



高云 MIPI 解决方案 白皮书

WP1153-1.0, 2024/02/02

1 摘要

本白皮书旨在全面概述高云的 MIPI 解决方案能力，以帮助用户为其设计选择最佳器件。用户在具体实施时应配合使用其他高云用户指南和应用说明。

2 MIPI 介绍

移动产业处理器接口（Mobile Industry Processor Interface, MIPI®）标准定义了智能手机、平板电脑、笔记本电脑和混合设备等移动设备设计的行业规范。该标准由全球商业联盟“MIPI 联盟”制定和维护，该联盟为移动生态系统制定技术规范，尤其是智能手机，包括受移动行业影响的领域。广东高云半导体科技股份有限公司是 MIPI 联盟的成员之一。

多年来，MIPI 几乎一直是手机的代名词。但随着更高分辨率的图像传感器越来越多地应用于人工智能、物联网、汽车和医疗设备领域，人们对 MIPI 的兴趣正在迅速扩展到其核心市场之外的其他领域。虽然标准化信号协议和特性越来越重要，但低成本、高性能图像传感器应用的爆炸式增长正推动 MIPI 接口进入各种新市场。

MIPI 标准定义了四种独特的物理层（Physical Layer, PHY）规范：MIPI D-PHY®、C-PHY®、M-PHY®和 A-PHY®。您可以在 MIPI 联盟网站上找到详细信息和规格。

MIPI®服务商标和标识属于 MIPI 联盟所有，并且广东高云半导体科技股份有限公司对这些标志的使用是在许可下进行的。其他服务标志和商品名称归各自所有者所有。

3 高云 MIPI 解决方案概述

高云在其首款 FPGA 器件中就开发了 MIPI D-PHY 解决方案。从那时起，几乎所有的高云 FPGA 都提供了各种配置和速度不一的 IP 核。高云是第一家提供 MIPI C-PHY IP 核的 FPGA 供应商（Arora V 系列 FPGA）。高云计划不久后在同一 Arora V 系列 FPGA 中提供 M-PHY 和 A-PHY IP 核。以下是高云 MIPI PHY 的概述。详细性能将在以下章节进行讨论。

本白皮书中列出的规格编号截至目前为止是最新的。但可能会随着后续版本的发布而进行更新。

表 1 高云 MIPI D/C PHY 产品（后续可能更新）

	DPHY RX	DPHY TX	CPHY RX	CPHY TX	备注
GW1N(X)和 GW2A(X)系列					
基于 GPIO (软 IP)	所有器件: 最高可达 1.2Gbps	所有器件: 最高可达 1.2Gbps	N/A	最高可达 1.0Gbps*	C7 及以上速度等级时的最大值
内嵌硬 IP	GW1N(X)- LV2: 最高可达 1.5Gbps	N/A	N/A	N/A	1 核, 4 通道
GW5A(X)-138 系列					
基于 GPIO (软 IP)	最高可达 1.5Gbps	最高可达 1.6Gbps	最高可达 1.1Gbps	最高可达 1.1Gbps*	-
内嵌硬 IP	最高可达 2.5Gbps	N/A	N/A	N/A	138K: 2 核, 每个核 4 通道(RX)
GW5A/GW5AT-60/25/15 系列					
基于 GPIO (软 IP)	最高可达 2.0Gbps	最高可达 2.0Gbps	最高可达 1.2Gbps	最高可达 1.2Gbps*	-
内嵌硬 IP	最高可达 2.5Gbps	最高可达 3Gbps	最高可达 2.5Gbps	最高可达 3Gbps	1 核, 4 通道(RX/TX) 1 核, 3 Trios (RX/TX)
GW5A/GW5AT-45 系列					
基于 GPIO (软 IP)	最高可达 2.0Gbps	最高可达 2.0Gbps	最高可达 1.2Gbps	最高可达 1.2Gbps*	-
内嵌硬 IP	最高可达 4.5Gbps	最高可达 4.5Gbps	最高可达 4.5Gbps	最高可达 4.5Gbps	1 核, 4 通道(RX/TX) 1 核, 3 Trios (RX/TX)

注!

