5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

·业务类别：业务类别是未修改地端到端传输的事务层分组标签 穿过织物。在每个服务点（例如，交换机）内，业务类标签用于应用适当的服务策略。每一个Trabbit Class标签定义一个唯一的排序域-没有排序

为包含不同传输类标签的分组提供保证。

<1.5.4.2>数据链路层服务

数据链路层负责与链路另一端的对等层可靠地交换信息。

电源和电源管理服务：

·从事务层接受功率状态请求并传送到物理层

·将活动/重置/断开连接/电源管理状态传送到事务层数据保护、错误检查和重试服务：

·CRC生成

·用于数据链路级重试的传输TLP存储

· 错误检查

·TLP确认和重试消息

· 用于错误报告和日志记录的错误指示

<1.5.4.3>物理层服务

接口初始化、维护控制和状态跟踪：

· 复位/热插拔控制/状态

· 互连电源管理

·宽度和车道映射协商

· 车道极性反转

符号和特殊有序集生成：

·8b/10 b编码/解码

·嵌入式时钟调谐和校准符号传输和校准：

·传输电路

· 接收电路

· 接收侧弹性缓冲器

· 接收侧的多通道去偏斜（宽度s>x1）可测试性系统设计（DFT）支持特性：

·合规模式

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 修改的合规性模式

<1.5.4.4>层间接口

1.5.4.4.1事务/数据链路接口

事务到数据链路接口提供：

· 要通过链路发送的字节或多字节数据。本地TLP传输握手机制 . TLP边界信息

· 链路的请求电源状态

数据链接到事务接口提供：

· 从PCI Express链路接收的字节或多字节数据

·接收字节的TLP成帧信息

·链路的实际功率状态

· 链路状态信息

1.5.4.4.2数据链路/物理接口

数据链路到物理接口提供：

· 要通过链路发送的字节或多字节宽的数据。数据传输握手机制

. 字节的TLP和DLLP边界信息

· 链路的请求电源状态

物理到数据链路接口提供：

· 从PCI Express链路接收的字节或多字节宽数据

·数据的TLP和DLLP成帧信息

· 物理层检测到的错误指示

·链路的实际功率状态

·连接状态信息

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

**事务层规范**

**2.1事务层概述**

2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 反式 | | 行动 | |
|  | |  |  |
| 数据 | | 链路 | |
|  | |  |  |
| PHY | | 锡卡尔 | |
| 逻辑S | | 子块 |  |
|  | 电 | 子块 |
| RX | | TX | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 反式 | | 行动 |
| 数据 | | 链路 |
| PHY | | 锡卡尔 子块  子块  TX |
|  | 逻辑S |
|  | 电 |
| RX | |

OM14295

图2-1突出显示事务层的分层图

在高层次上，事务层的关键方面是：

·一个流水线式的完整的Split-TransactionProtocol

· 用于区分事务层分组（TLP）的排序和处理要求的机制

·基于信用的流量控制

·可选支持数据中毒和端到端数据完整性检测。事务层包括以下内容：

·TLP施工和加工

·事务级机制与设备资源的关联，

◦ 流量控制

◦ 虚拟渠道管理

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· TLP订购和管理规则。PCI/PCI-X兼容订购

.包括流量等级区分

本章详细说明了与事务层相关的行为。

2.1.1地址空间、事务类型和使用

事务构成了完成者和完成者之间信息传输的基础。四个地址空间是

定义，并定义不同的事务类型，每种类型都有其独特的预期用途，如[表2-1所示。](#bookmark1)

表2-1不同地址空间的事务类型

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地址空间 | 交易类型 | 基本用法 |
| 存储器 | 读写 | 向/从内存映射位置传输数据 |
| I/O | 读写 | 向/从I/O映射位置传输数据 |
| 配置 | 读写 | 设备功能配置/设置 |
| 消息 | 基线  （包括供应商定义） | 从事件消息传递机制到通用消息传递机制 |

本章后面将详细介绍与这些地址格式和相关TLP格式的使用相关的规则。

<2.1.1.1>内存事务

内存事务包括以下类型：

· 读取请求/完成

·写请求

·AtomicOp请求/完成

内存事务使用两种不同的地址格式：

·短地址格式：32位地址

· 长地址格式：64位地址

某些存储器事务可以可选地具有包含进程地址空间ID（PASID）的PASIDTLP前缀。 详见第6.20节。

<2.1.1.2>I/O事务

PCI Express支持I/OSpace，以便与需要使用它们的传统设备兼容。本规范的未来修订版可能会弃用I/OSpace。I/O事务包括以下类型：

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 读取请求/完成

·写请求/完成

I/O事务使用单一地址格式：

·短地址格式：32位地址

<2.1.1.3>配置交易

配置事务用于访问设备内的功能的配置寄存器。配置事务包括以下类型：

· 读取请求/完成

·写请求/完成

<2.1.1.4>消息交易

消息事务，或简称为消息，用于支持设备之间事件的带内通信。

除了本文档中定义的特定消息外，PCI Express还使用指定的消息代码为供应商定义的消息提供支持。除了使用PCI-SIG®供应商ID（0001 h）的供应商定义消息外，

特定供应商定义的消息的定义超出了本文档的范围

该规范建立了一个标准框架，供应商可以在其中指定自己的供应商定义消息，以适应其平台的特定要求（请参见www.example.com上的[Secti2.2.8.6）](#bookmark2)。

请注意，这些供应商定义的消息不能保证与来自不同供应商的组件互操作。

2.1.2包格式概述

事务由请求和完成组成，它们使用数据包进行通信。[图2-2](#bookmark3)显示了一个高 TLP的一级串行化视图，包括一个或多个可选的TLP前缀、TLP报头、数据有效载荷（对于某些实施例， 数据包类型），以及可选的TLP摘要。[图2-3](#bookmark4)显示了张力腿平台的更详细视图。本章的以下部分定义了数据包报头和摘要的详细结构。

字节

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| TLP前缀（可选） | | | TLP  报头  HH+1H+2··· | J  J +1J+2 | 数据有效载荷  （适用时包括在内） | 数据字节N-1 | TLP摘要（可选）  KK+1K+2K+3 |
| 0 | 1 | 我 2 |

OM14547A

图2-2张力腿平台（TLP）系列视图

PCI Express在概念上将信息传输为序列化的字节流，如[图2-2所示。](#bookmark3)请注意，在字节级别，信息通过互连与TLP的最左侧字节进行传输/接收，如

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

[图2-2](#bookmark3)首先发送/接收（如果存在一个或多个可选TLP前缀，则字节0，否则字节H）。有关如何对数据包的各个字节进行编码并在物理介质上传输的详细信息，请参阅第4.2节。

TLP前缀、TLP报头和TLP摘要（在[图2-3中以通用形式显示）](#bookmark5)的详细布局在左侧绘制，而不是像传统上在其他PCI中描绘的那样在右侧绘制

规范. 根据要求，针对串行化互连上的每个引脚优化了接头布局 首先传输时间最关键的信息。例如，在TLP报头内，地址字段的最高有效字节首先被传送，使得其可以用于早期地址解码。

字节0

字节H-4字节H

字节J

字节K-4字节K

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0 | | | | | | | | +1 | | | | | | | | +2 | | | | | | | | +3 | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| TLP前缀字节0  TLP前缀 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

（选择性）

 TLP前缀字节H-1 标题字节0 

报头

|  |  |
| --- | --- |
| 数据字节0 |  |

数据

（适用时包括在内）

数据字节N-1

TLP摘要（可选）

31 24 23 16 15 8 7 0

OM13756A

图2-3用于垫的通用张力腿平台

TLP内的有效载荷数据以最低寻址字节（[图2-3](#bookmark5)中的字节J）表示，位于左上方。

描述数据结构组织的详细布局（如第7章中的配置空间说明）保留了传统的PCI字节布局，最低寻址字节显示在右侧。与描述相反，所有字节在概念上以字节数递增的顺序在链路上传输。

根据数据包的类型，该数据包的报头将包括以下类型的字段：

· 包装的格式

·数据包类型

· 任何关联数据的长度

·交易描述符，包括：

◦ 事务ID

◦ 属性

◦ 业务类别

·地址/路由信息

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 字节使能

· 消息编码

·完成情况

2.2事务层协议-数据包定义

PCI Express使用基于分组的协议在两者的事务层

通过链路相互通信的组件。PCI Express支持以下基本事务类型：内存、I/O、配置和消息。支持两种内存请求的寻址格式：32位和64位。

事务处理使用请求和完成进行。完成在需要时使用，例如，返回读取数据，或确认I/O和配置写入传输的完成。落成量

通过数据包报头的事务ID字段中的值与其相应的请求相关联。

所有标记为Reserved（有时缩写为R）的TLP字段在形成TLP时必须填充全0。 这些字段中的值必须被接收器忽略，并由交换机不加修改地转发。请注意，对于某些字段，

指定值和保留值-这些情况下保留值的处理是为每种情况单独指定的。

2.2.1公共分组报头字段

所有TLP前缀和报头都包含以下字段（参见[图2-4](#bookmark7)）：

· Fmt[2：0] -TLP格式（见[表2-2](#bookmark8)）-字节0的位7：5

·类型[4：0] -TLP的类型-字节0的位4：0

Byte0→

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | | +1  76543210 | +2  76543210 | +3  76543210 |
| Fmt | 类型 | {字节1到3中的字段取决于Fmt和Type字段} | | | |

图2-4所有TLP中存在的字段

Fmt字段指示一个或多个TLP前缀的存在，并且Type字段指示相关联的TLP前缀类型。

TLP报头的Fmt和Type字段提供确定TLP报头的剩余部分的大小以及分组是否包含报头之后的数据有效载荷所需的信息。

TLP报头的Fmt、Type、TD和Length字段包含确定TLP的非前缀部分的总体大小所需的所有信息。 类型字段除了定义TLP的类型之外，还确定交换机如何路由TLP。以下章节将更详细地讨论不同类型的TLP。

· 允许的Fmt[2：0]和Type[4：0]字段值如所示。.保留所有其他编码（参见[第2.3节）](#bookmark9)。

·TC[2：0] -业务类别（参见[第2.2.6.6](#bookmark10)）-字节1的

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 轻量级通知（LN）-lb指示存储器请求是LN读取或LN写入，或者完成是LN完成。

·TLP提示（TH）- 1b指示TLP报头中存在TLP处理提示（TPH）和可选的[TPH](#bookmark11)[TLP前缀](#bookmark12)（如果存在）-字节1[2.2.7.1](#bookmark13)的位0

·属性[1：0] -属性（参见[2.2.6.3部分](#bookmark14)）-字节2的

·Attr[2] -属性（参见[章节2.2.6.3](#bookmark15)）-字节1的位2

·TD - 1b指示在TLP的结尾处以单个双字（DW）的形式存在TLP挖掘（参见[第2.2.3](#bookmark16)）-字节2的

· 错误中毒（EP）-表示TLP中毒（参见[第2.7](#bookmark17)）-字节2

· 长度[9：0] -DW中数据有效载荷的长度（见[表2-4](#bookmark18)）-字节2的位1：0与字节3的位7：0连接

. TLP数据必须是4字节自然对齐的，并以4字节DW为增量。

.保留给不包含或引用数据有效载荷的TLP，包括Cpl、CplLk和消息（除非另有说明）

Byte0→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 |
| Fmt | 类型 | T9 | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | |

图2-5所有TLP报头中存在的字段表2-2Fmt[2：0]字段值

|  |  |
| --- | --- |
| Fmt[2：0] | 相应的TLP格式 |
| 000b | 3 DW标题，无数据 |
| 001b | 4 DW标题，无数据 |
| 010B | 3 DW header，with data |
| 011B | 4 DW header，with data |
| 100b | TLP前缀 |
|  | 保留上面未显示的所有编码（参见[第2.3节）](#bookmark20)。 |

表2-3 Fmt[2：0]和Type[4：0]字段编码

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| TLP类型 | Fmt [2：0]3  （b）第（1）款 | 类型[4：0]（b） | 描述 |
| MRD | 000  001 | 0 0000 | 存储器读取请求 |
| MRdLk | 000  001 | 0 0001 | 内存读取请求锁定 |



3.具有两个Fmt[2：0]值的请求可以使用32位（第一个值）或64位（第二个值）寻址数据包格式。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| TLP类型 | Fmt [2：0]  （b）第（1）款 | 类型[4：0]（b） | 描述 |
| MWR | 010  011 | 0 0000 | 存储器写入请求 |
| IORd | 000 | 0 0010 | I/O读请求 |
| IOWr | 010 | 0 0010 | I/O写请求 |
| CfgRd 0 | 000 | 0 0100 | 配置读取类型0 |
| Cfgt0 | 010 | 0 0100 | 配置写入类型0 |
| CfgRd1 | 000 | 0 0101 | 配置读取类型1 |
| CfgWr 1 | 010 | 0 0101 | 配置写入类型1 |
| TCfgRd | 000 | 1 1011 | 已弃用的TLP类型4 |
| TCfgWr | 010 | 1 1011 | 已弃用的TLP类型5 |
| MSG | 001 | 1 0 r2 r1 r0 | 消息请求-子字段r[2：0]指定消息路由机制（参见[表](#bookmark22)[2-17）](#bookmark23)。 |
| MsgD | 011 | 1 0 r2 r1 r0 | 带有数据负载的消息请求-子字段r[2：0]指定消息路由机制（参见[表2- 17）](#bookmark24)。 |
| CPL | 000 | 0 1010 | 无数据完成-用于任何完成状态的I/O和配置写入完成。也用于原子操作完成和读取完成（I/O， 配置或存储器），其完成状态不是成功完成。 |
| CPLD | 010 | 0 1010 | 数据完成-用于内存、I/O和配置读取完成。 也用于AtomicOp完成。 |
| CplLk | 000 | 0 1011 | 锁定内存读取无数据完成-仅在错误情况下使用。 |
| CplDLk | 010 | 0 1011 | 完成锁定内存读取-否则类似于CPLD。 |
| FetchAdd | 010  011 | 0 1100 | 获取和添加AtomicOp请求 |
| 交换 | 010  011 | 0 1101 | 无条件交换原子操作请求 |
| CAS | 010  011 | 0 1110 | 比较和交换AtomicOp请求 |
| LPrfx | 100 | 0 L3 L2 L1L | 本地TLP前缀-子字段L[3：0]指定本地TLP前缀类型（参见[表2- 36）](#bookmark25)。 |
| EPrfx | 100 | 第一季第三集第二季第一集 | 端-端TLP前缀-子字段E[3：0]指定端-端TLP前缀类型（参见[表](#bookmark26)[2-37）](#bookmark27)。 |
|  |  |  | 以上未显示的所有编码均已保留（请参阅[第2.3节）](#bookmark28)。 |



4.弃用的TLP类型：以前用于可信空间（TCS），本规范不再支持。如果接收方没有实现TCS，则接收方必须将此类请求视为格式错误的数据包。

5.弃用的TLP类型：以前用于可信的可扩展空间（TCS），本规范不再支持。如果接收方没有实现TCS，则接收方必须将此类请求视为格式错误的数据包。

第109页

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

表2-4长度[9：0]字段编码

|  |  |
| --- | --- |
| 长度[9：0] | 对应的TLP数据有效载荷大小 |
| 00 0000 0001 b | 1个DW |
| 00 0000 0010 b | 2个DW |
| ... | ... |
| 11 1111 1111 b | 小行星1023 |
| 00 0000 0000 b | 小行星1024 |

2.2.2具有数据有效载荷的TLP-规则

· 长度指定为DW的整数

· Length[9：0]为所有消息保留，显式引用数据长度的消息除外。参见第2.2.8节中的信息代码表[。](#bookmark29)

·具有数据有效载荷的TLP的发送器必须不允许由TLP的长度字段给出的数据有效载荷长度超过由发送器的设备控制寄存器的Max\_Payload\_Size字段中的值指定的长度，该值被视为DW的整数（参见第www.example.com节7.5.3.4）。

.对于ARI设备，Max\_Payload\_Size仅由函数0中的设置确定。忽略其他函数中的Max\_Payload\_Size设置。

.对于与非ARI多功能设备（MFD）相关的上游端口，

所有函数的Max\_Payload\_Size设置都是相同的，传输的TLP的数据有效载荷不得超过公共Max\_Payload\_Size设置。

.对于与非ARI MFD关联的上游端口，其Max\_Payload\_Size设置不

在所有功能中相同的情况下，所传输的TLP的数据有效载荷不得超过Max\_Payload\_Size设置，其确定是特定于实现的。

建议发送器实现使用生成事务的函数中的Max\_Payload\_Size设置，否则使用最小的Max\_Payload\_Size设置

在所有功能中。

除非软件知道特定的实现，否则软件不应将不同函数中的Max\_Payload\_Size设置为不同的值。

.注意：Max\_Payload\_Size仅适用于具有数据有效负载的TLP;内存读取请求不适用于 长度受Max\_Payload\_Size限制。内存读取请求的大小由长度字段控制。

·如由TLP的长度字段给出的接收到的TLP的数据有效载荷的大小不得超过由接收器的设备控制寄存器的Max\_Payload\_Size字段中的值指定的长度，该值被视为接收器的设备控制寄存器的最大有效载荷大小字段中的值。

DW的整数（参见www.example.com部分7.5.3.4）。

.接收方必须检查是否违反此规则。如果接收方确定某个TLP违反了此规则，则该TLP为格式错误的TLP。

这是一个与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

.对于ARI设备，Max\_Payload\_Size仅由函数0中的设置确定。忽略其他函数中的Max\_Payload\_Size设置。

.对于与非ARI MFD相关联的上游端口，其Max\_Payload\_Size设置在所有功能中相同，要求接收方对照

公共Max\_Payload\_Size设置。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

.对于与其Max\_Payload\_Size设置在所有功能中不相同的非ARI MFD相关联的上游端口，要求接收器针对其确定是特定于实现的Max\_Payload\_Size设置来检查TLP的数据有效载荷。

▪ 鼓励接收方实现使用

事务所针对的函数，或者所有函数中最大的Max\_Payload\_Size设置。

除非软件知道特定的实现，否则软件不应将不同函数中的Max\_Payload\_Size设置为不同的值。

· 对于包含数据的TLP，长度字段中的值必须与TLP中包含的实际数据量相匹配。

.接收方必须检查是否违反此规则。如果接收方确定某个TLP违反了此规则，则该TLP为格式错误的TLP。

这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

·长度字段中的值仅适用于数据-长度字段中不包括TLP摘要。

·当与字节地址相关联的数据有效载荷被包括在除了AtomicOp请求或AtomicOp完成之外的TLP中时，在报头r之后的数据的第一字节对应于最接近于

0，并且所述字节是递增的字节地址序列。

.例如：对于写入位置100h的16字节，标头之后的第一个字节将是要写入位置100h的字节，第二个字节将写入位置101h，依此类推， 最后一个字节写入位置10Fh。

·AtomicOp请求和AtomicOp完成中的数据有效载荷必须被格式化，使得TLP报头之后的数据的第一字节是第一数据值的最低有效字节，并且随后的字节是第二数据值的最低有效字节。

数据越来越不重要了对于比较和交换（CAS）请求，第二个数据值紧跟在第一个数据值之后，并且必须采用相同的格式。

. AtomicOp Completers在目标位置读写数据时使用的字节序格式为

实现特定的，并且被允许是编译器确定适合于目标存储器的任何内容（例如，little endian、bigendian等）Endian格式功能报告和 AtomicOp完成者的控件不在本规范的范围之内。

.小端示例：对于一个64位（8字节）的Swap请求，目标位置为100 h，

小端形式的存储器，头之后的第一个字节被写入位置100 h， 第二个字节被写入位置101 h，以此类推，最后一个字节被写入位置107 h。请注意，在执行写操作之前，完成程序首先读取目标内存位置，以便 返回完成中的原始值。字节地址对应于

完成与任务相同。

.大端示例：F或64位（8字节）交换请求，目标位置为100h，目标为

存储器中的大字节序格式，首标后的第一个字节被写入位置107 h，

第二个字节被写入位置106 h，以此类推，最后一个字节被写入位置100 h。请注意，在执行写操作之前，完成程序首先读取目标内存位置，以便 返回完成中的原始值。字节地址对应于

完成与任务相同。

. [图2-6](#bookmark30)显示了一个完整的目标内存访问的little endian和big endian示例。

64位（8字节）FetchAdd。操作数和结果中的字节编号为0-7，字节0是最低有效位，字节7是最高有效位。在每种情况下，完成程序都会获取目标

内存操作数使用适当的字节序格式。接下来，

完成器使用原始目标内存值和来自FetchAdd请求的“add”值执行FetchAdd操作。最后，完成器将FetchAdd结果存储回目标 内存使用相同的字节序格式用于提取。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

FetchAdd示例，目标内存采用小端格式

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 100h | |
| 101小时102小时 | |
| 103h | |
| 104小时105小时 | |
| 106h | |
| 107H | |
|  |  |

y v 目标存储器位置

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |



|  |
| --- |
| 7 6 5 4 3 2 1 0 |

原始值

逻辑

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |



AtomicOp计算

FetchAdd结果

“加“值

FetchAdd示例，目标内存为大端格式

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 100h | |
| 101小时102小时 | |
| 103h | |
| 104小时105小时 | |
| 106h | |
| 107H | |
|  |  |

y v 目标存储器位置

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |



|  |
| --- |
| 7 6 5 4 3 2 1 0 |

原始值

逻辑



AtomicOp计算

FetchAdd结果

“加“值

粤ICP备17074442号-1

图2-6 FetchAdd的完成程序目标内存访问示例

执行说明

RC AtomicOp Completers提供的 Endian格式

允许AtomicOp Completer使用其

选择是这样的，以具有原子操作的主机存储器为目标的PCI Express设备可以与使用原子操作指令（或指令序列）的主机软件互操作。某些主机环境对原子操作具有有限的字节序格式支持，并且通过支持

完成者可以显著提高互操作性。

对于在支持little-endian-only处理器的平台上具有AtomicOp Completer功能的RC，

对于RCAtomicOp完成器来说，支持除了小端字节序之外的任何端字节序格式几乎没有预想到的好处。对于在支持双端处理器的平台上具有AtomicOp完成器功能的RC， 支持大端和小端格式，并且可能具有可配置的端格式， 主机内存的不同区域。

PCI Express没有要求RCAtomicOp编译器支持主机处理器的“本机”格式（如果有的话），这样做也没有必要有显著的好处。例如，一些处理器可以使用

load-link/store-conditional或类似指令序列以非本机字节序格式进行原子操作，因此不需要RC原子操作完成器来支持替代字节序格式。



5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

保持数据有效载荷的一致性

[第www.example.com节2.3.1.1](#bookmark31)讨论了关于某些自然地址边界的形成读完成的规则。

内存写入性能可以通过遵守

写请求的形成。具体来说，形成写请求，使自然地址的64或128字节的边界得到尊重，将有助于提高系统性能。



2.2.3 TLP摘要规则

· 对于任何TLP，TD比特中的值1b指示在TLP的结尾处存在包括端到端CRC（ECRC）值的TLP摘要字段。

. 其中TD位值与观察到的大小（考虑数据有效载荷，如果存在的话）不对应的ATLP是畸形TLP。

这是一个与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

· 如果TLP的中间或最终PCI Express接收器不支持ECRC检查，则接收器必须忽略TLP摘要6。

.如果TLP的接收器支持ECRC检查，则接收器根据第2.7.1节中的规则将TLP摘要字段中的值解释为ECRC值[。](#bookmark32)

2.2.4路由和寻址规则

TLP路由有三种主要机制本节定义了

地址和ID路由机制。隐式路由仅用于消息请求，并在[第2.2.8](#bookmark34)

.

