



## MIPI D-PHY 与 MIPI CSI-2 应用于物联网—AI 边缘装置

主讲人: Ashraf Taka, Mixel

A presentation slide for the MIPI DEVCON 2021 conference. The slide features a white background on the left and a green and orange circuit board pattern on the right. The MIPI DEVCON logo is in the top left, and the dates "28-29 SEPTEMBER 2021" are in the top right. The speaker's name "Ashraf Takla" and company "Mixel, Inc." are listed, along with the topic "MIPI D-PHY<sup>SM</sup> and MIPI CSI-2<sup>SM</sup> for IoT: AI Edge Devices". A small video inset shows the speaker. The footer contains the website "MIPI.ORG/DEVCON", the tagline "MOBILE & BEYOND", and the copyright notice "© 2021 MIPI Alliance, Inc."/>

mipi<sup>®</sup>  
**DEVCON**  
MIPI ALLIANCE DEVELOPERS CONFERENCE

28-29  
SEPTEMBER  
2021

Ashraf Takla  
Mixel, Inc.

MIPI D-PHY<sup>SM</sup> and MIPI CSI-2<sup>SM</sup> for  
IoT: AI Edge Devices

MIPI.ORG/DEVCON MOBILE & BEYOND © 2021 MIPI Alliance, Inc.

**Ashraf Takla:** 大家好, 我是 Mixel 创办人兼执行长 Ashraf Takla。谢谢大家抽空参与, 今天要介绍如何通过 MIPI CSI-2 与 D-PHY, 在物联网边缘装置实现 AI 应用。

## Agenda

- Benefits of Edge Processing
- Perceive Ergo® Edge Inference Processor Overview
  - Block diagram
  - target solutions
  - Target Applications
- Why MIPI?
- Why FDSOI?
- Mixel MIPI IP and Silicon Results



**Ashraf Takla:** 我会先简单介绍边缘计算的优点，接着通过系统和装置方块图，带大家了解 Perceive 的 Ergo 芯片。再来我会谈谈 Perceive 通过 Ergo 想解决的问题，以及主要应用领域。我也会分享 Perceive 为什么决定采用 MIPI 接口，以及为什么选用 FDSOI 流程进行设计。最后，我会简单介绍与 Perceive 芯片和硅晶整合的 Mixel MIPI IP 解决方案。

## Benefits of Processing at the Edge

- Latency: able to make decisions in real-time or near real-time vs. increased latency when processing at a data center or in the cloud
- Power savings: smarter devices require less bandwidth, provide less false notifications which can improve battery life
- Security and privacy: reduced chance for breach by reducing transmission of raw data to be processed somewhere else
- Connectivity: in some cases, connecting to broadband or even mobile may not be feasible so local computing is required
- Connection costs: even if connection is available, it may be worthwhile to save bandwidth due to connectivity costs



**Ashraf Takla:** 我们看一下边缘处理的优点，在多数 AI 应用中，响应速度是必备条件，要能以极低延迟实时做出决定。在这方面，边缘计算是很重要的工具，能有效满足现今使用者的各种要求与高标准。在边缘端处理数据时，使用的带宽较少，所以能节省系统电力，也能降低误判机率，进而延长电池寿命。

就安全性与隐私而言，在传输原始数据进行远程处理时，边缘处理能降低数据外泄的机率。本地的边缘装置当然要有完善保护、确保安全。在某些地点，我们可能无法通过宽带或移动网络连接至云端，必须靠本地计算。能够连接时，成本可能是一个问题，但能通过边缘处理加以解决。

