

FPD-Link Exclusive Forwarding 模式应用指导

Jiawei Hu

Sales and Marketing/China Auto Car OEM

ABSTRACT

随着汽车智能化的盛行，车载摄像头数据不仅需要传输至高级辅助驾驶（ADAS）系统，也需要传输至信息娱乐（IVI）系统，比如环视摄像头，前视摄像头等。相比于 FPD-Link III 解串器 Direct Forwarding 模式，FPD-Link IV 新增的 Exclusive Forwarding 模式支持解串器同一 RX 端口输入数据同时输出至不同 CSI 端口，从而完成对 ADAS 和 IVI 不同系统的并行数据转发。本应用笔记详细介绍 Exclusive Forwarding 模式原理，以及针对常见应用场景如何使用 Exclusive Forwarding 模式，从而帮助用户更快设计出满足系统需求 FPD-Link 系统。

Contents

1	引言	2
2	Exclusive Forwarding 模式原理介绍	2
3	Exclusive Forwarding 模式典型应用场景以及解决方案	4
	3.1 Exclusive Forwarding 模式典型应用场景	4
	3.2 解决方案	5
4	总结	6
5	参考文献	6

Figures

Figure 1.	FPD-Link 串化解串器（SERDES）传输示意图	2
Figure 2.	Direct Forwarding vs Exclusive Forwarding 模式结构框图	3
Figure 3.	ADAS&IVI 非单板系统典型框图	4
Figure 4.	ADAS&IVI 单板系统典型框图	4
Figure 5.	ADAS&IVI 单板系统状态机	5
Figure 6.	CSI 输出帧格式	6

1 引言

汽车智能化的进展使得车载摄像头种类越来越多，比如环视，周视，后视，前视，行车记录仪（DVR），驾驶员监控（DMS），乘客监控（OMS）摄像头等。车载摄像头数据不仅需要传输至高级辅助驾驶（ADAS）系统，也需要传输至信息娱乐（IVI）系统，比如环视摄像头既需要传输至 ADAS 系统用于辅助泊车，也需要传输至 IVI 系统用于 360 全景显示；广角前视摄像头既需要传输至 ADAS 系统用于高速行车，也需要传输至 IVI 系统用于 DVR 等。

图 1 为 FPD-Link 串化解串器（SERDES）传输示意图。FPD-Link III 解串器工作在 Direct Forwarding 模式时，RX 接口输入视频只能传输至 CSI0 或者 CSI1 端口，FPD-Link IV 解串器新增 Exclusive Forwarding 功能可将其同一 RX 接口输入视频同时传输至不同 CSI 端口，从而实现同一摄像头可通过解串器传输至不同系统。本篇应用笔记详细介绍 Exclusive Forwarding 模式原理，以及针对常见应用场景如何使用 Exclusive Forwarding 模式。

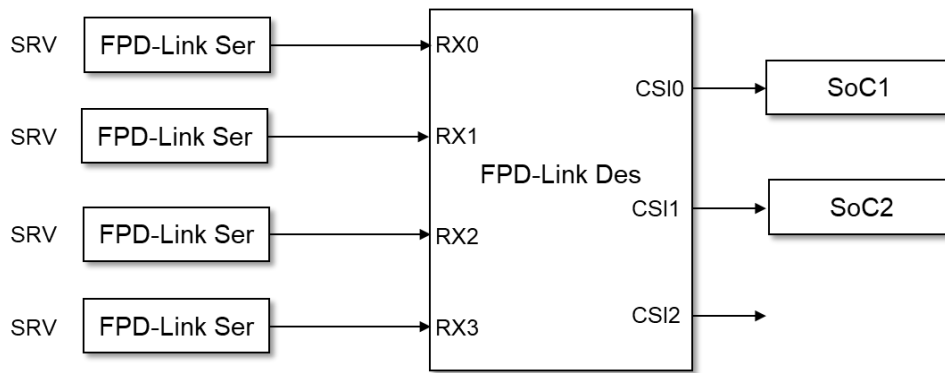


Figure 1. FPD-Link 串化解串器（SERDES）传输示意图

2 Exclusive Forwarding 模式原理介绍

ADAS FPD-Link IV 解串器器件支持两种转发模式，Direct Forwarding 模式以及 Exclusive Forwarding 模式。Direct Forwarding 模式下，解串器通过 FWD_CTRL1 (main page 0x20) 寄存器将每路 RX 缓存内数据转发到 CSI0 或者 CSI1 其中一个端口，并不能同时转发到 CSI0 和 CSI1 端口；Exclusive Forwarding 模式下，解串器每路 RX 接口视频缓存数据可以同时转发到 CSI0 和 CSI1 端口。图 2 为 FPD-Link IV 解串器内部数据转发模块框图，下文将结合此图分析 FPD-Link IV 分析 Direct & Exclusive Forwarding 工作原理。