<2.2.4.1>基于地址的路由规则

·地址路由用于内存和I/O请求。

·指定了两种地址格式，一种用于4 DW报头的64位格式（见[图2-7）](#bookmark36)，一种用于3 DW报头的32位格式（见[图2-8）](#bookmark37)。



6. 一个例外是中间接收器在启用MC\_Overlay的情况下从出口端口转发组播TLP。 参见第6.14.5节。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

字节0→字节4→字节8→字节12→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt  0x1 | 类型 | T9 | | TC | T8 | | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | | |
|  | | | {字节4到7中的字段取决于请求的 | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | 地址[63] | | | | | | | | | | |
| 地址[31：2] | | | | | | | | | | | | | | | | pH |

图2-7 64位地址轮转

字节0→字节4→字节8→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt  0x0 | 类型 | T9 | | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | | |
|  | | | {字节4到7中的字段取决于请求的 | | | | | | | | | | | | |
| 地址[31：2] | | | | | | | | | | | | | | | pH |

图2-8 32位地址路由

· 对于内存读取、内存写入和原子操作请求，地址类型（AT）字段编码为表10-1中的shown。对于所有其他请求，AT字段是保留的，除非另有明确说明。LN读取和LN写入具有特殊要求。 参见第6.21.5节。

· 如果TH被置位，PH字段的编码如[表2-15所示。](#bookmark38)如果TH为Clear，则PH字段为Reserved。

·到TLP报头的地址映射如[表2-5所示。](#bookmark39)

表2-5地址字段映射

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地址位 | 32位寻址 | 64位寻址 |
| 六十三分五十六秒 | 不适用 | 字节8的位7：0 |
| 五十五分四十八秒 | 不适用 | 字节9的位7：0 |
| 四十七分四十秒 | 不适用 | 字节10的位7：0 |
| 三十九点三十二分 | 不适用 | 字节11的位7：0 |
| 三十一点二十四分 | 字节8的位7：0 | 字节12的位7：0 |
| 二十三点十六分 | 字节9的位7：0 | 字节13的位7：0 |
| 十五点八分 | 字节10的位7：0 | 字节14的位7：0 |
| 七比二 | 字节11的位7：2 | 字节15的位7：2 |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· Memory Read、Memo ryWrite和AtomicOp请求可以使用任何一种格式。

.对于4GB以下的磁盘，磁盘机必须使用32位格式。 如果64位格式请求寻址低于4 GB（即， 其中地址的高32位全部为0）被接收。

· I/O读请求和I/O写请求使用32位格式。

·所有代理必须解码报头中的所有地址位-地址别名是不允许的。

执行说明

防止地址混淆

为了正确的软件操作，即使在系统硬件设计者/设计者可能知道在系统中实际上有意义的地址少于64位的系统中，也需要完全地址解码。



<2.2.4.2>基于ID的路由规则

· ID路由与配置请求、ID路由消息和完成一起使用。这

规范定义了几个ID路由的消息（表F-1）。允许其他规范定义附加的ID路由消息。

· ID路由使用总线号、设备号和功能号（如适用）指定TLP的目的地

.对于非ARI路由ID，总线、设备和（3位）功能号到TLP接口映射如[表2-6、](#bookmark41)[图2-9](#bookmark42)和[图2-11所示。](#bookmark43)

.对于ARI路由ID，总线和（8位）功能号到TLP报头的映射如[表](#bookmark44)[2-7、](#bookmark45)[图2-10](#bookmark46)和[图2-12所示。](#bookmark47)

·指定了两种ID路由格式，一种用于4 DW报头（参见[图2- 9](#bookmark48)和[图2-10）](#bookmark49)，另一种用于3 DW报头（参见[图2-12](#bookmark50)和[图2-10）](#bookmark51)。

.两种格式的标题字段位置相同（见[图2-5）](#bookmark19)。

表2-6非ARIID路由的报头字段位置

|  |  |
| --- | --- |
| 领域 | 头位置 |
| 公交车号[7：0] | 字节8的位7：0 |
| 设备编号[4：0] | 字节9的位7：3 |
| 功能编号[2：0] | 字节9的位2：0 |

表2-7ARIID路由的报头字段位置

|  |  |
| --- | --- |
| 领域 | 头位置 |
| 公交车号[7：0] | 字节8的位7：0 |
| 功能编号[7：0] | 字节9的位7：0 |

字节0→字节4→字节8→字节12 →

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  0x1 | 类型 | T9 | | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | |
|  | | | {字节4到7中的字段取决于请求的 | | | | | | | | | | | |
| 总线编号 | | 设备维护 | | | | Fcn中国 | | | {字节10和11中的字段取决于请求的 | | | | | |
| {字节12到15中的字段取决于请求的类型 | | | | | | | | | | | | | | |

图2-9使用4DWHeader的非ARIID

字节0→字节4→字节8→字节12 →

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  0x1 | 类型 | T9 | | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | |
|  | | | {字节4到7中的字段取决于请求的 | | | | | | | | | | | |
| 总线编号 | | 功能号 | | | | | | | {字节10和11中的字段取决于请求的 | | | | | |
| {字节12到15中的字段取决于请求的类型 | | | | | | | | | | | | | | |

图2-10带有4个DW报头的ARIID

字节0→字节4→字节8→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  0x0 | 类型 | T9 | | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | |
|  | | | {字节4到7中的字段取决于请求的 | | | | | | | | | | | |
| 总线编号 | | 设备维护 | | | | Fcn中国 | | | {字节10和11中的字段取决于请求的 | | | | | |

图2-11使用3 DW Header的非ARI ID

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

字节0→字节4→字节8→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  0x0 | 类型 | T9 | | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | |
|  | | | {字节4到7中的字段取决于请求的 | | | | | | | | | | | |
| 总线编号 | | 功能号 | | | | | | | {字节10和11中的字段取决于请求的 | | | | | |

图2-12带有3个DW报头的ARI ID路由

2.2.5第一个/最后一个DW字节启用规则

字节启用包含在内存、I/O和配置请求中。 本节定义了相应的规则。字节使能，当出现在请求报头中时，位于报头的字节7中（见[图2-13）](#bookmark53)。用于存储器

设置了TH位的读请求，字节使能字段被重新用于携带ST[7：0]字段（有关详细信息，请参阅[第www.example.com节](#bookmark54)[2.2.7.1](#bookmark55)），字节使能的值如下所述。TH位必须只设置在内存读取请求时，它是accep表完成这些请求，如果所有字节的请求数据被启用。

· 对于设置了TH位的内存读取请求，字节可启用值包含以下值。 参见[第2.2.7 f节](#bookmark56)或其他要求。

.如果该请求的长度字段指示1 DW的长度，则第一DW字节启用的值被暗示为1111 b，最后DW字节启用的值被暗示为0000 b。

.如果此请求的长度字段指示长度大于1 DW，则第一DW字节启用和最后DW字节启用的值暗示为1111 b。

字节0→字节4→

执行说明

使用TPH到不可预取空间的读取请求

设置了TH位的内存读取请求，并且目标不可预取内存空间应仅

当可以保证这种读取的完成不会产生不期望的副作用时发出。看到

第7.5.1.2.1节，考虑可能具有可预取比特集的某些BAR，即使它们映射了具有实际副作用的某些位置。



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | | +1  76543210 | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt  0xx | 类型 | | T9 | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | | |
|  | | {字节4到6中的字段取决于请求的类型 | | | | | | | | | | | | 最后DW BE | 第一个DW BE |

图2-13 TLP报头中字节启用的位置

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

·第一DW BE[3：0]字段包含用于由请求引用的第一（或唯一）DW的字节启用。

.如果请求的长度字段指示长度大于1 DW，则该字段不能等于0000b。

·最后一个DW BE[3：0]字段包含用于请求的最后一个DW的字节启用。

.如果请求的长度字段指示1 DW的长度，则该字段必须等于0000b。

.如果请求的长度字段指示长度大于1 DW，则该字段不能等于0000b。

· 对于字节启用字段的每个位：

. 值0b表示相应的数据字节不能被写入，或者如果不可预取，则不能在完成器处被读取。

. 值1b指示必须在完成器处写入或读取数据的对应字节。

· 对于长度为1 DW的所有请求，在第一个DW BE字段中允许非连续字节启用（启用字节由非启用字节分隔）。

.非连续字节启用示例：1010 b、0101 b、1001 b、1011 b、1101 b

· 对于长度为2 DW（1QW）的四字（QW）对齐内存请求，在两个字节激活字段中允许非连续字节启用。

·所有长度为2 DW（1 QW）的非QW对齐内存请求和第三个为3 DW或更大的内存请求必须仅启用与请求的第一个和最后一个DW之间的数据连续的字节。

. 连续字节启用示例：

第一个DW BE：1100 b，最后一个DW BE：0011 b第一个DW BE：1000 b，最后一个DW BE：0111 b

·[表2-8](#bookmark57)显示了字节启用字段的位、它们在请求报头中的位置以及引用数据的对应字节之间的对应关系。

表2-8字节启用位置和对应

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 字节使能 | 头位置 | 受影响数据字节7 |
| 第一个DW BE[0] | 字节7的位0 | 字节0 |
| 第一个DW BE[1] | 字节7的位1 | 字节1 |
| 第一DW BE[2] | 字节7的位2 | 字节2 |
| 第一个DW BE[3] | 字节7的位3 | 字节3 |
| 最后一个DW BE[0] | 字节7的位4 | 字节N-4 |
| 最后一个DW BE[1] | 字节7的位5 | 字节N-3 |
| 最后一个DW BE[2] | 字节7的位6 | 字节N-2 |
| 最后一个DW BE[3] | 字节7的位 | 字节N-1 |

·允许长度为1 DW且未启用字节的写请求，除非另有说明，否则在完成程序中无效。



7. 假设引用的数据长度为N字节（字节0至字节N-1）。请注意，仅当数据长度大于一个DW时，才使用最后DW字节启用。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

零长度写入

在某些协议下，设备可能会使用未启用字节的1 DW内存写入请求或“零长度写入”，以实现预期的副作用。一个例子是LN协议。 参见第6.21节。



· 如果1 DW的读取请求指定没有字节被启用以读取（第一DW BE[3：0]字段= 0000 b），则对应的完成必须指定1 DW的长度，并且包括1 DW的数据有效载荷

完成分组内的数据有效载荷的内容是未指定的，并且可以是任何值。

· 对于违反本节中指定的字节启用规则的TLP，未定义接收器/完成器行为

· 接收器可以选择检查是否违反本节中指定的字节启用规则。如果实现这种检查的接收器确定TLP违反了一个或多个字节启用规则，则TLP是

变形TLP。这些检查是独立可选的（参见6.2.3.4部分）。

.如果选中字节启用规则，则违规是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

执行说明

零长度读取

没有字节使能d的IDW的存储器读取请求或“零长度读取”可以被设备用作一种类型的刷新请求。对于发布者，flush语义允许设备确保先前发布的Posted

写入已在其PCI Express目标上完成。为了在所有情况下都有效， 零长度读取必须针对与正在刷新的已发布写入相同的设备。一种推荐的方法是使用与正在刷新的PostedWrites之一相同的地址。



刷新语义具有广泛的应用，所有完成者都必须实现与此相关的

语义。由于完成者可以在不理解完成者的特征的情况下使用刷新语义 完成者必须确保零长度读取没有副作用。这实际上只是在不可预取的空间中，在完成程序中不能读取未启用的字节这一规则的一个特定情况。请注意，刷新仅适用于 与零长度读取相同的流量类中的流量。

2.2.6事务描述符

<2.2.6.1>概述：

事务描述符是一种在完成者和完成者之间传送事务信息的机制。事务描述符由三个字段组成：

·交易ID-标识未完成的交易

·属性字段-指定交易的特征

·业务类别（TC）字段-将交易与所需服务的类型相

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

[图2-14](#bookmark58)显示了事务描述符的字段。请注意，这些字段一起显示，以突出显示它们作为单个逻辑实体的一部分的关系。 这些字段在包头中不连续。

事务ID

|  |
| --- |
| 九比零 |

|  |
| --- |
| 二比零 |

|  |
| --- |
| 二比零 |

|  |
| --- |
| 十五比零 |

请求者ID 标签 属性 交通

类

OM13757B

图2-14交易描述符

<2.2.6.2>交易描述符-交易ID字段

事务ID字段由两个主要子字段组成：事务ID和标记，如[图2-15所示。](#bookmark59)

请求者ID

|  |
| --- |
|  |
| 十五比零 |

标签

|  |
| --- |
| 九比零 |

OM13758B

图2-15交易ID

[ PCIe-4.0 ]中引入的10位标签功能将标签字段的总大小从8位增加到10位。两个附加的标签位，标签[8]（T8）和标签[9]（T9），与TLP报头中的其他标签[7：0]位不相邻。这两个人是一个沉默的人 位在本规范的先前版本中保留。

·Tag[9：0]是由每个验证器生成的10比特字段，并且对于需要该验证器的完成的所有未完成请求，它必须是唯一的。不支持10位标签验证器功能的验证器必须将Tag[9：8]设置为00b。

◦ 支持16.0 GT/s或更高数据速率的功能8（包括交换机中的功能）必须支持10位标签完成器功能。如果一个函数支持10位标签完成器功能，它可以

可选地支持10位标签识别器功能。请参阅www.example.com部分7.5.3.15和本部分后面的“实现10位标记功能的注意事项”实施说明。

◦ 包含指示支持10位标签完成器能力的元素的RC必须通过作为PCIe完成器的目标而支持的所有寄存器和存储器区域正确地处理10位标签请求; 例如，DMA请求或RCiEP中的MMIO区域所针对的主机内存。

▪ 每个指示支持的RP必须处理由其入口端口接收的此类请求。



8. PCI Express到PCI/PCI-X桥接器是一个例外，因为10位标签功能不是为这些功能设计的。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

. 每个指示支持的RCiEP必须处理来自支持的内部路径的请求，包括通过RP的请求。

◦ 如果RC包含指示支持10位标签转发器能力的RCiEP，则RC必须通过所有支持的寄存器和存储器区域正确处理来自那些RCiEP的10位标签请求，

这些RCiEP的目标由DMA请求或RCiEP中的MMIO区域作为目标的托管内存。

◦ 接收器/完成器必须正确处理8位标记值，而不考虑其扩展标记字段启用位的设置（请参见第www.example.com节7.5.3.4）。有关桥接处理扩展标记的详细信息，请参阅PCI Express到PCI/PCI-X桥接规范。

◦ 支持10位标记完成器功能的接收器/完成器必须正确处理10位标记值，而不管其10位标记完成器启用位设置如何。 参见第7.5.3.16节。

◦ PCIExpress到PCI/PCI-X桥接器不具有10位标签功能，并且它们不得指示10位标签识别器功能或10位标签完成器功能。

◦ 如果10位标记字段启用位为清除，且扩展标记字段启用位为清除，

每个功能的未完成请求的最大数量应限制为32，并且仅使用标签字段的低5位，其余的高5位要求为00000 b。

◦ 如果10位标记字段启用位为清除，且扩展标记字段启用位为置位，

最大值增加到256，并且仅使用Tag字段的低8位，其余的高2位需要为00b。

◦ 如果设置了10位标记完成程序使能位，则针对单个完成程序的最大值将增加到768。当发送10位标签时，允许加密器使用标签字段的

向其认为合适的完成者发送请求，但该完成者仍有权向其他完成者发送较小的标记请求。以下内容适用于10位标签功能的转换器，其10位标签转换器使能位被设置。

. 如果端点9支持将请求发送到其他端点（而不是主机

内存），端点不得向另一个给定端点发送10位标签请求

除非特定于实现的机制确定端点支持

10位标签完成器功能。根本不向其他端点发送10位标签请求 对于某些实施方式是可接受的。更复杂的机制不在本说明书的范围内。

. 如果一个PIO解码器具有10-B标签解码器能力，那么解码器如何确定何时使用10位标签而不是更小的标签不在本规范的范围内。

. 对于10位标记，有效的标记[9：8]值为01b、10 b或11 b。Tag[9：8]等于00b的10位Tag值无效，并且不能由编码器进行基因分级。这使得

编译器确定它收到的应该具有10位标记的完成是否包含无效标记，通常是由于完成器不支持10位标记编译器

能力。

. 如果完成程序向缺少10位完成程序的完成程序发送10位标记请求，

能力，返回的完成将具有Tag[9：8]等于00b的标签。 一旦禁止编译器为10位标签生成这些标签值，则此类完成将被处理为意外完成10，默认情况下为建议非致命错误。调试器必须遵循标准PCI Express错误处理要求。

. 当编译器将带有无效10位标记的完成作为意外事件处理时，

完成时，原始请求可能会导致完成错误。如果验证程序以某种特定于设备的方式处理完成验证条件，

数据损坏时，允许解密器通过标准PCI Express错误处理机制来抑制处理完成解密，否则需要。



9. 这包括PCI Express端点、传统PCI Express端点和根复合体集成端点。

10.如果一个完成有一个更高优先级的错误，则应该报告该错误。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

. 如果验证者支持同时向某些完成者发送10位标记请求和向其他完成者发送更小的标记请求，则验证者必须遵守扩展标记

字段启用位设置为较小的标记请求。也就是说，如果位是清除的，则只有

标签字段的低5位可以是非零的;如果该位被置位，则只有标签字段的低8位可以是非零的。

. 如果完成者支持将10位标记请求发送到某些完成者和更小的-标记 请求者必须确保，如果完成了任何10位标签请求，则没有未完成的10位标签可以别名为未完成的较小标签 由缺乏10位标记完成程序功能的完成程序执行。请参见“使用10位标记和 较小的标签并发”实现注意本节后面。

◦ 扩展标记字段启用位的默认值是特定于实现的。10位标记转换器使能位的默认值为0b。

◦ 如果多个未完成的请求被发出非唯一的标记值，则接收器/完成器行为未定义。

◦ 如果虚函数号用于扩展未完成请求的数量，

对于所有需要完成该验证程序的未完成请求，验证程序功能号和标记字段的组合必须是唯一的。

· 对于Posted Requests，Tag [9：8]字段为Reserved。

· 对于设置了TH位的Posted Requests，Tag[7：0]字段被重新用于ST[7：0]字段（参见[第](#bookmark60)

[2.2.7.1www.example.com](#bookmark61)或详细信息）。对于TH位为Clear的Posted Requests，Tag[7：0]字段未定义，可以包含任何值。（关于某些Vendor\_Defined Messages的例外情况，请参阅表F-1。）

◦ 对于TH字段为Clear的Posted Requests，Tag[7：0]字段中的值不得影响Receiver对请求的处理。

◦ 对于设置了TH位的发布请求，ST[7：0]字段中的值可能会影响请求的完成器处理（有关详细信息，请参阅<2.2.7.1>）。

· 标识符ID和标签组合形成全局标识符，即，层次结构中每个事务的事务ID。

·交易ID包含在所有请求和完成中。

·分级器ID是16位值，其对于分级结构内的每个PCI Express功能是唯一的。

· 功能必须捕获由该功能完成的所有0型配置写入请求提供的总线和设备编号11，并将这些编号提供给设备/功能发起的所有请求的调试器ID 12的总线和设备编号字段。建议为以下项目捕获编号

成功完成的任务。

例外：可以以特定于实现方式的方式将总线和设备号分配给根联合体内的设备，以及将设备号分配给交换机内的下游端口。

请注意，总线号和设备号13可能在运行时更改，因此有必要在每个配置写入请求中重新捕获此信息。

建议针对未实现功能的配置写入请求不影响捕获的总线和设备编号。

·当代表自己生成请求时（例如，用于错误报告），交换机必须使用

与网桥的主侧相关联的路由器ID，该网桥逻辑上与导致请求生成的端口（参见第7.1节）相关联。



11.在ARI设备中，函数只需要捕获总线号。允许ARI设备将捕获的总线号保留在每个设备上，

一个函数的基础。如果捕获的总线号是在每个设备的基础上保留的，则所有功能都需要更新和使用公共总线号。

12. ARI路由器ID不包含设备编号字段。 参见www.example.com[部分2.2.4.2。](#bookmark40)

13. 对于ARI设备，只有总线号可以更改。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 在对功能进行初始配置写入之前，不允许该功能发起非发布请求。（需要有效的验证者ID才能正确路由结果完成。）

◦ 例外：允许根复合体中的功能在软件启动配置之前启动请求，以访问系统引导设备。

请注意，此规则和例外与系统初始化和配置的现有PCI模型一致。

· 与设备相关的每个功能必须设计为响应唯一的功能编号，

针对该设备的配置请求。注：每个非ARI设备最多可包含8个功能。 每个ARI设备最多可包含256个功能。

·交换机必须在不修改事务ID的情况下转发请求

· 在某些情况下，PCI Express到PCI/PCI-X桥接器需要为其从PCI或PCI-X总线转发的请求生成事务ID。

执行说明

使用幻影函数增加未完成请求的数量

为了增加需要完成的未完成请求的最大可能数量，超过单独使用标签位的可能数量，如果幻影功能启用位被设置（参见第www.example.com节7.5.3.4），则设备可以使用未分配给已实现功能的功能号来逻辑地扩展标签标识符。对于单功能

设备，这可以允许最多8个未完成请求的最大数量增加。

无人认领的功能号码被称为幻影乐趣号码。

幻影功能具有许多架构限制，包括当启用虚拟功能（VF）时缺乏ARI设备、虚拟功能（VF）和物理功能（PF）的支持。此外，地址翻译服务

（ATS）和[基于ID的订购](#bookmark62)（IDO）不包含幻影功能。因此，对于许多实现，使用10位标签是增加未完成的未发布请求的数量的更好方法。



5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0



执行说明

实现10位标签功能的注意事项

10位标签的使用使加密器能够将其未处理的非发布请求（NPR）的数量从256增加到768，对于非常高的NPR率，这可以避免标签可用性成为瓶颈。下面的公式给出了净荷带宽、未完成NPR数和其他因素之间的基本关系

BW = S \* N/ RTT，其中

**BW**=有效载荷带宽

**S**=事务有效负载大小

**N**=未完成NPR的**数量RTT**=事务往返时间

通常，只有在高速链路上使用相对较小事务的高速路由器将受益于将其未完成NPR的数量增加到256以上，尽管这也有助于在事务往返时间较高的配置中保持性能。

在具有10位标签验证器功能的验证器需要以多个完成器为目标的配置中，需要确保验证器将10位标签请求发送到具有10位标签验证器功能的完成器。

完成能力。 如果所有完成者都具有此功能，则会大大简化此操作。

对于10位标签的一般行业启用，强烈建议所有Functions 14支持10位标签完成器功能。在新的实现中，不需要同时对更多数量的NPR进行操作的计算器通常可以在内部跟踪10位标记，并在完成时返回它们， 适度的增量投资。

同时实际处理更多NPR的完成器可能需要大量额外的硬件资源，但除非

完成者实际上并发处理更多的NPR。

对于RC支持10位标记完成器功能的平台，强烈建议将PCIe层次结构配置为设置10位标记完成器启用位的平台固件或操作软件

在端点中自动运行，具有10位标签识别器功能。 这使得10位标签功能适配器的重要类只向主机内存发送内存读取请求。

对于RCiEP以外的端点，可以确定RC是否支持每个端点的10比特标签完成器能力 一种是通过检查其关联RP中的10位标记完成程序支持位。RCiEP没有关联的RP，因此，除非RC支持，否则不允许它们具有其10位标记过滤器支持的位集

10位标签完成器功能。因此，软件不需要对RCiEP执行单独的检查。

缺少10位标记完成器功能的交换机仍然能够正确地转发携带10位标记的NPR和完成，因为两个新的标记位在我们以前保留的TLP报头位中，并且交换机 需要转发保留的TLP报头比特而不进行修改。但是，如果此类交换机检测到错误，

如果NPR带有10位标记，并且交换机通过充当NPR的完成程序来处理错误， 结果完成将具有无效的10位标记。因此，强烈建议使用10位标签的任何组件之间的交换机支持10位标签完成器功能。请注意，支持16.0 GT/s的交换机 数据速率或更高的数据速率必须支持10位标签完成器功能。

对于具有10位标签完成器功能的请求器针对完成器的配置，其中一些完成器具有10位标签完成器功能，而一些完成器不具有10位标签完成器功能，因此，完成器如何确定哪些NPR包括10位标签不在本规范的范围内。



14. PCI Express到PCI/PCI-X桥接器是一个例外，因为10位标签功能不是为这些功能设计的。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

当前使用10位标记和更小的标记

如本节前面所述，如果请求程序支持向某些完成程序发送10位标记请求 如果任何10位标签请求由缺少以下内容的完成者完成，则完成者必须确保没有未完成的10位标签可以别名为未完成的较小 10位标签完成器功能。

一种实现方法是将标签分割成2个区域：

仅用于较小的标签（8位或5位标签），以及仅用于10位标签的低8位的标签。请注意，这会强制在10位标记和较小标记可用的标记空间之间进行权衡。

例如，如果一个标签分配器将其8位标签空间划分为仅将最低的4位用于较小的标签，

最多支持16个突出的较小标签，它将10位标签空间减少了3\*16个值，支持

768-48=720个未完成的10位标签。许多其他分区选项都是可能的，所有这些都可以减少总的 未完成的请求数。通常，为较小的标签保留N个值将10位标签空间减少3\*N个值，并且较小的标签加上10位标签的总和最终为768-2\*N。



<2.2.6.3>交易描述符-Attributes字段

属性字段用于提供允许修改

交易这些修改适用于系统内处理交易的不同方面，例如：

·订购

· 硬件一致性管理（snoop）

请注意，属性是允许在处理流量时进行优化的提示。支持水平取决于 针对特定PCI Express外围设备和平台构建块的应用。有关这些属性的更多详细信息，请参阅PCI-X 2.0。注意，属性位2与位1和0不相邻（见[图2-17](#bookmark63)和[图](#bookmark64) [2-18）](#bookmark65)。

联系我们[2]

|  |
| --- |
|  |

基于身份

订购

属性[1：0]

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

放松 没有

订购 Snoop

OM13759B

图2-16事务描述符属性字段

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

<2.2.6.4>宽松的排序和基于ID的排序属性

[表2-9](#bookmark67)定义了Relaxed Ordering和ID-Based Ordering属性字段的状态。这些属性

在第2.4节中讨论。请注意，Relaxed Ordering和ID-BasedOrdering属性在位置上并不相邻（参见[图2-5）](#bookmark19)。

表2-9订购属性

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 属性位[2] | 属性位[1] | 订购类型 | 订货模型 |
| 0 | 0 | 默认排序 | PCI强序模型 |
| 0 | 1 | 松散排序 | PCI-X松弛排序模型 |
| 1 | 0 | 基于ID的排序 | 基于编译器/编译器ID的 |
| 1 | 1 | 轻松订购加上基于ID的订购 | 松弛序的逻辑"或"与IDO |

属性位[1]不适用，并且必须为“清除”，以用于中断请求、I/O请求、作为消息信号中断的内存请求和消息请求（除非特别允许）。

属性位[2] IDO保留用于配置请求和I/O请求。IDO不是为所有内存请求保留的，包括消息信号中断（MSI/MSI-X）。IDO不保留用于消息请求，除非

明确禁止。仅当设备控制2寄存器中的IDO请求使能位被置位时，才允许加密器置位IDO。

接收器在确定TLP是否为格式错误的数据包时，不得考虑IDO位的值。

仅当设备控制2寄存器中的IDO完成使能位被置位时，才允许完成器置位IDO。不需要将IDO的值从请求复制到该请求的完成中。如果完成者有IDO

启用，建议完成者为所有完成设置IDO，除非有特殊原因不这样做（参见附录E）。

不需要支持在根端口之间对等转发TLP的根复合体来保留从入口到出口端口的IDO位。

<2.2.6.5>NoSnoopAttribute

[表2-10](#bookmark69)定义了[NoSnoo p](#bookmark69)属性字段的状态。注意，[NoSnoop](#bookmark69)属性不会改变事务排序。

表2-10缓存一致性管理属性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [无监听](#bookmark69)属性（b） | 缓存一致性管理类型 | 凝聚力模型 |
| 0 | 默认 | 预期硬件强制的缓存一致性 |
| 1 | 没有史努比 | 不期望硬件强制的缓存一致性 |

此属性不适用，对于配置请求、I/O请求、作为消息信号中断的内存请求和消息请求（特别允许的情况除外），此属性必须为“清除”。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

<2.2.6.6>事务描述符-流量类字段

业务类（TC）是一个3位字段，允许将事务区分为8个业务类。

与PCI Express虚拟通道支持一起，TC机制是实现

差异化交通服务。每个PCI Express事务层数据包都使用TC信息作为在PCI Express结构内端到端携带的不变标签。当数据包在结构中传输时，此信息将用于 每个链路和每个交换机元件内，以做出关于适当的业务服务的决策。服务的一个关键方面是基于分组的TC标签通过相应的虚拟信道来路由分组。[第2.5](#bookmark70) 介绍了自愿捐款机制的细节。

[表2-11](#bookmark71)定义了TC编码。

表2-11 TC字段编码定义

|  |  |
| --- | --- |
| TC字段值（b） | 定义 |
| 000 | TC 0：Best Effort服务类（通用I/O）  （默认TC -必须由每个PCI Express设备支持） |
| 001至111 | TC1到TC7：差异化服务类别  （基于加权循环（WRR）和/或优先级的区分） |

由系统软件确定TC标签和TC/VC映射，以便提供满足目标平台要求的差异化服务。

流量类别的概念仅适用于PCIExpress互连结构。如何将PCIExpressTC服务策略转换为非PCI Express互连上的策略的具体要求不在本规范的范围内。

2.2.7内存、I/O和配置请求规则

以下规则适用于所有内存、I/O和配置请求。以下是针对每种请求类型的其他规则。

·所有内存、I/O和配置请求除公共头字段外还包括以下字段

◦ 生成器ID[15：0]和Tag[9：0]，形成事务ID。

◦ 最后DW BE[3：0]和第一DW BE[3：0]。对于具有设置的TH位的存储器读取请求和原子操作请求，报头中的最后DW BE[3：0]和第一DW BE [3：0]字段的字节位置是

重新用于携带ST[7：0]字段。对于TH位清除的内存读取请求，请参见[第2.2.5节](#bookmark52)的第一个/最后一个DW字节启用规则。对于设置了TH位的AtomicOp请求，DW BE字段的值被暗示为保留。对于具有TH位清除的AtomicOp请求，DW BE字段是

Reserved.