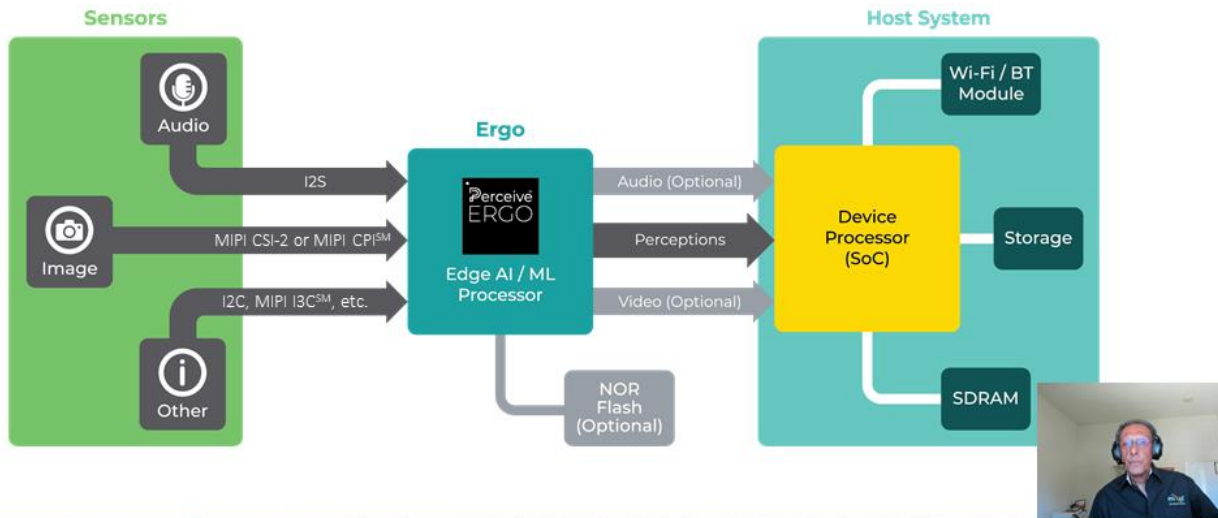
## Perceive ERGO™

- Edge inference processor for use in devices such as security cameras or smart appliances
  - 20-100x more power-efficient, delivering 4 sustained GPU-equivalent floating-point TOPS at 55 TOPS/W
  - Able to process large neural networks in 20mW and supports a variety of advanced neural networks



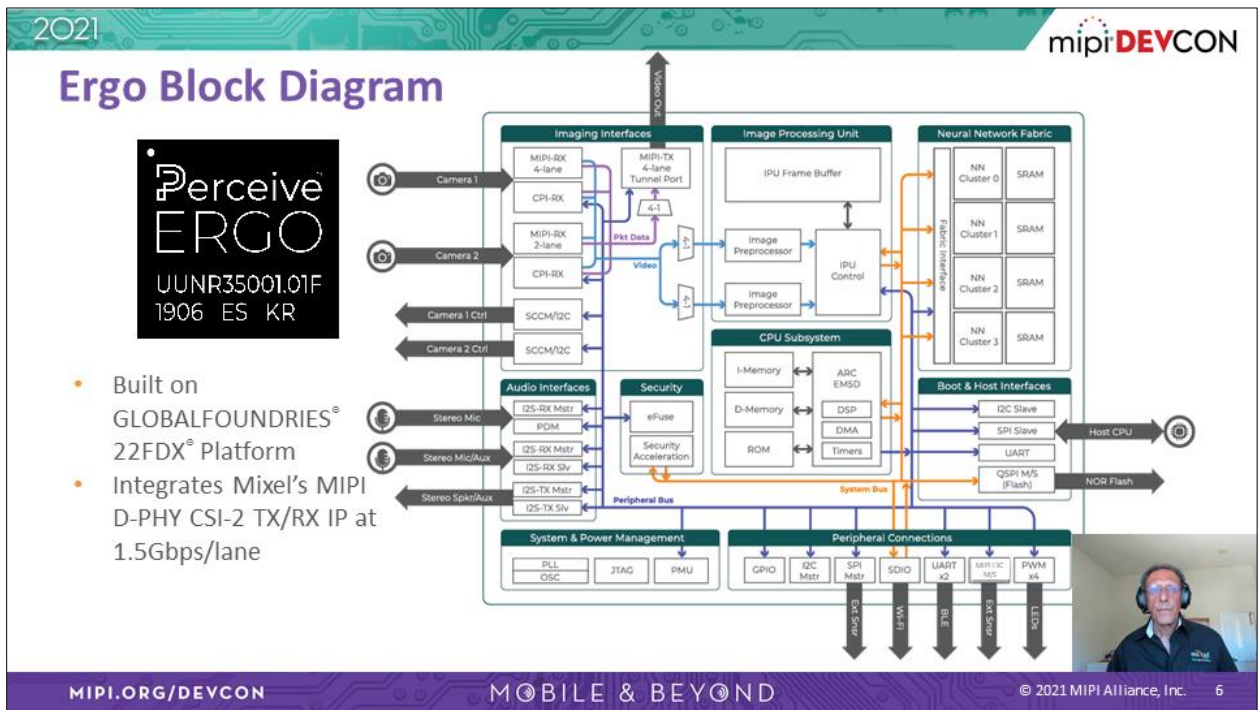
**Ashraf Takla:** 现在，我们来看一下 Perceive Ergo 芯片。边缘装置要能支持 AI，需要具有机器学习能力的处理器，例如 Perceive 的 Ergo 推论处理器。这款处理器专门为物联网与边缘装置设计，能源效率是市面上同类组件的 20 到 100 倍，具有相当于 4 TOPS GPU 的浮点计算能力，性能功耗比达 55 TOPS/W。这样的计算能力能以 20 mw 的低功耗处理大型神经网络，并支持各种先进神经网络的边缘处理。

