

HongKe

虹科



SoC_e

System-on-Chip *engineering*

FPGA IPcore & FPGA/SoC 核心模块

TSN/时间敏感型网络

HSR/PRP高可用性以太网

1588/PTB等时间同步

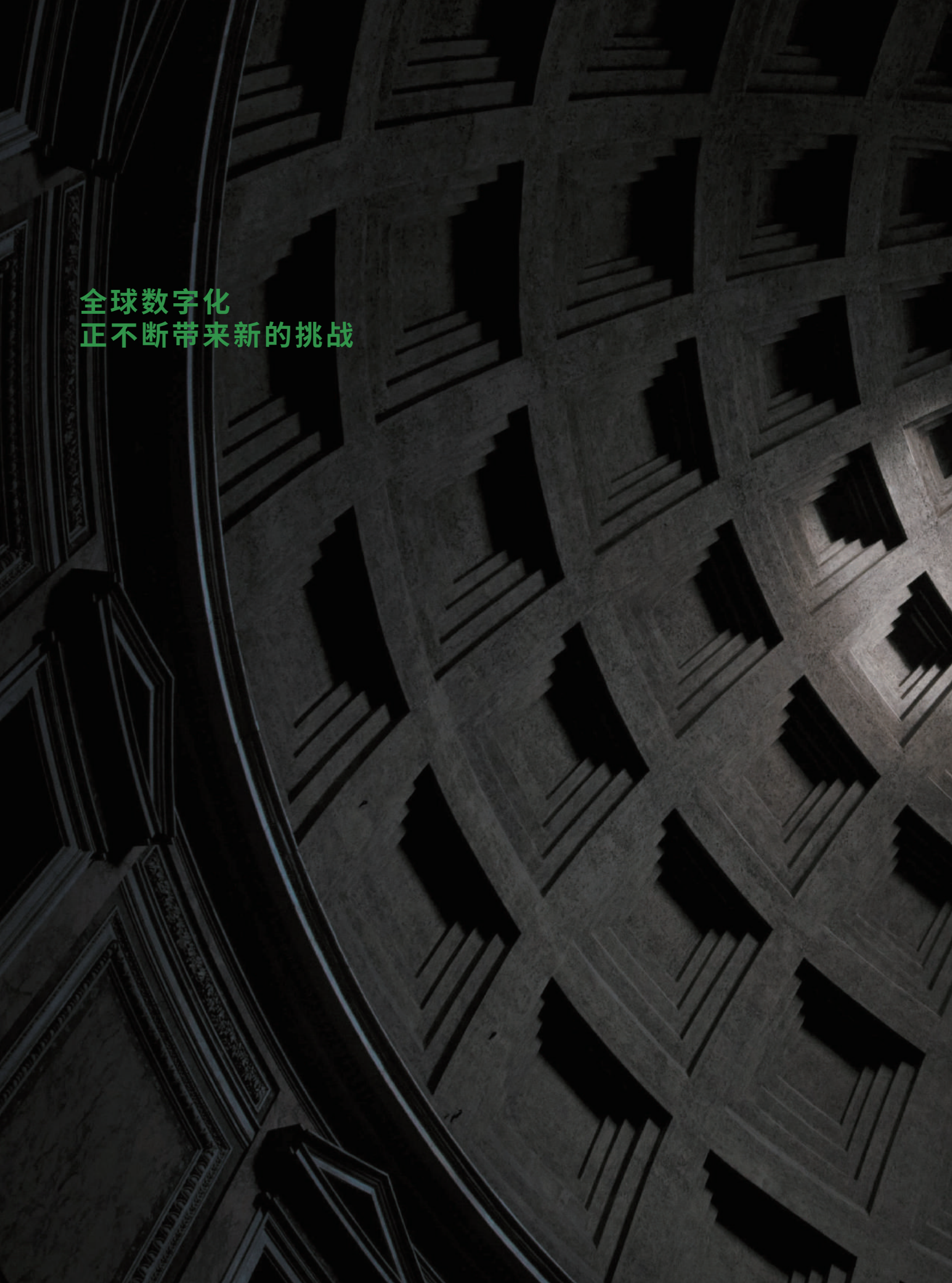
实时流量的安全

关键任务解决方案

边缘计算



公司介绍	4
技术	6
硅IP核	8
以太网网络	8
1G Multiport TSN Switch	
10G Multiport TSN Switch	
1G HSR/PRP Switch	
D-S HSR Switch	
10G Managed Ethernet Switch	
1G Managed Ethernet Switch	
航天器网络和接口	16
SpaceWire	
Cameralink RX Interface	
精确时间同步	17
MUL Tlsync	
1588Tiny Slave-Only	
IRIG-B Master	
IRIG-B Slave	
线速加密	21
Multi-algorithmic low-latency AES-GCM Crypto-core	
Secure Ethernet for Substation Automation	
Systems Crypto-core	
Secure Configuration-over-Ethernet IP	
工业计算加速	22
Sampled Measured Values Subscriber	
Deep-packet Inspection Engine	
FPGA网络模块	24
SMARTmpsoc Family	
SMARTzynq Family	
SMARToem Family	
Multiport FMC Board	
MEZU Family	
嵌入式软件	32
SoC-e Portable Tools	
RSTP Posix-compliant Software Stack	
SoC-e Layer-3 Routing Package	
IEC 62351-9 Stack: Key Management for Substation	
Automation Systems	
定制化解决方案	34



全球数字化
正不断带来新的挑战



推动关键系统的数字化

虹科合作伙伴 SoC-e (System-on-Chip engineering SL)在2010年成立时,就确定了从技术基础出发满足客户需求作为公司的发展战略。这一愿景指引着我们为客户选择正常的方案并积累了全球的优质客户。

当今,以太网上的融合是多行业的。工业、能源、汽车、电信和航空航天等行业正在他们的OT和IT网络中采用大规模的可互操作的以太网解决方案。然而,原始的以太网概念仅是作为一个简单的局域网网络,如今已发展为支持实时流量、冗余、高数据吞吐量和复杂的网络安全机制。

在“新”以太网的背景下, SoC-e凭借专业知识和技术,开发了广泛的Silicon IP和SoM解决方案,可缩短客户产品上市时间,并且也为数百个项目降低了设计风险。

举些例子,大多数变电站保护的制造商都采用我们的IP core解决方案,来实施高可靠性的以太网网络。工业PLC和工业网络设备嵌

入了我们的时间感知以太网技术。自动驾驶汽车雷达采用我们独一无二的CPU-less方案以实现纳秒级的响应。我们的TSN综合解决方案已经在铁路、工业4.0智慧工厂、航空航天等产品和项目中得到了应用。

然而,全球数字化正不断带来新的挑战。在本地和云服务器上运行FPGA加速算法使我们能够重新思考如何在工厂和智能电网中实现自动化。我们的下一个目标是为客户提供最佳的以太网解决方案,以满足他们对高数据带宽、确定性、安全和深度数据包分析的需求。这些工业和航空航天领域的新挑战驱动着我们成为先驱者,我们将很高兴与大家分享这一愿景。

技术



在关键任务系统中采用新一代以太网技术的优势

在工业、汽车、铁路和航空航天系统中，高可靠性和可用性是必须的。然而，当前OT/IT融合的趋势使得这些系统变得更加复杂和脆弱。这些基于超级连接的智能基础设施具有传感、处理和网络功能，并将生成大量的数据。因此，这些系统需要标准化、可互操作和经过现场验证的网络解决方案。这时涉及的技术一方面需要确保实时和关键任务信息在严格的延迟和可靠性范围内传输，另一方面要简化网络基础设施及其操作。

在这种情况下，一个适应于多行业且世界公认的解决方案就是新一代的以太网技术，称为Time-Sensitive Networking (时间敏感网络)。TSN通过以太网提供了流量保证和确定的延迟，其最终目标是为实时的OT流量和高带宽的IT流量提供一个独特的网络。

SoC-e为客户的关键系统提供一种经过现场验证的TSN技术。目标设备从小型智能设备、基于CPU或PLC的少端口网络设备，再到新一代工厂的多端口工业交换机。此外，由于SoC-e套件及其持续参加的互操作性活动，使其在促进该技术的成熟和推广方面正发挥着重要的作用。

TSN包括几个标准。目前，有9个标准已经完全发布并确定下来。其中定义的功能组合允许为每个行业定义具体的解决方案。事实上，有为工业、汽车、5G和其他行业定义具体的多项 profiles。针对关键任务系统的具体需求，值得一提的是，TSN 已经包含了IEEE Std 802.1CB-2017标准中定义的支持冗余的实现方法。SoC-e的技术的关键区别之一是对高可用性网络的支持。因此，我们是在TSN解决方案组合中提供这一关键功能的技术提供商的先驱者。除了这种零丢帧的TSN之外，SoC-e还提供了基于其他协议的高可用性替代方案,如HSR、PRP、MRP或(M)RTSP。

能够保证在纳秒范围内同步系统和设备的能力是推动这种技术发展的“隐藏”功能之一。由于结合了硬件和软件，通过以太网网络来分配精确的时间是可行的。在使用有线基础设施的5G、金融或军事系统中，这种时间参考是实现确定性以太网和GPS级精度的关键。这一创