- “*” 表示需要在封装和 PCB 上布线 6 个 GPIO 组成一个 Trio, 从而尽量减小布线长度。
- GW5A(X)将提供基于 GPIO 的 M-PHY 和 A-PHY IP, 速度高达 2.5Gbps。
- 该表数据将根据更多的内部或现场测试结果进行更新。

4 硬核 MIPI PHY IP

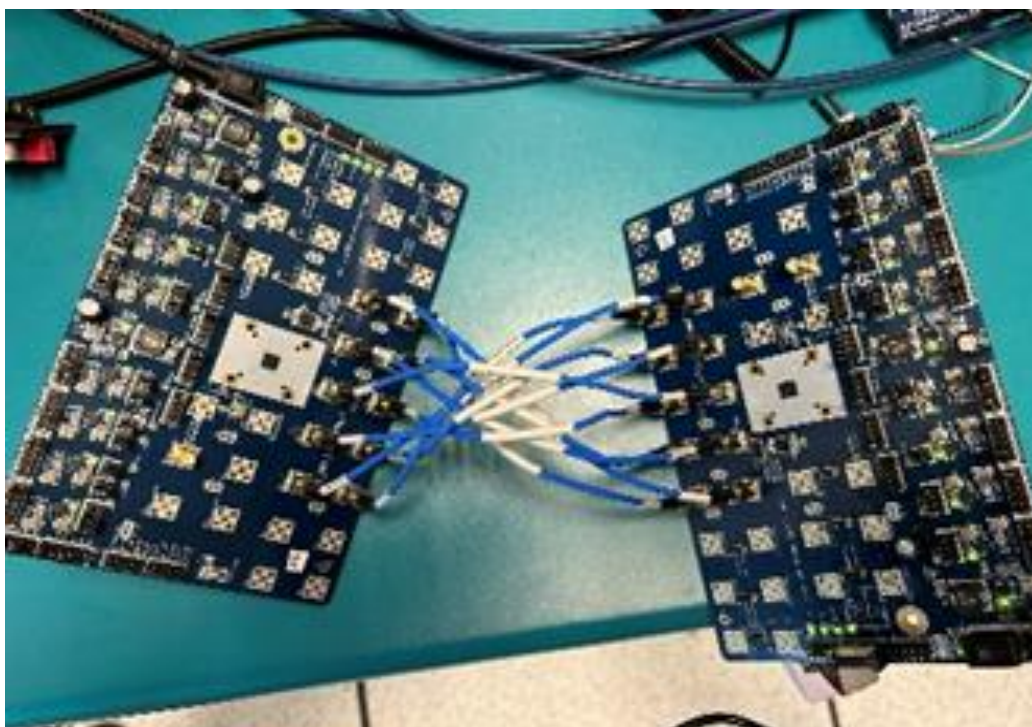
高云在其 GW1N-LV2 器件中自主开发了第一个 MIPI D-PHY RX 硬核。该 IP 核遵循 MIPI D-PHY Spec V2.1，最大接收数据速率为 2Gbps。

在下一代 Arora V 系列 FPGA 中，高云为各种器件开发了 2.5Gbps 的 D-PHY V1.2 和 2.5Gsp/s（5.7Gbps）的 C-PHY V1.1。详细功能如下表所示：