## Overview of System Design



**Ashraf Takla:** 这里可以看到 Ergo 与一般 AI 应用的系统如何整合，Ergo 会从不同传感器接收数据。左边可以看到音频通过 I2S 输入，影像通过 MIPI CSI 和 CPI 输入，其他信息则使用 I2C 及 I3C。投影片中间就是 Ergo 处理器，配备新版的闪存，能支持快速启动。右边是系统单芯片，能接收感知、接受原始音频和影像数据，主要用于多媒体隧道（tunneling）应用。





**Ashraf Takla:** 现在来看一下 Ergo 的方块图。左上角可以看到 Ergo 内建的影像接口，包含 MIPI 与 CPI 输入各两个，还有一个 MIPI 输出。这个配置能支持两个同步图像处理流程，一个是高性能 4K，使用两个 MIPI 四通道 D-PHY，另一个是标准高分辨率，使用一个 MIPI。

接着在左下角，你会看到 Ergo 的音频接口，支持麦克风输入与扬声器输出。中间偏下是 CPU 系统，主要用来确认管理状况、数据流，以及与处理器的通讯。部分音讯处理，例如时间到空间的转换，是由 CPU 子系统执行。DSP 引擎负责 FFT 等的前与后处理。Ergo 的图像处理单元在中间偏上，能处理来自相机的原始影像，方便神经网络结构取用，功能包括缩放、裁切和色彩空间转换。

Ergo 芯片能对图片与影像进行推理，也能通过 MIPI 传送器将影像传输出去。信道传输的应用非常广泛，例如保全系统，让警示能有对应的音频及影像。Ergo 接着运用音频、影像或其他传感器输入做出高水平的推论。例如，在保全应用上，动作侦测加上玻璃破碎的声音，就能触发更可靠的响应。

现在来看看 Ergo 的核心，也就是右上角的神经网络结构。Ergo 芯片支持多种神经网络，因此能同步执行多种神经网络丛集，支持多种输入数据类型，例如同时处理处理音频及影像。

这些神经网络丛集和 SRAM 占据芯片三分之二以上的面积，是执行分割、辨识、推论等多种功能的区块。在迁入式软件与神经网络资源部分，Ergo 通过芯片内建的硬件加速进行解密，不只能保护隐私与安全性，指令周期也不受影响。