对于内存请求，以下规则适用：

· 内存请求通过地址路由，使用64位或32位寻址（见[图2-17](#bookmark72)和[图2-18）](#bookmark73)。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 对于内存读取请求，Length不得超过Max\_Read\_Request\_Size指定的值（请参见www.example.com部分7.5.3.4）。

· 对于原子操作请求，架构操作数大小及其相关的长度字段值在[表2-12中指定](#bookmark74)。如果完成者支持AtomicOps，则适用以下规则。完成者必须检查

长度字段值。如果该值与架构值不匹配，则完成程序必须将TLP作为格式错误的TLP处理。否则，如果该值与完成程序支持的操作数大小不匹配，则

完成程序必须将TLP作为不支持的请求（UR）处理。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

表2-12原子操作请求的长度字段值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| AtomicOp请求 | 受保护操作数大小的长度字段值 | | |
| 32位 | 64位 | 128位 |
| FetchAdd，Swap | 1个DW | 2个DW | N/A |
| CAS | 2个DW | 4个DW | 8 DW |

·FetchAdd请求包含一个操作数，即“add”值。

·交换请求包含一个操作数，即“交换”值。

CAS请求包含两个操作数。数据区域中的第一个是“比较”值，第二个是“交换”值。

· 对于AtomicOp请求，地址必须与操作数大小自然对齐。完成者必须 检查是否违反此规则。如果TLP违反此规则，则该TLP为畸形TLP。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

· 请求不能指定导致内存空间访问跨越4 KB边界的地址/长度组合。

.接收器可以选择性地检查是否违反此规则。如果执行此检查的接收器确定某个TLP违反了此规则，则该TLP是格式错误的TLP。

▪ 如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

.对于AtomicOp请求，用于地址自然对齐的强制性完成程序检查（见上文）已经保证访问不会跨越4-KB边界，因此单独的4-KB

不需要边界检查

.如果对AtomicOp CAS请求执行4-KB边界检查，则该检查必须理解TLP长度值基于两个操作数的大小，而对存储器空间的访问是

基于一个操作数的大小

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

字节0→字节4→字节8→字节12→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 | | |
| Fmt  0x1 | 类型 | T9 | TC | T8 | | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | | 在 | | 长度 | | | |
| 请求者ID | | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 最后DW BE | 第一个DW BE | |
|  | | | | | 地址[63] | | | | | | | | | | | | | |
| 地址[31：2] | | | | | | | | | | | | | | | | | | pH |

图2-1764位内存寻址的请求报头格式

字节0→字节4→字节8→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 | | |
| Fmt  0x0 | 类型 | T9 | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | | 在 | | 长度 | | | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 最后DW BE | 第一个DW BE | |
| 地址[31：2] | | | | | | | | | | | | | | | | | pH |

图2-1832位内存寻址的请求报头格式

执行说明

64位地址的生成

强烈建议PCI Express端点能够生成完整的64位

地址.但是，如果PCI Express端点支持较小的地址范围，并且无法达到给定平台环境所需的完整地址范围，则相应的设备驱动程序必须确保所有 内存事务目标缓冲区位于端点支持的地址范围内。 确保这一点的确切方法是特定于平台和操作系统的，超出了本规范的范围。



对于I/O请求，以下规则适用：

· I/O请求通过地址路由，使用32位寻址（参见[图2-19）](#bookmark75)

· I/O请求有以下限制：TC[2：0]必须为000b

. LN不适用于I/O请求，位为保留位。TH不适用于I/O请求，该位为保留位。Attr[2]已保留

. 属性[1：0]必须为00b

. AT[1：0]必须为00 b。不要求或不鼓励接收者检查此信息。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

.长度[9：0]必须为0000000001b。最后一个DW BE[3：0]必须是0000 b

接收器可以可选地检查这些规则的违反（但不能检查保留位）。 这些检查是独立可选的（参见www.example.com部分6.2.3.4）。如果执行这些检查的接收器确定某个TLP违反了这些规则，则该TLP是错误的TLP。

.如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

字节0→字节4→字节8→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 | | |
| Fmt  0x0 | 类型 | T9 | TC  000 | T8 | ATTR  R | LN | 日 | TD | EP | Attr  00 | | 在  00 | | 长度  0000000001 | | | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | Last DW BE  0000 | 第一个DW BE | |
| 地址[31：2] | | | | | | | | | | | | | | | | | R |

图2-19 I/O事务的请求头格式

对于配置请求，以下规则适用：

·配置请求通过ID路由，并使用3DW报头。

· 除了包含在所有内存、I/O和配置请求中的报头字段和ID路由字段外，配置请求还包含以下附加字段（见[图2-20）](#bookmark76)。

。注册号[5：0]

.扩展寄存器编号[3：0]

·配置请求具有以下限制：TC[2：0]必须为000b

. LN不适用于配置请求，位为保留位。TH不适用于配置请求，并且该位为保留位。Attr[2]已保留

. 属性[1：0]必须为00b

. AT[1：0]必须为00 b。不要求或不鼓励接收者检查此信息。.长度[9：0]必须为0000000001b

。最后一个DW BE[3：0]必须是0000 b

接收器可以选择性地检查违反se规则的情况（但不能检查保留位）。 这些检查是独立可选的（参见www.example.com部分6.2.3.4）。如果执行这些检查的接收器确定某个TLP违反了这些规则，则该TLP是错误的TLP。

.如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

字节0→字节4→字节8→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 | | |
| Fmt  0x0 | 类型 | T9 | TC  000 | T8 | AttrR | LN | 日 | TD | EP | Attr  00 | | 在  00 | | 长度  0000000001 | | | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 最后DW BE  0000 | 第一个DW BE | |
| 总线编号 | | 设备维护 | | | Fcn中国 | | | 保留 | | | | xt注册编号 | | | 寄存器编号 | | R |

图2-20配置事务的请求报头格式

MSI/MSI-X机制使用内存写请求来表示中断消息（参见第6.1.4节）。 用于MSI/MSI-X事务的请求格式与上面定义的存储器写入请求格式相同，并且MSI/MSI-X请求在排序、流控制和数据完整性方面与存储器写入无法区分。

<2.2.7.1>www.example.com

·为TPH指定了两种格式。所有提供TPH的请求都必须使用基线TPH格式（参见[图2-22](#bookmark77)和[图2-23）](#bookmark78)。带有可选[TPHTLPPr efix](#bookmark79)的格式扩展了TPH字段（请参见 [图2-21](#bookmark80)），为转向标记（ST）字段提供附加位。

Byte0→

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | +1  76543210 | +2  76543210 | +3  76543210 |
| {see第2.2.1节} | [15：15] | 保留 | |

图2-21**TPH TLP前缀**

·可选的TPH TLP前缀用于扩展TPH字段。

. TPH TLP前缀的存在通过解码字节0来确定。

表2-13TPH TLP前缀位映射

|  |  |
| --- | --- |
| 领域 | TPH TLP前缀 |
| ST（15：8） | 字节1的位7：0 |
| 保留 | 字节2的位7：0 |
| 保留 | 字节3的位7：0 |

· 对于以内存空间为目标的请求，TH位中的值1b表示TLP报头中存在TPH和可选的[TPHTLP前缀](#bookmark81)（如果存在）。

. TH位必须为请求设置，以提供TPH。

. 对于带有[TPHTLP前缀的请求，必须设置TH位。](#bookmark82)

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

. 当TH位为清除时，PH字段为保留。

. TH位和PH字段不适用，并保留用于所有其他请求。

·处理提示（PH）字段映射如[图2-22、](#bookmark83)[图2-23和](#bookmark84)[表2-14所示。](#bookmark85)

字节0→字节4→字节8→字节12 →

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt  0x1 | 类型 | T9 | | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | | |
|  | | | {字节4到7中的字段取决于请求的 | | | | | | | | | | | | |
| 地址[63] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地址[31：2] | | | | | | | | | | | | | | | pH |

图2-22PH[1：0]在4DW请求报头中的位置

字节0→字节4→字节8→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt  0x0 | 类型 | T9 | | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | | |
|  | | | {字节4到7中的字段取决于请求的 | | | | | | | | | | | | |
| 地址[31：2] | | | | | | | | | | | | | | | pH |

图2-23 PH[1：0]在3DW请求报头中的位置

表2-14PH[1：0]在TLP报头中的位置

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| pH | 32位寻址 | 64位寻址 |
| 一比零 | 字节11的位1：0 | 字节15的位1：0 |

·PH[1：0]字段提供有关数据访问模式的信息，并如[表2-15](#bookmark86)所述进行定义

.

表2-15处理提示编码

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PH[1：0]（b） | 处理提示 | 描述 |
| 00 | 双向数据结构 | 指示主机和设备频繁读取和/或写入 |
| 01 | 请求者 | 指示设备对数据的频繁读取和/或写入访问 |
| 10 | 目标 | 指示主机频繁读取和/或写入 |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PH[1：0]（b） | 处理提示 | 描述 |
| 11 | 目标优先级 | 指示主机频繁读取和/或写入访问，并指示访问数据的高度时间局部性 |

引导标签（ST）字段被映射到TLP报头，如[图2-24、](#bookmark87)[图2-25和](#bookmark88)[表2-16所示。](#bookmark89)

字节0→字节4→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt | 类型 | T9 | | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | 在 | 长度 | | |
| 请求者ID | | | | | | | | | ST[7：0] | | | | | 最后DW BE | 第一个DW BE |

图2-24 ST[7：0]在内存写请求报头中的位置

字节0→字节4→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 |
| Fmt | 类型 | T9 | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | | 在 | | 长度 | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | ST[7：0] |

图2-25 ST[7：0]在内存读取和原子操作请求报头中的位置

表2-16 TLP集管中ST[7：0]的位置

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ST位 | 存储器写入请求 | 内存读取请求或AtomicOp请求 |
| 七比零 | 字节6的位7：0 | 字节7的位7：0 |

·ST[7：0]字段携带转向标签值

. 全零值表示没有转向标记一致性。总共提供了255个唯一的转向标签值

·不支持TPH完成器或路由能力并且接收具有TH位设置的事务的功能被要求忽略TH位并且以与相同的请求相同的方式处理请求。

没有设置TH位的事务类型。

2.2.8消息请求规则

本文档定义了以下消息组

· INTx信令

· 电源管理

· 用信号通知

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 锁定事务支持

·插槽功率限制支持

·供应商定义的消息

· 延迟容限报告（LTR）消息

·优化的缓冲区刷新/填充（OBFF）消息

· 设备就绪状态（DRS）消息

· 功能就绪状态（FRS）消息

· 精密时间测量（PTM）测量

以下规则适用于所有消息请求。以下是特定于每种消息类型的其他规则。

·所有消息请求除了公共报头字段外，还包括以下字段（见[图2-37](#bookmark90)）：标签ID[15：0]和标签[9：0]，形成事务ID。

.消息代码[7：0]-指定请求中包含的特定消息。

·所有消息请求都使用Msg或MsgD类型字段编码。

·消息代码字段必须完全解码（不允许消息别名）。

·Attr[2]字段不是保留的，除非特别指示为保留的。

· 除非另有说明，否则Attr[1：0]字段为保留字段。

· LN不适用于消息请求，并且该位是保留的。

· 除非另有说明，TH不适用于消息请求，该位为保留位。

·AT[1：0]必须是00b。不要求也不鼓励接收者检查这一点。

· 除非另有说明，字节8至15是保留的。

· 消息请求是发布的，不需要完成。

· 消息请求遵循与内存写入请求相同的排序规则。

许多类型的消息，包括供应商定义的消息，都可能在非D0状态下使用，强烈建议当端口的网桥功能处于D1、D2和D3状态时，端口对消息的处理相同。

D3热，因为它是在D0。强烈建议0型函数支持在非D0状态下生成和接收消息。

字节0→字节4→字节8→字节12→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  0x1 | 类型  10r2r1r0 | T9 | TC | T8 | ATTR | R | 日 | TD | EP | Attr | | 在  00 | | 长度 | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 消息代码 |
| {除非另有说明，否则保留字节8至11。} | | | | | | | | | | | | | | | |
| {除非另有说明，字节12到15是保留的。} | | | | | | | | | | | | | | | |

图2-26消息请求报头

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

除了地址和ID路由之外，消息还支持其他几种路由机制。这些机制是

称为“隐式”，因为没有地址或ID指定目的地，而是目的地由路由类型暗示。以下规则涵盖了消息路由机制：

· 消息路由是使用类型字段的r[2：0]

.表2-17中定义了消息路由r[2：0]值

. 以下各节为每个消息定义了允许的值

表2-17报文路由

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| r[2：0]（b） | 描述 | 2008年至15年15 |
| 000 | 路由到根组件 | 保留 |
| 001 | 地址地址16 | 地址 |
| 010 | 按ID路由 | 参见[2.2.4.2部分](#bookmark40) |
| 011 | 来自根综合体的广播 | 保留 |
| 100 | 本地-在接收端终止 | 保留 |
| 101 | 已收集并发送至17号根复合体 | 保留 |
| 110到111 | 保留-在接收端终止 | 保留 |

<2.2.8.1>www.example.comINTx测试-规则

消息信号中断（MSI或MSI-X）是PCI Express中的一种中断信号机制（参见第6.1节）。然而，在某些系统中，可能存在无法支持MSI或MSI-X机制的功能。关于INTx

在MSI或MSI-X机制无法使用的情况下，虚拟线路中断信令机制用于支持传统端点和PCI Express/PCI（-X）桥。交换机必须支持此机制。以下规则适用于INTx发送信令机制：

INTx机制使用八个不同的消息（见[表2-18）](#bookmark92)。

·Assert\_INTx/Deasser t\_INTx消息不包括数据有效载荷（TLP类型为Msg）。

·长度字段是保留的。

·使用Assert\_INTx/Deassert\_INTx消息时，验证器ID中的函数编号字段必须为0。请注意，函数号字段对于非ARI和ARI路由器ID的大小不同.

·Assert\_INTx/Deassert\_IN Tx消息仅由上游端口发出。

.接收器可以选择性地检查是否违反此规则。如果实现此检查的接收器确定Assert\_INTx/Deassert\_INTx违反此规则，则它必须将TLP作为

变形TLP。

这是一个与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

·Assert\_INTx和Deassert\_INTx中断消息必须使用故障业务类指示符（TC 0）。

接收方必须检查是否违反了这一规则。如果接收方确定某个TLP违反了此规则，则必须将该TLP作为格式错误的TLP进行处理。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。



15.除上述情况外，例如，供应商定义的消息。

16.请注意，本文档中定义的任何消息都不使用地址路由。

17. 此路由类型仅用于PME[\_TO\_Ack，](#bookmark93)并在第5.3.3.2.1节中进行了描述。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

表2-18 INTx机制消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]（b） | 支撑件18 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| 声明\_INTA | 0010  0000 | 100 | 所有人： | | | | 置位INTA虚拟线  注：这些消息用于传统PCI兼容INTx仿真。 |
| R |  | tr |  |
| 根据要求： | | | |
|  | 不 |  | 不 |
| 声明\_INTB | 0010  0001 | 100 | 所有人： | | | | 断言INTB虚拟线 |
| R |  | tr |  |
| 根据要求： | | | |
|  | 不 |  | 不 |
| 声明\_INTC | 0010  0010 | 100 | 所有人： | | | | 置位INTC虚拟线 |
| R |  | tr |  |
| 根据要求： | | | |
|  | 不 |  | 不 |
| 断言\_INTD | 0010  0011 | 100 | 所有人： | | | | 置位INTD虚拟线 |
| R |  | tr |  |
| 根据要求： | | | |
|  | 不 |  | 不 |
| 取消断言\_INTA | 0010  0100 | 100 | 所有人： | | | | 取消INTA虚拟线路断言 |
| R |  | tr |  |
| 根据要求： | | | |
|  | 不 |  | 不 |
| 取消断言\_INTB | 0010  0101 | 100 | 所有人： | | | | 取消断言INTB虚拟线 |
| R |  | tr |  |
| 根据要求： | | | |
|  | 不 |  | 不 |
| 取消断言\_INTC | 0010  0110 | 100 | 所有人： | | | | 取消断言INTC虚拟线 |
| R |  | tr |  |
| 根据要求： | | | |
|  | 不 |  | 不 |



18. 缩写：RC=根复合体Sw=交换机（仅与

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| 解除断言\_INTD | 0010  0111 | 100 | 所有人： | | | | 取消断言INTD虚拟线 |
| R |  | tr |  |
| 根据要求： | | | |
|  | 不 |  | 不 |

Assert\_INTx/Deassert\_INTx消息对为指定为A、B、C和D的每个传统PCI中断构成四条“虚拟线路”。以下规则描述了这些虚拟连接的操作

·每个链路两端的组件必须使用

断言/解除断言消息，以（分别）表示每个对应虚拟线路的活动和非活动转换。

. Assert\_INTx表示INTx（x = A、B、C或D）虚拟线的活动进行

. Deassert\_INTx表示INTx（x = A、B、C或D）虚拟线路的非活动进行转换

·当INTx虚拟线路的本地逻辑状态在上游端口处改变时，端口必须使用适当的通信协议将状态中的该改变传送到同一链路的另一侧上的下游端口。

Assert\_INTx或Deassert\_INTx消息。

注意：重复的Assert\_INTx/Deassert\_INTx消息无效，但不是错误。

· 当命令寄存器的“禁用”位

7.5.1.1.3）已设置。

. 当设置了禁用位时，任何有效的INTx虚线都必须通过传输适当的Deassert\_INTx消息来解除断言。

·虚拟和实际的PCI到PCI网桥必须根据网桥的连接器侧上的设备的设备号来映射网桥的次级侧上跟踪的虚拟线，如[表2-19所示。](#bookmark94)

·交换机必须针对每个下游端口独立地跟踪四条虚拟线路的状态，并且在其上游端口上呈现虚拟线路的“折叠”集合。

· 如果交换机下游端口进入DL\_Down状态，则与该端口相关联的INTx虚拟线路必须被解除断言，并且交换机上游端口虚拟线路状态相应地更新。

.如果这导致任何上行INTx虚拟线的取消断言，则上行端口必须发送适当的Deassert\_INTx消息。

·根联合体必须针对其下游链路中的每一个独立地跟踪四条INTx虚拟线路的状态。

端口，并将这些虚拟信号映射到系统中断资源。.这个映射的细节是系统实现特定的。

· 如果根联合体的下游端口进入DL\_Down状态，则与该端口相关联的INTx虚拟线必须被解除断言，并且任何相关联的系统中断资源请求必须被丢弃。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

表2-19 INTx虚线的网桥映射

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Assert\_INTx/Deassert\_INTx消息中的验证器ID[7：3]  在网桥的次级侧接收到的信号（信号源19）  如果启用ARI转发，则必须使用值0而不是  编辑器ID[7：3]。 | INTx虚拟线打开  桥的二次侧 | 映射到桥接器原边的INTx虚拟线 |
| 0,4,8,12,16,20,24,28 | INTA | INTA |
| INTB | INTB |
| INTC | INTC |
| INTD | INTD |
| 1,5,9,13,17,21,25,29 | INTA | INTB |
| INTB | INTC |
| INTC | INTD |
| INTD | INTA |
| 2,6,10,14,18,22,26,30 | INTA | INTC |
| INTB | INTD |
| INTC | INTA |
| INTD | INTB |
| 3,7,11,15,19,23,27,31 | INTA | INTD |
| INTB | INTA |
| INTC | INTB |
| INTD | INTC |



**执行说明**

系统映射

注意，系统软件（包括BIOS和操作系统）需要理解系统的整个拓扑（包括分层连接的交换机）中的遗留中断（INTx机制 和从属PCI Express/PCI桥），以在PCI Express设备中断之间建立适当的相关性 以及系统中断控制器中的相关中断资源。表2-19所示的重映射分层应用于每个交换机。此外，PCI Express/PCI和PCI/PCI网桥执行类似的

映射函数



19. Assert\_INTx/Deassert\_INTx消息的中断器ID将对应于该链路上消息的发送器，而不一定对应于中断的原始源。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

ARI设备 INTx中断的虚拟线路映射

ARI设备的隐含设备编号当ARI感知软件（包括BIOS和操作

系统）在ARI设备正上方的下游端口中启用ARI转发，以便访问其扩展功能，软件必须理解下游端口将使用设备号0进行

来自ARI设备所有功能的INTx中断的虚拟线映射。如果非ARI感知软件 尝试确定扩展功能的虚拟线映射时，它可能会通过检查传统的设备编号字段并发现其为非0来得出不正确的映射。



<2.2.8.2>电源管理信息

这些消息用于支持PCI Express电源管理，这将在第5章详细介绍。以下规则定义电源管理消息：

·[表2-20](#bookmark95)定义了电源管理信息。

· 电源管理消息不包括数据有效载荷（TLP类型为Msg）。

·长度字段是保留的。

·对于[PM\_Active\_State\_Nak](#bookmark96)消息，网关ID中的功能号字段必须包含发送消息的下行端口的功能号，否则为000b，以便与较早版本的 这个规格。

·对于[PME\_TO\_Ack](#bookmark97)消息，必须保留呼叫器ID中的功能号字段，否则为了与本规范的早期版本兼容，必须包含 与上游端口相关的功能。请注意，函数编号字段的大小与 非ARI和ARI身份证。

· 电源管理消息必须使用默认的通信类指示符（TC 0）。接收方必须检查是否违反此规则。如果接收方确定某个TLP违反了此规则，则必须将该TLP作为

变形TLP。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

表2-20电源管理消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| PM\_Active\_State\_Nak | 0001  0100 | 100 | 不 | R | tr | R | 在接收方终止 |
| PM PME | 0001  1000 | 000 | 所有人： | | | | 由请求MME的组件向上游发送。向上游传播。 |
| R |  | tr | 不 |
| 如果支持PME： | | | |
|  | 不 |  |  |
| PME\_关闭 | 0001  1001 | 011 | 不 | R |  | R | 广播下游 |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| PME\_TO\_Ack | 0001  1011 | 101 | R | 不 |  | 不 | 由上游端口发送上游。见章节  5.3.3.2.1. |
| （注：开关处理特殊） | | | |

<2.2.8.3>错误信号消息

错误信号消息用于通知发生在特定事务上的错误以及不一定与特定事务相关联的错误。这些消息由检测到错误的代理启动。

·[表2-21](#bookmark98)定义了错误信令消息。

· 错误信令消息不包括数据有效负载（TLP类型为Msg）。

·长度字段是保留的。

·对于错误信令消息，路由器ID中的功能编号字段必须指示哪个功能正在发信号通知错误。请注意，非ARI和ARI请求ID的函数号字段大小不同。

· 错误信令消息必须使用默认的通信类指示符（TC 0）接收器必须检查是否违反此规则。如果接收方确定某个TLP违反了该规则，则它必须将该TLP作为

变形TLP。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

表2-21错误信号消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| ERR\_COR | 0011  0000 | 000 | R | 不 | tr | 不 | 当功能或设备在PCI Express接口上检测到可纠正的错误时，会发出此消息。 |
| 错误\_非致命 | 0011  0001 | 000 | R | 不 | tr | 不 | 当功能或设备在PCI Express接口上检测到非致命、无法纠正的错误时，会发出此消息。 |
| 致命错误 | 0011  0011 | 000 | R | 不 | tr | 不 | 当功能或设备在PCI Express接口上检测到致命的、无法纠正的错误时，会发出此消息。 |

消息的发起者由消息头的发起者ID标识。根复合体将这些错误消息转换为平台级事件。有关这些消息使用的详细信息，请参阅第6.2节。

·[ERR\_COR](#bookmark99)消息在消息报头中具有[ERR\_COR子类](#bookmark102)（ECS）字段，其启用不同的

要互相区分的子类。 参见[图2-27。](#bookmark103)[ERR\_NONFATAL](#bookmark100)和[ERR\_FATAL](#bookmark101)消息没有ECS字段。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

字节0→字节4→字节8→字节12→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  001 | | 类型  10000 | T9  R | TC  000 | T8  R | ATTR  R | LN  R | 日  R | TD | EP | Attr  RR | | 在  00 | | 长度 | |
| 请求者ID | | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 消息代码  00110000 |
| ECS | 保留 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 保留 | | | | | | | | | | | | | | | | |

图2-27**ERR\_COR消息**

·[ERR\_COR子类](#bookmark104)（ECS）字段如[表2-22所示编码](#bookmark105)，指示[ERR\_COR](#bookmark99)消息子类。

表2-22**ERR\_COR子类**（**ECS**）字段编码

|  |  |
| --- | --- |
| ECS  编码 | 描述 |
| 00 | **ECSLegacy**-如果固件不支持ECS功能，则固有使用的值。具有ECS功能的调试器不得使用此值。 参见www.example.com部分7.5.3.3。 |
| 01 | **ECSSIG\_SFW**-当使用ERR\_COR消息发送DPC或SFI事件时，必须由具有ECS功能的加密器使用。 |
| 10 | **ECSSIG\_OS**-当使用ERR\_COR消息发送AER或RP PIO事件时，必须由具有ECS功能的计费器使用。 |
| 11 | **ECS扩展**-预期用于未来可能使用。密码学家不得使用此值。接收器必须在内部处理与[ECSSIG\_OS相同的信号。](#bookmark106) |

<2.2.8.4>锁定交易支持

锁定消息用于支持锁定事务序列。有关锁定事务序列的详细信息，请参阅第6.5节。以下规则适用于电子邮件的形成

·[表2-23](#bookmark107)定义了应答消息。

·所述SIP消息不包括数据有效载荷（TLP类型是Msg）。

·长度字段是保留的。

·对于“呼叫消息”，呼叫者ID中的“功能号”字段为“保留”。

·“故障消息”必须使用默认的业务等级指示符（TC 0）。接收方必须检查是否违反了这一规则。如果接收方确定某个TLP违反了此规则，则必须将该TLP作为格式错误的TLP处理。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

表2-23故障信息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| 解锁 | 0000 0000 | 011 | 不 | R | tr | R | 简体中文 |

<2.2.8.5>插槽功率限制支持

该消息用于将时隙功率限制值从（根组件或交换机的）下游端口传送到附接到该根组件或交换机的组件（具有端点、交换机或PCI接口-PCI桥功能）的上游端口

链接.