当工作在 Direct Forwarding 模式时，每路 RX 接口视频缓存数据送至 CSI0 或者 CSI1 Mux，经过相应的 CSI 聚合器按照 FWD_CTRL2 (main page 0x21) 配置聚合成不同转发模式 CSI-2 信号送至 CSI 端口，此时 CSI0 和 CSI1 为相互独立的 CSI 端口，除速率之外可单独配置，比如 CSI-2 数据 lane，CSI-2 时钟是否连续，CSI 端口开启或关闭等。

当工作在 Exclusive Forwarding 模式时，如图 2 所示 CSI1 端口输出的数据来自于 CSI0 聚合器，因此 CSI1 和 CSI0 输出 CSI-2 数据格式相同，比如 CSI aggregator 模式（Round-robin/Basic Sync/Line-Interleave/Line-Concatenated，更多细节请参考 DS90UB960-Q1 规格书），数据 lane 数，数据速率，时钟是否连续等。额外地，如需将 CSI1 不需要的 RX 接口数据去除，可经过 RX port Mask 模块将不需要输出的 RX 接口数据去除（去除 RX 接口数据在 CSI1 端口表现为 LP11），但需注意，当 CSI aggregator 模式选择为 Line-Interleave 或者 Line-Concatenated 时，所有 RX 接口数据都会传输至 CSI0 和 CSI1 端口。

Exclusive Forwarding 转发模式示例：

CSI0 (输出 Rx0-Rx3): LP11 -> Rx0 -> LP11 -> Rx1 -> LP11 -> Rx2 -> LP11 -> Rx3 -> LP11

CSI1 (输出 Rx2-Rx3): LP11 -----> Rx2 -> LP11 -> Rx3 -> LP11

Writel2C(0x32,0x03) #Read CSI Port 0, Write CSI Ports 0 and 1

Writel2C(0x20,0xF0) #Disable RX port forwarding

Writel2C(0x33,0x03) #Enable CSI ports 0 and 1, set continuous clock

Writel2C(0x20,0x00) #Enable RX port forwarding (needed before enabling exclusive forwarding)

Writel2C(0x21,0x03) #Enable round robin mode for CSI0 and CSI1

Writel2C(0x3C,0x9F) #Enable CSI exclusive forwarding

Writel2C(0x3B,0xCF) #CSI port 0 has data from RX0 - 3, CSI port 1 has data from RX 2 and 3 only