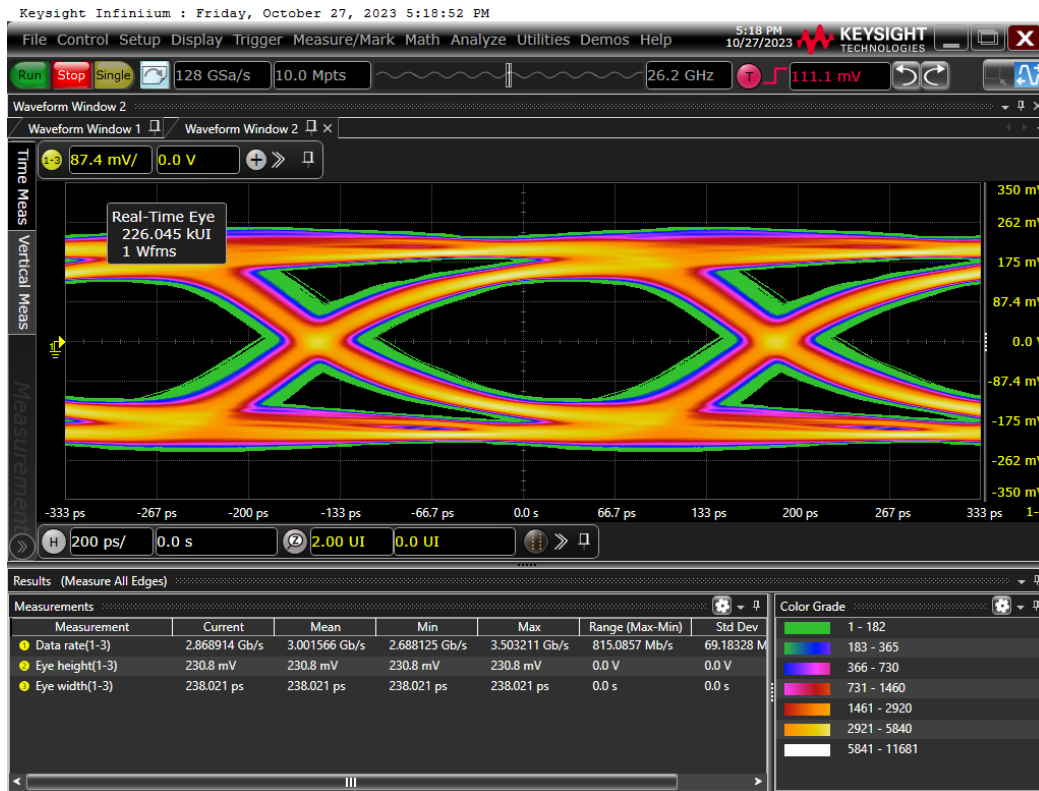
表 2 Arora V 器件的主要性能

主要性能	138K	75K	60K	45K	25K	15K
带去偏斜功能的 MIPI-DPHY RX/TX	RX Only	RX Only	Y	Y	Y	Y
带 SoT HS-Sync、字对齐和通道对齐的接收器均衡	Y	Y	Y	Y	Y	Y
可配置的 PHY 作为除 MIPI 以外的通用源同步高速接口	Y	Y	Y	Y	Y	Y
DPHY 的 TX/RX PAD 共享，4 数据通道，基于通道的配置模式	RX Only	RX Only	Y	Y	Y	Y
MIPI-CPHY RX/TX Pad 共享，最高达 3Gsp/s，3 Trios	N	N	Y	Y	N	Y