·[表2-24](#bookmark108)定义了[Set\_Slot\_Power\_Limit消息。](#bookmark109)

·[Set\_Slot\_Power\_Limit消息](#bookmark110)包括IDW数据负载（TLP类型是MsgD）。

·[Set\_Slot\_Power\_Limit消息](#bookmark111)必须使用默认的业务类指示符（TC 0）。接收方必须检查是否违反了这一规则。如果接收方确定某个TLP违反了此规则，则必须将该TLP作为

变形TLP。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

表2-24**Set\_Slot\_Power\_Limit消息**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| 设置插槽功率限制 | 0101 0000 | 100 | 不 | R | tr | R | 在上游端口中设置 |

Set[\_Slot\_Power\_Limit消息](#bookmark111)包括一个DW数据有效载荷。数据有效负载从插槽复制

功能寄存器，并写入链路另一端的上游端口的设备功能寄存器。数据有效载荷的字节1的位1：0映射到时隙功率限制比例字段，并且数据有效载荷的字节1的位7：0映射到时隙功率限制比例字段。

字节0映射到时隙功率限制值字段。数据有效载荷的字节3的位7：0、字节2的位7：0和字节1的位7：2必须全部由发送器设置为零并且由接收器忽略。此消息必须由

发生以下事件之一时的（根联合体或交换机的）下游端口

·在数据链路层报告DL\_Up状态时，配置写入插槽功能寄存器（请参见第www.example.com节7.5.3.9）。

·链路从非DL\_Up状态转换为DL\_Up状态（参见第2.9.2节）且时隙控制寄存器中的自动时隙功率限制禁用位为清除时的任何时间。如果时隙

功能寄存器尚未初始化。

链路另一端的组件（具有端点、交换机或网桥功能），用于接收

Set\_Slot\_Power\_Limit消息必须将数据有效载荷中的值复制到与组件的上游端口相关联的设备能力寄存器中。PCI Express组件专门用于在

系统平面（例如，系统板）以及目标为集成在适配器上的组件，

如果整个适配器的功耗低于为适配器形状因子指定的最低功率限制（如在相应的形状因子规范中定义的），则允许将插槽功率限制刻度中的所有0的值 设备功能寄存器的插槽功率限制值字段，复制Set\_Slot\_Power\_Limit时不需要此字段 消息有效载荷到该寄存器中。

有关功率限制控制机制的更多详细信息，请参见第6.9节。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

<2.2.8.6>供应商定义的消息

Vendor\_Defined Messages允许扩展PCI Express消息功能，作为PCI Express规范的通用扩展或供应商特定扩展。本节定义了与这些

一般的信息。

·Vendor\_Defined Messages（见[表2-25）](#bookmark112)使用图2-28所示的报头格式[。](#bookmark113)

. 身份验证ID是特定于实现的。强烈建议在“身份验证器ID”字段中包含与身份验证器关联的值。20

.如果使用按ID路由，则字节8和9形成目的地ID的16位字段

▪ 否则这些字节被保留。

.图10和11形成用于定义消息的供应商的供应商ID的16比特字段，如由PCI-SIG ®定义的。

. 12到15可用于供应商定义。

表2-25供应商定义的消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]  （b）第（1）款 | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| Vendor\_Defined类型0 | 0111 1110 | 000，010，011，  100 | 见注1。 | | | | 如果未实现，则触发完成程序检测UR。 |
| 供应商定义的类型1 | 0111 1111 | 000，010，011，  100 | 见注1。 | | | | 如果未实现，则由完成者默默 |

1. 注1：端点/根复合体/网桥的传输是特定于实现的。交换机必须使用路由r[2：0]字段值000b、010b和011b转发收到的消息。



字节0→字节4→字节8→字节12→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  0x1 | 类型  10r2r1r0 | T9 | TC | T8 | ATTR | R | 日 | TD | EP | Attr | | 在  00 | | 长度 | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 消息代码  0111111x |
| 总线编号 | | 设备维护 | | | Fcn中国 | | |  | | | | | 供应商ID | | |
| {For供应商定义} | | | | | | | | | | | | | | | |

图2-28供应商定义消息的标题

·数据有效载荷可以包括在任一类型的供应商定义的消息中（如果不包括数据有效载荷，则TLP类型是Msg，或者如果包括数据有效载荷，则TLP类型是MsgD）。



20. ACS源验证（请参见www.example.com部分6.12.1.1）检查所有请求（包括Vendor\_Defined Message）上的验证者ID。 此验证取决于正确标识验证者的验证者ID。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 对于这两种类型的Vendor\_Defined Messages，Attr[1：0]和Attr[2]字段均不保留。

· 由不同供应商或PCI-SIG定义的消息通过供应商ID字段中的值进行区分。.由特定供应商定义的消息的进一步区分超出了本文的范围。

文档.

. 对特定供应商定义的消息的支持是特定于实现的，超出了本文档的范围。

·完成者会默默丢弃他们不打算接收的Vendor\_DefinedType1消息-这不是错误条件。

·完成者将不支持的Vendor\_DefinedType0消息的接收作为不支持的请求处理，并且根据第6.2节报告错误。

[PCIe-to-PCI-PCI-X-Bridge-1.0]定义了设计用于与PCI-X设备ID消息互操作的供应商定义消息的附加要求。这包括对标签[7：0]字段内容的

长度[9：0]字段以及消息头的12到15的具体用法Vendor\_Defined Mesages

旨在仅在PCI Express环境中使用（即，不打算寻址PCI Express到PCI/PCI-X桥后面的目标）不受附加规则的约束。有关详细信息，请参阅[PCIe到PCI-PCI-X-Bridge-1.0]。参阅

[第2.2.6.2f节](#bookmark59)或考虑有关10位标签能力的规定。

2.2.8.6.1 PCI-SIG定义的VDM

PCI-SIG定义的VDM是使用PCI-SIG®供应商ID（0001 h）的供应商定义的类型1消息。 作为供应商定义的类型1消息，如果完成者不实现它，则每个消息都被完成者默默地丢弃。

除了其他供应商定义的第1类消息的规则外，以下规则适用于PCI-SIG定义的VDM的形成

· PCI-SIG定义的VDM使用[图2-29所示的报头格式。](#bookmark115)

·路由器ID字段必须包含与路由器相关联的值。

·消息代码必须为01111 111b。

·供应商ID必须为0001 h，分配给PCI-SIG。

·子类型字段区分特定的PCI-SIG定义的VDM。有关PCI-SIG定义的VDM列表，请参见附录F。

字节0→字节4→字节8→字节12 →

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  0x1 | 类型  10r2r1r0 | T9 | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | | 在  00 | | 长度 | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 消息代码  01111111 |
| 如果ID已路由，则为目标ID;否则为保留 | | | | | | | | 供应商ID  0000000000000001 | | | | | | | |
| 亚型 | | {ForPCI-SIG定义的VDM定义 | | | | | | | | | | | | | |

图2-29 PCI-SIG定义的VDM的报头

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

2.2.8.6.2 LN消息

LN协议（参见第6.21节）定义LN消息，其为PCI-SIG定义的VDM。每个消息的有效负载

通常包含已更新或已收回的已注册高速缓存行的64位地址。单个64位

地址格式用于64位和32位地址。由于每个LN消息是供应商定义的类型1消息，

收到正确格式的LN消息的完成者如果不能识别该消息，则需要默默地丢弃该消息。

LN消息可以使用基于ID的路由定向到单个端点，或者广播到给定根端口下的所有设备。广播LN消息是否被发送到RC中的所有根端口是实现特定的。

除了其他PCI-SIG定义的VDM的规则之外，以下规则适用于LN消息的形成：

·[表2-27](#bookmark116)和[图2-30](#bookmark117)定义了LN故障。

· 每个消息必须包括2-DW数据有效载荷。

·Fmt字段必须是011b（4 DW报头，带数据）。

·TLP类型必须为MsgD。

·长度字段必须为2。

·TC[2：0]字段必须为000b。

·Attr[2]，即[基于ID的排序](#bookmark62)（IDO）位，未被保留。

·Attr[1]，即[宽松排序](#bookmark62)（RO）位，未被保留。

·Attr[0]，即[无监听](#bookmark69)位，被保留。

·LN位是保留的（相反，LN位必须为LN读取、LN写入和LN完成设置）。

·标签字段为保留字段。

· 如果LN消息是广播版本，则目的地ID字段是保留的。

·子类型字段必须是00h。

· 如果对系统有效的高速缓存行大小为128字节，则高速缓存行地址中的位6必须为Clear。对于接收LN消息的轻量级通知转发器（LNR），如果LNR控制消息中的LNR CLS位

寄存器置位，为128字节高速缓存行配置LNR，则LNR必须忽略高速缓存行地址中的位6的值。

·通知原因（NR）字段的编码如[表2-26所示](#bookmark118)，指示发送LN消息的具体原因。这些编码适用于LN消息的定向和广播版本。

表2-26通知原因（NR）字段编码

|  |  |
| --- | --- |
| NR编码  （b）第（1）款 | 描述 |
| 00 | 由于缓存行更新，已发送LN消息 |
| 01 | 由于单个高速缓存行被清除，消息已 |
| 10 | 由于注册到此函数的所有高速缓存行被逐出，所以发送了LN消息。在这种情况下，缓存行地址是保留的。 |
| 11 | 保留 |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

表2-27 LN消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]  （b）第（1）款 | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| LN消息（定向） | 0111 1111 | 010 | 不 | R | tr | R | RC指向单个端点。 |
| LN消息（广播） | 0111 1111 | 011 | 不 | R | tr | R | RC广播到给定根端口下的所有设备。 |

LN消息的格式如下[图2-30所示](#bookmark119)。

字节0→字节4→字节8→字节12 →字节16 →字节20→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 | | |
| Fmt  011 | 类型  10r2r1r0 | T9R | TC  000 | | T8R | ATTR | LNR | 日 | TD | EP | Attr  R | 在  00 | 长度  0000000010 | | | |
| 请求者ID | | | | | | | | | 保留 | | | | | 消息代码  01111111 | | |
| 如果ID路由，则为目标ID;如果广播，则为保留ID | | | | | | | | | 供应商ID  0000000000000001 | | | | | | | |
| 亚型  00000000 | | 保留 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | [63：32]第63话 | | | | | | | | | | | | |
| Cacheline地址[31：6] | | | | | | | | | | | | | | | 保留 | NR |

图2-30 LN消息

2.2.8.6.3设备就绪状态（DRS）消息

设备就绪状态（DRS）协议（参见第6.23.1节）使用PCI-SIG-DefinedVDM机制（参见[第](#bookmark114)

[2.2.8.6.1](#bookmark114)）。DRS消息是PCI-SIG-DefinedVDM（供应商定义的类型1消息），没有有效负载。

除其他PCI-SIG定义的VDM的规则外，以下规则适用于DRS消息的格式

·[表2-28](#bookmark120)和[图2-31](#bookmark121)说明并定义了DRS消息。

·TLP类型必须为Msg。

·TC[2：0]字段必须为000b。

·Attr[2：0]字段是保留的。

·标签字段为保留字段。

·亚型字段必须是08 h。

·消息路由字段必须设置为100 b-本地-在接收方终止。

接收器可以可选地检查这些规则的违反（但不能检查保留位）。这些检查

独立可选（参见www.example.com部分6.2.3.4）。如果执行这些检查的接收方确定某个TLP违反了这些规则，则该TLP是格式错误的TLP。

· 如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

表2-28 DRS消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| DRS消息 | 0111 1111 | 100 | R | 不 | tr |  | 设备就绪状态 |

DRS报文格式如下[图2-31](#bookmark122)

字节0→字节4→字节8→字节12 →

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  001 | 类型  10100 | T9R | TC  000 | T8R | AttrR | LNR | 日 | TD | EP | AttrRR | 在  00 | 长度  0000000000 | |
| 请求者ID | | | | | | | | 保留 | | | | | 消息代码  01111111 |
| 保留 | | | | | | | | 供应商ID  0000000000000001 | | | | | |
| 亚型  00001000 | | 保留 | | | | | | | | | | | |

图2-31 DRS消息

2.2.8.6.4功能就绪状态消息（FRS消息）

功能就绪状态（FRS）协议（参见第6.23.2节）使用PCI-SIG-DefinedVDM机制（参见[第2.2.8.6.1节](#bookmark114)）。FRS消息是没有有效载荷的PCI-SIG-DefinedVDM（供应商定义的类型1消息）。除了其他PCI-SIG定义的VDM的规则外，以下规则适用于[FRS消息](#bookmark123)的形成：

[表2-29](#bookmark124)和[图2-32](#bookmark125)说明并定义了FRS消息。

·TLP类型必须为Msg。

·TC[2：0]字段必须为000b。

·Attr[2：0]字段是保留的。

·标签字段为保留字段。

·子类型字段必须是09h。

·FRS Reason[3：0]字段指示生成FRS消息的原因：

0001b：收到DRS消息

由消息转发器ID指示的下游端口接收DRS消息，并且使链路控制寄存器中的DRS信令控制字段设置为启用DRS到FRS信令

0010b：完成D3热到D0的转换

D3Hot到D0的转换已经完成，并且消息转发器ID指示的功能现在处于恢复就绪状态，并根据No\_Soft\_Reset位的设置返回到D0未初始化或D0活动状态（参见第7.5.2.2节）

0011b：完成FLR

FLR已完成，并且消息转发器ID指示的功能现在已准备就绪

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

1000b：VF启用

消息转发器ID指示物理功能（PF）-与该PF相关联的所有虚拟功能（VF）现在都是转发就绪的

1001b：VF禁用

消息转发器ID指示PF-与该PF相关联的所有VF已被禁用，并且现在可以访问该PF中的单根I/O虚拟化（SR-IOV）数据结构。

其他：

保留所有其他

·消息路由字段必须清除为000 b-路由到根复合体

接收器可以可选地检查这些规则的违反（但不能检查保留位）。这些检查

独立可选（参见www.example.com部分6.2.3.4）。如果执行这些检查的接收方确定某个TLP违反了这些规则，则该TLP是格式错误的TLP。

· 如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

表2-29 FRS消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| FRS消息 | 0111 1111 | 000 | R | 不 | tr |  | 功能就绪状态 |

FRS报文格式如下[图2-32](#bookmark126)

字节0→字节4→字节8→字节12→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt  001 | 类型  10000 | T9R | | TC  000 | T8R | AttrR | LNR | 日 | TD | | EP | AttrRR | 在  00 | 长度  0000000000 | | |
| 请求者ID | | | | | | | | | 保留 | | | | | | 消息代码  01111111 | |
| 保留 | | | | | | | | | 供应商ID  0000000000000001 | | | | | | | |
| 亚型  00001001 | | 保留 | | | | | | | | | | | | | | FRS原因 |

图2-32 FRS消息

2.2.8.6.5层次ID消息

Hierarchy ID使用PCI-SIG-DefinedVDM机制（请参见[第2.2.8.6.1节](#bookmark114)）。层次ID消息是具有有效载荷（MsgD）的PCI-SIG-DefinedVDM（供应商定义的类型1消息）。

除了其他PCI-SIG定义的VDM的规则之外，以下规则适用于层次结构ID消息的形成

·[表2-30](#bookmark127)和[图2-33](#bookmark128)说明并定义了层次ID消息。

·TLP类型必须为MsgD。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 每个消息必须包括一个4-DWORD数据有效载荷。

·长度字段必须为4。

·TC[2：0]字段必须为000b。

·Attr[2：0]字段是保留的。

·标签字段为保留字段。

·子类型字段是01h。

·消息路由字段必须是011 b-从根Compl ex广播。

接收器可以可选地检查这些规则的违反（但不能检查保留位）。这些检查

独立可选（参见www.example.com部分6.2.3.4）。如果执行这些检查的接收方确定某个TLP违反了这些规则，则该TLP是格式错误的TLP。

· 如果选中，则这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。每个层次ID消息的有效载荷包含系统数据包的低128位。 有关Hierarchy ID、授权ID和系统ID字段的详细信息，请参见第6.26节。

表2-30层次ID消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| 层次结构ID消息 | 0111 1111 | 011 | 不 | R | tr |  | 层次结构ID |

Hierarchy ID消息的格式如下[图2-33](#bookmark129)

字节0→字节4→字节8→字节12→字节16→字节20→字节24→字节28→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | | +2  76543210 | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  011 | 类型  10011 | T9R | TC  000 | T8R | AttrR | LNR | 日 | TD | | EP | AttrRR | 在  00 | 长度  0000000100 | |
| 请求者ID | | | | | | | | 保留 | | | | | | 消息代码  01111111 |
| 层次结构ID | | | | | | | | 供应商ID  0000000000000001 | | | | | | |
| 亚型  00000001 | | 授权机构ID | | | | | | [135：128]第135话：你是谁？ | | | | | | |
| [127：96]第127章：你是谁？ | | | | | | | | | | | | | | |
| [95：32]第95话：你是谁？ | | | | | | | | | | | | | | |
| [63：32]第63章：你是谁？ | | | | | | | | | | | | | | |
| 系统提示[31：0] | | | | | | | | | | | | | | |

图2-33层次ID消息

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

<2.2.8.7>被忽略的邮件

中列出的消息以前用于不再受支持的机制（热插拔信令）。

强烈建议发送者不要发送这些消息，但如果要实现消息传输，则必须符合本规范1.0a版本的要求。

强烈建议接收方忽略这些消息的接收，但允许按照本规范1.0a版的要求处理这些消息。

[表2-31](#bookmark131)中列出的忽略消息由接收方处理，如下所示：

·物理和数据链路层必须与处理任何其他TLP相同地处理这些消息

·事务层必须考虑流控制信用，但不采取其他动作来响应这些消息。

表2-31忽略的消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| 忽略的消息 | 0100 0001 | 100 |  | | | |  |
| 忽略的消息 | 0100 0011 | 100 |  | | | |  |
| 忽略的消息 | 0100 0000 | 100 |  | | | |  |
| 忽略的消息 | 0100 0101 | 100 |  | | | |  |
| 忽略的消息 | 0100 0111 | 100 |  | | | |  |
| 忽略的消息 | 0100 0100 | 100 |  | | | |  |
| 忽略的消息 | 0100 1000 | 100 |  | | | |  |

<2.2.8.8>延迟容限报告（LTR）消息

LTR消息可选地用于报告关于其读/写服务延迟的容限的设备行为。 有关LTR的详细信息，请参阅第6.18节。以下规则适用于LTR报文的形成

·[表2-32](#bookmark132)定义了LTR Mess年龄。

·LTR消息不包括数据有效载荷（TLP类型是Msg）。

·长度字段是保留的。

·LTR消息必须使用默认的业务类设计器（TC 0）。实施LTR支持的接收器 必须检查是否有违反此规则的行为。如果接收方确定TLP违反了此规则，则必须处理

TLP作为畸形TLP。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

表2-32 LTR消息

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支撑件1 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| LTR | 0001 0000 | 100 | R | 不 | tr |  | 延迟容差报告 |

备注：

1. LTR支持是可选的。支持LTR的函数必须实现第7章中描述的报告和启用机制。



字节0→字节4→字节8→字节12 →

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  001 | 类型  10100 | T9 | TC  000 | T8 | ATTR | R | 日 | TD | EP | Attr | | R | | 长度  0000000000 | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 消息代码  00010000 |
| 保留 | | | | | | | | 保留 | | | | | | | |
| 无监听延迟 | | | | | | | | 监听延迟 | | | | | | | |

图2-34 LTR消息

<2.2.8.9>优化缓冲区刷新/填充（OBFF）消息

OBFF消息可选地用于向端点报告平台中心资源状态。该机制在第6.19节中详细描述。

以下规则适用于OBFFMe ssage的形成

·[表2-33](#bookmark133)定义OBFF消息。

·OBFF消息不包括数据有效载荷（TLP类型是Msg）。

·长度字段是保留的。

·转发器ID必须设置为发送端口的ID。

·OBFF消息必须使用默认的业务类指示符（TC 0）。实现OBFF支持的接收器必须检查是否违反此规则。如果接收方确定TLP违反了此规则，则必须处理

TLP作为畸形TLP。

这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

表2-33 OBFF报文

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支撑件1 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| OBFF | 0001 0010 | 100 | 不 | R | tr |  | 优化的缓冲液冲洗/填充 |

备注：



5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 代码[7：0]（b） | 路由r[2：0]（b） | 支撑件1 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |

1. OBFF支持是可选的。支持OBFF的函数必须实现第7章“软件配置和配置”中描述的报告和启用机制。



字节0→字节4→字节8→字节12 →

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt  001 | 类型  10100 | T9 | TC  000 | T8 | ATTR | R | 日 | TD | EP | Attr | | R | | 长度  0000000000 | | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 消息代码  00010010 | |
| 保留 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 保留 | | | | | | | | | | | | | | | | OBFF代码 |

图2-35 OBFF消息

<2.2.8.10>精密时间测量（PTM）消息

[表2-34](#bookmark135)定义了PTM消息。

·PTM请求和PTM响应消息必须使用消息的TLP类型，并且不得包括数据有效载荷。 长度字段被保留。

. [图2-36](#bookmark136)说明了PTM请求和响应消息的格式。

·PTM ResponseD消息必须使用MsgD的TLP类型，并且必须在TLP报头的字节8到15中包括64位PTM主时间字段和包含32位传播延迟字段的1 DW数据有效载荷。

. [图2-37](#bookmark137)说明PTM ResponseD消息的格式。

.有关6.22.3.2如何填写PTM ResponseD消息的详细信息，请参阅第www.example.com节。

·转发器ID必须设置为发送端口的ID。

·PTM对话被定义为由PTM请求和对应的PTM响应或PTM响应D消息组成的匹配消息对。

·PTM消息必须使用默认的流量等级指示符（TC 0）。实施PTM的接收方必须

检查是否违反此规则。如果接收方确定某个TLP违反了此规则，则必须按照以下方式处理该TLP：

变形TLP。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

表2-34精确时间测量信息

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | TLP类型 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]  （b）第（1）款 | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| PTM请求 | MSG | 0101 0010 | 100 | R | 不 | tr |  | 启动PTM对话框 |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | TLP类型 | 编码[7：0]  （b）第（1）款 | 路由r[2：0]  （b）第（1）款 | 支持 | | | | 描述/备注 |
| RC | EP | SW | Br |
| PTM  响应 | MSG | 0101 0011 | 100 | 不 | R | tr |  | 完成当前PTM对话框-不携带计时信息 |
| PTM  ResponseD | MsgD | 0101 0011 | 100 | 不 | R | tr |  | 完成当前PTM对话框-携带计时信息 |

字节0→字节4→字节8→字节12→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  001 | 类型  10100 | T9 | TC  000 | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | | R | | 保留 | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 消息代码  0101001x |
| 保留 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 保留 | | | | | | | | | | | | | | | |