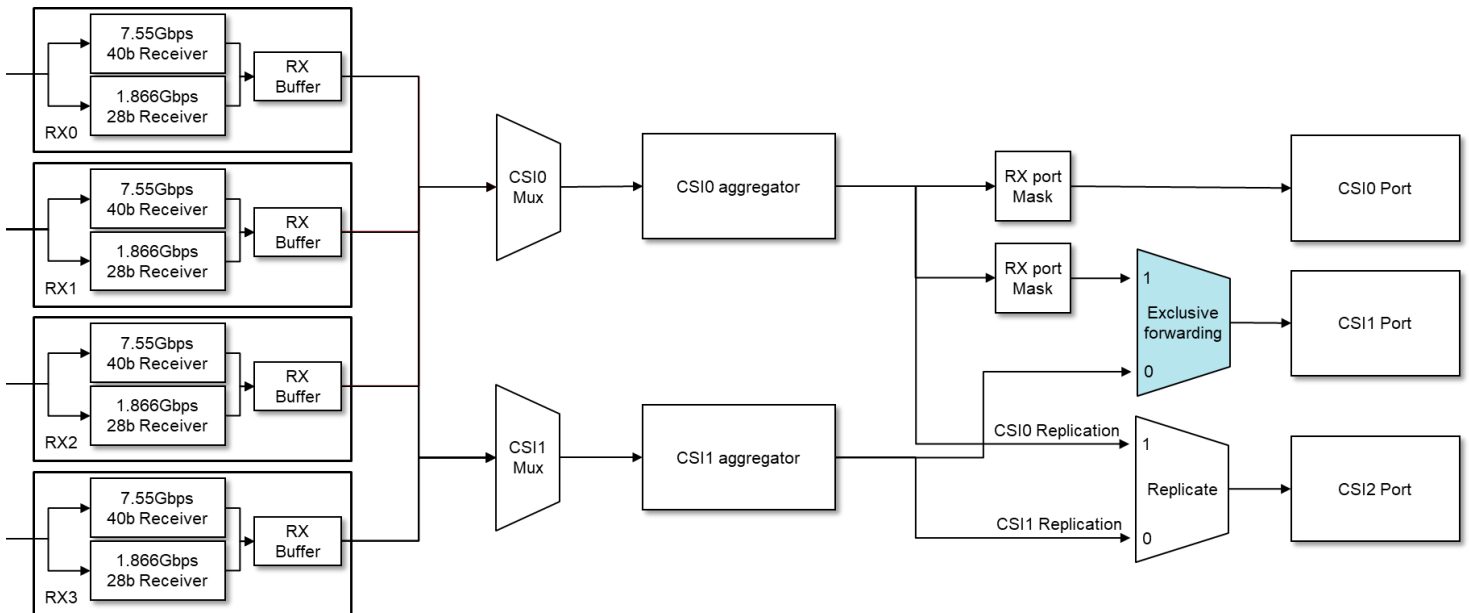


Figure 2. Direct Forwarding vs Exclusive Forwarding 模式结构框图

3 Exclusive Forwarding 模式典型应用场景以及解决方案

3.1 Exclusive Forwarding 模式典型应用场景

当汽车搭载 ADAS 应用时，环视摄像头数据既需要传输至 ADAS 系统实现辅助泊车，也需要传输至 IVI 系统实现 360 全景。根据整车系统架构，可分为两种场景：当 ADAS 与 IVI 系统非单板系统时，环视摄像头数据通常先送至 ADAS，ADAS 再通过额外串化解串器将环视摄像头数据送至 IVI 系统，如图 3 所示；当 ADAS 与 IVI 系统为单板系统（舱驾一体方案）时，环视摄像头数据通过解串器不同 CSI 输出端口分别输出至 ADAS 与 IVI 不同 SoC，如图 4 所示。相比于 ADAS 与 IVI 的双板系统，单板系统双 SoC 方案中解串器由于涉及到 I2C 控制权切换，帧同步信号切换等，工作状态更为复杂，因此本应用笔记以 ADAS 与 IVI 单板系统为例介绍 Exclusive Forwarding 模式应用。以下 ADAS 与 IVI 系统典型应用需求：

1. 舱驾一体双 SoC 方案中 ADAS 与 IVI SoC 启动并无固定先后顺序，因此 FPD-Link 解串器 I2C 需同时接在 ADAS 与 IVI SoC I2C 总线上，并且初始化由先上电 SoC 进行配置。
2. 通常 ADAS 与 IVI SoC 对 CSI-2 输入要求不一样，通常 IVI SoC CSI-2 RX 具有限制，即要求首帧 CSI-2 信号输入为完整的 CSI-2 信号（需要完整的帧头帧尾短包）。