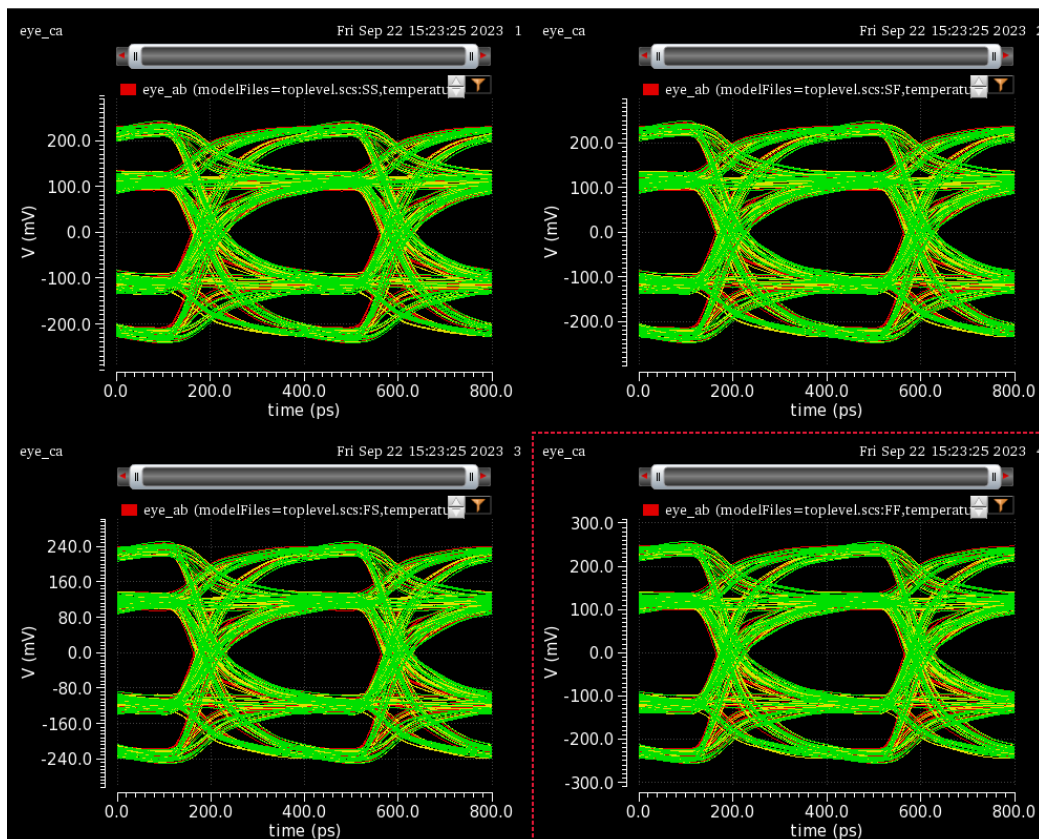
以下是 25K 器件 MG121N 封装的环回测试设置：



以下是 25K 器件 3Gbps 速率下的测试结果眼图：



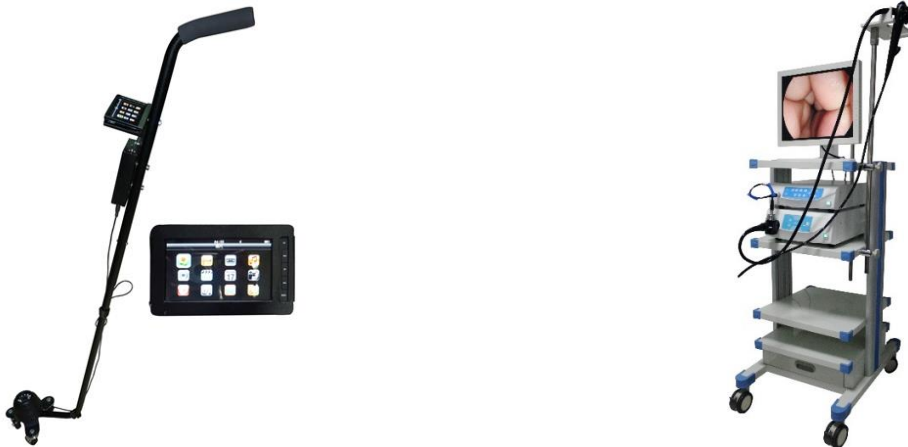
对于 C-PHY，以下是 60K 器件 C-PHY 内核的仿真结果，测试结果预计在 2024 年第二季度更新的文档中公布。



还有一个值得注意的信息是长距离应用。MIPI 标准针对智能手机和其他便携式设备，预期在有限的空间和短距离内进行通信。而高云硬 IP 的均衡特性能够在用户需要更长传输距离时提供更强的支持。以下用户案例可供参考：

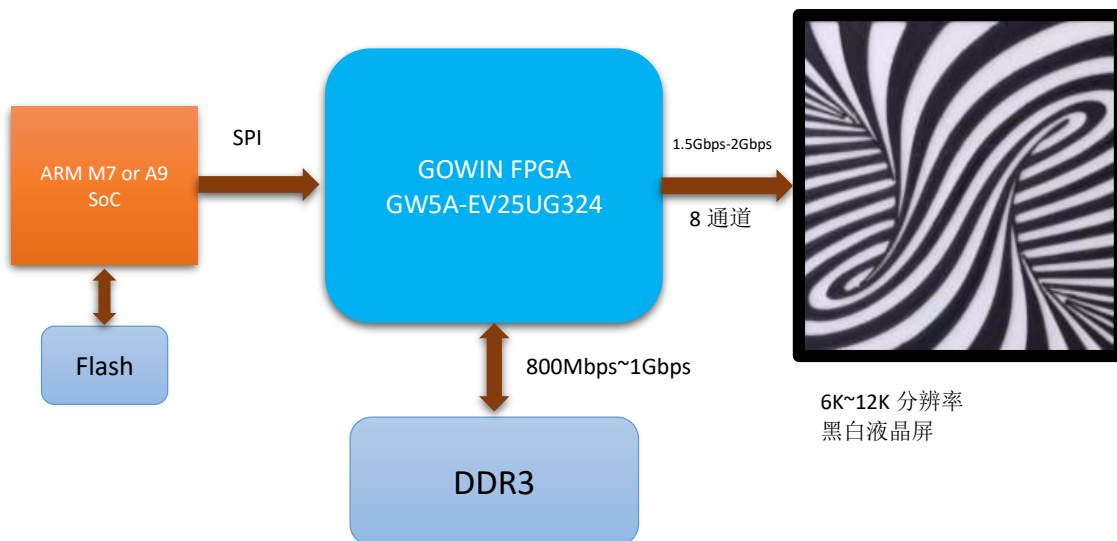
- GW1N(X)-LV2 器件：5 米长的 SATA/HDMI/DP 线，数据速率为 500Mbps。
- GW5A(X)器件：2 米长的 CAT6 线，数据速率为 1.25Gbps。