图2-36 PTM请求/响应消息

字节0→字节4→字节8→字节12→字节16→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  7654321 0 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | +3  76543210 |
| Fmt  011 | 类型  10100 | T9 | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | | R | | 长度  0000000001 | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | |  | | 消息代码  01010011 |
| PTM主时间[63：32] | | | | | | | | | | | | | | | |
| PTM主时间[31：0] | | | | | | | | | | | | | | | |
| 传输延迟[31：0] | | | | | | | | | | | | | | | |

图2-37 PTMResponseD消息（4个DW报头和1个DW有效载荷）

2.2.9完成规则

所有读取、非发布写入和AtomicOp请求都需要完成。完成包括一个完成标题

对于某些类型的完成，后面将跟随一些数据DW。完成报头的每个字段的规则在以下部分中定义。

·通过ID完成路由，并使用3DW报头。

.请注意，路由ID字段直接对应于随

相应的请求。 因此，对于完成，这些字段将被统称为验证者ID，而不是通常用于ID路由的不同字段。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 除了所有TLP中包含的报头字段和ID路由字段外，完成还包含以下附加字段（参见[图2-38](#bookmark140)）：

. 完成者ID[15：0]-完成r-详细描述如下

. 完成状态[2：0]-表示完成的状态（见[表2-35）](#bookmark141)

▪ 确定完成状态[2：0]字段中的值的规则见[第2.3.1节。](#bookmark142)

. -字节计数已修改-PCI Express完成程序不得设置此位，只能在

PCI-X完成者

. Byte Count[11：0] -请求的剩余字节数

▪ 字节计数值指定为二进制数，000000000001b表示1个字节，1111 1111 1111b表示4095个字节，000000000000b表示4096个字节。

▪ 对于内存读取完成，字节计数[11：0]根据第节中的规则[设置](#bookmark143)

[2.3.1.1的网站。](#bookmark139)

▪ 对于AtomicOp完成，字节计数值必须等于关联的AtomicOp操作数大小（以字节为单位）。

▪ 对于所有其他类型的完成，字节计数值必须为4。

. 标记[9：0]-与交易ID字段组合，对应于交易ID。低位地址[6：0]-完成的起始字节的低位字节地址

▪ 对于内存读取完成，此字段中的值是与完成一起返回的数据的第一个启用字节的字节地址（请参见第www.example.com节中的规则[2.3.1.1）](#bookmark144)。

▪ 对于AtomicOp Completions，LowerAddress字段为Reserved。

▪对于所有剩余类型的完成，该字段均设置为全0。接收方可以选择性地检查是否违反了该规则。 详见[第2.3.2节第](#bookmark145)二个项目符号。

字节0→字节4→字节8→

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| +0  76543210 | | +1  76543210 | | | | | | +2  76543210 | | | | | | | | +3  76543210 | |
| Fmt  0x0 | 类型 | T9 | TC | T8 | ATTR | LN | 日 | TD | EP | Attr | | | 在  00 | | 长度 | | |
| 完成者ID | | | | | | | | 下士地位 | | | | BCM | 字节计数 | | | | |
| 请求者ID | | | | | | | |  | | | 标签 | | |  | | R | 低位地址 |

图2-38完工表头格式 表2-35完成状态字段值

|  |  |
| --- | --- |
| 下士状态[2：0]字段值（b） | 完成状态 |
| 000 | 成功完成（SC） |
| 001 | 不支持的请求（UR） |
| 010 | 配置请求状态（CRS） |
| 100 | 完成者中止（CA） |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |
| --- | --- |
| 下士状态[2：0]字段值（b） | 完成状态 |
| 所有其他人 | 保留 |

·完成器ID[15：0]是一个16位值，对于层次结构中的每个PCI Express功能都是唯一的（参见[图2-39](#bookmark146)和[图2-40）](#bookmark147)

完成者ID

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 七比零 | 四比零 | 二比零 |

总线编号 装置

Number

功能号

OM13770

图2-39（非ARI）完成器ID

完成者ID

|  |  |
| --- | --- |
| 七比零 | 七比零 |

总线编号 功能号

A-0718

图2-40 ARI完成者ID

· 功能必须捕获由功能完成的所有类型0配置写入请求提供的总线和设备编号21，并在设备/功能生成的所有完成的完成者ID 22的总线和设备编号字段中提供这些编号。

◦ 如果函数必须在初始设备配置写入请求之前生成完成，则必须在总线号和设备号字段中输入0

◦ 请注意，总线号和设备号可能在运行时更改，因此有必要在每个配置写入请求中重新捕获此信息。

◦ 例外：可以以实现特定的方式将总线号分配给根联合体内的设备。

· 在某些情况下，具有UR状态的完成可以由MFD生成，而不将完成与设备内的特定功能相关联-在这种情况下，功能号字段23是保留的。



21. 对于ARI设备，功能只需要捕获总线号。ARI设备被允许在每个设备或每个功能的基础上保留捕获的总线号。 参见[第2.2.6.2节。](#bookmark59)

22. AnARI完成者ID不包含设备编号字段。 参见www.example.com[部分2.2.4.2。](#bookmark40)

23.注：使用ARI完成者ID，功能编号字段为8位。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

.示例：MFD接收不以与以下任何资源相关联的任何资源为目标的读取请求： 设备的功能-设备生成具有UR状态的完成，并在完成者ID的功能编号字段中设置全0的值。

·完成标头必须提供与相应请求的标头中提供的相同的路由器ID、标签和流量类值。

·完成报头必须为属性提供与相应请求报头中提供的相同的值，除非明确允许：

. 当使用IDO时（参见[第2.2.6.4节）](#bookmark66)

. 当在翻译完成中使用RO时（参见第10.2.3节

· 如果完成程序是LN完成程序（LNC），并且目标内存区域支持注册，则适用以下规则;否则LN位必须为Clear。

.如果完成状态为成功完成，且相关请求为LN读取，则LN位必须置位。

. 否则，LN位必须清除。

·TH位保留用于完成。

·AT[1：0]必须是00b。不要求也不鼓励接收者检查这一点。

·完成ID字段在软件初始化和配置之前没有意义。

完成设备（使用至少一个配置写入请求），在这种情况下，完成者必须忽略在完成者ID字段中返回的值。

·包含数据的完成必须指定在该完成中返回的实际数据量，并且必须包括指定的数据量。

.如果包含的数据多于或少于长度字段中指定的数据，则属于TLP格式错误，生成的TLP是M变形的TLP。

注：这只是要求TLP数据有效载荷长度与长度字段中的值匹配的一般规则的特定情况。

2.2.10 TLP前缀规则

以下规则适用于包含TLP前缀的任何TLP

· 对于任何TLP，TLP字节0中的Fmt[2：0]字段中的值100 b指示存在TLP前缀，类型[4]位指示TLP前缀的类型。

. Type [4]位中的值0b表示存在本地TLP前缀

. 类型[4]位中的值1b表示存在端-端TLP前缀

·TLP前缀的字节1至3的格式由其TLP前缀类型定义。

·包含TLP前缀的ATLP必须具有底层TLP报头。 接收到的违反此规则的TLP将作为格式错误的TLP处理。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

· 允许TLP包含多个任何类型的TLPPr efix

. 当TLP中存在本地和端-端TLP前缀的组合时，要求所有 本地TLP前缀位于任何端到端TLP前缀之前。 违反此规则的接收到的TLP将作为格式错误的TLP处理。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

·每个TLP前缀的大小ATLP前缀可以重复，为其他数据提供空间。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 如果Fmt和Type字段中的值指示存在本地TLP前缀，则根据本地TLP前缀处理进行处理（请参见[第www.example.com节2.2.10.1）](#bookmark149)。

· 如果Fmt和Type字段中的值指示存在端-端TLP前缀，则根据端-端TLP前缀处理进行处理（请参见[第www.example.com节2.2.10.2）](#bookmark150)。

<2.2.10.1>本地TLP前缀处理

以下规则适用于本地TLP前缀：

· 本地TLP前缀类型使用类型字段的L[3：0]子字段确定。类型[4]必须为0b

.表2-36中定义了本地TLP前缀L[3：0]值

表2-36本地TLP前缀类型

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 本地TLP前缀类型 | L[3：0]（b） | 描述 |
| MR-IOV | 0000 | **MR-IOVTLP前缀**-详情参见[MR-IOV]规范。 |
| 供应商前缀L0 | 1110 | **供应商定义的本地TLP前缀**- 参见[第2.2.10.1.1f](#bookmark152)或更多详情。 |
| 供应商前缀L1 | 1111 | **供应商定义的本地TLP前缀**- 参见[第2.2.10.1.1f](#bookmark153)或更多详情。 |
|  |  | 所有其他编码均保留。 |

·大小、路由和流控制规则特定于每个本地TLP前缀类型。

· 接收器不支持本地TLP前缀类型的TLP是错误的。如果延伸框架 字段支持位被设置，除非在另一个规范中有明确的不同说明，否则违反此规则的TLP将作为格式错误的TLP处理。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。如果支持的扩展Fmt字段位为清除，则行为特定于设备。

· 即使底层TLP受ECRC保护，本地TLP优先级也不受ECRC保护。

2.2.10.1.1厂商定义的本地TLP首选项

如[表2-36所述，](#bookmark151)VendPrefixL 0和VendPrefixL 1类型被保留用作客户定义的本地TLP

前缀。为了最大限度地提高互操作性和灵活性，以下规则适用于此类前缀：

·组件必须不发送包含供应商定义的本地TLP前缀的TLP，除非这已经被显式地启用（使用供应商特定的机制）。

·支持任何使用供应商定义的本地TLP前缀的组件必须支持Fmt字段的3位定义，并具有扩展Fmt字段支持位集（请参见第5节7.5.3.1）。

· 建议对组件进行配置（使用特定于供应商的机制），以便可以使用两种供应商定义的本地TLP前缀编码之一来发送所有供应商定义的前缀。等

配置不需要是对称的（例如，链路的每一端可以使用

不同的编码）。

<2.2.10.2>端-端TLP前缀处理

以下规则适用于端-端TLP前缀

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 端-端TLP前缀类型使用类型字段的E[3：0]子字段确定。类型[4]必须为1b

.端-端TLP前缀E[3：0]值定义见[表2-37](#bookmark26)

表2-37端-端张力腿平台前缀类型

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 端-端TLP前缀类型 | 英[3：0]（b） | 描述 |
| TPH | 0000 | **TPH**-更多详细信息，请参阅[第www.example.com节2.2.7.1](#bookmark55)和第6.17节。 |
| PASID | 0001 | **PASID**- 更多详情请参见第6.20节 |
| 供应商前缀E0 | 1110 | **供应商定义的端-端TLP前缀**- 参见[第2.2.10.2.1f](#bookmark154)或更多详情。 |
| 供应商前缀E1 | 1111 | **供应商定义的端-端TLP前缀**- 参见[第2.2.10.2.1f](#bookmark155)或更多详情。 |
|  |  | 所有其他编码均保留。 |

·TLP中允许的端到端TLP前缀的最大数量为4：

. 支持TLP前缀的接收器必须检查此规则。如果接收方确定某个TLP违反了此规则，则该TLP为格式错误的TLP。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

·端-端TLP前缀的存在不会改变TLP的路由。 根据第2节中介绍的路由规则[来路由TTP。2.4.](#bookmark33)

· 功能通过设备功能2寄存器中的最大端-端TLP前缀字段指示它们支持的端-端TLP前缀的数量（参见www.example.com部分7.5.3.15）。

.对于根端口，最大端-端TLP优先级字段允许返回指示支持的值 对于比根端口硬件实际实现的更少的端-端TLP前缀，错误处理语义仍然必须基于字段中包含的值。TLP收到， 包含比根端口支持的更多的端-端TLP前缀，必须按如下方式处理。 建议将请求作为不受支持的请求处理，否则必须将其作为格式错误的TLP处理。建议将竞争作为意外事件处理

完成，但否则必须将其视为畸形TLP。对于由

入口端口，这是与入口端口相关的报告错误。对于内部接收到的要从出口端口发送出去的TLP，这是与出口端口相关联的报告错误。看到

第6.2节。

.对于所有其他功能类型，接收到的TLP包含的端-端TLP前缀比

必须作为MalformedTLP处理。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

高级错误报告（AER）日志记录（如果支持）按照第6.2.4.4节中的指定进行。

·如果设置了端-端TLP前缀支持位，则交换机必须支持转发具有最多4个端-端TLP前缀的TLP。

· 允许具有端-端TLP前缀支持位集的不同根端口报告不同的最大端-端TLP前缀值。

·如果底层TLP受ECRC保护，则所有端到端TLP前缀受ECRC保护。

· 由不支持端-端TLP的接收器接收带有端-端TLP前缀的TLP是错误的

前缀。 违反此规则的ATLP将作为格式错误的TLP处理。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

·软件应确保不将包含端到端TLP前缀的TLP发送到不支持它们的组件。扩展Fmt字段支持位为清除的组件可能会误解TLP

包含TLP前缀。

· 如果上游端口的一个功能设置了端-端TLP前缀支持位，则该端口

上游端口必须将接收到的包含不支持的端-端TLP前缀类型的请求作为不支持的请求进行处理。这是与接收端口相关

第6.2节）。

· 如果上游端口的一个功能设置了端-端TLP前缀支持位，则该端口

上游港口必须将填写给他们的完工收据交给他们，

End-EndTLP Prefix类型作为意外完成。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

· 对于路由元件，每个出口端口中的端到端TLP前缀阻塞位确定是否存在TLP

包含端-端TLP前缀的数据可以通过该出口端口传输（参见www.example.com部分7.5.3.16）。如果转发被阻止，则整个RLP将被丢弃，并报告RLP Prefix Blocked错误。如果被阻塞的TLP是

非发布请求时，出口端口返回一个带有不支持的请求完成状态的完成。TLP前缀阻塞错误是与出口端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

· 对于启用多播的路由元素（参见第6.14节）。端到端TLP前缀在TLP的所有多播副本中复制。多播分组的TLP前缀出口阻塞在每个出口端口处独立地执行。

2.2.10.2.1供应商定义的端点TLP前缀

如[表2-37所述，](#bookmark26)类型VendPrefixE 0和VendPrefixE1保留用作供应商定义的端-端TLP前缀。为了最大限度地提高互操作性和灵活性，以下规则适用于此类前缀：

·组件不得发送包含供应商定义的端到端TLP前缀的TLP，除非已明确启用（使用供应商特定的机制）。

· 建议将组件配置为（使用特定于供应商的机制）使用 两个供应商定义的端-端TLP前缀编码。这样做允许在单个PCI Express拓扑中同时使用两个不同的供应商定义的端-端TLP前缀，而不需要每个源了解它发送的每个TLP的最终目的地。

2.2.10.2.2支持端-端TLP前缀的根端口

对根端口之间包含端-端TLP前缀的TLP的对等路由的支持

依赖于实现。如果RC支持两个或多个根端口之间的端-端TLP前缀路由能力，则必须通过设备中的端-端TLP前缀支持位指示每个关联根端口中的能力

能力2寄存器。

RC不需要支持具有端-端TLP的所有根端口对之间的端-端TLP前缀路由 前缀支持位设置。需要在不支持的根端口对之间路由的带有端-端TLP前缀的请求必须作为UR处理。带有端到端TLP前缀的完成，需要在

不支持的根端口对必须作为意外完成（UC）处理。在这两种情况下，此错误都是由“发送”端口报告的。

对于支持转发具有由主机软件或根复合体集成端点（RCiEP）启动的端-端TLP前缀的TLPs的任何根端口，必须设置端-端TLP前缀支持位。对于支持转发在其入口端口上接收的带有端-端TLP前缀的TLP的任何根端口，必须设置端-端TLP前缀支持位 到RCiEP。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

允许具有端-端TLP前缀支持位Set的不同根端口报告最大端-端TLP前缀的不同值。

当在根端口之间执行对等路由时，将TLP拆分为更小的TLP的RC必须在每个更小的TLP中复制原始TLP的端-端TLP前缀（参见第1.3.1节）。

2.3接收TLP的处理

本节介绍在数据链路层验证了接收到的TLP的完整性之后，将所有接收到的TLP从接收数据链路层传送到接收事务层时如何处理这些TLP。规则很

如[图2-41所示的流程图所示。](#bookmark156)

·接收方必须忽略保留字段中的值

· 如果Fmt字段中的值指示存在至少一个TLP前缀：

.通过检查后续DW的第一个字节中的Fmt字段，检测报头中是否存在其他TLP前缀，直到Fmt字段与TLP前缀的字段不匹配。

. 根据TLP前缀处理规则（参见[Search2.2.10）处理所有接收到的TLP前缀](#bookmark148)。

· 如果设置了支持的扩展Fmt字段，则使用保留的Fmt和类型的编码的接收的TLP是格式错误的TLP（参见[表2-1](#bookmark1)和[表2-3）](#bookmark21)。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

· 如果扩展Fmt字段支持位为清除，则未定义已设置Fmt[2]的接收TLP的处理。24

·具有Fmt[2]清除并且使用未定义类型字段值的所有接收到的TLP是M已修改的TLP。这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

·必须删除所有收到的格式错误的TLP。

.必须丢弃接收到的格式错误的TLP，这些TLP是关于要释放的缓冲区的标识符，或者被映射到未初始化或禁用的虚拟通道，而不更新接收器流

控制信息。

. 必须丢弃所有其他接收到的格式错误的TLP，可选地不更新接收器流控制信息。

·否则，更新接收方流控制跟踪信息（参见[第2.6节）](#bookmark157)。

· 如果类型字段中的值指示TLP是请求，则根据请求处理规则进行处理 否则，根据完成处理规则（以下部分），TLP是一个完成处理。



24. 此规范的早期版本保留了现在为Fmt[2]定义的位。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

开始

没有



忽略

保留字段 \*，是否

张力腿平台跟随编队

规则？

是的



类型字段中的值是否已定义？

是的

没有

端

|  |
| --- |
| TLP格式不正确：丢弃TLP  . 报告包装不良 |

TLP是一个完整的-

见规则

完成处理

|  |
| --- |
| 更新流程 控制跟踪 |



没有

TLP是请求吗？

是的

这是一个请求--

请参阅请求处理

\* 标记为保留的TLP字段不在接收器

OM13771A

图2-41接收TLP处理流程图

交换机必须同时处理寻址交换机内资源的TLP和寻址资源的TLP

住在交换机外面交换机根据上述规则处理寻址交换机内部资源的所有TLP。处理通过交换机或寻址交换机并通过交换机的TLP

根据以下规则（见[图2-42](#bookmark158)）：

· 如果类型字段中的值指示TLP不是Msg或MsgD请求，则必须根据所使用的路由机制来路由TLP（参见[第www.example.com节2.2.4.1](#bookmark35)和[第www.example.com节2.2.4.2）](#bookmark40)。

·交换机使用完成的路由器ID字段中的信息来路由完成。

· 如果类型字段中的值指示TLP是Msg或MsgD请求，则根据类型字段的r[2：0]子字段中指示的路由机制来路由请求。

◦ 如果r[2：0]中的值指示Msg/MsgD被路由到根联合体（000 b），则交换机必须将Msg/MsgD路由到交换机的上游端口。

▪ 在交换机的上游端口接收指定000 b路由的Msg/MsgD请求是错误的。交换机可以检查是否违反此规则-违反的TLP

TLP。如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2

).

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

.如果r[2：0]中的值指示Msg/MsgD是通过地址（001 b）路由的，则交换机必须以与通过地址路由存储器请求相同的方式路由Msg/MsgD。

.如果r[2：0]中的值指示Msg/MsgD是通过ID（010 b）路由的，则交换机必须以与通过ID路由完成相同的方式路由Msg/ MsgD。

.如果r[2：0]中的值指示Msg/MsgD是来自根联合体（011 b）的广播，则交换机必须将Msg/MsgD路由到交换机的所有下游端口。

▪ 在下游接收指定011 b路由的Msg/MsgD请求是错误的

交换机的端口交换机可以检查是否违反此规则-违反的TLP

变形TLP。如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

.如果r[2：0]中的值指示Msg/MsgD在接收器处终止（100 b或保留值），或者如果消息代码字段值被定义并且对应于必须由交换机理解的消息，则交换机必须根据消息处理规则来处理消息。

.如果r[2：0]中的值指示Gat\_n并路由到根复合体（101b），则消息处理规则参见第5.3.3.2.1节。

.接收指定101 b路由的PME\_TO\_Ack以外的任何Msg/MsgD请求都是错误的。在交换机的上游端口接收PME[\_TO\_Ack](#bookmark93)是错误的。开关可以选择性地

检查是否违反这些规则。 这些检查是独立可选的（参见www.example.com部分6.2.3.4）。如果勾选，则违规是格式错误的TLP，并且是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

开始

没有

根据路由规则将TLP路由到出口端口



TLP是否为

Msg或MsgD

请求？

是的

端

|  |
| --- |
| 连接到出口端口  根据r[2：0]子场  类型字段 |

是消息（也）

没有

端

涉及接收

Switch的端口？

是的

是有价值 消息代码 字段是否已定义？

是的

端

没有

端

|  |
| --- |
| 根据消息处理规则处理 |

|  |
| --- |
| 不支持的请求 |

OM13772A

图2-42TLP开关处理流程图

2.3.1请求处理规则

本节介绍在对所有TLP进行初始处理后，如何处理接收到的请求。这些规则在图2-43所示的流程图中用图解表示[。](#bookmark159)

· 如果设备不支持请求类型（根据设计或由于配置设置），则该请求是不支持的请求，并根据第6.2节进行报告

◦ 如果请求需要完成，则返回UR的完成状态（参见www.example.com[部分2.2.8.10）](#bookmark134)

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0



**执行说明**

当使用不支持的请求

在传统PCI中，设备通过断言DEVSEL#来“声明”总线上的请求。如果在设定数量的时钟之后没有设备声明请求，则请求被终止为主中止。由于PCI Express是点对点

由于一个组件的所有传输总是被发送到链路上的另一个组件，因此不存在用于在链路上声明请求的等效机制。因此，请求的接收者有必要确定是否应该“声明“请求

不支持的请求，这是传统PCI的主中断终止的PCI Express等效物。在

通常，可以通过询问以下问题来确定正确的行为：在常规PCI中，设备是否会为该请求断言DEVSEL#？

对于具有类型0报头的设备功能（所有类型的端点），回答这个问题相对简单。对于内存和I/O请求，此确定基于函数已被

被编程来回应。对于配置请求，类型0请求格式指示设备根据定义是“目标”，尽管如果设备寻址配置请求，则设备将仍然不要求配置请求。 未实现的功能。

对于具有类型1报头的设备功能（根端口、交换机和桥接器），通常可以应用相同的问题，但是由于传统PCI桥接器的行为比类型0功能的行为更复杂，所以确定答案稍微更困难。必须将根端口和交换机端口视为

实际上是由传统的PCI到PCI网桥组成的，然后在每个阶段考虑虚拟网桥的配置设置以确定正确的行为。

PCI Express消息在传统PCI中不存在，因此不能应用上述准则。这

规范针对每种类型的消息专门描述了设备必须将请求作为

不支持的请求。报文通过根端口和交换机端口，不受传统PCI控制机制（包括总线主机启用和电源状态设置）的影响。

请注意，CA是PCI Express中与Target Abort等效的，仅用于指示严重错误，

使完成程序永久无法响应正常情况下会响应的请求

回应。由于在常规PCI中仅当目标已断言DEVSEL#时才使用TargetAbort，

对于常规PCI目标将通过不断言DEVSEL#而忽略请求的任何情况，使用CA都是不正确的。

· 如果请求是消息，并且消息代码、路由字段或Msg/MsgD指示对应于

未定义的组合，或对应于设备功能不支持的消息（除了供应商定义的类型1，不被视为错误-参见表F-1），则请求是不支持的请求，并根据第6.2

.如果消息代码是支持的值，则根据相应的

消息处理规则;如果消息代码是忽略消息，并且接收器忽略它，则忽略消息而不报告任何错误（参见[2.2.8.7部分）](#bookmark130)

· 如果请求是具有指示按ID路由的路由字段的消息，并且如果请求由 设备函数，强烈建议将设备视为消息的目标，而不管请求的目标ID字段中指定的总线号和设备号

.如果目标ID中指定的函数未实现，强烈建议将请求作为不支持的请求处理，并按照第6.2节中的规定报告

如果请求不是消息，而是支持的类型，则可以基于定义的

一种编程模型，确保某些类型的（否则合法的）请求永远不会发生。这样的实现可以利用以下规则：

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 如果请求违反设备功能的编程模型，则功能可以可选地将请求视为完成者中止，而不是正常地处理请求

.如果请求被视为完成中止，则这是与函数相关的报告错误（参见第6.2节）

.如果请求要求完成，则返回CA的完成状态（请参见www.example.com[部分2.2.8.10）](#bookmark134)

执行说明

基于约束规划模型的优化

当设备的编程模型限制（相对于PCI Express中的其他编程模型）时，

如果设备不具有请求的特性，则允许该设备返回违反编程模型的任何请求的CA完成状态。示例包括对寄存器块的未对齐或错误大小的访问，以及对存储空间的不支持大小的请求。

通常，当所有通信都在设备的驱动程序软件和设备本身之间时，设备能够采用受限编程模型。可由操作系统直接访问的设备

软件或由可能不理解设备的受限编程模型 实现遗留能力的设备）应该被设计为支持在设备的现有使用模型中可能的所有类型的请求。如果不这样做，设备可能无法使用现有软件运行。