## Perceive Target Solutions

- Video Object Detection
  - Enables home or enterprise security to detect interesting motion and ignore false alerts
- Audio Event Detection
  - Able to detect critical sounds around the device to improve safety and contextual awareness
- Face Recognition
  - Can be used as standalone biometric or part of multi-factor authentication to unlock devices or objects
- Speech Recognition
  - Used for wakeup words, device-specific commands, and natural language interfaces for smartphone, smart toy, or home appliance



**Ashraf Takla:** Perceive 关注的是边缘装置想解决的特定问题。感测主要分为视觉和听觉，两种都能用来侦测环境中的对象，并辨识用户。影像对象侦测用于家庭或企业保全系统，能侦测可疑动作，也会忽略假警报。音频侦测能侦测装置周围的关键声音，藉此提升安全与情境感知能力。脸部辨识能作为独立的生物识别，或作为多因素身份验证的其中一道机制，用于解锁装置或对象。语音识别的应用包含唤醒关键词、装置专属指令，以及自然语言接口，能用于智能型手机、家用电器和智能型玩具。

接下来，我们会通过几个使用案例，介绍 Perceive 组件的不同应用类型。

## Perceive Target Applications

- Smart Home – Security Cameras and Doorbells
  - Detect interesting motion and ignore false alerts
  - Recognize faces, voices, and people
  - Detect relevant objects – animals, packages, vehicles, etc.
  - Use voice for local commands
  - Detect important sounds – alarms, people, glass breaking, etc.
  - Describe people, vehicles, or even the actions in a scene



**Ashraf Takla:** 不同终端应用皆采用相同的 Ergo 芯片性能或部分性能，因此有不少相似之处，但仍因性能运用方式不同而有所区别。

首先，先来看看智能家居应用，例如摄影机和门铃。使用 Ergo 处理器的系统，具备动态侦测、减少假警报、人脸及声音辨识、物体辨识（例如动物、包裹、车辆）等功能。可使用语音及本地端控制、侦测重要声音（例如警示、人声、玻璃碎裂等）。除此之外，还能提供使用者现场人、车、或动作的描述。



## Perceive Target Applications

- Wearables
  - Detect important sounds around the user
  - Use local voice commands and advanced wake words to simplify device UI
  - Recognize faces, people, voice, and emotions
  - Detect relevant objects around the user
  - Integrate data across multiple sensors



**Ashraf Takla:** 穿戴式装置部分，也能侦测使用者周遭重要声音，并使用本地端语音控制，以高阶唤醒词功能简化用户接口。此外，也具有人脸、声音和情绪辨识功能，侦测用户周遭物体，并整合来自多个传感器的数据。

## Perceive Target Applications

- Portable computing
  - Detect and recognize people and faces
  - Detect other relevant objects and sounds
  - Recognize voices and local voice commands
  - Track emotions, attention, and eye location
  - Blur or replace video conference backgrounds
  - Improve audio or video signal



**Ashraf Takla:** 接着，让我们看看移动计算装置怎么运用 Ergo 芯片。除了上述有提到的性能外，系统还可通过内建镜头或手机，进行眼球追踪、解读使用者情绪和注意力。你可以在视频会议时模糊化或自定义背景，音频及影像质量也会有所提升。

## Perceive Target Applications

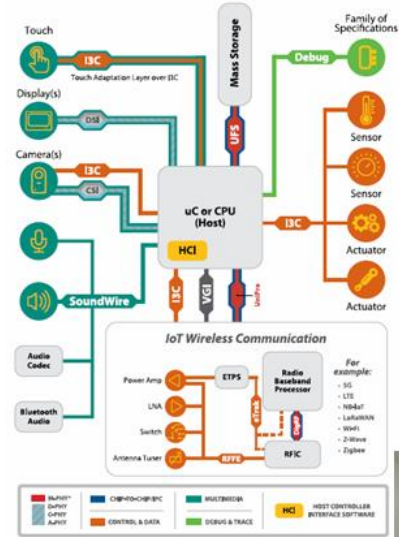
- Video conferencing
  - Detect and track people, faces, and voices
  - Recognize individual faces and voices
  - Audio noise reduction and intelligent muting
  - Use gesture or voice for touchless control
  - Blur or replace video conference backgrounds
  - Gaze correction and audience analytics
  - Detect other relevant objects and sounds