在关键任务系统行业，整个系统的数字化需要在全面考虑安全性的前提下完成。在这方面的两个关键挑战是安全升级和保证实时流量。在本目录中，提出了以线速确保实时通信和安全升级FPGA系统的解决方案。正如IEC标准所定义的那样，这些硬件模块都是由实现安全密钥和证书交换机制的软件堆栈实现。



新带来了显著的成本减少和复杂性降低，且衍生出了新的服务和产品。从技术的角度来看，这一发展的动力就是一种开放且标准化的协议 IEEE1588 Precision Time Protocol (IEEE 1588精确时间协议)。SoC-e提供了用于实现任何PTP设备的软硬件方案。

一旦OT/IT的统一网络主干技术成为现实，从边缘、FOG、本地或云端的密集计算中获益将是一个非常活跃的趋势。比如现在正在开展某些行业应用相应的研发和业务，如图像与模式识别、机器学习、大数据分析和安全应用等。SoC-e基于FPGA的深度数据包分析技术所提供的IP解决方案,已被应用于电力行业，该解决方案提供技术服务，与传统解决方案相比，用于监视电网的实时数据流的处理速度快了多个数量级。

10G Managed Ethernet Switch IP

时间敏感网络 (TSN) 是一种IEEE标准的解决方案，允许在单个以太网网络中将实时流量与 "尽力而为" 流量进行合并。TSN确保以有保障的带宽和确定性的延迟来传输数据流。

SoC-e的TSN解决方案称为Multiport-TSN Switch (MTSN) IP[多端口TSN交换机 (MTSN) IP]。从简单的单端口单元，到复杂的多端口交换机，该IP可以根据最终产品的要求来进行优化实现。例如，可以使用该IP生成对TSN终端、桥接终端或多端口网关项目有特定要求的设计。

该IP可以在可重新配置的SoC上轻松实现。例如，目标设备是Xilinx Zynq Ultrascale+ MPSoC系列。该IP包括硬件和软件包。

设计人员可以选择在FPGA中实现的交换机的端口数量、TSN功能、以及其他的参数。可以通过Xilinx Vivado Tool IPI支持的GUI以图形化的方式完成这种量身定制的配置。

主要特点：

接口

- 全双工10/100/1000 Mbps以太网
- 半双工10/100 Mbps以太网接口
- MII/RMII/GMII/RGMII/SGMII/QSGMII物理层设备 (PHY) 接口
- 铜线缆和光纤媒体接口：
10/100/1000Base-T, 100Base-FX, 1000Base-X

交换

- 无阻塞的矩阵结构：100%的数据吞吐量，用于GbE流量
- 可配置1至32个以太网端口
- 支持的流量类型：预定流量、“尽力而为”流量和预留流量
- 时间感知整形器：可配置时隙的数量和大小
- 基于信用的整形器：可配置的每个流量类别的带宽预留
- 支持预定义端口对之间的快速帧转发（直通）
- 支持巨型帧

流量管理

- 共享的动态和静态MAC表（可配置大小）
- 支持独立的VLAN学习（IVL）
- 支持多播帧过滤
- 交换端口掩码：用户定义的帧转发到具体端口
- 基于端口的VLAN交换
- 优先级（PCP-802.1p, DSCP TOS, Ethertype）
- DSA（分布式交换架构）标记
- IGMPv2监听

计时和TSN特性

- IEEE 802.1AS(rev) 用于时间同步层
- IEEE 802.1Qav 用于预留流量
- IEEE 802.1Qbv 用于计划流量
- IEEE 802.1CB 用于帧复制和可靠性消除
- IEEE 802.1Qcc 用于网络管理
- IEEE 802.1Qci 用于流过滤和管理
- IEEE 802.1AB 用于LLDP（链路层发现协议）
- IEEE 802.1w 用于快速生成树协议
- IEEE 802.1s 用于多生成树协议
- Cut-Through支持异步调度流量
- IEEE 802.1Qat 用于流保留协议
- IEEE 802.1Qbu/802.3br 用于帧抢占

安全

- 每端口速率限制（广播、多播和单播流量）
- 广播风暴防护
- 端口镜像：输入和/或输出流量到任何端口

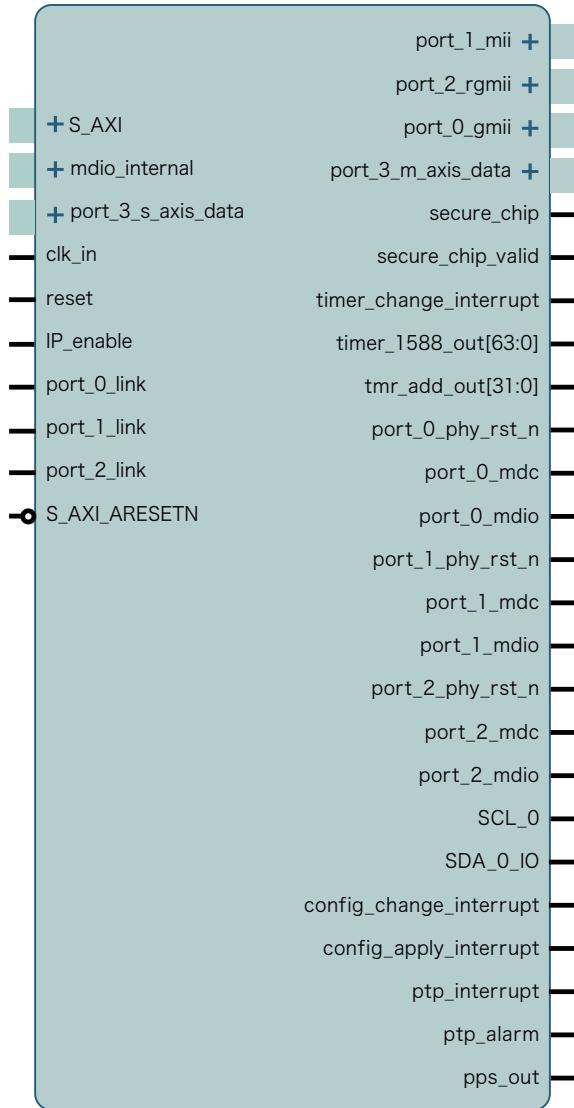
配置

- MDIO, UART, AXI4-lite或CoE(以太网配置管理接口)

支持

- 支持RESTCONF/NETCONF YANG模型 (CNC 配置)
- 高级配置GUI
- 提供驱动程序和软件中间件
- 提供参考设计和评估套件：MTSN套件

10G Multiport TSN Switch IP



Multiport TSN Switch

对基于TSN的主干网络的更高数据带宽的需求正在日益增长。在智能工厂中，OT流量与IT流量的融合、汽车中的雷达和激光雷达传感器融合，以及5G节点的融合，都是推动这一发展需求的很好例子。SoC-e 10G多端口TSN交换机得益于SoC-e开发的第四代交换矩阵。此矩阵已经应用于10G第四代交换矩阵。此矩阵已经应用于10G Managed Ethernet Switch IPcore (10G管理型以太网交换机IPcore)。除了该IP的一般功能外，10G多端口TSN交换机还包括支持TSN功能的方法。

TSN Profiles

对新协议和网络技术的关注程度可以用标准中每个行业用于推广的Profiles的数量和成熟度来衡量。目前工业行业正在为工业自动化推动IEC/IEEE 60802 TSN profile, 此profile约定了所有TSN设备都必须遵守的强制性和可选性技术参数, 以便在未来的工厂中实现互操作。其他行业, 例如汽车-P802.1DG-用于汽车车载以太网通信的TSN profile, 5G和电信-P802.1DF-用于服务提供商网络的TSN profile, 或航空航天-AS6675-用于航空航天的TSN profile, 正在制定规范中。

1G HSR/PRP Switch IP

SoC-e HSR/PRP交换机IP实现了无扰动的以太网连接，可确保在网络故障和无帧丢失情况下实现零延迟恢复时间。这些IP支持最新版本的高可用性无缝冗余 (HSR) 和并行冗余协议 (PRP) 标准，结合用于亚微秒级同步的冗余IEEE1588-2008标准。该IP的灵活性和可扩展性为成本敏感的低CPU设备和基于高端SoC的网络平台提供了优化的解决方案。

每个HSR/PRP端口对都配有专用的硬件模块，以确保最佳的交换操作性能。这些模块可以轻松地与其他SoC-e Ethernet IP结合使用，实现了集标准、高可用性和确定的以太网端口为一体的异构交换机。

主要特点：

接口

- 全双工10/100/1000 Mbps以太网接口
- MII/RMII/GMII/RGMII/SGMII/QSGMII物理层设备 (PHY) 接口
- 铜线缆和光纤媒体接口：
10/100/1000Base-T, 100Base-FX, 1000Base-X

交换

- IEC 62439-3 (第4-5 条) v3
- 优化的结构，避免HOL效应
- Cut-through和Store & Forward相结合的交换架构
- 支持无CPU版本
- 分布式内存架构，可实现最大的可靠性和可扩展性
- 支持基于以太网类型的流量隔离和专用内存缓冲区
- 基于PCP-802.1p时序的QoS
- 由硬件处理的IEEE 1588v2 P2P无状态透明时钟操作