如果请求在已经发起FLR的时间与目标功能完成FLR的时间之间到达，则请求被允许被静默地丢弃（在流控制信用的更新之后），而不被丢弃。

记录或将其作为错误发出信号。建议将该请求作为不支持的请求（UR）处理。



·否则（支持的请求类型，而不是消息），处理请求

.如果由于特定于设备的错误条件，完成程序永久无法处理请求，则完成程序必须（如果可能）将请求作为完成程序中止处理

这是一个与接收功能相关的报告错误，如果错误可以隔离到组件中的特定功能，或者如果错误不能隔离到接收端口，则与接收功能相关。

隔离（见第6.2节）

.仅对于配置请求，在重置后，设备可以终止请求

但表示它暂时无法处理请求，但将能够处理

请求-在这种情况下，使用配置请求状态（CRS）完成状态（参见第6.6节）。允许设备返回CRS后的有效重置条件为：

▪ 冷重置、暖重置和热重置

▪ FLRs

响应D3Hot到D0未初始化设备状态转换而启动的重置

. 明确地不允许设备功能在设备的软件发起的复位（除了FLR）之后返回CRS，例如，通过设备的软件驱动程序写入设备特定的复位位。设备功能在指示其已做好备份准备后，不允许返回CRS

（见第6.23节）而没有中间的有效复位（即，FLR或常规复位）条件，或者如果功能状态寄存器中的立即就绪位置位。此外，不允许设备功能在先前已经返回成功完成而没有返回CRS之后返回CRS。

干预有效复位（即，FLR或常规复位）条件。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

.在服务请求的过程中，完成者可以确定（否则

可接受）请求必须作为错误处理，在这种情况下，将根据错误类型

▪ 例如：PCI Express/PCI Bridge最初可能接受请求，因为它指定了

内存空间范围映射到桥的辅助侧，但请求可以在桥的PCI侧上进行主中止或目标中止。关于PCI Express

在这种情况下，请求的状态是UR（主中止）或CA（目标中止）。如果请求r需要PCI Express上的完成，则返回相应的完成状态。

· 如果请求是需要返回完成的类型，则根据完成形成的规则生成完成（参见[第2.2.9节）](#bookmark138)

. 完成状态由处理请求的结果

.如果请求有一个ECRC检查失败错误，那么它是实现特定的是否要返回一个完成或不，如果是，哪一个架构值用于其完成状态。

但是，强烈建议完成者返回带有UR完成状态的完成。

· 在正常操作条件下，PCI Express端点和传统端点绝不能延迟

超过10 μs的接受Posted Request，称为Posted RequestAcceptanceLimit。设备必须（a）设计为处理接收到的发布请求并返回相关的流控制

学分在必要的时间限制，或（b）依赖于一个有限的编程模型，以确保张贴 当设备无法在必要的时间限制内接受新的发布请求时，请求不会通过软件或其他设备发送到设备。

. 以下情况不视为正常操作条件，在此条件下，申请验收限值适用：

基本面重置之后的一段时间

RTP重传或链路重传

▪ 一个或多个丢弃的流控制数据包（FCP）

设备处于诊断模式

设备处于设备特定模式，不用于正常使用

. 以下情况被视为正常运行条件，但它们导致的任何延迟不计入已发布请求接受限制：

▪ 上行TLP流量延迟上行流FCP

·链路从低功耗状态中退出

仲裁与其他VC上的流量

. 虽然不是一个要求，但强烈建议RCiEP也遵守发布的请求接受限制。

· 如果设备支持作为I/O写请求（即非发布请求）的目标，

建议在与已发布请求接受相同的期限内返回每个关联完成，尽管这不是要求。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

满足投递请求接受限制的受限规划模型

某些硬件设计可能无法在要求的接受时限内处理每个已发布请求。一个例子是写入命令队列，其中命令的时间可能长于接受时间

限制完成。当设备当前正在处理先前的写入时，对该设备的后续写入可能

遇到超过限制的验收延迟。这样的设备可以依赖于受限的编程模型， 当设备驱动程序限制向设备写入内存的速率时，驱动程序轮询设备以确定 缓冲器可用性，或者驱动器实现一些其他的基于软件的流控制机制。



5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

开始

没有



是否支持请求类型？

是的

|  |
| --- |
| 不支持的请求 |

是的

请求

没有

需要

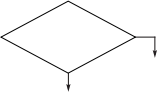
完成？



请求类型=消息？

没有

端



请求

需要

完成？

是的

发送完成：

. 完成状态=UR

端

发送完成：

. 完成状态=CA

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 是的  任择  请求是否  设备编程  模特？  没有 | 是的 | 没有  端 |

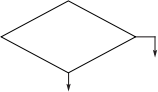
端

没有 的档案是不是很安全？e

是的

|  |
| --- |
| 处理请求依据  请求处理规则  （确定完成状态，  （如适用） |





请求是否需要完成？

是的

|  |
| --- |
| 处理消息  根据消息  处理规则 |

|  |
| --- |
| 不支持的请求 |

端

没有

端

端

发送完成

端

OM13773

图2-43接收请求处理流程图

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0



**执行说明**

配置请求状态

某些设备需要一个冗长的自初始化序列才能完成服务

配置请求（常见于PCI上的智能I/O解决方案）。PCI/PCI-X体系结构已经规定了2 25（PCI）或2 26（PCI-X）时钟“恢复时间”T rhf随后的复位，以提供所需的自初始化时间， 这样的装置。第6.6.1节规定PCIe设备的恢复周期为1.0s。PCIe架构还提供了 通过配置请求状态（CRS）等待此最差情况恢复期的替代方法

完成状态机制。在有效重置条件之后接收配置请求的设备 可以用CRS完成状态来响应以终止请求，并且因此有效地拖延配置请求，直到子系统已经完成本地初始化并且准备好与主机通信的时间为止。请注意，只有在响应配置时使用CRS完成状态才是合法的

请求过程中发送此完成状态以响应任何其他请求类型是非法的（请参见[第2.3.2节）](#bookmark160)。

准备就绪状态（参见第6.23节）和立即准备就绪状态（参见第7.5.1.1.4节和第www.example.com节7.5.2.1）也禁止在某些情况下使用CRS完成状态。

由具有CRS完成状态的完成的认证者的接收终止PCI Express上的配置请求。根联合体关于原始配置请求的进一步动作在

[第2.3.2节。](#bookmark161)

实现CRS软件可见性的根复合体能够向软件报告CRS完成状态的接收，从而使软件能够参与其他任务，而不是在设备

完成自我初始化。打算利用此机制的软件必须确保在有效重置条件之后对设备进行的第一次访问是访问

设备的配置空间报头中的供应商ID字段的字节。仅在这种情况下，根复合体（如果启用）将为供应商ID字段合成一个特殊的读取数据值，以向软件指示CRS

设备已返回完成状态。对于其他配置请求，或当CRS软件可见性未启用时，根联合体将重新发出配置请求，直到其完成，状态不同于CRS，如[第2.3.2节所述。](#bookmark162)

为了避免包含PCI Express到PCI/PCI-X桥接器的系统中的错误行为，系统软件和/或根复合体应理解第2.8节和第6.6节中所述的PCI/PCI-X代理的限制T rhf a。

类似地，包含PCIe组件的系统（其自初始化时间可能要求它们返回CRS完成状态（根据第6.6节中的规则））应提供某种重新发布配置的机制

以CRS状态终止的请求。在运行基于传统PCI/PCI-X的软件的系统中，根联合体必须使用硬件机制重新发出配置请求，以确保系统的正确枚举。

有关复位的更多信息，请参见第6.6

<2.3.1.1>读取请求数据返回

· 内存读取请求的单独完成可以提供少于请求的全部数据量，只要给定请求的所有完成在组合时恰好返回

读请求。

. 不同请求的完成不能合并。

. I/O和配置读取必须仅完成一次。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

. 完成的完成状态仅对应于与该完成返回的数据相关联的

如果完成状态不是成功完成，则会终止单个读取请求的完成

▪ 在这种情况下，长度字段中的值是未定义的，并且必须由接收器忽略

·完成不能包括比Max\_Payload\_Size允许的更多的数据。.接收方必须检查是否违反了这一规则。参见[第2.2节。](#bookmark6)

注意：这只是适用于所有具有数据有效负载的TLP的规则的一个特定情况

· 内存读取请求可以通过一次完成，在某些情况下，可以通过多次完成来完成

·读取完成边界（RCB）确定自然对齐的数据处理边界，在该边界上，允许完成者将单个读取请求的响应分解为多个完成。

.对于根复合体，RCB是64字节或128字节。

此值在链路控制寄存器中报告（请参见7.5.3.7部分）。

注意：网桥和端点可以实现相应的命令位，该命令位可以由系统软件设置， 指示根复合体的RCB值，允许网桥或端点在根复合体的RCB为128字节时优化其行为。

· 对于所有其他系统元素，RCB为128字节。

·对于未以整数倍RCB字节跨越自然对齐地址边界的请求，其完成必须包括请求中指定的所有数据。

· 对于以整数倍RCB字节跨越地址边界的请求，允许使用多个Completion来完成，但须遵守以下规则：

. 第一个完成必须从请求中指定的地址开始，如果成功，必须在以下地址之一结束

满足整个请求的地址

在请求的开始和结束之间的地址边界，RCB字节的整数倍

.如果最终的完成是成功的，它必须在满足整个请求的地址结束。第一个和最后一个完成之间的所有完成（不包括第一个和最后一个完成）必须是整数

长度为RCB字节

· 接收器可以可选地检查R CB的违反。如果实现此检查的接收方确定完成违反了此规则，则必须将完成作为格式错误的TLP处理。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

· 单个读取请求的多个内存读取完成必须以递增的地址顺序返回数据。

· 如果单个读取请求的所有内存读取完成都具有成功完成状态，则其有效负载的总和必须等于所请求的大小。

· 对于每个存储器读取完成，字节计数字段必须指示完成请求所需的剩余字节数，包括与完成一起返回的字节数，除非

位已设置。25

. 完成一个内存读取请求所需的字节总数计算如[表2-38所示。](#bookmark163)



25.只有PCI-X完成者设置了扩展位。PCI Express完成者不允许设置该位。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

◦ 如果使用多个完成来完成存储器读取请求，则每个连续完成的字节计数值是由前一个完成指示的值减去 字节与前面的完成返回。

·完成数据区域开始于由请求st指定的DW地址。在第一或唯一完成的第一或唯一数据DW中，仅在请求中的第一BE字段中配置为活动的字节包含有效的

数据如果在请求的第一个BE字段中配置为非活动，则将返回未定义的内容。

· 在最后一次成功完成的最后一个数据DW中，只有在请求中的最后一个BE字段中配置为活动的字节包含有效数据。在请求的Last BE字段中配置为无效的请求将返回

未定义的内容。

·所有完成数据字节，包括具有未定义内容的字节，都包括在所有CRC计算中。

[图2-44](#bookmark164)给出了上述情况的一个例子 该示例假定返回单个完成TLP。

请求

地址（DW）

开始

START +1

开始+ 2

START +3

字节0 字节1 字节2 字节2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 未定义内容 | 未定义内容 | 未定义内容 |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  | 未定义内容 | 未定义内容 | 未定义内容 |

请求

字节使能

第一个BE：1000

上一个BE：0001

长度= 4d;

Byte Count = 10d;

图2-44某些字节使能为0 b时的数据完成示例

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

100位使用

为了满足某些PCI-X协议约束，在一些实施例中，用于PCI-X突发读取的PCI-X桥或PCI-X完成器（Completer）可以包括： 在某些情况下，将设置拆分完成序列的第一个PCI-X事务中的字节计数字段，以指示仅第一个事务的大小，而不是整个突发读取的大小。发生这种情况时，PCI-XBridge/PCI-X

完成程序还将在第一个PCI-X事务中设置字节计数位，以指示字节计数字段已从其正常使用中修改。更多详细信息，请参考[PCI-X-2.0]。

PCI Express内存读取验证器需要正确处理PCI-X桥/PCI-X完成器 设置该位。 当这种情况发生时，返回到解码器的第一个读取完成数据包将具有置位，指示字节计数字段仅报告第一个数据包的大小，而不是整个剩余字节计数。在这一点上，解密器不应该得出结论，读取完成的其他数据包

失踪了

在读取完成的后续数据包中，将永远不会设置该字节位，因此这些数据包中的字节计数字段

随后的分组将总是指示每个实例中的剩余字节计数。因此，解密器可以使用这些分组中的字节计数字段来确定读取完成的其他分组是否丢失。

PCI Express完成者永远不会设置该位。



表2-38根据长度和字节启用计算字节计数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 第一个DW BE[3：0]（b） | 最后DW BE[3：0]（b） | 总字节计数 |
| 1xx1 | 000026 | 4 |
| 01x1 | 0000 | 3 |
| 1x10 | 0000 | 3 |
| 0011 | 0000 | 2 |
| 0110 | 0000 | 2 |
| 1100 | 0000 | 2 |
| 0001 | 0000 | 1 |
| 0010 | 0000 | 1 |
| 0100 | 0000 | 1 |
| 1000 | 0000 | 1 |
| 0000 | 0000 | 1 |
| xxx1 | 1xxx | 长度27 \* 4 |
| xxx1 | 01xx | （长度 \* 4）- 1 |
| xxx1 | 001x | （长度 \* 4）-2 |



26.请注意，0000b的Last DW BE仅允许长度为1 D W。

27.长度是由长度th字段中的值指示的DW的数量，并且乘以4以产生以字节为单位的数字。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 第一个DW BE[3：0]（b） | 最后DW BE[3：0]（b） | 总字节计数 |
| xxx1 | 0001 | （长度 \* 4）-3 |
| xx10 | 1xxx | （长度 \* 4）- 1 |
| xx10 | 01xx | （长度 \* 4）-2 |
| xx10 | 001x | （长度 \* 4）-3 |
| xx10 | 0001 | （长度 \* 4）-4 |
| X100 | 1xxx | （长度 \* 4）-2 |
| X100 | 01xx | （长度 \* 4）-3 |
| X100 | 001x | （长度 \* 4）-4 |
| X100 | 0001 | （长度 \* 4）-5 |
| 1000 | 1xxx | （长度 \* 4）-3 |
| 1000 | 01xx | （长度 \* 4）-4 |
| 1000 | 001x | （长度 \* 4）-5 |
| 1000 | 0001 | （长度 \* 4）-6 |

· 对于所有内存读取完成，低位地址字段必须指示与完成一起返回的数据的第一个启用字节的字节地址的低位。

.对于第一个（或唯一的）完成，完成程序可以从最低有效的5 2位请求地址与2位字节级地址连接，如[表2-39所示。](#bookmark165)

.对于任何后续的完成，除了由具有64字节的RCB值的根复合体生成的完成之外，低地址字段将始终为零。在这种情况下，低位地址字段的最低有效6位将始终为零，并且低位地址字段的最高有效位将根据64字节数据payload的对齐来切换。

表2-39从第一个DWBE计算低位地址

|  |  |
| --- | --- |
| 第一个DW BE[3：0]（b） | 下一个地址[1：0]（b） |
| 0000 | 00 |
| xxx1 | 00 |
| xx10 | 01 |
| X100 | 10 |
| 1000 | 11 |

·当读取完成以除了成功完成之外的完成状态生成时：完成时未包含数据

▪ 使用Cpl（或CplLk）en编码代替CplD（或CplDLk）。此完成是请求的最终完成

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

. 完成者不得传输此请求的其他完成

. 示例：完成者将请求分成四个部分进行服务;第二部分

完成具有完成程序中止完成状态;完成程序终止了对请求的服务，并且没有传输剩余的两个完成。

◦ 字节计数字段必须指示完成请求所需的剩余字节数（就像完成状态是成功完成一样）

◦ 如果完成状态为成功完成，则低位地址字段必须指示将随完成返回的数据的第一个启用字节的字节地址的低位



**执行说明**

受限规划模型

当设备的编程模型限制（与PCI Ex Press中允许的其他内容）尺寸和/或

如果设备未对齐指向设备的读请求，则允许该设备对违反编程模型的读请求使用完成程序中止完成状态。这意味着这种设备，

通常所有通信将在设备的驱动软件和设备本身之间进行的设备 不一定需要实现生成长度RCB的完成所需的缓冲。但是，在所有情况下，对于设备将完成的所有读取，必须遵守RCB指定的边界

成功完成状态。

示例：

1. 地址为10000 hand的内存读取请求C0 h字节长度（192小数）可以是

由RCB值为64字节的根复合体完成，并具有以下完成组合之一

192或128、64或64、128或64、64、64

2. 地址为10000 hand的内存读取请求C0h字节的长度（192十进制）可以是

由RCB值为128的根复合体通过以下完成组合（字节）之一的tes

192或128、64

3. 地址为1 0020 hand的内存读取请求长度为100 h字节（256十进制），

由具有64字节的RCB值的根复合体在以下完成组合（字节）之一中

256-或-

32、224-或-32、64、160-或-32、64、64、96-或-32、64、64、64、32-或-32、64、128、32-或-32、128、96-或-32、128、64、32-或-32

96、160 -或-96、128、32-或-96、64、96-或-96、64、64、32-或-160、96-或-160、64、32-或-224、32

4. 地址为1 0020手长度为100 h字节（十进制256）的内存读取请求可以由端点以以下完成组合（字节）之一完成：

256或96、160或96、128、32或224、32

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

2.3.2完井处理规则

·当设备接收到与该设备发出的任何未完成请求的事务ID不匹配的完成时，该完成被称为

· 如果接收到的完成与未完成请求的事务ID匹配，但是以某种其他方式与对应的请求不匹配（例如，属性、流量类、字节计数、较低

地址等），强烈建议接收方将完井作为畸形张力腿平台进行处理。

◦ 完成程序不得检查完成中的IDO属性（属性位2），因为

如第www.example.com节和第2.2.9节所述，不要求认证机构将IDO值从请求复制到该请求的完成[2.2.6.4](#bookmark66)[中。](#bookmark138)

◦ 然而，如果完成以其他方式正确地形成，则允许接收方将完成作为意外完成来处理。

·当交换机的入口端口接收到无法转发的完成时，该入口端口必须将该完成作为意外完成进行处理。这包括完成目标：

◦ 与上游端口相关的设备中不存在的功能，

◦ 与上游端口关联的总线上不存在的设备，

◦ 内部交换结构上不存在的设备或功能，或

◦ 在上游端口的总线号孔径内但未被任何下游端口声明的总线号。

· 接收意外完成是一个错误，必须根据以下规则进行处理：

◦ 接收意外完成的座席必须放弃该完成。

◦ 意外完成是与接收端口相关的已确认错误（参见第6.2节）。

注意：假设意外完成主要是由于完成的交换机路由错误而发生的。在这种情况下，请求的完成者可能不会收到其请求的完成，并且请求的完成者的完成可能会被拒绝。

机制（见第2.8节）将终止请求。

·完成状态不同于成功完成或配置请求验证状态（仅响应配置请求）的完成必须使验证者：

◦ 释放完成缓冲区空间和其他与请求相关的资源。

◦ 通过特定于计算机的机制处理错误（参见第6.2.3.2.5节）。

如果完成在启动FLR和目标功能完成FLR之间到达，则允许将完成作为意外完成 或者被静默地丢弃（在更新流控制信用之后）而不将其记录或标记为错误。一旦完成FLR，与在FLR之前发出的请求相对应的已接收完成必须作为意外完成处理，除非该功能已重新启用以发出请求。

· 根联合体处理配置请求的配置请求状态的完成是特定于实现的，除了系统重置之后的时间段（参见第6.6节）。对于根复合体

支持CRS软件可见性的，适用以下规则：

◦ 如果未启用CRS软件可见性，根联合体必须重新发出配置请求作为新请求。

◦ 如果启用了CRS软件可见性（见下文）：



28.对于仅字节计数或较低地址字段与存储器读取请求的预期值不匹配的情况，实际上建议接收器将完成处理为意外完成，因为不匹配可能是由先前的完成被误路由引起的。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

. 对于包括设备功能的配置空间报头的供应商ID字段的两个字节的配置读取请求，根组件必须完成请求以 通过为Vendor ID字段返回读数据值0001h， 请求中包含的额外字节。此读取数据值已被保留

专用于PCI-SIG的此用途，并且不对应于任何分配的供应商ID。

. 对于配置写入请求或任何其他配置读取请求，RootComplex必须重新发出配置请求作为新请求。

根联合体实现可以选择在确定请求的目标有问题并采取适当的动作之前限制配置请求/CRS完成状态循环的数量，例如，以主机身份完成请求

失败的交易

CRS软件可见性可通过根控制寄存器中的CRS软件可见性启用位启用（参见第7.5.3.12节），以控制

根端口的基础上。或者，根复合体行为可以通过根复合体寄存器块（RCRB）控制中的CRS软件 如第www.example.com节中所述7.9.7.4，允许一个或多个根端口或RCiEP的行为由单个启用位控制。对于这种替代情况，每个根端口或RCiEP经由根复合链路声明能力中的RCRB报头关联来声明其与特定使能位的关联（参见第7.9.8节）。每个根端口或RCiEP被允许由最多一个使能位控制。因此，例如，禁止其根控制寄存器包含使能位的根端口声明RCRB

与RCRB报头的关联还包括其RCRB报头中的启用位

能力。根端口或RCRB报头能力中是否存在

由相应的CRS软件可见性位指示（分别参见7.5.3.13和www.example.com部分7.9.7.3）。

·响应于除配置请求之外的请求而完成的具有验证请求验证状态的操作是非法的。接收方可以选择性地将这些违规报告为MalformedTLP。

◦ 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

·具有保留完成状态值的完成将被视为完成状态为不支持的请求（UR）。

·使用常规PCI报告机制报告具有不支持的请求或完成者中止的完成状态的完成（参见第7.5.1.1.4节）。

◦ 请注意，触发生成此类完成的错误条件由完成程序报告，如第6.2节所述。

·当接收到具有除成功完成之外的完成状态的读取完成或原子操作完成时

◦ 完成时未包含数据

. 使用Cpl（或CplLk）编码代替CplD（CplDLk）

◦ 此完成为任务的最终完成

. 授权者必须认为请求已终止，并且不期望额外的完成

. 对先前收到的部分完成的处理是特定于实施的

示例：完成器收到了它发出的128字节读请求的32字节读数据，然后它收到了带有完成器中止完成状态的完成。的

然后，编译器必须释放为该特定读请求分配的内部资源。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

读取具有UR完成状态的数据值

某些系统配置软件依赖于在配置读取时读取全为1的数据值

请求作为不支持的请求终止，特别是在探测以确定

系统中的设备。当为配置读请求返回UR完成状态时，旨在与依赖于全1的读数据值的软件一起使用的根复合体必须合成该值。



2.4交易排序

2.4.1交易排序规则

[表2-40](#bookmark166)定义了PCI Express事务的订购要求此表中定义的规则

PCIExpress上的所有类型的事务，包括内存、I/O、配置和消息。此表中定义的排序规则适用于单个流量类（TC）。 具有不同TC标签的事务之间不需要排序。注意，这还意味着在流过不同虚拟信道的业务之间不需要排序，因为不允许具有相同TC标签的事务被映射到多个VC上。 任何PCI Express链接。

对于[表2-40](#bookmark167)，列表示第一个发出的事务，行表示随后发出

交易日 表条目指示两个事务之间的排序关系。表条目定义如下：

是的

必须允许第二个事务（行）传递第一个事务（列）以避免死锁。(When如果发生阻塞，则要求第二事务通过第一事务。必须理解公平，

饥饿）。

Y/N

没有要求。第二事务可以可选地通过第一事务或被其阻止。

没有

第二个事务不能被允许通过第一个事务。这是支持生产者/消费者强订购模型所必需的。

表2-40排序规则汇总

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 行传递列？ | | 投递式请求  (Col（2） | 未发布请求 | | 完成（第5栏） |
| 读取请求  (Col（3） | NPR数据  (Col（四） |
| 已过帐的请求（A行） | | [a）否](#bookmark169)  [b）是/否](#bookmark170) | [是的](#bookmark171) | [是的](#bookmark172) | [a）是/否](#bookmark173)  [b）是](#bookmark174) |
| 未发布请求 | 读取请求（B行） | [a）否](#bookmark177)  [b）是/否](#bookmark178) | [Y/N](#bookmark179) | [Y/N](#bookmark180) | [Y/N](#bookmark181) |
| 带数据的NPR（C行） | [a）否](#bookmark183)  [b）是/否](#bookmark184) | [Y/N](#bookmark185) | [Y/N](#bookmark186) | [Y/N](#bookmark187) |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 行传递列？ | 投递式请求  (Col（二） | 未发布请求 | | 完成（第5栏） |
| 读取请求  (Col（3） | NPR数据  (Col（四） |
| 完成（D行） | [a）否](#bookmark189)  [b）是/否](#bookmark190) | [是的](#bookmark191) | [是的](#bookmark192) | [a）是/否](#bookmark193)  [b）否](#bookmark194) |

[表2-40](#bookmark167)中行标题和列标题的说明

发布**请求**是存储器写入请求或消息请求。

读取**请求**是配置读取请求、I/O读取请求或存储器读取请求。

**NPR**（Non-Posted Request）是一个配置写请求，一个I/O写请求，或者一个AtomicOp请求。

非**发布请求**是读请求或带数据的NPR。[表2-40](#bookmark167)各条目说明

[A2b](#bookmark168)

除非A2b适用，否则已发布的请求不得通过另一个已发布的请求。

设置了RO29的已发布请求被允许通过另一个已发布请求。30带有IDO集的已发布请求

如果两个验证器ID不同，或者如果两个请求都包含PASIDTLP前缀，并且两个PASID值不同，则允许传递另一个被丢弃的请求。

[A3和A4](#bookmark168)

发布请求必须能够传递未发布请求以避免死锁。

[A5a](#bookmark168)

已发布的请求允许通过完成，但不要求能够通过完成，除非A5b适用。

[A5b](#bookmark168)

在PCI/PCI-X总线段以常规PCI模式操作的PCI Express到PCI/PCI-X桥内，对于在PCI Express到PCI方向上行进的事务，发布请求必须能够通过完成以避免死锁。

[B2a](#bookmark176)

读请求不能通过发布请求，除非B2bapplie。

[B2b](#bookmark176)