**Ashraf Takla:** 在视频会议装置上，Ergo 的应用和移动计算装置类似，还可支持手势或声音的无接触控制，或是提供视线校正及与会者分析。

## Why MIPI

- MIPI was designed from the ground up to minimize power requirements while supporting high bandwidth and strict EMI requirements
- Many edge applications are battery operated
- MIPI CSI-2 is widely adopted for sensor applications
- MIPI D-PHY is the first and most widely adopted MIPI PHY today



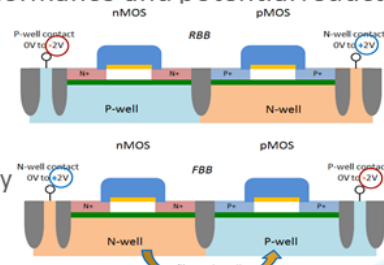
Typical IoT Device with cellular connectivity using many MIPI specifications



**Ashraf Takla:** 现在，让我们看看为什么 Ergo 采用 MIPI 接口。MIPI 满足低功耗、高带宽、低电磁干扰 (EMI) 的严格要求，特别适合许多使用电池的边缘计算产品。MIPI CSI-2 和 D-PHY 两种规范广受传感器采用。D-PHY 是目前市场上采用时间最早、应用最广的 MIPI PHY 物理层。在这张区块图里可以看到，一般 IoT 装置会使用 MIPI、CSI 和 PHY；D-PHY 和 C-PHY 可支持摄影及显示应用程序。

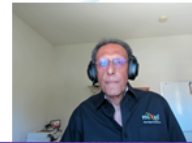
## Why FDSOI

- FDSOI provides the right mix to achieve better performance, with lower power, at lower cost—without the need to move to more costly FinFET processes
- Compared with bulk silicon, FDSOI provides additional flexibility, due to the programmability of body bias, resulting in higher performance and potential reduction in power and area
  - Body biasing allows trade-off between dynamic and leakage power resulting in lowest possible power consumption for workload and operating conditions
  - Reverse Body Bias (RBB) can be applied during stand-by mode to drastically reduce leakage current
  - FDSOI enables performance/frequency boost through Forward Body Bias (FBB)
- No wonder FDSOI is widely adopted for IoT devices!



FDSOI:

- Fully-Depleted Silicon-On-Insulator
- Planar process similar to bulk



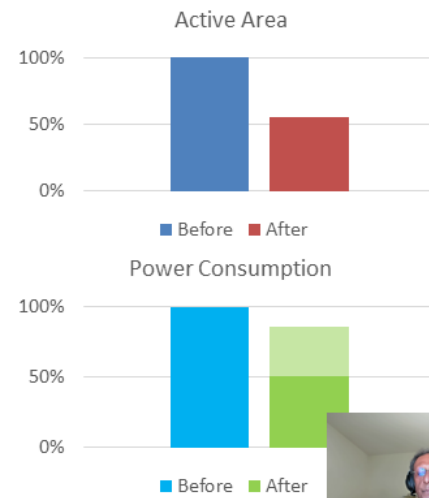
**Ashraf Takla:** 那 Perceive 为什么选择使用 FD-SOI 工艺，而不是 FinFET 技术呢？首先，我们来看看 FD-SOI 晶体管的截面图。电子信道和硅基板有所区隔，可外加顺向或逆向偏压，控制晶体管的阈值电压 (threshold) 和泄漏电流，再加上寄生电容降低，使得 FD-SOI 可在较低功耗及成本的条件下，实现提供高性能，而不需采用成本较高的 FinFET 工艺。和传统块状硅晶圆 (Bulk Silicon) 相比，因为低寄生电容、可程序化，FD-SOI 具备高性能、低功耗、小尺寸等特性。通过施加基体偏压，能在动态控制及泄漏电流间达成平衡，为特定工作负荷量或运作条件，实现最低功耗。举例来说，待机模式下使用逆向偏压，可大幅降低漏电。FD-SOI 技术也可通过顺向偏压，增进性能和速度。