安全

- IEEE 802.1X和EAPOL硬件支持
- 由硬件管理的监督帧

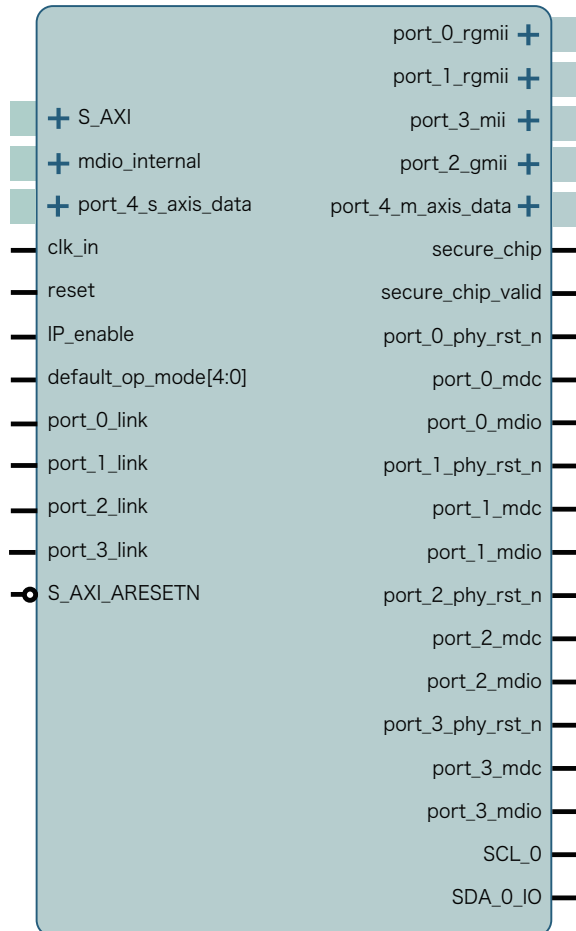
配置

- MDIO, UART, AXI4-lite或CoE(以太网配置管理接口)

支持

- 支持Xilinx Spartan-6/Virtex-6, 7系列和Ultrascale/ Ultrascale+器件以及更新的FPGA/SoC器件
- 提供参考设计和套件
(SMARToem, SMARTmpsoc, SMARTzynq, MEZU)

D-S HSR Switch IP



Managed Redundant Switch

除了标准的HSR/PRP之外，SoC-e还提供对确定性HSR (D-HSR) 的支持。这是基于硬件的解决方案，适用于对时序和带宽使用有严格限制的应用。在这些情况下，有必要在HSR节点上添加时序平面，以便按计划的方式传递数据流量。IEEE 1588协议是构建确定性HSR解决方案的驱动力，该解决方案专注于电力或国防等严苛的行业，他们更喜欢稳健的基于硬件的解决方案，该解决方案比通用的TSN更简单。

如果网络安全是关键要求，并且需要确保数据的真实性，那么SoC-e可提供安全HSR (S-HSR) 解决方案。该解决方案包括允许同时进行加密和认证的低延迟加密实现。S-HSR帧格式的设计是为了确保与标准HSR节点的互操作性。此功能有助于逐步引入安全的HSR 设备。

10G Managed Ethernet Switch IP

10G管理型以太网交换机（MES）IP core具有全速，无HOL效应纵横交换矩阵，可在所有端口之间进行连续传输。它支持多达32个具有不同线速的端口。内部微结构包括破坏性的增强功能，即使在关键用例中也可确保交换机可靠运行。

主要特点：

交换

- 无阻塞全速10G交换矩阵
- 无HOL效应
- 带自动MAC地址学习和成熟的动态MAC表
- 静态MAC表
- 巨型帧管理
- 基于Ethertype的交换
- 广播/多播风暴防护

接口

- 全双工100M/1G/2.5G/5G/10G以太网接口
 - 可配置3至32个以太网端口
 - MII/RMII/GMII/RGMII/SGMII/QSGMII/USXGMII
- 物理层设备（PHY）接口
- 每个端口支持不同的数据速率
 - 铜缆和光纤介质接口：
100M/1G/2.5G/5GBase-T, 100MBase-FX,
1GBase-X, 10GBase-SR, 10GBase-LR, 10GBase-BX

时间同步

- IEEE 1588v2无状态透明时钟功能（P2P - 第二层/
E2E - 第二层）

流量管理

- 多播帧过滤
- 交换端口掩码：用户定义的帧转发到具体端口
- 支持基于端口的VLAN
- 优先级（PCP-802.1p, DSCP TOS, Ethertype）
- DSA（分布式交换架构）标记
- IGMPv2监听

安全

- IEEE 802.1X EAPOL 硬件处理
- 每端口速率限制（广播、多播和单播流量）
- 端口镜像

配置

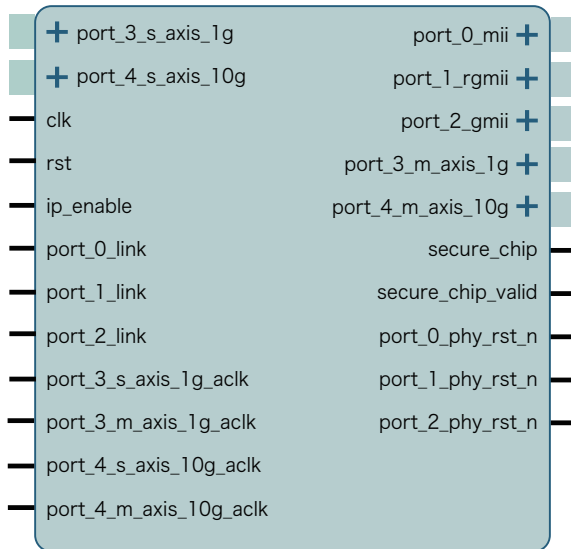
- MDIO, UART, AXI4-Lite或CoE（以太网配置管理接口）

冗余

- M/RSTP（需要软件堆栈）
- 支持M/RSTP的硬件
- 随IPcore提供的Linux参考M/RSTP协议栈
- 提供Posix兼容的RSTP堆栈

支持

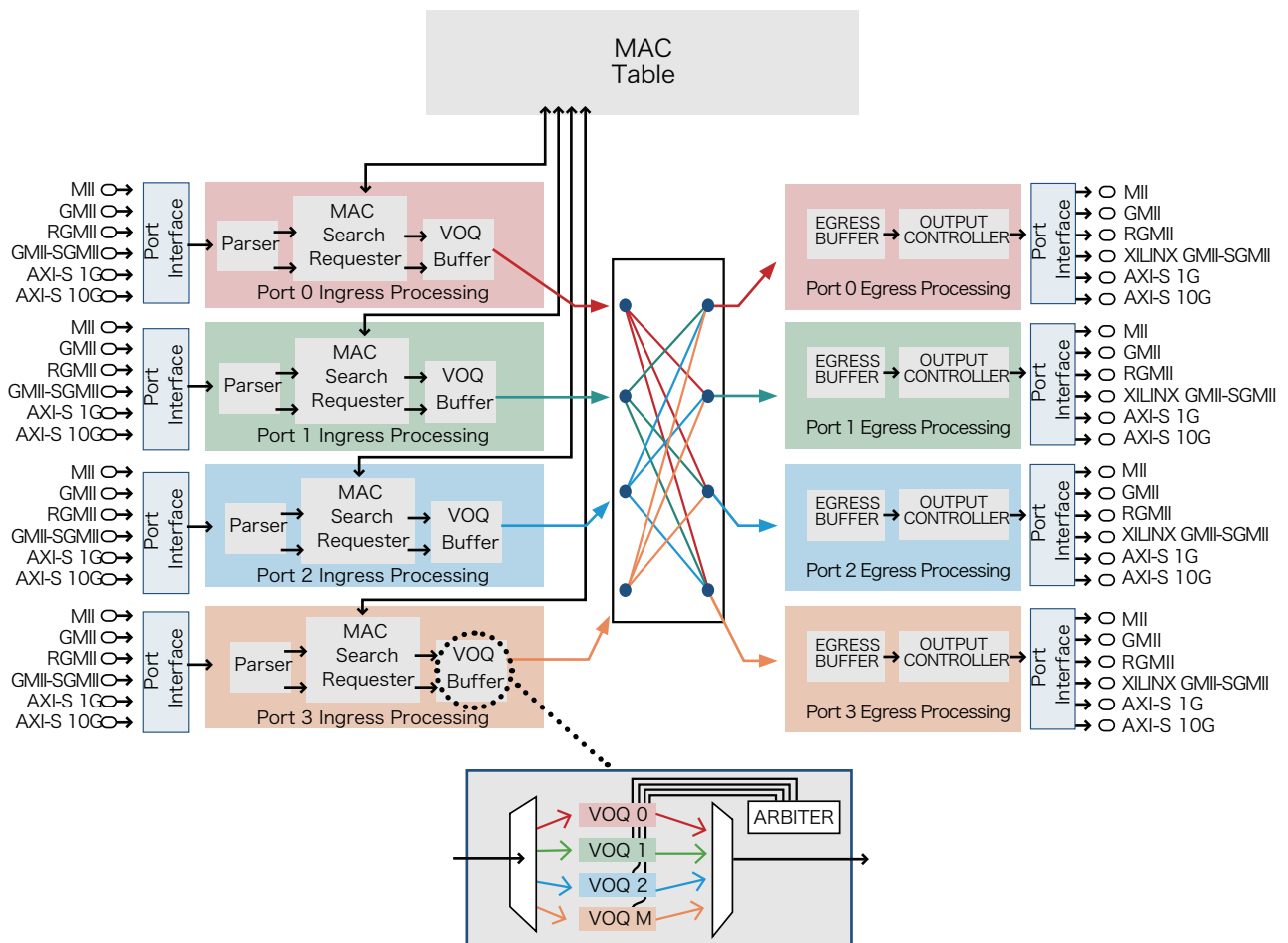
- 支持Xilinx 7系列和Ultrascale/ Ultrascale+及其更新的FPGA/SoC器件
- 提供参考设计和套件