如果两个发送者ID不同，或者如果两个请求都包含PASIDTLP前缀并且两个PASID值不同，则允许具有IDO集的读取请求传递发布请求。

[C2a](#bookmark175)

 除非C2b适用，否则带有数据的NPR不得通过已发布请求。



29.在本节中，“RO”是“Relaxed Ordering Attribut”字段的缩写。

30. 某些用法通过不实现此传递来启用（参见第7.5节中的无RO启用的PR-PR传递位）。3.15）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

[c2b的](#bookmark182)

允许具有数据和RO集31的NPR通过发布的请求。具有数据和IDO集的NPR 如果两个发送者ID不同，或者如果两个请求都包含PASIDTLP前缀，并且两个PASID值不同，则允许通过Posted Request。

[B3、B4、](#bookmark176)[C3、C4](#bookmark182)

允许一个未发布请求传递另一个未发布请求。

[B5、](#bookmark176)[C5](#bookmark182)

一个未发布的请求被允许通过一个完成。

[D2a](#bookmark188)

除非D2b适用，否则完成不能通过已发布的请求。

[D2b](#bookmark188)

允许I/O或重复写入完成32通过发布请求。 允许使用RO集完成以传递已发布请求。如果满足以下条件，则允许带有IDO集的完成传递已发布请求：

完成的完成者ID与已提交请求的完成者ID不同。

[D3和D4](#bookmark188)

完成必须能够传递未发布的请求以避免死锁。

[D5a](#bookmark188)

允许具有不同事务ID的完成相互传递。

[D5b](#bookmark188)

 具有相同事务ID的完成不能相互传递。这确保了多个完成

与单个存储器读取请求相关联的存储器读取请求将保持地址升序。附加规则：

· PCI Express交换机允许设置了Relax ed Ordering位的内存写入或消息请求传递任何以前发布的内存写入或消息请求，并向同一方向移动。开关 必须不加修改地转发“[宽松排序](#bookmark66)”属性。根复合体也允许所有数据

请求中的字节以任何顺序写入系统内存。(The字节必须写入正确的系统存储器位置。只是它们被写入的顺序未指定）。

· 对于根复合体和交换机，禁止内存写入组合（如[PCI]中所定义）。

◦ 注：这是必需的，以便允许设备优化其接收缓冲区和控制逻辑，以使存储器写入大小与其自然预期大小相匹配，而不是被要求 支持最大可能的内存写入有效负载大小。

·禁止组合存储器读取请求和/或不同请求的完成。

·[NoSnoop](#bookmark69)位不影响所需的排序行为。

· 对于根端口和交换机下游端口，对已发布请求或完成的接受不得取决于同一流量类别内未发布请求的传输。33

· 对于交换机上游端口，对投递请求或完成的接受不能依赖于在同一业务类别内的非投递请求的下游端口上的传输。34



31.注：并非所有带数据的NPR事务处理都允许具有RO集。

32.注：并非所有组件都可以将I/O和配置写入完成与其他完成区分开来。特别地，不充当相关联的加密器或完成器的路由元件通常不能进行这种区分。 组件不能将此规则应用于I/O和配置写入完成，除非它确定关联的请求类型。

33. 满足上述规则是确保无死锁操作的必要条件，但不是充分条件。无死锁操作取决于系统拓扑、支持的虚拟信道的数量以及配置的业务类到虚拟信道的映射。 规范平台和系统约束以确保无死锁操作不在本规范的范围内（有关相关问题的讨论，请参见附录D）。

34. 满足上述规则是确保无死锁操作的必要条件，但不是充分条件。无死锁操作取决于系统拓扑、支持的虚拟信道的数量以及配置的业务类到虚拟信道的映射。 规范平台和系统约束以确保无死锁操作不在本规范的范围内（有关相关问题的讨论，请参见附录D）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 对于端点、网桥和交换机上游端口，接受Posted R请求不得取决于来自同一流量类别内的同一上游端口的任何TLP的传输。35

· 对于端点、网桥和交换机上游端口，对非发布请求的接受不能依赖于来自同一流量类别内的同一上游端口的非发布请求的传输。36

· 对于端点、网桥和交换机上游端口，完成的接受不得取决于来自同一流量类别内的同一上游端口的任何TLP的传输。37

请注意，端点永远不允许阻止接受完成。

·为未发布请求发出的完成信息必须以与相应的未发布请求相同的流量类别返回。

· 支持对等操作的根复合体和交换机必须对所有转发的流量执行这些事务排序规则。

为了确保无死锁操作，设备不应将流量从一个虚拟通道转发到另一个虚拟通道。的

用于避免系统中死锁的约束规范不在本文档的范围之内，其中设备在虚拟通道之间转发或translate事务（有关相关问题的讨论，请参见附录D）。



35. 满足上述规则是确保无死锁操作的必要条件，但不是充分条件。无死锁操作取决于系统拓扑、支持的虚拟信道的数量以及配置的业务类到虚拟信道的映射。 规范平台和系统约束以确保无死锁操作不在本规范的范围内（有关相关问题的讨论，请参见附录D）。

36. 满足上述规则是确保无死锁操作的必要条件，但不是充分条件。无死锁操作取决于系统拓扑、支持的虚拟信道的数量以及配置的业务类到虚拟信道的映射。为确保无死锁操作而规范的平台和系统约束超出了本规范的范围（有关相关问题的讨论，请参阅附录D）。

37. 满足上述规则是确保无死锁操作的必要条件，但不是充分条件。无死锁操作取决于系统拓扑、支持的虚拟信道的数量以及配置的业务类到虚拟信道的映射。 规范平台和系统约束以确保无死锁操作不在本规范的范围内（有关相关问题的讨论，请参见附录D）。

第180页

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

大内存读取与多个较小内存读取

注意，与[表2-40](#bookmark167)中的条目D5 b相关联的规则确保对于单个存储器读请求，

如果有多个完成，则将按地址顺序返回完成。然而，规则

与条目D5a相关联的完成允许与不同存储器读请求相关联的不同完成

可能会以与请求的发布顺序不同的顺序返回。例如，如果设备从位置1000h发送256字节的单个存储器读取请求，并且使用每个128字节的两个完成（参见[第www.example.com节2.3.1.1](#bookmark144)）返回请求，则保证两个完成将按以下顺序返回：

第1次完成返回：1000 h至107 Fh的数据。第2次完成返回：1080 h至10 FFh的数据。

但是，如果设备发出两个128字节的内存读取请求，首先发送到位置1000 h，然后发送到位置1080 h，则两个完成可能以以下任一顺序返回：

第1次完成返回：1000 h至107 Fh的数据。第2次完成返回：1080 h至10 FFh的数据。

─或─

第一次完成返回：1080小时至10 FFh的数据。第二次完工返回：从1000小时到107 Fh的数据。



2.4.2读事务所观察到的更新顺序和粒度

如果使用单个事务的完成器从完成器读取数据块，并且完成器的数据缓冲区正在被并发地更新，则数据中反映的多个更新的顺序和每个更新的粒度

由读取返回的值超出了本说明书的范围。 这既适用于PCI Express写事务执行的更新，也适用于其他机制（如主机CPU更新主机内存）执行的更新。

如果使用单个事务的完成器从完成器读取数据块，并且完成器的数据缓冲区

在由不在PCI Express结构上的一个或多个实体同时更新的情况下，在由读取返回的数据中反映的多个更新的排序和每个更新的粒度在本说明书的范围之外。

作为更新顺序的示例，假设数据块在主机存储器中，并且主机CPU首先写入到

位置A，然后到不同的位置B。使用单个读取事务读取该数据块的解密器不会

保证遵守这些更新的顺序。换句话说，无论位置A和B在数据块内的放置如何，更新器都可以观察位置B中的更新值和位置A中的旧值。Unlessa

完成者对更新排序做出自己的保证（在本规范之外），依赖于更新排序的请求者必须在启动后续读取之前通过一个读取事务观察位置B的更新 到位置A以返回其更新的值。

作为更新粒度的示例，如果主机CPU将QW写入主机存储器，则从主机存储器读取该QW的解密器可以观察到更新的QW的一部分以及包含旧值的QW的另一部分。

虽然本规范没有要求，但强烈建议主机平台保证，当主机CPU将对齐的DW或对齐的QW写入主机内存时，PCI Express读取所观察到的更新异常将不会发生。

比DW小

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

执行说明

Cachelines之间无需排序

一个根复合体作为一个完成者来完成从主机请求多个缓存行的单个备忘录读取 允许存储器并发地获取多个高速缓存行，以帮助促进多高速缓存行完成，这取决于Max\_Payload\_Size。这些高速缓存行提取之间不需要排序关系。



2.4.3由写事务提供的更新排序和粒度

如果包含多个DW和[宽松排序](#bookmark66)位清除的单个写入事务被完成者接受，则对完成者的数据缓冲器内的位置的更新的所观察到的排序必须是递增地址顺序。 在沿着路径的PCI或PCI-X桥将多个写入事务组合到

一个人。但是，观察到的对完成程序的数据缓冲区的更新的粒度超出了本规范的范围。

虽然本规范没有要求，但强烈建议主机平台保证当PCIExpress写入更新主机存储器时，主机CPU观察到的更新粒度将不小于DW。

作为更新排序和粒度的示例，如果解密器将QW写入主机存储器，则在某些情况下，从主机存储器读取该QW的主机CPU可以观察到更新的第一DW和包含旧值的第二DW。

2.5虚拟通道（VC）机制

虚拟通道（VC）机制支持在整个结构中承载差异化的流量

使用TC标签。VC的基础是独立的结构资源（队列/缓冲区和相关的控制逻辑）。 这些资源用于在不同VC之间通过完全独立的流控制跨链路移动信息。 这是解决流量控制引起的阻塞问题的关键，其中单个业务流可能为系统内的所有业务产生瓶颈。

通过将具有特定TC标签的分组映射到其对应的VC，业务与VC相关联。VC和

多功能虚拟信道（MFVC）机制允许TC到VC的灵活映射。在最简单的形式中，TC可以以1：1的方式映射到VC。为了实现性能/成本权衡，PCI EXpress提供以下功能：

将多个TC映射到单个VC上。[第2.5.2节](#bookmark195)介绍TC到VC映射的详细信息。

当一个或多个TC与物理VC资源相关联时，建立虚拟信道，该物理VC资源由 虚拟通道标识（VC ID）。该过程由第6.3节、第7.9.1节和第7.9.2节所述的配置软件控制。

对默认TC 0/VC 0对以外的TC和VC的支持是可选的。TC0与VC 0的关联是固定的，即，

“硬连线”，并且必须由所有组件支持。因此，基线TC/VC设置不需要任何

VC专用硬件或软件配置。为了确保互操作性，未实现可选虚拟信道能力结构或多功能虚拟信道能力结构的组件必须遵守以下规则：

·编译器只能生成带有TC0标签的请求。(Note 如果编译器使用TC 0以外的TC标签发起请求，则请求可能会被另一端的组件视为格式错误，

实现扩展VC上限功能并应用TC过滤的链接。）

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

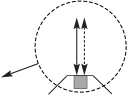
·完成者必须接受TC标签非TC 0的请求，并且必须保留TC标签。 也就是说，它生成的任何完成都必须具有与请求标签相同的TC标签。

·交换机必须将所有TC映射到VC 0，并且必须转发所有事务，而不管TC标签如何。

包含能够生成具有TC标签而非TC 0的请求的功能的设备必须实现适当的VC或MFVC能力结构（如适用），即使它仅支持默认VC。示例函数类型包括

端点和根端口。这是为了启用默认配置之外的TC映射所必需的。根据VC和MFVC能力结构的软件编程，它必须遵循TC/VC映射规则。

[图2-45](#bookmark196)说明了虚拟通道的概念。从概念上讲，流经VC的业务在发送侧被复用到公共物理链路资源上，并在接收侧被解复用到单独的VC路径中。



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 根复合体 |  | |
|  |  |

分组

VC0

VCN

VC0

VCN

单个链路

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |



VCN

VCN

|  |
| --- |
| 组分B |

|  |
| --- |
| 组分E |

|  |
| --- |
| 组分A |

|  |
| --- |
| 组分C |

|  |
| --- |
| 组分D |



有两个VC



《链路



分组

开关



VC0

VC0

默认VC（VC 0）

另一个VC

OM13760

图2-45虚拟通道概念-一个示意图

在交换机内部，每个虚通道都需要专用物理层[图2-46从概念上](#bookmark197)显示了交换机（如[图2-45所示）](#bookmark196)内支持上行方向业务流所需的虚通道资源。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

下游端口

开关



VC#0



VC#0



VC#0







VC#1

VC#1

上游端口

OM13761

图2-46虚拟通道概念-交换机内部构件（上游流）

MFD可以实现类似于交换机中的虚拟信道资源的子集的虚拟信道资源，以用于管理从不同功能到设备的上游出口端口的上游请求的服务质量（QoS）。

执行说明

VC和VC缓冲注意事项

超过每个支持VC的架构最小值的缓冲量是特定于实现的。

在给定链路上的所有VC之间，超出架构最小值的缓冲不需要相同。也就是说，实现可以根据实现使用为所选择的VC提供更大的缓冲器深度

模型和其他链路属性，例如，链路宽度和信令。

实现可以基于从配置和VC启用导出的特定于实现的策略来调整它们的每个VC的缓冲。例如，如果四个VC实现仅启用了两个VC，则该实现可以将未启用的VC缓冲分配给启用的VC以提高结构效率。 通过减少由于链路级流量控制而导致的织物背压的可能性来提高性能。

对于多端口组件（交换机或根复合体）的所有端口，所支持的VC的数量以及每个端口每个VC的相关联的缓冲不需要相同。



2.5.1虚拟信道标识（VC ID）

PCI Express端口可以支持1到8个虚拟通道-因此每个端口都是独立配置/管理的

允许实现基于特定于使用模型的要求来改变每个端口所支持的VC的数量。 这些VC使用VC ID机制唯一地标识。

注意，虽然DLLP包含用于流控制计费的VC ID信息，但TLP不包含。如第2.5.2节中所讨论的，使用TC到VC映射在链路的每个端口处完成TLP与VC ID的关联以用于流控制计费[。](#bookmark198)

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

所有支持VC 0以上的端口必须根据中的定义提供至少一个VC功能 第7.9.1节。允许MFD实现第7.9.2节中定义的MFVC能力结构。对于仅支持默认TC 0/VC 0配置的端口，提供这些扩展结构是可选的。配置

软件负责在链路两端为匹配数量的VC配置端口。这是

这是通过扫描层次结构并使用与端口（支持多于默认VC 0）相关联的VC或MFVC能力寄存器来建立链路的VC数量来完成的。Port内VC硬件资源分配VC ID的规则如下：

·VC ID分配必须是每个端口唯一的-同一VC ID不能被分配给同一端口内的不同VC硬件资源。

·对于链路两侧的两个端口，VC ID分配必须相同（在VC数量及其ID方面匹配）。

· 如果MFD实现MFVC能力结构，则其VC硬件资源不同于VC

与其功能的任何VC能力结构相关联的硬件资源。VC ID唯一性

要求（上面第一个项目符号）仍然单独适用于MFVC和任何VC能力结构。在 此外，VC ID交叉链路匹配要求（上面的第二个项目符号）适用于MFVC能力

结构，但不是函数的VC能力结构。

·VC ID 0被分配并固定到默认VC。

2.5.2 TC到VC映射

每个受支持的业务类都必须映射到其中一个虚拟信道。 TC0到VC0的映射是固定的。

TC0以外的TC的映射是系统软件特定的。但是，映射算法必须遵守以下规则：

·一个或多个TC可以被映射到VC。

·OneTC不得映射到任何端口或端点功能中的多个VC。

·TC/VC映射对于链路两侧的端口必须相同。

[表2-41](#bookmark199)提供了TC到VC映射的示例。

表2-41 TC到VC映射ping示例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 支持VC ++ | | TC/VC映射选项 |
| VC0 | | TC（0-7）/VC0 |
| VC0、VC1 | | TC（0-6）/VC 0，TC 7/VC 1 |
| VC0-VC3 | | TC（0-1）/VC0，TC（2-4）/VC1，TC（5-6）/VC2，TC 7/VC3 |
| VC0-VC7 | | TC[0：7]/VC[0：7] |
| 关于公约的说明：  TCn/VCk  TC（n-m）/VCk  TC[n：m]/VC[n：m] | TCn映射到VCk  将范围n-m中的所有TC映射到VCk（即，同一个VC）  TCn/VCn，TCn+1/VCn+1，...，TCm/VCm | |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

[图2-47](#bookmark200)提供了几种不同链路配置中TC到VC映射的图示。有关TC/VC的其他注意事项，请参见第6.3节。

链路

开关

|  |
| --- |
| 端点  TC[0：7] |

链路



VC0

TC[0：6]TC 7

VC0



TC[0：7]

VC1

映射

链路

|  |
| --- |
| 端点  TC[0：1]  TC[2：4]  TC[5：6]  TC7 |



VC0

VC1

VC2

VC3



映射

开关

TC[0：1]

-

链路

TC[5：6]

TC7



VC0

TC[0：1]



VC1

TC[2：4]

链路

|  |
| --- |
| 端点  TC[0：1]  TC[2：4]  TC[5：6]  TC7 |



VC2

TC[5：6]



VC0

VC1

VC2

VC3

TC[0：1]

VC3

TC7

TC[2：4]

|  |
| --- |
| TC[0：6]  TC7  根  复杂  TC[0：1]  TC[2：4]  TC[5：6]  TC7 |

TC[5：6]



TC7

OM13762

图2-47 TC/VC转换器示例

2.5.3 VC和TC规则

以下是与TC/VC机制相关的关键规则的摘要

·所有设备必须支持通用I/O业务类，即，TC0，必须实现默认的VC 0。

· 每个虚拟通道（VC）具有独立的流量控制。

·不同TC之间不需要排序关系

·不同VC之间不需要排序关系

·交换机的对等能力适用于交换机支持的所有虚拟信道。

·MFD在不同功能之间的对等能力适用于MFD支持的所有虚拟信道。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

·具有未映射到入口端口中的任何启用的VC的TC的事务被接收设备视为格式错误的TLP。

· 对于交换机，具有未映射到目标出口端口中的任何启用的VC的TC的事务被视为格式错误的TLP。

· 对于根端口，具有未映射到目标RCRB中的y个已启用VC的TC的事务被视为格式错误的TLP。

· 对于具有MFVC能力结构的MFD，具有未映射到MFVC能力结构中启用的VC的TC的任何事务被视为格式错误的TLP。

·交换机必须支持每个端口的独立TC/VC映射配置。

·根复合体必须支持用于每个RCRB、相关联的根端口和任何RCiEP的独立TC/VC映射ping配置。

有关VC和TC机制的更多详细信息，包括配置、映射和仲裁，请参见第6.3节。

2.6排序和接收缓冲区流控制

流控制（FC）用于防止接收方缓冲区溢出，并使其符合排序规则

在第2.4节中定义[。](#bookmark68)请注意，流量控制机制被路由器用来跟踪链路上代理中可用的队列/缓冲区空间，如[图2-48所示](#bookmark201)。也就是说，流控制是点对点的（跨链路）而不是端到端的。流控制并不意味着请求已经到达其最终完成者。

|  |
| --- |
| 中间组分 |

|  |
| --- |
| 终极 完成者 |

链路

链路

|  |
| --- |
| 请求者 |

OM13776

图2-48完成者与最终完成者的关系

流控制与用于实现发送器和接收器之间的可靠信息交换的数据完整性机制正交。流控制可以将TLP信息从发送器到接收器的流动视为完美的，

因为数据完整性机制确保通过重传纠正损坏和丢失的TLP（参见第3.6节）。

每个虚拟信道维护独立的流控制信用池。FC信息使用DLLP在链路的两侧之间传送。DLLP的VC ID字段用于携带正确流所需的VC ID

控制信贷会计。

MFD内部使用的流控制机制不在本规范的范围内。

流量控制由事务层与数据链路层合作处理。事务层

对接收到的TLP执行流控制计费功能，并基于传输可用的信用“门控”TLP传输，即使这些TLP最终被无效。

注：流量控制是事务层的功能，因此，在接口上传输的以下类型的信息与流量控制信用不相关：LCRC、分组成帧符号、其他特殊符号，

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

以及数据链路层到数据链路层的相互通信分组。这一事实的含义是，这些类型的信息必须由接收器以它们到达的速率进行处理（除非在本说明书中明确指出）。

此外，从事务层传输到数据链路层和物理层的任何TLP必须首先通过流控制 由于链路上的错误而重复传输TLP。

2.6.1流量控制规则

在本说明书的这个和其它部分中，使用设备可以使用以便实现符合的实现的概念性“寄存器”来描述规则。 此描述并不暗示或要求特定的实现，仅用于阐明要求。

· 流控制信息使用流控制分组（FCP）传输，FCP是DLLP的一种类型（参见第3.5节）。

·流控制信用的单位是用于数据的4DW

· 对于标题：

◦ 不支持TLP前缀的接收机的流控制信用的单位是一个最大大小的报头和TLP摘要的总和。

◦ 支持端到端TLP前缀的接收器的流控制信用的单位是1

最大大小报头、TLP摘要和TLP中允许的端到端TLP前缀的最大数量。

◦ 支持本地TLP前缀的接收机的流控制管理取决于本地TLP前缀类型。

· 每个虚拟通道具有独立的流量控制。

·流量控制区分三种类型的TLP（注意与排序规则的关系-参见[第2.4](#bookmark68)）：

◦ 已发布请求（P）-消息和内存写入

◦ 非发布请求（NP）-所有读取、I/O写入、配置写入和原子操作

◦ 完成（Cpl）-与相应的NP请求相关联

·此外，流量控制在三种类型中的每一种中区分以下类型的TLP信息

◦ 集管（H）

◦ 数据（D）

·因此，如表2-42所示，每个虚拟信道的流量控制跟踪六种类型的信息[。](#bookmark202)

表2-42流量控制信用类型

|  |  |
| --- | --- |
| 信用类型 | 此类型TLP信息的注释 |
| pH | 已发布的请求标题 |
| PD | Posted Request Data payload |
| NPH | 未发布的请求标题 |
| NPD | 非发布请求数据有效负载 |
| CplH | 完成标题 |
| CPLD | 完成数据 |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

·TLP消耗流量控制信用，如[表2-43所示。](#bookmark203)

表2-43 TLP流量控制信用消耗

|  |  |
| --- | --- |
| TLP | 信用卡消费38 |
| 内存、I/O、配置读取请求 | 1个NPH装置 |
| 存储器写入请求 | 1个PH + n个PD单位39 |
| I/O、配置写请求 | 1名国家方案干事+ 1名国家方案干事  注意：写入的数据大小永远不会超过1（对齐）DW |
| AtomicOp请求 | 1个NPH + n个NPD单位 |
| 没有数据的消息请求 | 1个PH单位 |
| 带数据的消息请求 | 1个PH + n个PD单位 |
| 存储器读取完成 | 1个CplH + n个CplD单位 |
| I/O、配置读取完成 | 1个CplH单元+1个CplD单元 |
| I/O、配置写入完成 | 1个CplH单元 |
| AtomicOp完成 | 1个CplH单元+1个CplD单元  注意：返回的数据大小永远不会超过4个（对齐）DW。 |

·组件必须为该组件支持的所有虚拟信道实现独立的流控制。

· 流量控制仅针对默认虚拟信道（VC 0）由硬件自主初始化。

◦ 复位后，数据链路层处于DL\_Init状态时，VC0初始化（参见第3.2节和第3.4节）。

·当其他虚拟通道由软件启用时，每个新启用的虚拟通道将遵循流量控制初始化协议（参见第3.4节）。

◦ 软件通过设置链路上两个组件中虚拟通道的VC使能位来使能虚拟通道（参见第7.9.1节和第7.9.2节）。

注：多个VC可能同时遵循流量控制初始化协议-每个VC都作为独立过程遵循初始化协议。

·软件通过清除链路上的两个组件中的虚拟通道的VC启用位来禁用虚拟通道。

◦ 禁用组件的虚拟通道将重置该组件中该虚拟通道的流控制跟踪机制。

· InitFC1和InitFC2 FCP仅用于流量控制初始化（参见第3.4节）。

·指定被禁用的虚拟通道的InitFC 1、InitFC 2或UpdateFC FCP被丢弃而不起作用。



38.每个报头信用意味着接受TLP摘要以及对应的TLP的能力。

39.对于出现“n”的所有情况，n =舍入（长度/FC单元大小）。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 在任何虚拟通道的FC初始化期间，包括作为链路的一部分初始化的默认

初始化时，接收机必须首先通告等于或大于[表](#bookmark204)[2-44中所示值的VC信用值。](#bookmark205)