在一些应用中，摄像机和显示器位于不同位置。借助高云硬 IP 的这种功能，就可以实现单芯片解决方案。



5 基于 GPIO 的软 MIPI PHY IP

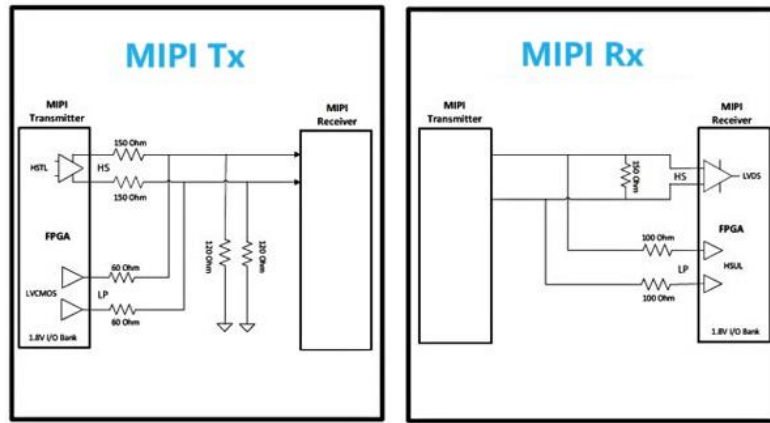
FPGA 具有可编程 IO，因此可以借助外部无源电阻网络模拟许多接口。使用基于 GPIO 的 MIPI PHY 解决方案的最大优势在于灵活性。正如本白皮书一开始所提到的，MIPI 标准已不仅局限于传统的智能手机领域。这种结合了 FPGA 的可编程性的灵活性，非常适用于新兴应用领域的多样性。以下是一些示例：电动汽车（Electric Vehicle, EV）内的多个显示屏可能需要 6~8 个 MIPI TX 端口；虚拟现实（Virtual Reality, VR）或无人机系统可能需要 12 个摄像头作为输入，并将数据汇总到一个输出端口。目前很少有 SoC 能满足这样的要求。以下是采用 3 种 LCD 方法的 3D 打印系统的用户案例。



尽管目前许多 FPGA 都能支持 MIPI D-PHY，但高云的 FPGA 率先通过专利技术支持 MIPI C-PHY、MIPI M-PHY 和 MIPI A-PHY。

MIPI D-PHY

下图显示了模拟 MIPI 信号的无源电阻网络的一个实施示例。要想获得最佳性能，保证走线和信号完整性至关重要。



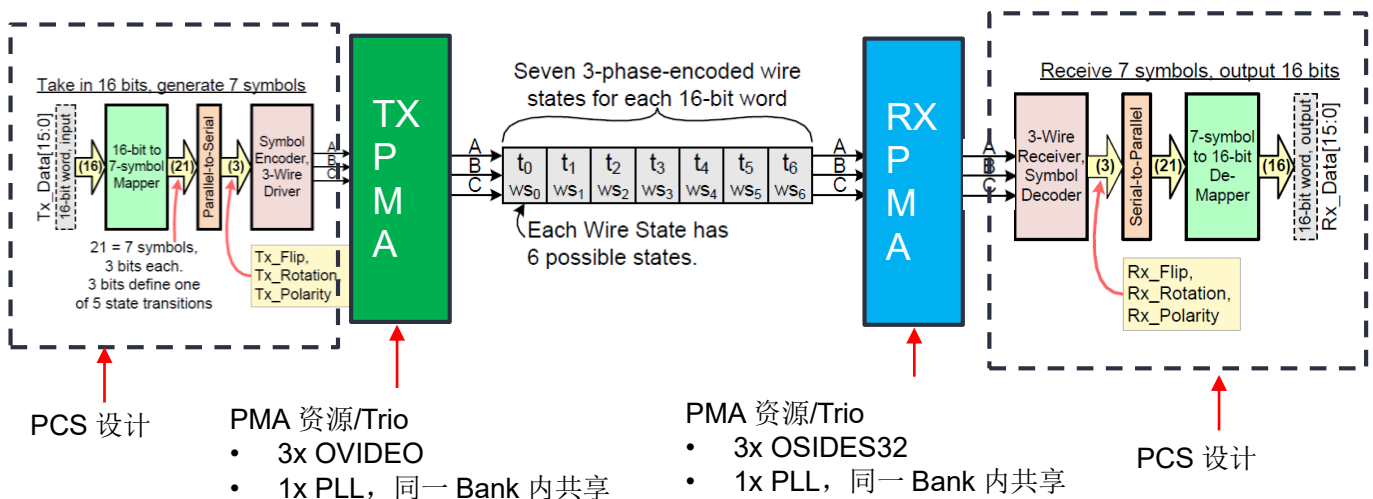
根据内部测试和客户报告，高云器件可达到以下最大数据速率：

- GW1N(X)系列 C6 速度等级器件：最大数据速率为 900Mbps~950Mbps
- GW1N(X)系列 C7 速度等级器件：最大数据速率为 1.1Gbps~1.2Gbps
- GW2A(X)系列 C8 速度等级设备：最大数据速率为 1.1Gbps~1.2Gbps
- GW5A(X)系列 C0 速度等级设备：最大数据速率为 2.0Gbps（在内部环回测试中，原始数据速率为 2.5Gbps）