10G Managed Ethernet Switch

关键系统中的线头效应

线头 (HOL) 阻塞影响的一个例子是实时视频流应用的性能下降。使用非HOL阻塞的自由交换机的通道故障可能会达到数百毫秒，从而使停留在同一队列中并发往其他目的地的数据包被阻塞，并遇到巨大的延迟。此外，在对控制通信有严格实时要求的关键系统中，这种错误行为可能是完全不能接受的。



1G Managed Ethernet Switch IP

FPGA 上以太网交换机的集成简化了异构系统和应用之间的通信。得益于可重新配置器件与网络IP结合的灵活性，终端设备不仅嵌入了以太网终端功能，而且还嵌入了增值的交换功能。在无阻塞矩阵基础设施上实现的SoC-e IP的低交换延迟是关键系统中网络的附加值。此外，IEEE 1588-2008同步，用于安全的数据包检查或风暴防护机制完全在硬件中实现。这种灵活的结构确保了端口数量的可扩展性，并简化了这些IP在系统中的集成。

SoC-e已经针对不同的应用和领域开发了一系列以太网交换IP。因此，将不同IP的特征进行组合以获得每种情况的最佳解决方案是可行的。

1G管理型以太网交换机（MES）IP是一种强大而灵活的解决方案，可以在任何设计中集成以太网支持。

主要特点

接口

- 全双工10/100/1000Mbps 以太网接口
- 半双工10/100 Mbps以太网接口
- MII/RMII/GMII/RGMII/SGMII/QSGMII物理层设备（PHY）接口
- 铜缆和光纤介质接口：
10/100/1000Base-T, 100Base-FX, 1000Base-X
- 支持10Gbps以太网接口（在上行链路接口中支持高达10Gbps的速度）

交换

- 无阻塞的矩阵结构：100%的数据吞吐量，用于GbE流量
- 可配置3至32个端口
- 优化的架构，避免HOL效应
- 支持预定义端口对之间的快速帧转发（直通）
- 支持巨型帧
- 根据IP数据包或Ethernet的PCP位（802.1p）、DSCP TOS 位来确定服务质量

计时

- IEEE 1588-2008 P2P/E2E 透明时钟操作由硬件运行
- IEEE 1588v2无状态透明时钟功能（P2P/E2E）
- 流量管理
- 共享的动态和静态MAC表（可配置大小）
- 支持独立的VLAN学习
- 多播帧过滤

- 交换端口掩码：用户定义的帧转发到具体端口
- 基于端口的VLAN交换
- 基于EtherType 的交换
- 优先级(PCP-802.1p, DSCP TOS, Ethertype)
- DSA（分布式交换架构）标记
- IGMPv2 监听
- 支持Link Aggregation

安全

- 安全性IEEE 802.1X and EAPOL 硬件支持
- 每端口速率限制（广播、多播和单播流量）
- 端口镜像：输入和/或输出流量到任何端口

冗余

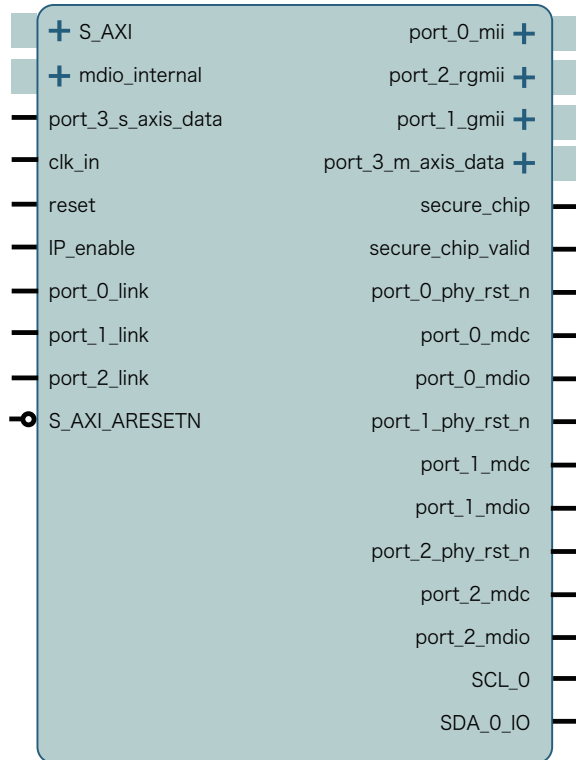
- 对M/RSTP的硬件支持
- 支持媒体冗余协议[MRP]
- 支持设备级环网[DLR]

配置

- MDIO, UART, AXI4-lite 或CoE(以太网配置管理接口)

支持

- 支持Xilinx Spartan-6/Virtex-6, 7系列和Ultrascale/Ultrascale+, 以及更新的FPGA/SoC器件
- 提供参考设计和套件 (SMARTmpsoc, SMARTzynq MEZU)



Managed Ethernet Switch

SoC-e以太网交换机IP系列包括一个非管理型版本，称为Unmanaged Ethernet Switch IP, 它提供即插即用的交换机操作，并针对以最小的FPGA资源提供最大性能的实现进行了优化。

结合Profinet 软件堆栈，Profinet IP是一个量身定制的选项，通过多个端口为 Profinet RT CC-B线路结构提供支持。

Profinet和其他现场总线依靠媒体冗余协议 (MRP) 来确保高可用性。这种数据网络协议已被国际电工委员会 (IEC) 标准化为IEC 62439-2, 它允许以太网交换机环克服任何单一故障，恢复时间比传统的替代方案 (如生成树协议) 快得多。可以选择支持MRP。具体来说, 客户端 (媒体冗余客户端-MRC) 和管理器(媒体冗余管理器-MRM) 的角色完全在IP的硬件上实现, 不需要MRP软件栈。

对传统现场总线的支持是通过以太网IP/DLR IP的选项完成的。这种多端口实现支持DLR冗余操作。DLR的管理是通过基于端口对的硬件来完成的。基于信的节点和监督操作也由硬件支持，它们不需要辅助的CPU。

SoC-e MES IP是一个适用于多行业的产品。例如，它被嵌入到电网的自动化和保护设备中。它用于支持工业PLC和网络设备的以太网现场总线。汽车行业的客户将SoC-e MES和PTP IPcore结合在一起，用于激光雷达和网关应用。航空航天领域则受益于MES IP的低延迟和分布式内存架构。

SpaceWire IP

SpaceWire IP是一个VHDL core, 它实现了带有AXI 管理接口的完整、可靠和快速的SpaceWire编码器- 解码器, 可用于FPGA和可重新配置的SoC器件的综合。SpaceWire协议是用于航天器上的高速链路和网络的标准, 简化了传感器、大容量存储器、处理单元和下行链路遥测子系统的互连。它是一个全双工的、双向的、串行的、点对点的数据链接, 适用于许多航天微电子设备, 如航天器系统、总线系统和嵌入式微控制器。欧洲航天局 (ESA) 与国际航天机构 (包括NASA、JAXA和RKA) 合作, 推进了该航天器通信网络标准的发展。

数据接口

- 接收比特率最高为系统时钟频率的4倍
- 传输时钟频率在100MHz- 625MHz之间
- 单独的时钟域

FIFO配置

- 传输FIFO深度可完全配置: 从 64 字节到16384 字节
- 接收FIFO深度完全可配置: 从 64 字节到16384 字节

接口

- AXI-Stream (数据)
- AXI-4 Lite (配置&管理)

性能

- 高达200Mbps的链接速度

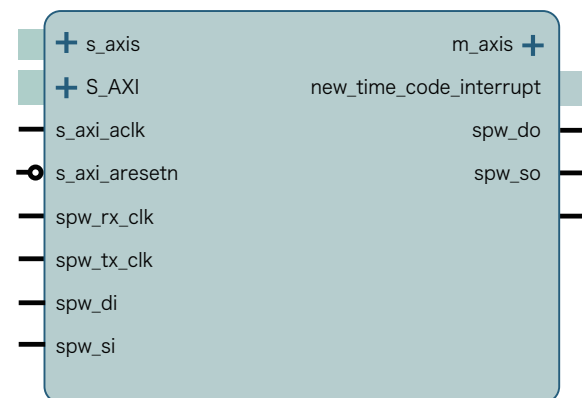
SpaceWire IP在国际空间站使用, 是SoC-e为一家航空航天客户开发的基于多核可重新配置的SoC的定制硬件。

Cameralink RX Interface IP

Cameralink RX接口是HD IP, 用于与提供Channel Link®技术的视频设备连接。Channel Link使LVDS技术, 通过一个并行到串行的发射器和一个串行到并行的接收器来传输数字数据, 以高达 2.38Gbps 的速率传输数据。基本的Channel Link标准使用28位来表示多达24位的像素数据和3位的视频同步信号。Cameralink RX接口接受四个LVDS数据流和一个LVDS时钟, 然后将数据反序列化为28位的并行数据和一个时钟, 并使用平台中使用的标准化片上总线连接数据。

主要特点:

- 支持的基本模式
- Camera Link输入接口
- 可配置参数
 - » Cameralink 工作频率
 - » 每行像素数
- 与Hyperspec MV和e2v OCTOPLUS相机设备一起测试



SpaceWire

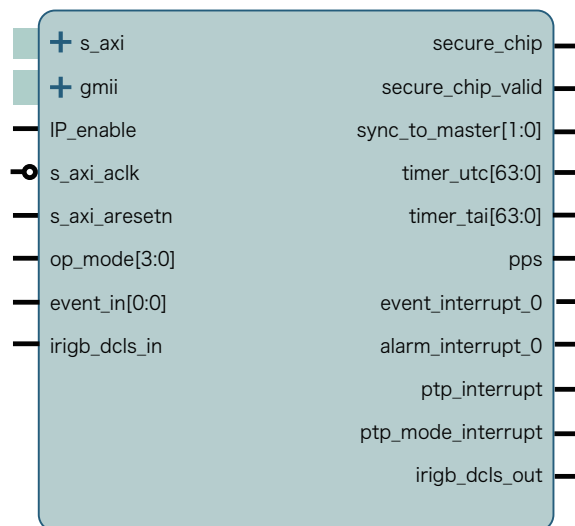
MULTIsync IP

MULTIsync IP 是一个多协议冗余时间同步核心，提供亚微秒级的时间同步，为每个场景提供最大的灵活性。它可以使用IEEE 1588-2006 (PTPv2) 和IRIG-B时间协议实现精确的时间同步。这种多功能性使不同的使用情况可以互补：

— **时钟源冗余**：将IP同时连接到一个PTP网络和一个IRIG-B主站是可行的。用户可以在三个可用的时间源（PTP、IRIG-B、free running timer）中选择使用其中的一个。

— **时钟桥**：它作为PTP到IRIG-B或IRIG-B到PTP的桥接器运行，同时IP与选定的主站同步。

— **时钟主站功能**：它可以作为PTP或IRIG-B主站。



MULTIsync

主要特点：

- 符合IRIG 200-04标准的时间同步主站和从站
- 支持DCLS和AM调制
- 支持所有的IRIG-B编码表达方式，包括年份信息、控制功能和直二进制秒
- 输出类型（IRIG-B时间码）可在执行前配置，也可以即时配置
- 支持IEEE 1588v2 Profiles:
 - » Default
 - » Power
 - » Power-Utility (IEC61850-90-3)
 - » 802.1AS
 - » Enterprise/5G/telecom: G.8265.1, G.8275.1, 和G.8275.2
- 可升级到IEEE1588v2.1/v3和802.1ASrev
- 同步输入（从站）源:
 - » PTP: 以太网，输入端的PTP从站
 - » IRIG-B: IRIG-B符合信号，输入端的IRIG-B从站— 自由运行计时器：数字输入
- 同步输出（主站）选项:
 - » PTP: 以太网，输出端的 PTP 主站
 - » IRIG-B: IRIG-B符合信号，输出端的IRIG-B主站
 - » Free Running Timer: 数字输出
- 支持Xilinx Spartan-6/Virtex-6, 7系列, Ultrascale/ Ultrascale+，以及更新的FPGA/SoC器件

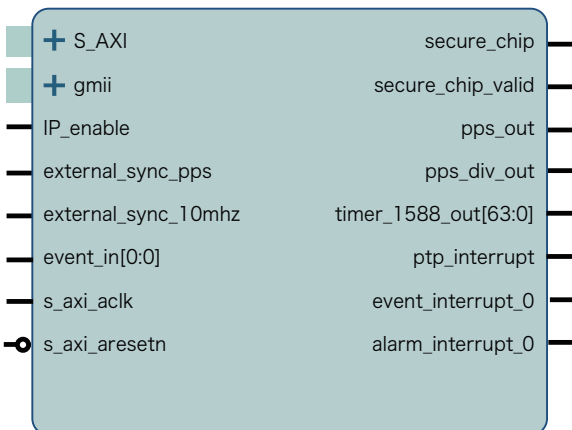
多源时钟

在过去的几十年里，计时和同步分配机制的发展为计时网关设备提供了机会。能够结合IRIGb、NTP、PTP和GPS/GNSS源，用作主站和从站工作设备，

为需要桥接不同技术的电力和航空航天及国防部门提供了宝贵的解决方案。SoC-e的这些同步IP是许多这种灵活设备的核心。

IEEE 1588-2008 Precise Time Multi-Profile IP

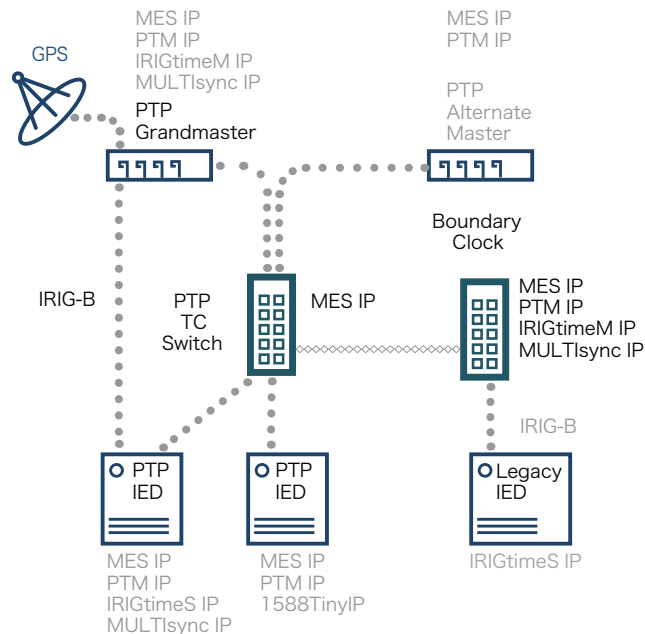
Precise Time Multi-Profile IP 提供了一个出色的同步机制，只需要通过以太网连接就可以在设备中获得纳秒级的同步计时器。Precise Time Multi-Profile能够准确地对IEEE 1588报文进行计时。该IP嵌入了计时器、寄存器、接口和辅助信号，以提供如下所述的额外功能。该IP与所有必要的软件一起提供，可与内部或外部CPU一起运行。



Precise Time Basic

PTP Profiles

作为 IEEE 1588-2002标准发布的精确时间协议 (PTPv2)，通过网络基础设施为金融、无线、航空航天、军事、工业和智能电网提供GPS范围的时间同步。每个行业采用特定的PTP Profiles表明了该协议在现代系统中的相关性。例如，电力行业已经采用了故障安全的IEC/IEEE 61850-9-3 Power-Utility profile。电信行业正在快速发展Enterprise/5G/Telecom profiles (G.8265.1, G.8275.1, 和 G.8275.2)，以满足5G传输网络的要求。而汽车行业则专注于IEEE 802.1AS，以支持音频和视频广播的高级QoS。

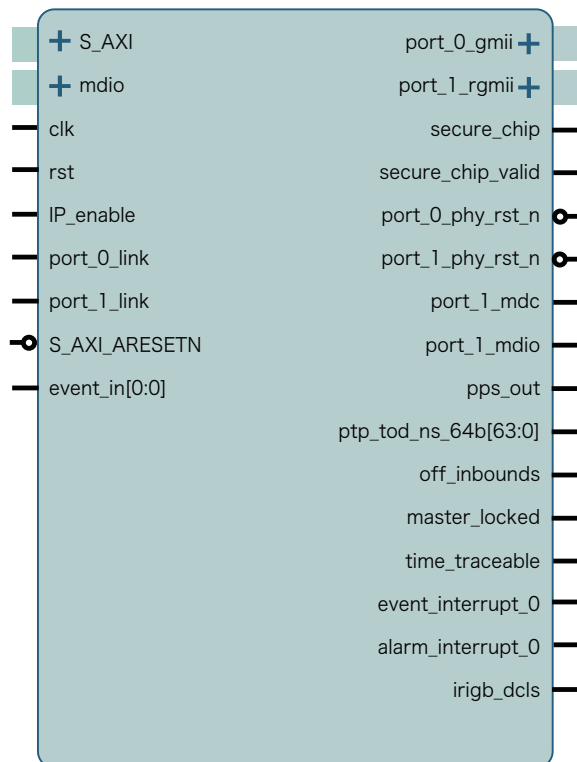


主要特点:

- 支持Gran Master、普通、透明和边界时钟功能的硬件和软件
- 支持GMII或AXI-4 Stream可选接口:
 - » 全双工10/100/1000 Mbps以太网
 - » 半双工10/100 Mbps以太网
 - » 全双工10 Gbps以太网
 - » 全双工25 Gbps以太网
- 32位秒/32位纳秒计数器
- 32位亚纳秒频率调整
- 可提供每秒脉冲 (PPS) 输出
- 可选频率输出 (1 KHz/2 KHz/4 KHz/8 KHz/16 KHz/32 KHz)
- 外部事件时间戳逻辑
- 由用户定义的可编程警报
- 支持第22层 (以太网) 和第3层 (IPv4) 接口上的PTP
- 与HSR-PRP和Ethernet交换机IPcore无缝集成
- 支持VLAN
- 支持IEEE 1588v2 Profiles:
 - » Default
 - » Power
 - » Power-Utility (IEC61850-90-3)
 - » 802.1AS
 - » Enterprise/5G/telecom : G.8265.1, G.8275.1, 和G.8275.2
- 可升级至IEEE1588v2.1/v3和802.1ASrev
- 支持Xilinx Spartan-6/Virtex-6, 7系列, Ultrascale/Ultrascale+, 以及更新的FPGA/SoC器件
- 用于Xilinx以太网子系统的特定版本 (10G/25G及以上)