基于这些优势，物联网装置大量采用 FD-SOI 构造。



## Power and Area Saving Evaluation

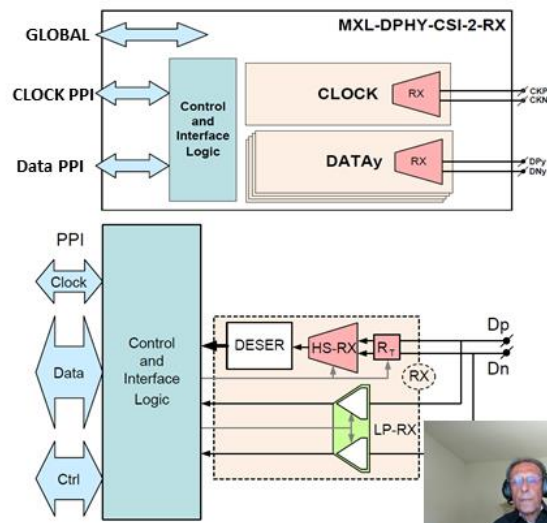
- By applying Forward Body Bias (FBB), device size was minimized while maintaining the same performance
- By adjusting the FBB and RBB based on PVT you can either reduce the area or the power or both
- Achievable power and area savings for FDSOI process:
  - Active area reduction of ~55%
  - Power reduction of 14-50% across PVT



**Ashraf Takla:** 我们做了分析以量化上述优势，通过施加顺向偏压来降低主动区 (Active Area) 的大小和功耗。结果发现，在效能不减的情况下，主动区域面积可减少高达 55%，耗电量在各 PVT（工艺，电压，温度）条件下，可降低达五成。

## Mixel MIPI Receiver IP

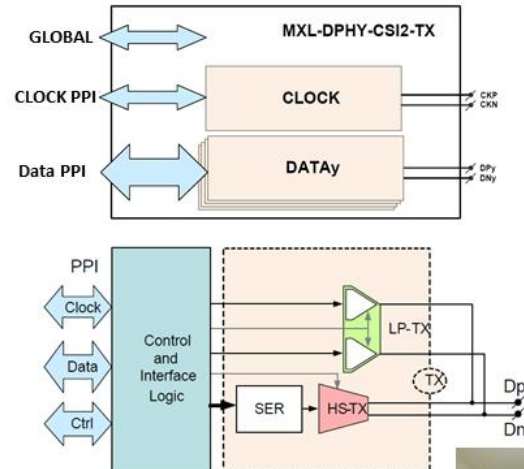
- MIPI D-PHY CSI-2 RX IP
- Supports MIPI D-PHY v2.1 with backwards compatibility for v1.2 and v1.1
- High-speed transmitter running at 2.5Gbps/lane
- Low-power transmitter running at up to 80Mbps/lane
- 2 and 4 data lanes and 1 clock lane configurations
- Area optimized
- Achieved first time silicon success



**Ashraf Takla:** 现在，我们来看看 Mixel 的 MIPI PHY 如何和 Ergo 芯片整合。我们提供 Perceive MIPI 接收器及传输 IP，皆通过另一个 FD-SOI 工艺硅验证 (Silicon Proven)，并导入 22FDX 工艺。在接收器部分，我们提供面积优化、双信道及四信道两种配置，采用 CSI-2 D-PHY 接口，两种皆支持 MIPI D-PHY 2.1 版本，并和 v1.2 及 v1.1 向后兼容，且皆具有每传输通道 2.5 Gbps 的传输率，并支持 80 Mbps 的低耗电模式。