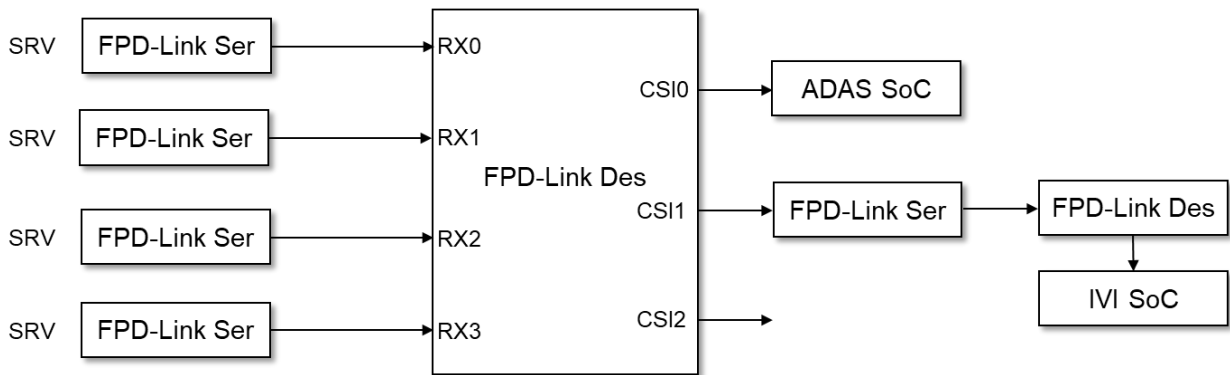


Figure 3. ADAS&IVI 非单板系统典型框图

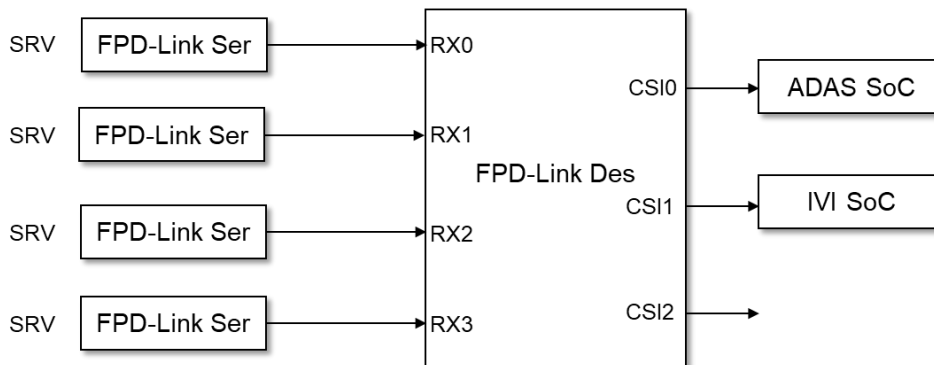


Figure 4. ADAS&IVI 单板系统典型框图

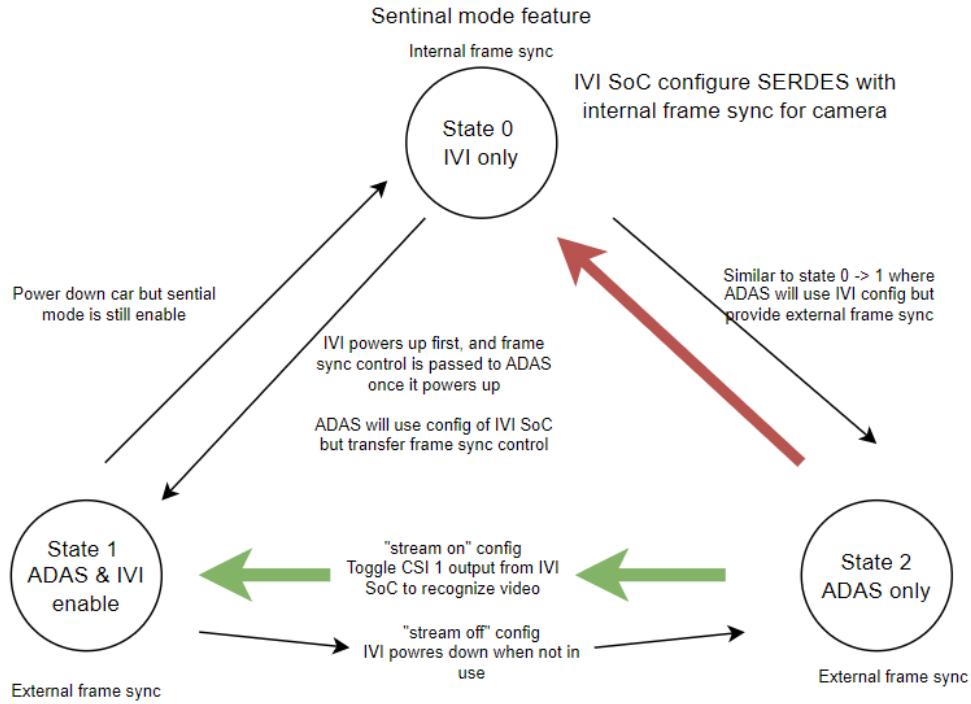


Figure 5. ADAS&IVI 单板系统状态机

图 5 为 ADAS 与 IVI 单板系统工作状态，根据 ADAS 与 IVI SoC 是否工作，分为 State0,1,2 三种工作状态，其中 State 切换过程伴随着帧同步信号切换以及解串器 I2C 控制权切换。

当从 State2 切换到 State1 时，IVI SoC 会通过 SoC 间 GPIO 通讯告知 ADAS SoC 使能 FPD-Link 解串器 CSI1 端口（使能 exclusive 转发），从而接收环视摄像头数据。从第二章节可知，Exclusive Forwarding 模式下 FPD-Link 解串器 CSI1 端口数据来源于 CSI0 端口，并且 IVI 系统 360 全景应用会在 CSI0 CSI 传输任何阶段开启，因此使能 CSI1 端口时并不能保证 CSI1 端口输出第一帧 CSI 数据为完整的第一帧。