1588Tiny Slave-Only

1588Tiny IP提供了市场上最简单的解决方案，可将IEEE 1588-2008 从时钟功能集成到任何设备上。1588Tiny嵌入了以太网MAC、解析和时间戳单元以及输出同步时钟和PPS输出所需的计算逻辑。这个符合IEEE1588v2 Slave Only标准的时钟同步IPcore，主要是针对那些需要使用最少资源和最小复杂度的基本IEEE 1588功能的设备。因此，1588Tiny不需要任何软件，可以在无CPU的电路板上运行。该IP可以与HSR-PRP和Ethernet交换机IP相结合，实现具有交换功能的独立的混合时钟。



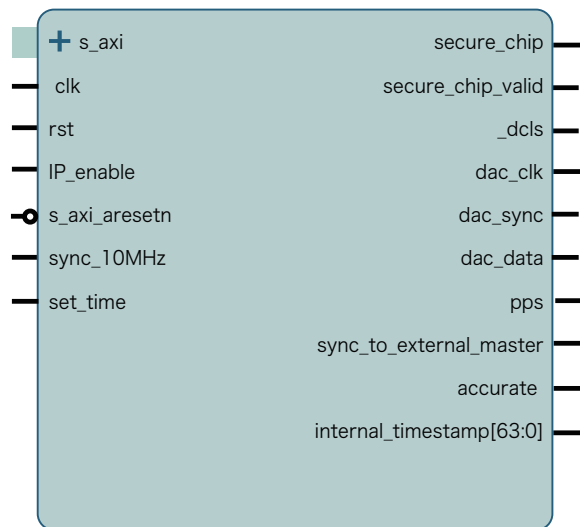
1588Tiny

主要特点：

- 无CPU操作（不需要软件）
- 运行IEEE 1588v2 slave only
- 客户逻辑可使用64位计时器值
- 支持嵌入式以太网接口：
 - » 全双工10/100/1000 Mbps
 - » 半双工10/100 Mbps
- AXI-4 接口支持全双工10Gbps
- PPS输出信号
- 可选的IRIG-B主输出
- 支持IEEE 1588v2 Profiles:
 - » Default
 - » Power
 - » Power-Utility (IEC61850-90-3)
 - » 802.1AS
- 可升级至IEEE1588v2.1/v3和802.1ASrev
- 支持支持Xilinx Spartan-6/Virtex-6, 7系列, Ultrascale/ Ultrascale+, 以及更新的FPGA/ SoC器件

IRIG-B Master IP

该IP在FPGA器件上实现了一个符合IRIG 200-04标准的时间同步主站。它被设计为支持所有的IRIG-B编码表达，以及DCLS和AM调制，提供最大的灵活性和准确性。



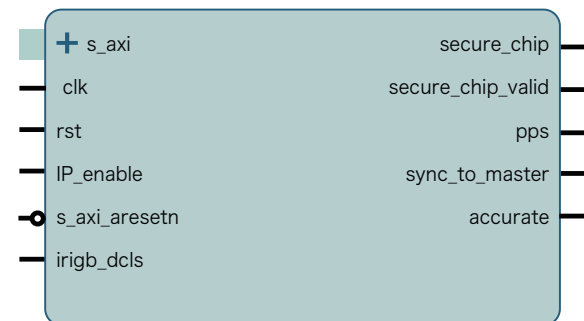
IRIGtimeM

主要特点：

- 符合IRIG 200-04 标准的时间同步主站
- 支持DCLS 和AM调制
- 支持所有IRIG-B 编码表达，包括年份信息、控制功能和直二进制秒
- 输出类型（IRIG-B时间码）可在执行前配置，也可以即时配置
- 精确的IRIG-B 输出，以提供纳秒级的精度
- 32位时间戳输入，用于IP的初始设置
- 用于测试的周期性脉冲输出
- 通过硬件自主运行

IRIG-B Slave IP

该IP在FPGA器件上实现了一个符合IRIG200-04标准的时间同步从机。它被设计为支持所有的IRIG-B编码表达以及DCLS和AM调制，以提供最大的灵活性、准确性和自主性。



IRIGtimeS

主要特点：

- 符合IRIG200-04 标准的时间同步从站
- 支持DCLS 和AM调制
- 支持所有IRIG-B编码表达，包括年份信息、控制功能和直二进制秒
- 与IRIG-B主站实现亚微秒级同步
- 64 位内部计时器，与IRIG-B主站在时间和频率上同步
- 32位用于秒级的时间戳，32位用于纳秒级的时间戳
- 用于测试的周期性脉冲输出
- 通过硬件自主运行

Multi-algorithmic low- latency AES-GCM Crypto-core IP

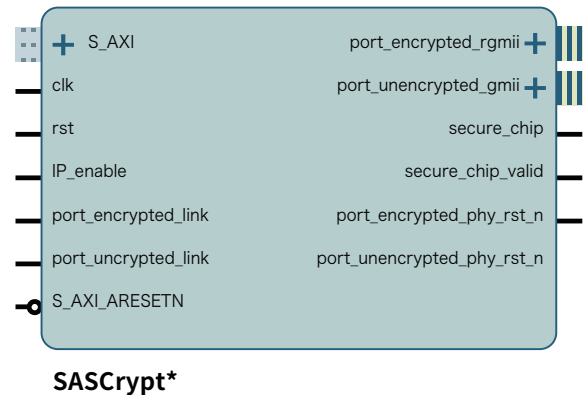
这个加密IP core是专门针对广泛的应用设计的，因为它能够以极低的延迟来保护和验证高数据吞吐量。该IPcore是完全可定制的，可以在资源利用和性能之间选择适合每个特定用例的最佳平衡。

主要特点：

- 支持加密、解密和双重（加密和解密）操作模式
- 支持128位的密钥大小
- 合成时的性能可从3 Gbps 到16 Gbps调整
- 可选择Galois乘法引擎，以改善资源使用或计时
- 为每种数据类型提供独立的AXI-4流接口
 - » 密钥
 - » 初始化向量 (IV)
 - » 认证数据
 - » 明文
 - » 密文
 - » 认证标签

Secure Ethernet for Substation Automation Systems Crypto-core IP

这个IP面临的挑战是如何确保SAS和智能电网中最关键的时间控制信息的安全：GOOSE和采样测量值。这些专业领域的新一代设备需要提供最高水平的可靠性和安全性。有了这个IP，就可以实施最严格的安全标准，保持IEC 61850标准中规定的强制性严格反应时间。



Secure Configuration- over- Ethernet IP

SoC-e提供了一个基于第2层以太网的配置协议，可以安全地升级无CPU的FPGA系统。安全CoE使用以太网数据链路从板外CPU或SCADA/PC系统访问FPGA非常有用。这个IP支持经过验证和加密的CoE帧，以便在公共网络上使用这个协议。

主要特点：

- 外部CPU或SCADA/PC和FPGA之间通过以太网配置和控制协议
- AES-GCM安全
- 减少了FPGA资源的利用
- 为CPU或PC系统提供软件API和程序实例

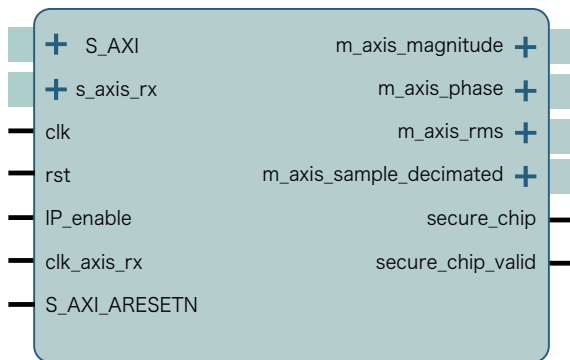
主要特点：

- 支持GOOSE和SVM安全帧格式（IEC 62351-6，可选IEC 61850-90-5）
- 加密和解密操作
- 嵌入低延迟的AES-GCM密码套件
- 线速操作，支持高达16Gbps的连续流量
- 严格实时限制的GOOSE和SVM信息的最小延迟时间
- 设计者可权衡选择的延迟/吞吐量/FPGA资源
- 根据IEC 62351-9进行密钥管理
- 可与SoC-e网络IP相结合

Sampled Measured Values Subscriber IP

SMVsubscriber IP分析传入的流量并检测IEC 61850-9-2采样测量值（SMV）帧。根据几个配置参数，处理选定的SMV帧，提取四相（A、B、C和N）的电流和电压的采样值。IP使用这些采样值进行离散傅里叶变换（DFT）的计算，以获得每相的角度和幅度以及均方根（RMS）。它还提供具有用户定义的抽取率的样本。采样测量值（SMV或SV）过程总线的概念是由IEC 61850-9-2标准引入的。该标准提出，电流和电压互感器（CT、VT）输出和其他信号在信号源处被数字化，然后使用基于以太网的局域网（LAN）与这些设备通信。

这个IP允许以非常低的延迟处理大量的SMV数据流，这得益于FPGA的并行硬件处理。



SMV Subscriber

Deep-packet Inspection Engine (DIE)