## Mixel MIPI Transmitter IP

- MIPI D-PHY CSI-2 TX IP
- Supports MIPI D-PHY v2.1 with backwards compatibility for v1.2 and v1.1
- High-speed transmitter running at 2.5Gbps/lane
- Low-power transmitter running at up to 80Mbps/lane
- 4 data lanes and 1 clock lane
- Area optimized
- Achieved first time silicon success



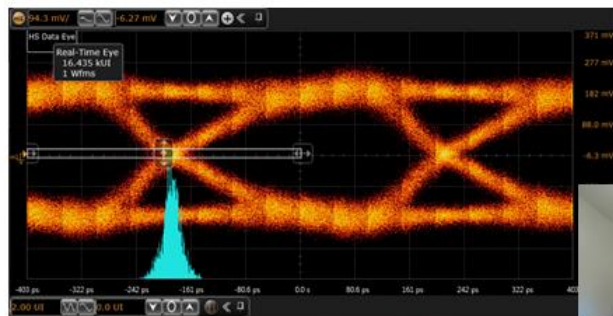
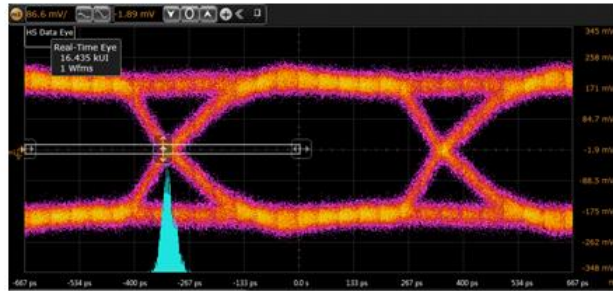
**Ashraf Takla:** 在发射端 (TX) 部分，我们提供 Perceive 面积优化、四通道的 IP，采用 CSI-2 D-PHY 规格，支持 MIPI D-PHY 2.1 版本，在高速传输模式下，传输速度为每信道 2.5 Gbps，并可支持漏斗功能。

## Silicon Results

MIPI D-PHY TX @ 1.5Gbps



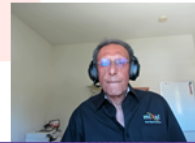
MIPI D-PHY TX @ 2.5Gbps



**Ashraf Takla:** 这边两张眼图 (Eye Diagram) 显示 TX IP 分别以每信道 1.5 Gbps 和 2.5Gbps 传输率运作。采用 Mixel 的多项 IP 后, Perceive 已取得首次硅验证成功, 目前进入生产阶段。

## Mixel IP in FDSOI Processes

IP Name	Features	Node
D-PHY Universal	V1.2; 2.5Gbps; De-skew; loopback testability.	Silicon-Proven in 28FDSOI
D-PHY Universal	800Mbps; Ultra low power; Wearables, IoT.	
D-PHY DSI TX	1.5Gbps; low Skew; Test modes.	
D-PHY CSI-2 RX	1.5Gbps; Test modes.	
LVDS TX	1.25Gbps; 4 Channel; 7 or 10 bits/channel	
LVDS TX	1.25Gbps; 8 Channel; 7 or 10 bits/channel	
LVDS/D-PHY TX Combo	1.05Gbps; 4 Channel; Test modes.	
LVDS/D-PHY TX Combo	1.05Gbps; 8 Channel; Test modes.	
D-PHY CSI-2 TX	2.5 Gbps/lane; 4 lanes	Silicon-Proven in 22FDX
D-PHY CSI-2 RX	2.5Gbps/lane; 2 or 4 lanes	
D-PHY CSI-2 RX	2.5Gbps/lane; 2 or 4 lanes	