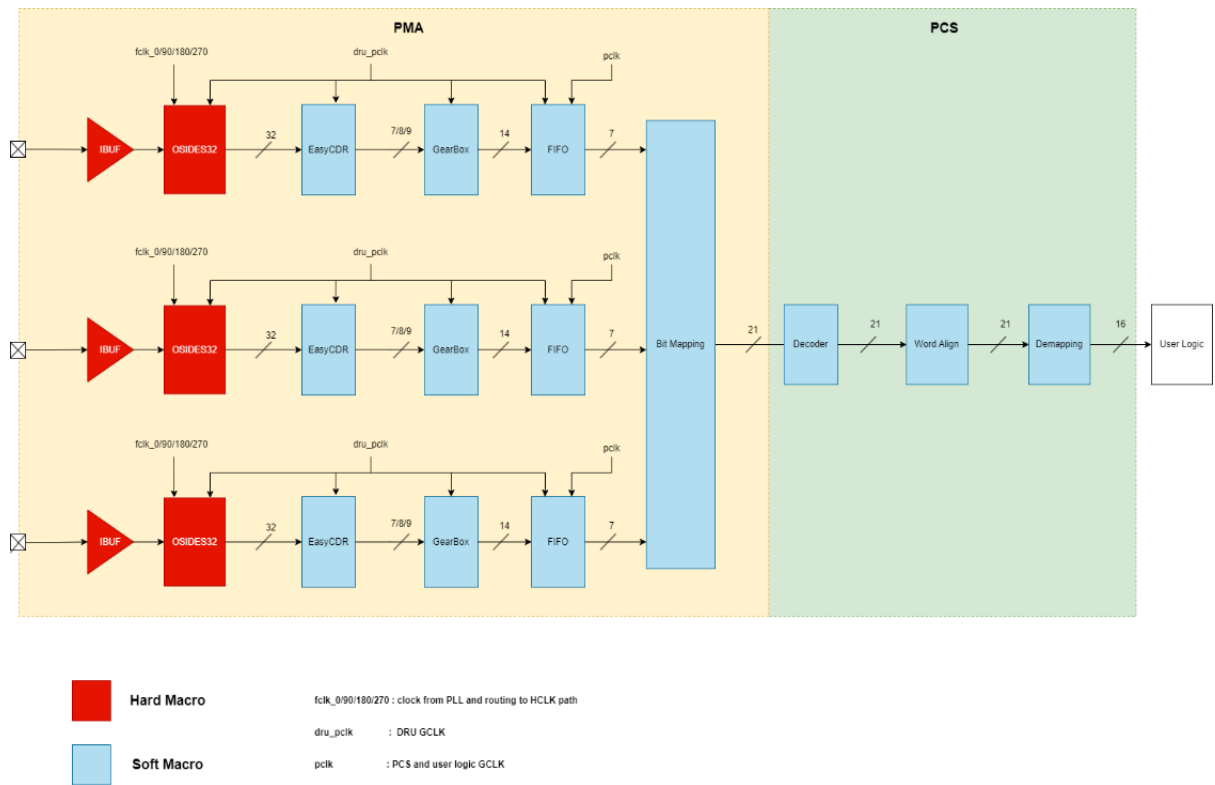
与 GPIO 相比，最大数据速率与内部时钟性能关系更大。GW5AT-138/75 器件由于大尺寸芯片上的本地时钟相较于其他器件性能较差，因此最大数据速率为 1.6Gbps。