◦ 如果不支持或支持但未激活缩放流量控制，请使用“比例因子1”列中的值。

· 如果支持并激活了缩放流量控制，则使用与该信用类型相关的缩放因子列中的值（参见第3.4.2节）。

表2-44最小初始流量控制广告

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 信用类型 | 最小广告 | | |
| 无缩放或缩放因子1 | 比例因子4 | 比例因子16 |
| pH | 1个单位-01 h的信用值。 | 4个单位-01 h的信用值 | 16个单位-01小时的信用值 |
| PD | 的最大可能设置  组件的Max\_Payload\_Size 除以FC单位大小。对于MFD，这包括设备中的所有功能。  示例：如果最大Max\_Payload\_Size  支持的值为1024字节，最小 允许的初始信用值为040h。 | 上限（最大Max\_Payload\_Size/（FC单元尺寸\*4））+ 1。对于MFD， 这包括所有的乐趣，  设备.  示例：如果最大  支持的Max\_Payload\_Size值  是1024字节，最小的  允许的初始信用值为011h。 | 上限（最大Max\_Payload\_Size/（FC Unit Size\* 16））+ 1。对于MFD，这包括  设备.  示例：如果最大  支持的Max\_Payload\_Size值  为1024字节，最小  允许的初始信用值为005h。 |
| NPH | 1个单位-01 h的信用值。 | 4个单位-01 h的信用值 | 16个单位-01小时的信用值 |
| NPD | 支持AtomicOp路由功能的接收器或任何AtomicOp完成器 能力：2个单位-信用值为002 h  所有其他接收器：1个单位-001 h的信用值。 | 支持AtomicOp的接收器 路由能力或任何原子操作完成器能力：8个单元-  002h的信用值  所有其他接收器：4个单位-001 h的信用值。 | 支持AtomicOp的接收器 路由能力或任何原子操作完成器能力：32个单元-  002h的信用值  所有其他接收器：16个单位-001 h的信用值。 |
| CplH | 根复合体（支持点对点  所有根端口之间的流量）和交换机：1个FC单元-信用值为01小时  根复合体（不支持所有根端口之间的对等流量）和端点：无限FC单元-所有  0s。41 | 根复合体（支持  所有节点之间的点对点  根端口）和交换机：4个FC单元-信用值为01小时  根复合体（不支持  所有节点之间的点对点 根端口）和端点：无限FC单位-初始信用值全部为0。42 | 根复合体（支持  所有节点之间的点对点  根端口）和交换机：16个FC单元-信用值为01小时  根复合体（不支持  所有节点之间的点对点 根端口）和端点：无限FC单位-初始信用值全部为0。43 |
| CPLD | 根复合体（支持点对点 所有根端口之间的流量）和交换机：  的最大可能设置  组件的Max\_Payload\_Size除以FC UnitSize。 | 根复合体（支持  所有根端口之间的对等流量）和交换机：  上限（最大Max\_Payload\_Size/（FC单元尺寸 \*4））+ 1。 | 根复合体（支持  所有根端口之间的对等流量）和交换机：  上限（最大Max\_Payload\_Size/（FC UnitSize \* 16））+ 1。 |

|  |
| --- |
| 40. PCI Express到PCI/PC I-X桥的要求在[PCIe-to-PCI-PCI-X-Bridge-1.0]中解决。 |
| 41. 该值被变送器解释为无穷大，因此变送器永远不会节流。 |
| 42. 该值被变送器解释为无穷大，因此变送器永远不会节流。 |
| 43. 该值被变送器解释为无穷大，因此变送器永远不会节流。 |

页190

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 信用类型 | 最小广告 | | |
| 无缩放或缩放因子1 | 比例因子4 | 比例因子16 |
|  | 根复合体（不支持对等 | 根复合体（不支持 | 根复合体（不支持 |
|  | 所有根端口之间的流量）和端点： | 所有节点之间的点对点 | 所有节点之间的点对点 |
|  | 无限FC单位-所有0的初始信用值。 | 根端口）和端点：无限 | 根端口）和端点：无限 |
|  |  | 本币单位-所有单位的初始信用值 | 本币单位-所有单位的初始信用值 |
|  |  | 0s。 | 0s。 |

·在根端口之间不支持对等流量的根复合体必须在每个根端口上通告无限的完成信用。

·支持其一些或所有根端口之间的对等流量的根复合体可以可选地

在这些根端口上通告非无限的完成信用。在这种情况下，根联合体必须确保避免死锁，并保持针对根的完成的向前进展

复杂.请注意，由于RC转发的非发布请求可能没有显式分配完成缓冲区空间，因此可能会暂时停止完成请求（由于暂时缺乏信用）。

·不支持Scaled流量控制的接收器累积发出的流量不得超过2047

对于数据有效载荷，将未使用的信用分配给发送器，或者对于报头，将未使用的信用分配给发送器127。支持缩放流控制的接收器决不能累积地向

变送器的最大信用值比表3-2所示的最大信用值高。

. 组件可以有选择地检查是否违反此规则。如果实现此检查的组件确定违反此规则，则该违反是流控制协议错误（FCPE）。

▪ 如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）

· 如果在初始化期间已发出无限信用通告（值为00h或000h），则初始化后无需进行流量控制更新。

.如果发送UpdateFC DLLP，则信用值字段必须为Clear，并且必须被Receiver忽略。接收器可以可选地检查非零更新值（违反此规则）。如果

如果实现此检查的组件确定违反此规则，则该违反是流控制协议错误（FCPE）

▪ 如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）

· 如果给定类型（P、NP或Cpl）的数据或头广告（但不是两者）已使用 如果在初始化期间存在无限信用，则仍然需要UpdateFC DLLP的传输，但是与数据/报头对应的信用字段（被通告为无限）必须被设置为零并且必须被 接收机

. 接收器可以可选地检查非零更新值（违反此规则）。如果执行此检查的接收器确定违反此规则，则该违反是流控制协议错误（FCPE）。

▪ 如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

· 如果激活了Scaled Flow Control，则UpdateFC中的HdrScale和DataScale字段必须与初始化期间通告的值匹配（请参见第3.4.2节）。

. 接收方可以选择性地检查是否违反该规则。如果执行此检查的接收器确定违反此规则，则该违反是流控制协议错误（FCPE）。

▪ 如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

·使用未被启用的VC的接收到的TLP是经修改的TLP。. VC0始终使能。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

.对于VC 1-7，当VC资源中对应的VC启用位时，VC被认为已启用 控制寄存器已置位，一旦该VC的FC协商退出FC\_INIT 1状态并进入FC\_INIT 2状态（见第3.4节）。

. 这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

·不允许使用任何VC0-7的TLP传输，直到通过退出FC\_INIT 2状态完成该VC的初始化。

对于VC 1-7，软件必须使用VC资源状态寄存器中的VC协商挂起位，以确保通过退出链路上两个组件中的FC\_INIT 2状态完成协商之前不使用VC。

表2-45中描述了以下章节中使用的**[FieldSize]**参数（参见第3.4.2节）。

表2-45 [字段大小]值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 缩放流量  支持的控制 | HdrScale或DataScale | [[字段大小]](#bookmark206)  用于PH、NPH、CplH | [[字段大小]](#bookmark206)  用于PD、NPD、CplD |
| 没有 | X | 8 | 12 |
| 是的 | 00b | 8 | 12 |
| 是的 | 01b | 8 | 12 |
| 是的 | 10b | 10 | 14 |
| 是的 | 11b | 12 | 16 |

<2.6.1.1>传输器跟踪的FC

·对于跟踪的每种类型的信息，存在针对流控制TLP传输门控跟踪的两个量

. **信用\_消费**

▪ 自流量控制初始化以来，TLP传输所消耗的FC单元总数的计数，模2 [[字段大小]](#bookmark206)（其中[[字段大小]](#bookmark206)在[表2-45中定义）](#bookmark207)。

在接口初始化时设置为全

▪ 为每个TLP更新，事务层允许通过流控制门进行传输，如图所示：

[CREDITS\_CONSUMED](#bookmark208)：=（[CREDITS\_CONSUMED](#bookmark208)+增量）mod2[[字段大小]](#bookmark206)

公式2-1[CREDITS\_CONSUMED](#bookmark208)

（其中增量是通过门的TLP的相应部分的FC信用的大小，[字段大小]在[表2-45](#bookmark207)中定义

. **信用额度**

接收方合法公布的FC单位的最新数量。这个量

表示自流量控制初始化以来接收器可用的FC信用总数，模2 [[字段大小]](#bookmark206)（其中[[字段大小]](#bookmark206)在[表2-45中定义）](#bookmark207)。

▪ 接口初始化时未定义

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

. 设置为流量控制初始化期间指示的值。 对于收到的每个FC更新，

. 如果[CREDIT\_LIMIT](#bookmark209)不等于更新值，则将[CREDIT\_LIMIT设置](#bookmark209)为更新值

· 如果发送器检测到准备发送的TLP格式错误，强烈建议发送器丢弃该TLP并将该情况作为不可纠正的内部错误处理。

· 如果发送器检测到它准备发送的TLP看起来是正确形成的，但是具有坏的ECRC，则强烈建议发送器发送TLP并更新其内部流控制信用

相应地

·发射机门控功能必须确定是否已通告足够的信用以允许

传输给定的TLP。如果发送器没有足够的信用来传输TLP，则它必须阻止TLP的传输，这可能会阻止使用相同虚拟通道的其他TLP。的

发送器必须遵循第2.4节中指定的排序和死锁避免规则[，](#bookmark68)这要求某些类型的TLP必须在其他特定类型的TLP被阻塞时绕过其他特定类型的TLP。请注意，TLP

使用不同的虚拟通道没有顺序关系，不得互相阻塞。

·变送器选通功能测试按如下方式执行：

◦ 对于每种所需的学分类型，所需的学分数计算如下：

**CREDITIVE\_CREDITS\_REQUIRED**=（[CREDITS\_CONSUMED](#bookmark208)+待定TLP所需的cr编辑单位）mod2[[字段大小]](#bookmark206)

公式2-2[解释性\_信用\_必需](#bookmark210)

◦ 除非在流量控制初始化期间[CREDIT\_LIMIT](#bookmark209)被指定为“无限”，否则如果对于TLP中的每种类型的信息，以下等式为：

满足（使用无符号算术）：

[（CREDIT\_LIMIT](#bookmark209)-[CREDITIVE\_CREDITS\_REQUIRED）](#bookmark210)mod 2[[字段大小]](#bookmark206) ≤ 2[[字段大小]](#bookmark206)/2

公式2-3变送器栅极

◦ 如果[在流控制初始化期间CREDIT\_LIMIT](#bookmark209)被指定为“无限”，则对于该类型的信用无条件地满足门控函数。

◦ 请注意，某些类型的交易需要多种类型的信用。(For 例如，内存写入请求需要PH和PD信用。）

·在对信贷使用和回报进行核算时，来自不同TLP的信息绝不会在一个信贷中混合。

·当某些TLP因缺乏FC信用而无法传输时，在确定必须允许哪些类型的TLP绕过失速的TLP时，发送器必须遵循第2.4节中规定的排序规则。

·交易的FC积分的返回不得被解释为意味着该交易已完成或达到系统可验证性。

◦ 流控制信用返回仅用于接收缓冲区管理，并且代理不能 根据返回值对交易的完成状态或系统可见性的任何

或缺少流量控制信息的返回。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

·当发送器发送空化的TLP时，发送器不修改[该TLP的CREDITS\_CONSUMED](#bookmark208)（参见www.example.com部分3.6.2.1）。

接收方跟踪<2.6.1.2>FC

·对于跟踪的每种类型的信息，跟踪以下量以用于流控制TLP接收器核算：

. **信贷\_分配**

▪ 自初始化以来授予发送器的信用总数的计数，模2 [[字段大小]](#bookmark206)（其中[[字段大小]](#bookmark206)在[表2-45中定义）](#bookmark207)

▪ 根据接收方的缓冲区大小和分配策略进行初始设置

该值包含在InitFC和UpdateFC DLLP中（请参见第3.5节）

▪ 随着接收方事务层通过处理接收到的TLP提供额外的接收缓冲区空间而递增

更新如下：

[CREDITS\_ALLOCATED](#bookmark211)：=（[CREDITS\_ALLOCATED](#bookmark211)+增量）mod 2[字段大小]

公式2-4[CREDITS\_ALLOCATED](#bookmark211)

（其中增量对应于可用的信用，[字段大小]在[表2-45中定义）](#bookmark207)

. **CREDITS\_RECEIVED**（可选-用于下面描述的可选错误检查）

▪ 自流控制初始化以来接收的有效TLP消耗的FC单元总数的计数，模2 [[字段大小]](#bookmark206)（其中[[字段大小]](#bookmark206)在[表2-45中定义）](#bookmark207)

在接口初始化时设置为全

▪ 更新如下：

[CREDITS\_RECEIVED](#bookmark212)：=（[CREDITS\_RECEIVED](#bookmark212)+增量）mod 2[[字段大小]](#bookmark206)

公式2-5[CREDITS\_RECEIVED](#bookmark212)

（其中，增量是接收到的TLP的对应部分的以FC为单位的大小，并且

[[字段大小]](#bookmark206)定义见[表2-45）](#bookmark207)

对于每个接收的TLP，前提是TLP：

▪ 通过数据链路层完整性检查

▪ 格式不正确，或者（可选）格式不正确，并且对于要释放的缓冲区不具有琥珀色，并且被映射到初始化的虚拟通道

▪ 不会消耗比分配的更多的信用（参见以下规则）

▪ 对于具有ECRC检查失败错误的TLP，但对于释放哪个缓冲区是明确的，强烈建议

[更新CREDITS\_RECEIVED](#bookmark212)。

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 如果接收器实现[CREDITS\_RECEIVED](#bookmark212)计数器，则当接收到无效TLP时，接收器不修改[该TLP的CREDITS\_RECEIVED](#bookmark212)（参见3.6.2.1部分）。

·接收器可以可选地通过使用无符号算术检查以下等式来检查接收器溢出错误（超过[CREDITS\_ALLOCATED的](#bookmark211)TLPs）：

[（CREDITS\_ALLOCATED](#bookmark211)-[CREDITS\_RECEIVED）](#bookmark212)mod 2[[字段大小]](#bookmark206) ≥ 2s[[字段大小]](#bookmark206)/2

公式2-6接收器过流错误检查

如果执行了检查，并且该等式的评估结果为真，则接收器必须：

. 丢弃TLP而不修改[CREDITS\_RECEIVED](#bookmark212)。取消分配其已分配给TLP

如果勾选，这是与接收端口相关的报告错误（参见第6.2节）。

注意：在接收器溢出错误之后，接收器行为是未定义的，但它被认为是

接收器继续操作，处理流控制更新并接受不超过分配的信用的任何TLP。

· 对于非无限NPH、NPD、PH和CplH类型，每次发生以下事件时，必须为传输计划UpdateFC FCP：

a. 当缩放流量控制未被激活并且特定类型的可用FC信用的数量为零并且该类型的一个或多个单元通过所处理的TLP变得

B. 当缩放流控制未被激活时，NPD信用降到2以下，接收器支持AtomicOp路由选择能力或128位CAS完成器能力，并且一个或多个NPD

信用由处理的TLP提供，

C. 当缩放流量控制被激活并且特定类型的可用FC信用的数量 零或低于缩放阈值，并且该类型的一个或多个单元可由处理的TLP使用，使得可用信用的数量等于或大于缩放阈值， 其对于01b的HdrScale或DataScale为0，对于10b的HdrScale或DataScale为4，并且对于11b的HdrScale或DataScale为16。

D. 当激活缩放流量控制时，用于NPD的DataScale为01b，NPD信用降至2以下，接收器支持AtomicOp路由功能或128位CAS完成器

能力，并且一个或多个NPD信用由所处理的TLP可用。

· 对于非无限PD和CplD类型，当可用信用数量小于Max\_Payload\_Size时，每次生成一个或多个该类型的单位时，必须为传输安排UpdateFCFCP

可由TLP处理

.对于ARI设备，Max\_Payload\_Size仅由Function 0中的设置确定。忽略其他函数中的Max\_Payload\_Size设置。

.对于Max\_Payload\_Size设置在所有函数中相同的非ARI MFD，必须使用公共Max\_Payload\_Size设置或更大设置。

.对于Max\_Payload\_Size设置在所有函数中不相同的非ARI MFD， 选定的Max\_Payload\_Size设置是特定于实现的，但建议在所有函数中使用最大的Max\_Payload\_Size设置。

· 更新FC FCP的传输安排可能比所需的频率更高

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

·当链路处于L0或L0 s链路状态时，必须至少每30 μs（-0%/+50%）调度用于非无限FC信用的每个启用类型的更新FCP以用于传输一次，除非当

链路控制寄存器置位，此时限值为120 μs（-0%/+50%）。

. 可以可选地实现超时机制。如果得到实施，这种机制必须：

▪ 仅当链路处于L0或L0s链路状态时才有效

▪ 使用限制为200 μs（-0%/+50%）的定时器，其中定时器通过接收任何初始化或更新FCP而重置。或者，可以通过接收任何DLLP来重置定时器（参见

第3.5节）

▪ 定时器到期后，指示P物理层重新训练链路（通过LTSSM恢复状态，第www.example.com节4.2.6.4）

▪ 如果在所有三个流控制类的初始化过程中已发出无限积分通告，则必须禁用此超时机制

注：大力鼓励实施这一备选机制。本规范的未来修订版可能会将此机制从可选更改为必需。

执行说明

使用

对于给定的实现，可能并非所有队列类型都需要在

所有虚拟频道的硬件例如，在其功能没有AtomicOp完成器的设备中，

AtomicOp路由功能，不需要为VC 0以外的虚拟通道实现非发布数据队列，因为对于这样的设备，仅在虚拟通道0上允许具有数据的非发布请求。为

在未实现的队列中，接收器可以通过在初始化期间通告无限流控制信用来消除呈现跟踪流控制信用的外观的需要。



5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0



执行说明

流量控制更新延迟

对于经受接收TLP流的组件，期望实现大于所需的最小大小的接收缓冲器，以防止由于缺乏可用信用而导致的发送器节流。同样地，期望传输UpdateFC FCP，使得发送、接收和处理UpdateFC所需的时间防止

变送器节流。正常期间更新日期FC传输延迟的建议最大值

操作如[表2-46、](#bookmark213)[表2-47](#bookmark214)和[表2-48所示。](#bookmark215)请注意，这些表中给出的值不考虑接收器或发射器处于L0状态、处于恢复状态或任何延迟导致的任何延迟

由重定时器引起（见第4.3.8节）。为了改进性能和/或功率节省，可能期望

使用比简单计时器更复杂的流控制更新策略。 任何此类政策都是特定于实施的，超出了本文档的范围。

表中的值是从接收器事务层通过处理接收到的TLP使附加接收缓冲器空间可用时开始测量的，到对应的UpdateFC DLLP的第一符号被发送时。

表2-46最大UpdateFC传输延迟准则

2.5 GT/s（符号时间）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 链路工作宽度 | | | | | | |
| X1 | X2 | X4 | X8 | X12 | X16 | X32 |
| 最大有效负载大小  （字节） | 128 | 237 | 128 | 73 | 67 | 58 | 48 | 33 |
| 256 | 416 | 217 | 118 | 107 | 90 | 72 | 45 |
| 512 | 559 | 289 | 154 | 86 | 109 | 86 | 52 |
| 1024 | 1071 | 545 | 282 | 150 | 194 | 150 | 84 |
| 2048 | 2095 | 1057 | 538 | 278 | 365 | 278 | 148 |
| 4096 | 4143 | 2081 | 1050 | 534 | 706 | 534 | 276 |

表2-47最大更新FC传输延迟准则

5.0 GT/s（符号时间）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 链路工作宽度 | | | | | | |
| X1 | X2 | X4 | X8 | X12 | X16 | X32 |
| 最大有效负载大小  （字节） | 128 | 288 | 179 | 124 | 118 | 109 | 99 | 84 |
| 256 | 467 | 268 | 169 | 158 | 141 | 123 | 96 |
| 512 | 610 | 340 | 205 | 137 | 160 | 137 | 103 |
| 1024 | 1122 | 596 | 333 | 201 | 245 | 201 | 135 |
| 2048 | 2146 | 1108 | 589 | 329 | 416 | 329 | 199 |
| 4096 | 4194 | 2132 | 1101 | 585 | 757 | 585 | 327 |

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

表2-48最大UpdateFC传输延迟准则

8.0 GT/s和更高的数据速率（符号时间）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 链路工作宽度 | | | | | | |
| X1 | X2 | X4 | X8 | X12 | X16 | X32 |
| 最大有效负载大小  （字节） | 128 | 333 | 224 | 169 | 163 | 154 | 144 | 129 |
| 256 | 512 | 313 | 214 | 203 | 186 | 168 | 141 |
| 512 | 655 | 385 | 250 | 182 | 205 | 182 | 148 |
| 1024 | 1167 | 641 | 378 | 246 | 290 | 246 | 180 |
| 2048 | 2191 | 1153 | 634 | 374 | 461 | 374 | 244 |
| 4096 | 4239 | 2177 | 1146 | 630 | 802 | 630 | 372 |



2.7数据完整性

PCI Express中的基本数据可靠性机制包含在数据链路层中，该层使用32位CRC

LCRC（LCRC）码以在逐链路的基础上检测TLP中的错误，并应用逐链路纠错机制进行错误恢复。ATLP是由PCI Express域（诸如端点或根复合体）的“边缘”处的数据源创建的数据和事务控制的单元，潜在地通过中间组件（即，交换机）

并由最终的PCI Express接收者使用。 当TLP通过交换机时，交换机可能需要改变一些控制字段，而不修改当分组穿过路径时不应改变的其他字段。因此，

LCRC由交换机重新生成。交换机内部可能会发生数据损坏，并且为损坏的数据重新生成良好的LCRC会掩盖错误的存在。为了确保系统中的端到端数据完整性检测，

需要高数据可靠性时，可以将事务层端到端32位CRC（ECRC）放置在TLP末尾的TLP摘要字段中。ECRC覆盖在TLP遍历路径时不改变的所有字段（不变字段）。ECRC是

由源组件中的事务层生成，并由最终PCI Express

接收器和可选的中间接收器。支持ECRC检查的交换机必须检查TLP上的

目标是开关本身这样的交换机可以可选地检查其转发的TLP上的关于交换机

转发时，交换机必须保留ECRC（不受影响地转发）作为T LP的组成部分，无论交换机是否检查ECRC或ECRC检查是否失败。44

在某些情况下，在TLP有效载荷中的数据在生成TLP时已知是损坏的，或者可能变得

在通过中间组件（如交换机）时损坏。在这些情况下，错误转发（也称为数据中毒）可用于向使用数据的设备指示损坏。

2.7.1 ECRC规则

生成和检查ECRC的能力被报告给软件，并且这样做的能力由软件启用（参见第www.example.com节7.8.4.7）。

· 如果设备功能被启用以生成ECRC，则它必须计算并应用该功能发起的所有TLP的ECRC

·交换机必须在ECRC不变的情况下从入口端口到出口端口传递TLPs45



44. 例外情况是出口端口由于MC\_Overlay机制而修改的多播TLP参见第6.14.5节。

45. 例外情况是出口端口由于MC\_Overlay机制而修改的多播TLP。 参见第6.14.5节。

第198页

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

· 如果设备支持ECRC生成/检查，则其至少一个功能必须支持高级错误报告（AER）（参见第6.2节）

· 如果设备功能被启用以检查ECRC，则它必须对具有ECRC的所有TLP执行此操作，其中设备是最终PCI Express接收器

.请注意，函数仍然可以接收没有ECRC的TLP，并且这些TLP会正常处理-这不是错误

注意，交换机可以可选地对通过交换机的TLP执行ECRC检查。交换机检测到的ECRC错误如表6-5所述报告，但不会改变TLP通过交换机的通道。46

使用以下算法为TLP（端-端TLP前缀、报头和数据有效载荷）计算32位ECRC，并将其附加到TLP的末尾（参见图2-3）：

·使用以下算法计算ECRC值（见图2-49）

·所使用的多项式具有表示为04C1 1DB7h的

·种子值（ECRC存储寄存器的初始值

·所有报头字段、所有端-端TLP前缀（如果存在）和整个数据有效载荷（如果存在）都包括在ECRC计算中。 必须为ECRC计算设置变量字段中的所有位。

. TLP报头r中的类型字段的位0是变体47。端-端TLP前缀中的此位是不变的。.EP位为变量

. 所有其他字段都是不变的

· ECRC计算从字节0的位0开始，并从TLP的每个字节的位0进行到位7

·对ECRC计算的结果求补，并将求补后的结果位映射到32位TLP摘要字段中，如[表2-49所示。](#bookmark216)

表2-49位到ECRC字段的映射

|  |  |
| --- | --- |
| ECRC结果位 | 32位TLP摘要t字段中的对应位位置 |
| 0 | 7 |
| 1 | 6 |
| 2 | 5 |
| 3 | 4 |
| 4 | 3 |
| 5 | 2 |
| 6 | 1 |
| 7 | 0 |
| 8 | 15 |
| 9 | 14 |
| 10 | 13 |
| 11 | 12 |



46. 例外情况是出口端口由于MC\_Overlay机制而修改的多播TLP参见第6.14.5节。

47.当配置请求从类型1改变为类型0时，类型字段的位0

5.0-1.0-PUB - PCI Express®基本规范修订版5.0版本1.0

|  |  |
| --- | --- |
| ECRC结果位 | 32位TLP摘要t字段中的对应位位置 |
| 12 | 11 |
| 13 | 10 |
| 14 | 9 |
| 15 | 8 |
| 16 | 23 |
| 17 | 22 |
| 18 | 21 |
| 19 | 20 |
| 20 | 19 |
| 21 | 18 |
| 22 | 17 |
| 23 | 16 |
| 24 | 31 |
| 25 | 30 |
| 26 | 29 |
| 27 | 28 |
| 28 | 27 |
| 29 | 26 |
| 30 | 25 |
| 31 | 24 |

·32位ECRC值位于TLP末尾的TLP摘要字段中（参见[图2-3）](#bookmark5)

· 对于包括用于ECRC值的TLP摘要字段的TLP，支持端到端数据完整性检查的接收器通过以下方式检查TLP摘要字段中的ECRC值：

. 将用于ECRC计算（以上）的相同算法应用于所接收的TLP，不包括所接收的TLP的32位TLP摘要字段，并且

. 将计算结果与接收到的TLP的TLP摘要字段中的值进行比较。

· 支持端到端数据完整性检查的接收器将违规报告为ECRC错误。报告的错误与接收端口有关（参见第6.2节）。

除了本规范中其他地方包含的错误报告语义之外

接收方使用ECRC提供的端到端数据完整性检查超出了本说明书的范围。

文档.中间接收方仍然需要转发ECRC检查失败的TLP。PCI接口到PCI/PCI-X桥被归类为具有ECRC检查的最终PCI Express接收器。