3.2 解决方案

图 6 为完整 CSI 数据格式图，当 Vertical Blanking 结束之后，开始完整一帧数据传输，因此为保证 CSI1 输出第一帧为完整的第一帧，需确保 CSI1 在 Vertical Blanking 阶段开启。

FPD-Link 解串器 GPIO 支持多种 RX 接口状态指示，其中包括 LOCK, PASS 以及 Frame Valid/Line Valid 等。为满足 IVI SoC CSI 输入要求，只需将 CSI0 输出 Frame Valid 信号 map 到 GPIO0 输出，当 ADAS SoC 检测到 Frame Valid 信号为低电平（Vertical blanking）时，使能 FPD-Link 解串器 CSI1 端口（使能 exclusive 转发模式），此时便可保证 CSI1 输出首帧 CSI-2 数据为完整的一帧。

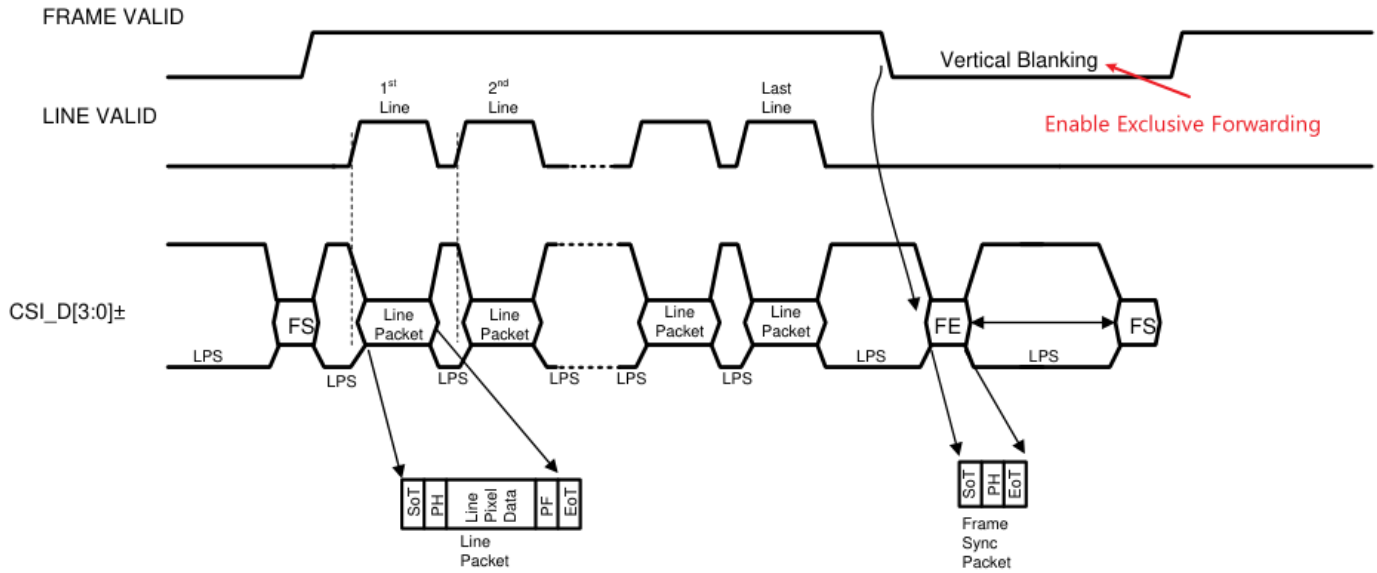


Figure 6. CSI 输出帧格式

4 总结

ADAS FPD-Link IV 新增 Exclusive Forwarding 模式使得解串器同一 RX 摄像头数据可以同时输出至不同 CSI 端口，从而转发至 ADAS 和 IVI 不同系统实现不同功能需求。本文详细介绍了 Exclusive Forwarding 模式，其虽支持转发至不同 CSI 端口，但相应地存在应用痛点，对此本文针对常见应用场景进行探讨并提出解决方案：使用 Exclusive Forwarding 模式时，搭配 FPD-Link 其他丰富诊断功能，例如 GPIO MAPPING 来满足系统需求。

5 参考文献

1. *DS90UB960-Q1 datasheet (SNLS589C)*
2. *DS90UB9724-Q1 datasheet (SNLS699A)*
3. *Technical specifications "Specification for D-PHY V1.2" (request from MIPI alliance)*

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月