10。  •清除端口的命令完成位。 |
| 3.电源指示灯闪烁 | •驱动HP\_PWR\_LED信号闪烁电源指示灯LED (2Hz)**②**  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status Register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •将SWDN端口的Power Indicator Control字段设置为2'b10。  •清除端口的命令完成位。 |
| 4. 断电 | •删除HP\_PERST**③**  •等待100us(模拟为10us)，然后然后将活动设置为低(HP\_REFCLK\_EN设置为1) **④**  •等待100us(模拟为10us)，然后撤销HP\_PWR\_EN**⑤**  •等待DL\_down(链路状态寄存器（Link Status register）中的数据链路层链路活动位)  •设置SWDN端口槽位状态寄存器（Slot Status register）中的数据链路层链路状态改变位  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •通过向链路控制寄存器(Link Control Register)的link Disable字段写入1来禁用链路(仅用于模拟)。  •将Slot Control寄存器中的Power Controller Control位设置为1，以关闭电源  •清除槽状态寄存器（Slot Status register）中的数据链路层状态改变位。  •清除端口的命令完成位。 |
| 5. 关闭电源指示灯 | •驱动HP\_PWR\_LED关闭电源指示灯**⑥**  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •设置电源指示灯控制字段为2'b11关闭电源LED。  •清除命令完成位。 |
| 6. 解锁MRL | •在SWDN端口的槽位状态寄存器(Slot Status register)中将“MRL Sensor State”设置为“1” **⑦**  •将SWDN端口的槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的“MRL Sensor Changed”设置为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •清除SWDN端口的MRL传感器更改位。 |
| 7. 关闭注意指示灯 | •驱动HP\_ATN\_LED信号关闭注意指示灯LED  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status Register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •在SWDN端口的槽控制寄存器(Slot Control Register)中将注意指示灯控制字段设置为2'b11。  •清除命令完成位。 |
| 8. 从槽位中移除PCIe板 | •如果HP\_PRSNT被解除，则清除槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的Presence Detect状态**⑧**  •通知SWDN端口在槽位状态寄存器(Slot Status Register)中设置存在检测更改位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •清除端口的存在检测更改位（Presence Detect Changed）。 |

表27:移除带有注意按钮和MRL的附加卡时的动作顺序

下面的波形说明了这个顺序:



图28:带有注意按钮的热移除和MRL波形

### 插入带有注意按钮和机电联锁的卡

当插入热插拔卡，且存在注意按钮、注意指示灯和机电联锁时，热插拔控制器和软件应用程序的操作顺序如下表所示。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Action** | **Hot-Plug Controller** | **Software Application** |
| **1. 插入PCIe板** | •如果触发HP\_PRSNT**①**（插稳信号），控制器在SWDN端口槽位状态寄存器(Slot Status register)中设置Presence Detect状态  •将存在检测更改位(Presence Detect Changed)设置为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •清除SWDN端口的存在检测更改位(Presence Detect Changed) |
| 2. 按注意键 | •将SWDN端口槽位状态寄存器(Slot Status register)中的“注意按钮按下”设置为1**②**  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •清除SWDN端口的注意按钮按位。(Attention Button Pressed) |
| 3.锁定机电联锁(Electromechanical Interlock) | •在SWDN端口的槽位状态寄存器(Slot Status register)中将机电联锁状态设置为1**③**  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，根据PCIe规范 | •在SWDN端口的槽位控制寄存器(Slot Control register)中将机电联锁控制位设置为1(开关状态)。  •清除端口的命令完成位 |
| 4. 注意指示灯闪烁(系统软件识别此插槽，供人工操作员查找) | •驱动HP\_ATN\_LED信号使注意指示灯LED闪烁  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •在SWDN端口的槽位控制寄存器（Slot Control Register）中将Attention Indicator Control控制字段设置为2'b10。  •清除端口的命令完成位。 |
| 5. 电源指示灯闪烁(外接卡禁止插拔) | •驱动HP\_PWR\_LED信号闪烁电源指示灯LED (2Hz)**④**  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •将SWDN端口的Power Indicator Control字段设置为2'b10。  •清除端口的命令完成位。 |
| 6. 开通电源 | •驱动HP\_PWR\_EN给槽位上电**⑤**  •等待HP\_PWR\_GOOD信号**⑥**，然后将HP\_REFCLK\_EN设置为0**⑦**（打开参考时钟）  •等待100ms(仿真中为10ms)，然后解除HP\_PERST信号**⑧**  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，根据PCIe规范  •DL链路建立后，在SWDN端口的槽位状态寄存器(Slot Status register)中设置数据链路层状态改变位(Data Link Layer State Changed)  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •将槽位控制寄存器(Slot Control register)中的电源控制器控制位置为0。    •清除命令完成位。  清除槽位状态寄存器(Slot Status register)中的Data Link Layer State Changed位。 |
| 7. 打开电源指示灯 | •驱动HP\_PWR\_LED点亮电源LED**⑨**  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •将电源指示灯控制字段设置为2'b01以打开电源LED。  •清除命令完成位。 |
| 8. 关闭注意指示灯 | •驱动HP\_ATN\_LED信号关闭注意指示灯LED  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •在SWDN端口的槽位控制寄存器(Slot Control register)中将注意指示灯控制字段设置为2'b11。  •清除命令完成位。 |