MIPI C-PHY

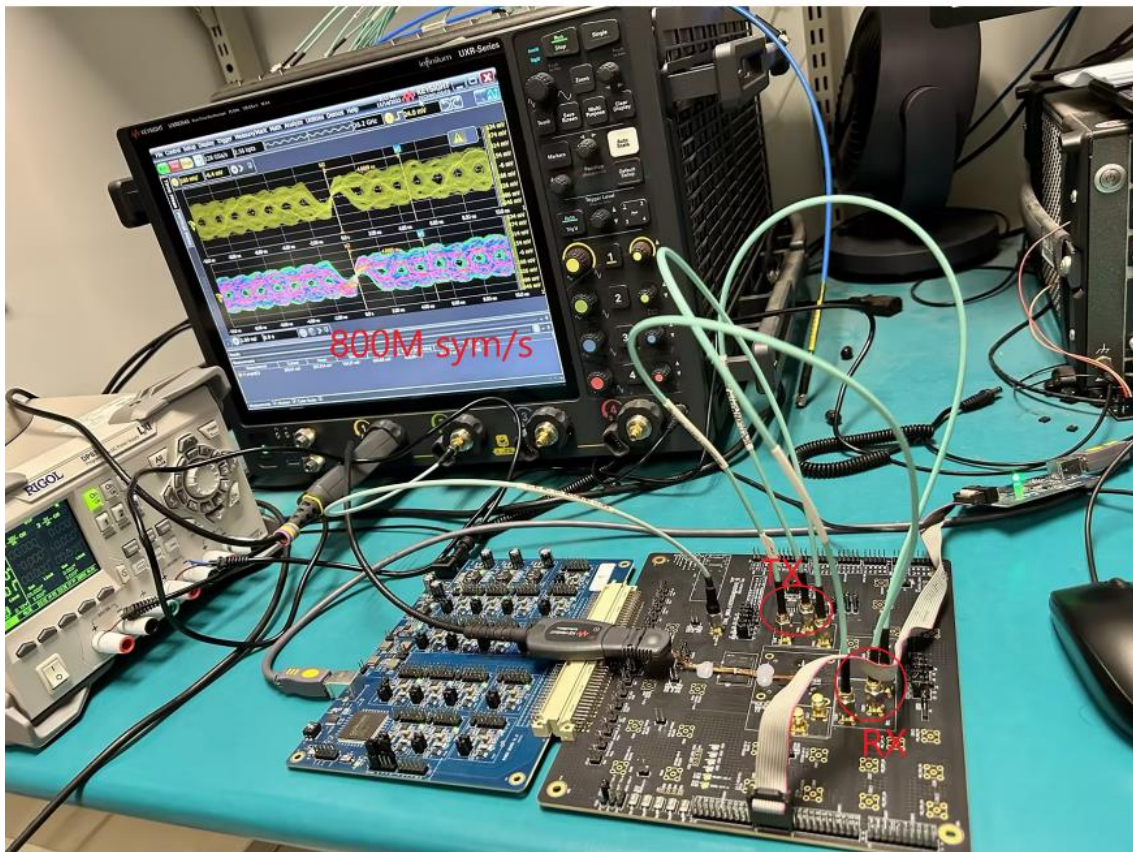
高云是首家通过自主研发的 GPIO 系统提供基于 GPIO 的 MIPI C-PHY 解决方案的 FPGA 供应商。这些 IP 仅适用于 Arora V 系列器件。下图显示了高云获得专利的基于 GPIO 的 MIPI C-PHY 软 IP 解决方案。下图显示了其系统架构。



下面是利用高云的 EasyCDR® IP 实现的更详细的 RX 系统。



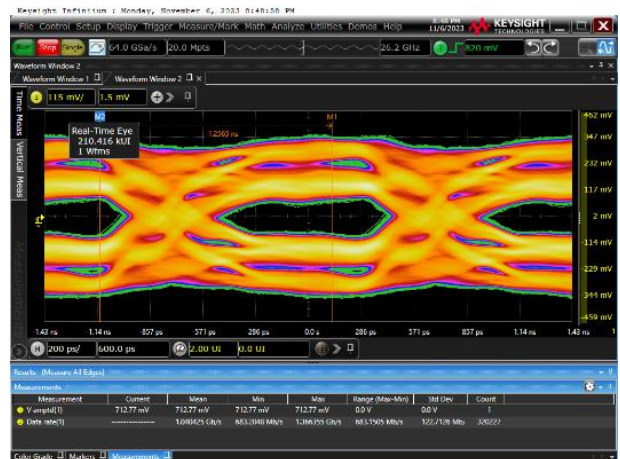
在 25K 器件上设置并进行环回测试。以下是工作台设置：



测试结果显示，环回速度达到 800Mps。以下是速度为 400Mps 和 700Mps 时的眼图。



400Mps



700Mps

如果不是受测试 PCB 的走线长度控制的限制，我们相信可以达到更高的速度。我们将在不久的将来收集更多数据。

MIPI M-PHY

与传统的基于模拟 SerDes 的 M-PHY 设计相比，基于 GPIO 的 M-PHY 功耗更低、成本更低、灵活性更高。该 IP 正在开发中，之后将用于 Arora V 系列器件。我们的目标是：

- HS-G1: 1.25, 1.45 Gb/s
- HS-G2: 2.5, 2.9 Gb/s

MIPI A-PHY

与传统的基于模拟 SerDes 的 A-PHY 设计相比，基于 GPIO 的 A-PHY 功耗更低、成本更低、灵活性更高。该 IP 正在开发中，之后将用于 Arora V 系列器件。我们的目标是：