**Ashraf Takla:** 这边带大家快速一览 Mixel 通过验证的 IP，共有两种 FD-SOI 工艺节点，来自两家晶圆厂。IP 集合了 D-PHY、发射器、接收器、通用通道 (Universal Lane)，以及 LVDS、D-PHY、LVDS Combo IP。所有 IP 都已取得首次硅验证成功。



## Mixel MIPI PHY Portfolio

- Industry leader in MIPI® interfaces and contributing member of the MIPI Alliance since 2006
  - MIPI D-PHY first silicon-proven in 2008
  - MIPI M-PHY® first silicon-proven in 2011
  - MIPI C-PHY first silicon-proven in 2016
- Complete integrated solution includes PHY, controller, and platform
- Widest coverage of process nodes and foundries: silicon-proven in 11 different nodes and 8 different foundries



**Ashraf Takla:** 简单和各位介绍，Mixel 是 MIPI 接口的业界龙头，于 2006 年成为 MIPI 联盟会员。在 MIPI 接口开发上经验丰富：2008 年 MIPI D-PHY 通过硅验证、2011 年 MIPI M-PHY 通过验证、还有 2016 年取得验证的 MIPI C-PHY。我们提供全面、整合的解决方案，包含 PHY、控制器和 FPGA 开发平台。在 MIPI PHY 技术上，囊括最多样的工艺节点及晶圆厂，在十一个节点和八家晶圆厂皆已取得硅验证。

## Conclusion

- Edge computing provides many benefits including the ability to make decisions in real time, with very low latency
- MIPI specifications are uniquely designed to enable low power, high bandwidth requirements of IOT & edge devices
- FDSOI provides high performance with lower power at lower cost
- Processors like Perceive Ergo enable AI processing at the edge to make connected devices smarter, resulting in lower latency, improved battery life, and better security
- Mixel MIPI PHY IP enables SoC designers to leverage the benefits of MIPI with silicon-proven designs in FDSOI, lowering project risk



**Ashraf Takla:** 现在，快速总结一下。边缘计算带来诸多优势，包含低延迟的实时数据处理。MIPI 规格在设计上实现低功耗、高带宽，满足移动及边缘装置需求。和 FinFET 工艺相比，FD-SOI 技术具备高效能、低功耗及低成本的特点。基于上述优势，MIPI 和 FD-SOI 是最适合导入边缘装置的技术组合。

像 Perceive Ergo 芯片这样的处理器，能驱动人工智能，使物联网装置更聪明、更安全，实现低延迟，延长电池寿命。

Mixel 和 Perceive SOC 工程师密切合作，在经验证的 FD-SOI 硅智财上，充分利用 MIPI 优势，创造通往首次硅验证成功及量产的最短途径。



**Ashraf Takla:** 非常感谢各位今天的参与。

REFERENCES &  
ADDITIONAL RESOURCES

- [From Cloud to Edge](#)
- [A look at examples of IoT devices and their business applications in 2021](#)
- [What is edge computing? Everything you need to know](#)
- [Edge Intelligence Makes Smart Homes Truly Intelligent](#)
- [Autonomous Vehicles Drive AI Advances for Edge Computing](#)
- [Smart manufacturing and the IoT are driving the Industry 4.0 revolution](#)
- [Smart Manufacturing: Cloud vs. Edge Computing](#)
- [MIPI White Paper: Enabling the IoT Opportunity](#)
- [It's Time to Look at FDSOI Again](#)

REFERENCES &  
ADDITIONAL RESOURCES

- [From Cloud to Edge](#)
- [A look at examples of IoT devices and their business applications in 2021](#)
- [What is edge computing? Everything you need to know](#)
- [Edge Intelligence Makes Smart Homes Truly Intelligent](#)
- [Autonomous Vehicles Drive AI Advances for Edge Computing](#)
- [Smart manufacturing and the IoT are driving the Industry 4.0 revolution](#)
- [Smart Manufacturing: Cloud vs. Edge Computing](#)
- [MIPI White Paper: Enabling the IoT Opportunity](#)
- [It's Time to Look at FDSOI Again](#)