表28:插入带有注意按钮和机电联锁的附加卡时的动作顺序

下面的波形说明了这个顺序:



图29:插入有注意按钮和机电联锁卡的波形

### 移除带有注意按钮和机电联锁卡

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Action** | **Hot-Plug Controller** | **Software Application** |
| 1. 按注意键 | •将SWDN端口槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的“注意按钮按下”设置为1**①**  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | 清除SWDN端口的“注意按钮按下位”。 |
| 2. 注意指示灯闪烁 | •同表28:插入带有注意按钮和机电联锁的附加卡时的动作顺序。  •驱动HP\_ATN\_LED信号使注意指示灯LED闪烁  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 |  |
| 3.电源指示灯闪烁 | •同表28:插入带有注意按钮和机电联锁的附加卡时的动作顺序。  •驱动HP\_PWR\_LED点亮电源LED**②**  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 |  |
| 4. 关断电源 | •删除HP\_PERST**③**  •等待100us(仿真为10us)，然后将HP\_REFCLK\_EN设置为1**④**(关闭参考时钟)。  •等待100us(仿真为10us)，然后撤销HP\_PWR\_EN**⑤**  •等待DL\_down(Data Link Layer Link Active bit in Link Status register)  •设置SWDN端口槽位状态寄存器中的数据链路层链路状态改变位(Data Link Layer Link State Changed bit in Slot Status register)  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •通过向链路控制寄存器(Link Control Register)的link Disable字段写入1来禁用链路(仅用于仿真)。  •将Slot Control寄存器中的Power Controller Control位设置为1，以关闭电源  •将槽位控制寄存器(Slot Control register)中的Power Controller Control位设置为1，以关闭电源。  •清除槽位状态寄存器中的Data Link Layer State Changed位。  •清除端口的命令完成位。 |
| 5. 关闭电源指示灯 | •驱动HP\_PWR\_LED关闭电源LED**⑥**  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •设置电源指示灯控制字段为2'b11关闭电源LED。  •清除命令完成位。 |
| 6. 解锁机电联锁 | •将SWDN端口的槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的“机电互锁状态”设置为0**⑦**  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status Register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，根据PCIe规范 | 设置SWDN端口槽位控制寄存器(Slot Control register)中的机电联锁控制位为1(开关状态)。  •清除端口的命令完成位。 |
| 7. 关闭注意指示灯 | •同表28:插入带有注意按钮和机电联锁的附加卡时的动作顺序  •驱动HP\_ATN\_LED信号关闭注意指示灯LED  •在SWDN的槽位状态寄存器(Slot Status register)中设置命令完成位为1  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，进而到主机，如果启用，按照PCIe规范 |  |
| 8. 从槽位中移除PCIe板 | •如果HP\_PRSNT被解除，则清除槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的Presence Detect状态**⑧**  •通知SWDN端口在槽位状态寄存器(Slot Status Register)中设置存在检测更改位(Presence Detect Changed)  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •清除端口的存在检测更改位(Presence Detect Changed)。 |

表29:移除带有注意按钮和机电连锁卡时的动作顺序

下面的波形说明了这个序列:



图30:带有注意按钮和EI（机电连锁）的热移除波形

### 意外热移除（Surprise Hot-Removal with Hot-Plug Surprise）

XpressSWITCH支持热插拔意外的异步移除设备。异步移除是指意外移除连接到Switch下行端口的设备，而无需事先通知操作系统。

在没有注意按钮和MRL等保护机制的热插拔系统中，异步删除是可能的。

下表描述了热插拔控制器和软件应用程序在使用Hot-Plug Surprise异步移除设备时执行的操作顺序。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Action** | **Hot-Plug Controller** | **Software Application** |
| 1. 异步移除连接到Switch下行端口的设备 | •等待下游端口关于从DL\_Active到DL\_Inactive转换的通知。  •根据PCIe规范，等待下游端口向主机报告的数据链路层状态更改事件(如果启用) | •清除槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的Data Link Layer State Changed位。 |
| 2. 设备不再存在 | •如果HP\_PRSNT被解除断言，则清除槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的Presence Detect状态  •通知SWDN端口在槽位状态寄存器中设置存在检测更改位  •根据PCIe规范，通知SWDN端口生成一个IRQ到交换机上游端口，再到主机，如果启用 | •清除端口的存在检测更改位  （Presence Detect Changed）。 |
| 3.确定链路断开状态 |  | •读取DN端口的链路状态寄存器(Link Status Register)中的数据链路层链路活动位(Data Link Layer Link Active)，以检查DN链路是否断开。  •将设备标记为不可访问。 |
| 4. 断开电源 | •取消HP\_PERST  •等待100us(仿真为10 us)，然后将激活低HP\_REFCLK\_EN设置为1(关闭参考时钟)。  •等待100us(模拟为10us)，然后撤销HP\_PWR\_EN  •等待DL\_down(链路状态寄存器中的数据链路层链路活动位)。  •设置SWDN端口槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的数据链路层链路状态改变位  •设置命令完成位。  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范。 | •通过向链路控制寄存器的link Disable字段写入1来禁用链路(仅用于仿真)。  •将槽位控制寄存器(Slot Control register)中的Power Controller Control位设置为1，以关闭电源。  清除槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的Data Link Layer State Changed位。  •清除端口的命令完成位。 |
| 5. 关闭电源指示灯 | •驱动HP\_PWR\_LED关闭电源LED  •设置命令完成位。  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •设置电源指示灯控制字段为2'b11关闭电源LED。  •清除命令完成位 |

表30:意外热移除

注意:

当设置Hot-Plug surprise位时，在Downstream端口上会阻塞Uncorrectable error detection due to the surprise Down错误。这个错误没有报告给主机。

在异步移除过程中，Switch Upstream端口收到的和被移除设备方向的请求将被报告为不支持的请求。

### DPC热移除

下表描述了使用DPC(下游端口遏制)异步移除设备时，热插拔控制器和软件应用程序执行的操作顺序。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Action** | **Hot-Plug Controller** | **Software Application** |
| 1. 异步移除连接到Switch下行端口的设备 | •Switch Downstream端口检测到Down错误，导致端口报告不可纠正的错误 |  |
| 2. 触发DPC | •检测到Down错误，触发Downstream端口DPC  •DPC中断发送到主机 |  |
| 3.确定链路断开状态 |  | •检查DPC触发状态是否设置。  •读取DN端口的链路状态寄存器中的数据链路层链路活动位，以检查DN链路是否断开。  •等待端口完成重置。 |
| 4. 启用热插拔中断 |  | •设置热插拔中断使能位为1。 |
| 5. 断开电源 | •删除HP\_PERST  •等待100us(仿真为10 us)，然后将激活低HP\_REFCLK\_EN设置为1  •等待100us(仿真为10 us)，然后撤销HP\_PWR\_EN。  •等待DL\_down(链路状态寄存器中的数据链路层链路活动位)  •设置SWDN端口槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的数据链路层链路状态改变位  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •通过向链路控制寄存器的link Disable字段写入1来禁用链路(仅用于模拟)。  •将槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的Power Controller Control位设置为1，以关闭电源。  清除槽位状态寄存器(Slot Status Register)中的Data Link Layer State Changed位。  •清除端口的命令完成位。 |
| 6. 关闭电源指示灯 | •驱动HP\_PWR\_LED关闭电源LED  •设置命令完成位  •通知SWDN端口生成IRQ到SWUP，再到主机，如果启用，按照PCIe规范 | •设置电源指示灯控制字段为2'b11关闭电源LED。  •清除命令完成位。 |

表31:DPC热移除

注意:

当DPC被触发时，所有试图访问被禁用链路的非发布(下游)TLPs将在交换逻辑中由CA或UR完成完成，这取决于DPC完成控制字段(DPC控制寄存器的第2位)。

如果适配器存在，DPC可以由软件发布。