- Gear Data rate G1
- Uplink

6 高云 MIPI PHY 和协议层 IP 及参考设计

高云通过高云 EDA 工具内核生成器提供许多 PHY IP 以及协议层软核 IP，如 MIPI CSI-2 和 MIPI DSI。

IP	类型	器件	RefDesign	文档
MIPI_DPHY (TX/RX)	硬核	GW5A(X)	联系高云销售&FAE	http://cdn.gowinsemi.com.cn/UG296.pdf
MIPI_DPHY_RX	硬核	GW1N-2 /GW1NR-2 /GW1NZ-2	联系高云销售&FAE	http://cdn.gowinsemi.com.cn/IPUG778.pdf
MIPI_TX_Advance	软核	参考文档	http://cdn.gowinsemi.com.cn/Gowin_MIPi_DPHY_Advance_r	https://www.gowinsemi.com/en/support/ip_det

IP	类型	器件	RefDesign	文档
			efDesign.zip	ail/59/
MIPI_RX_Advance	软核	参考文档	http://cdn.gowinsemi.com.cn/Gowin_MIPI_DPHY_Advance_refDesign.zip	https://www.gowinsemi.com/en/support/ip_detail/59/
MIPI_DSI/CSI-2_Receiver	软核	所有器件	https://www.gowinsemi.com/upload/database_doc/2678/document/651543b559cd7.zip	https://www.gowinsemi.com/en/support/ip_detail/143/
MIPI_DSI/CSI-2_Transmitter	软核	所有器件	https://www.gowinsemi.com/upload/database_doc/2676/document/65153e70b71dd.zip	https://www.gowinsemi.com/en/support/ip_detail/144/
MIPI_Byte-to-Pixel_Converter	软核	所有器件	https://www.gowinsemi.com/upload/database_doc/2678/document/651543b559cd7.zip	https://www.gowinsemi.com/en/support/ip_detail/141/
MIPI_Pixel-to-Byte_Converter	软核	所有器件	https://www.gowinsemi.com/upload/database_doc/2676/document/65153e70b71dd.zip	https://www.gowinsemi.com/en/support/ip_detail/142/

7 结论

高云的 MIPI 解决方案旨在帮助用户选择最适合其设计需求的解决方案。通过深入探讨 MIPI 标准的演变和各种功能,本白皮书强调了这些接口如何从最初的智能手机领域, 延伸到广泛的应用, 包括人工智能、物联网、汽车和医疗设备。

高云致力于推动 MIPI 集成的承诺通过其在 MIPI D-PHY 解决方案方面的开创性发展以及在 Arora V 系列中拓展到 C-PHY、M-PHY 和即将到来的 A-PHY 实现中得以体现。这一系列全面的解决方案可满足各种性能要求和应用场景。

本文阐明了高云采用的两种关键方法: 开发硬核 MIPI PHY IP 和基于 GPIO 的软核 MIPI PHY IP。硬 IP 可确保符合标准并优化性能, 而软 IP 则利用 FPGA 的可编程性, 提供无与伦比的灵活性, 以满足不同的应用需求。

不同 FPGA 系列的性能基准凸显了可扩展性和适应性, 表明高云致力于满足不同的性能需求。此外, 高云通过其 EDA 工具内核生成器提供 MIPI CSI-2 和 MIPI DSI 等协议层软核 IP, 拓展了其产品的广度, 实现了无缝集成和设计体验的提升。

本白皮书将作为一份实用指南帮助设计人员有效浏览高云多功能的 MIPI 产品。高云旨在通过促进 MIPI 接口与各种应用的集成支持和推动各行业的创新。

技术支持与反馈

高云半导体提供全方位技术支持，在使用过程中如有任何疑问或建议，可直接与公司联系：

网址：www.gowinsemi.com

E-mail：support@gowinsemi.com

版本信息

日期	版本	说明
2024/02/02	1.0	初始版本。

版权所有 © 2024 广东高云半导体科技股份有限公司

GOWIN、Gowin、小蜜蜂、LittleBee、高云均为广东高云半导体科技股份有限公司注册商标,本手册中提到的其他任何商标,其所有权利属其拥有者所有。未经本公司书面许可,任何单位和个人都不得擅自摘抄、复制、翻译本档内容的部分或全部,并不得以任何形式传播。

免责声明

本文档并未授予任何知识产权的许可,并未以明示或暗示,或以禁止反言或其它方式授予任何知识产权许可。除高云半导体在其产品的销售条款和条件中声明的责任之外,高云半导体概不承担任何法律或非法律责任。高云半导体对高云半导体产品的销售和 / 或使用不作任何明示或暗示的担保,包括对产品的特定用途适用性、适销性或对任何专利权、版权或其它知识产权的侵权责任等,均不作担保。高云半导体对文档中包含的文字、图片及其它内容的准确性和完整性不承担任何法律或非法律责任,高云半导体保留修改文档中任何内容的权利,恕不另行通知。高云半导体不承诺对这些文档进行适时的更新。