主要特点：

- 第2层IEC 61850-9-2 (SMV) 帧处理
- 高性能的DFT计算模块，用于计算一阶谐波（50或60 Hz）的幅度和相位
- 高性能的RMS计算模块（高达1562500次/秒的计算）
- 支持多达128个同步SMV数据流（根据过程窗口配置，最多可支持320个数据流）
- 完全计算的确定延迟时间为6us
- 状态、配置和统计计数器寄存器
- 1000 Mbps AXI-Stream接口，用于无缝片上通信并与SoC-e网络IP（HSR/PRP、以太网、TSN）相结合
- 支持Xilinx Alveo PCIe加速卡
- 支持Relyum RELY-SV-PCIe

SoC-e为定制的网络帧分析和分类提供了一个片上解决方案。深度包检测引擎（DIE）IP支持线速操作，以获得高数据带宽。可用的解决方案包括安全和IEC 61850数据包分析应用等。

主要特点：

- VHDL编码的IP
- 用于高数据带宽链路的线速操作
- 全数据流水线的硬件实现
- AXI-4接口

Sampled Measured Values

SMV的最初应用是简化电缆基础设施，提高变电站过程总线的可用性。在这种情况下，基于电流和电压的故障分析来管理电网保护机制。

一旦这种数字化机制在该领域获得认可，新的应用案例就会出现。例如，工业领域已经发现，地下高压线的电缆断面的故障检测可以从这种数字化中受益。在大数据领域也出现了新的应用案例，如Sundom智能电网（SSG）试点中使用SMV进行电能质量分析。分布式能源资源（DER）和微电网等新兴的可再生能源的传播需要实时响应。这种驱动需要在实时测量和高速网络的基础上进行评估。

可以看出，如果这种方法在电网的几个战略地点进行扩展，需要传输和处理的SMV流的数量将急剧增加。由于传统的IED的网络和计算能力受到限制，它们很难应付这一挑战。

SMARTmpsoc

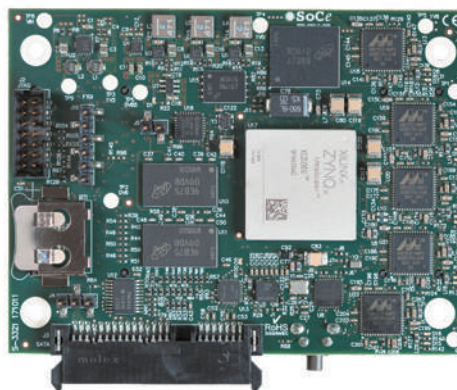
作为TSN功能的边缘计算节点，
用于工厂自动化和航空航天应用中的视频预处理

新一代可重新配置的片上系统设备嵌入了异构CPU，为边缘计算应用提供最大的灵活性和计算能力。SoC-e设计了SMARTmpsoc，一个可插拔的系统模块（SoM），以简化自定义网络和同步功能与这些强大的边缘计算功能的集成。

该系统模块的核心是一个长期供应的 Xilinx Zynq MPSoC Ultrascale+可重新配置器件，这个器件包括6个ARM处理器、1个GPU和1个高端FPGA。该模块由工业级千兆以太网物理、用于大容量数据存储单元的SATA-3连接器、用于安全功能的专用集成电路以及RAM和闪存器件组成。

应用：

- 具有高级以太网网络功能的边缘计算设备
- TSN端点和桥
- 管理的HSR/PRP/Ethernet嵌入式交换机
- 同步设备（完全支持IEEE 1588-2008）
- 用于关键任务应用的网络SoM
- 网络安全设备：IDS、SIEM代理、即时加密等



SMARTmpsoc Module

SMARTmpsoc核心模块：

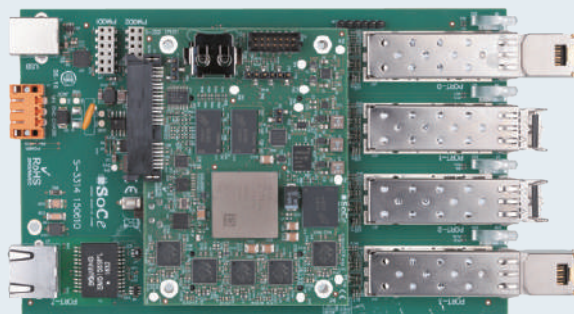
主要特点：

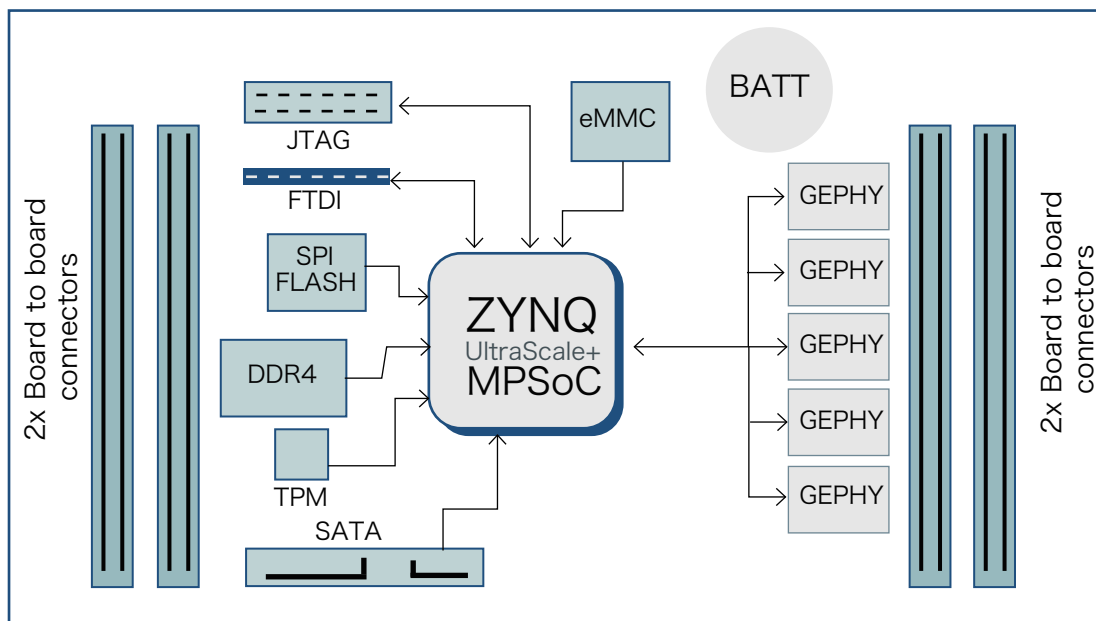
- Xilinx Zynq MPSoC Ultrascale+ XCZU3EG-SF-VA625-1-I
- 可选的XCZU2EG器件
- 适用于工业应用
- 单个IC中集成多种CPU：
 - » 4个ARM Cortex-A53 CPU
 - » 2个Dual-core ARM Cortex-R5 CPU
 - » 1个Mali™-400 MP2 GPU
 - » High-end Ultrascale+ FPGA
- 5个EthernetPhy 10/100/1000Base-T,-X
- 3个PS-GTR收发器
- 2 GB DDR4 RAM内存
- 32MB up to 64MB Quad SPI闪存
- 16GB eMCC闪存
- 用于实时时钟（RTC）的电池
- 可信平台模块（TPM）1.2/2.0安全芯片
- SATA-3连接器
- 封装兼容SMARTzynq和SMARToem SoM
- 尺寸：88x66 mm

SFP套件：

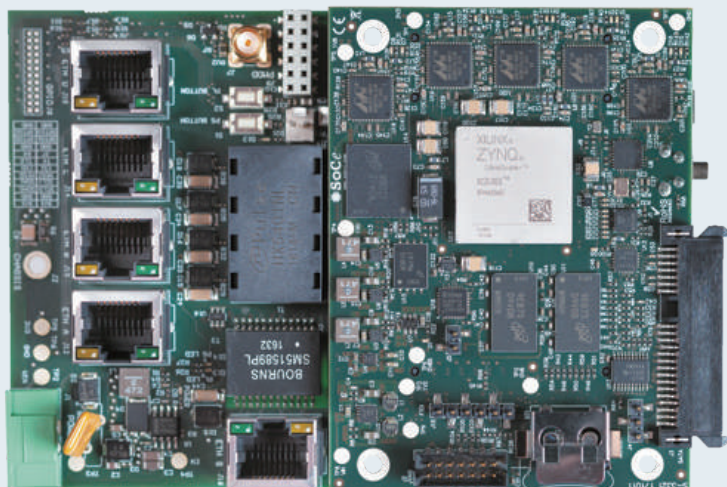
主要特点：

- 4个SFP笼，用于10/100/1000Base-T, 100Base-FX或1000Base-X
- 1个RJ45用于10/100/1000BaseT
- UART控制台(USB)
- 6V-30V DC(包括电源)
- 2个PMOD连接器





SMARTmpsoc



RJ45套件:

主要特点:

- 5个RJ45用于10/100/1000Base-T
- UART控制台 (USB)
- 6V-30VDC (包括电源)
- 1个PMOD连接器
- 2个Led
- 2个Button
- 16个GPIO 连接器

扩展套件:

标准套件功能加上:

- 支持USB
- 连接到3个支持PS-GTR 的收发器
 - » SGMII连接
 - » 高速连接标准

评价

- 1588-aware HSR/PRP/ Ethernet交换机模块
- MTSN评估套件: 全面的多端口TSN设置

SMARTzynq模块用于许多需要软件、时间感知网络和客户特定FPGA设计的定制应用中。例如，配置有SoC-eIP的SMARTzynq用于高可用性网络，被嵌入电力自动化和保护设备、铁路信号应用或工业4.0的智能网关中。

SMARTzynq 系列的核心是一个可插拔的系统模块 (SoM)，旨在易于集成电力、工业和航空航天领域的智能设备中的专用千兆以太网交换机。嵌入在板中的Zynq可编程SoC平台包括一个高端FPGA和一个双核RM9 CPU，能够结合硬件IP和软件处理驱动5个的三速以太网端口。

应用：

- 管理型HSR/PRP/TSN/以太网嵌入式交换机
- IEEE 1588-2008 主站、从站 和边界时钟设备
- 开箱即用的嵌入式CPU解决方案
- TSN端点和桥
- 用于异构网络互连的智能网关
- 先进的网络安全应用：NDIS、SIEM代理、即时加密等

SMARTzynq核心模块：

主要特点：

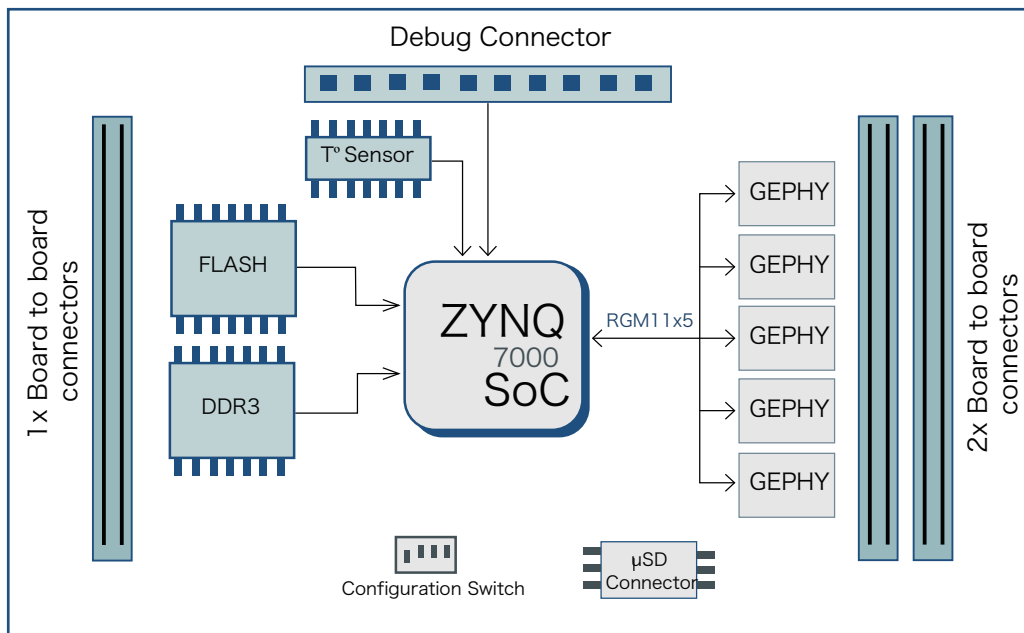
- Xilinx Zynq可编程 SoC XC7Z7010-7020
- 适合工业应用
- 双核32位ARM Cortex-A9
- 5个Ethernet Phy 10/100/1000BaseT-X
- 8Gb DDR3 RAM内存
- 128Mb QSPI 闪存
- 具有唯一MAC 地址的EEPROM
- 嵌入式温度传感器
- uSD卡内存
- 尺寸：88x60mm



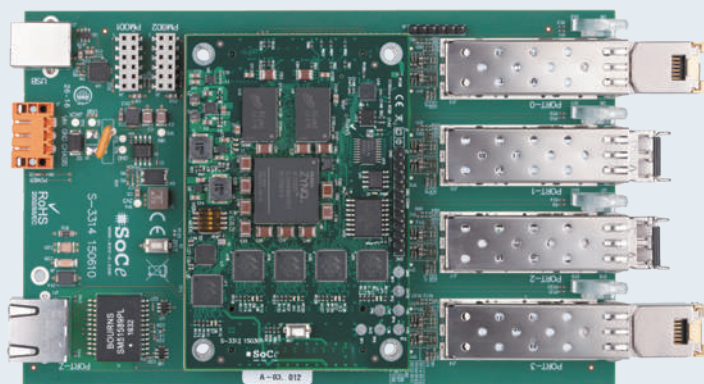
SMARTzynqIO 核心模块：

主要特点：

- Xilinx Zynq可编程 SoC XC7Z7010-7020
- 适合工业应用
- 双核32位ARM Cortex-A9
- 4个Ethernet Phy 10/100/1000Base-T,-X—
- 8Gb DDR3 RAM内存
- 128Mb QSPI 闪存
- 具有唯一MAC 地址的EEPROM
- 嵌入式温度传感器
- 16GB eMCC 闪存
- 多达28个PL GPIO
- 多达22个PS GPIOs(USB 2.0就绪, SPI 总线就绪, UART就绪)
- 尺寸：88x60mm



SMARTzynq



套件

主要特点

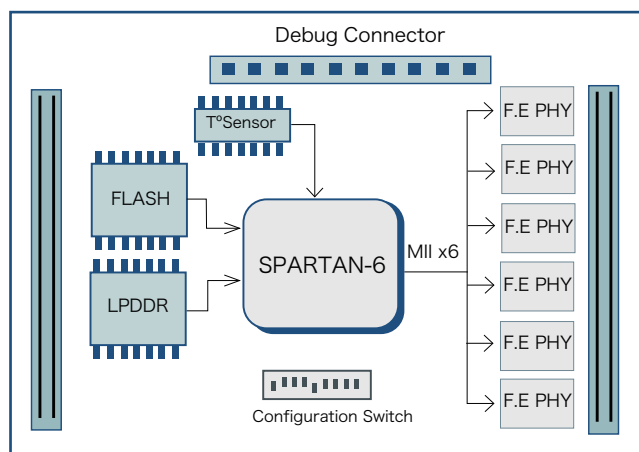
- 4个SFP笼，用于10/100/1000Base-T, 100Base-FX或1000Base-X
- 1个RJ45，用于10/100/1000Base-T
- UART控制台 (USB)
- 6V-30V DC (包括电源)
- 2个PMOD连接器

评价

- 1588-aware HSR/PRP/ Ethernet交换机模块
- MTSN评估套件: 全面的多端口TSN设置

SMARToem系列可在电力、工业和航空航天领域的设备中轻松集成增值的以太网网络。该系统的核心是Spartan-6 Xilinx FPGA，能够驱动多达6个快速以太网端口。该模块可用于实现用户自定义的设计，也可与任何SoC-e网络和同步IP一起购买。该

模块已在全球范围内得到验证，将1588-aware的HSR/PRP和Ethernet交换功能嵌入到终端设备中，如IED、RTU、军用产品以及交通和运输的分布式传感器基础设施中。



SMARToem

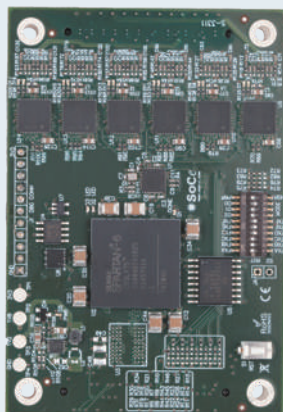
应用：

- HSR/PRP/Ethernet 嵌入式交换机
- 1588-aware 交换机
- 用于分布式传感器采集的混合时钟设备
- 定制以太网交换机
- 工业以太网网关
- 网络安全应用

Spartan-6

主要特点

- 可扩展的Spartan-6 Xilinx FPGA LX45-LX150
- 适用于工业应用
- 6个Ethernet Phy 10/100Base-T, 100Base-FX+
- 支持动态比特流配置 (DBC)
- 支持以太网配置 (COE)
- 可选的512 Mb LPDDR
- 128 MbQuadSPI Flash: 用于固件和比特流存储的内存
- 具有唯一MAC地址的EEPROM
- 嵌入式温度传感器



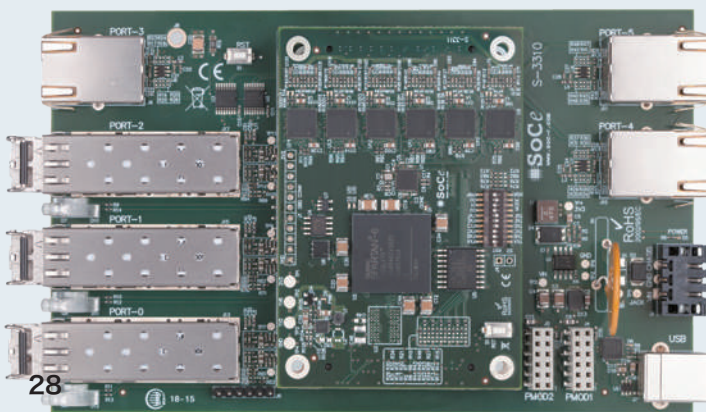
Spartan-6

主要特点

- SMARToem核心模块
- 用于SMARToem核心模块的底板
- 3个SFP笼，用于100Base-FX
- 3个RJ45，用于100Base-TX
- UART控制台(USB)
- 6V-30V DC (包括电源)
- 2个PMOD连接器

Spartan-6

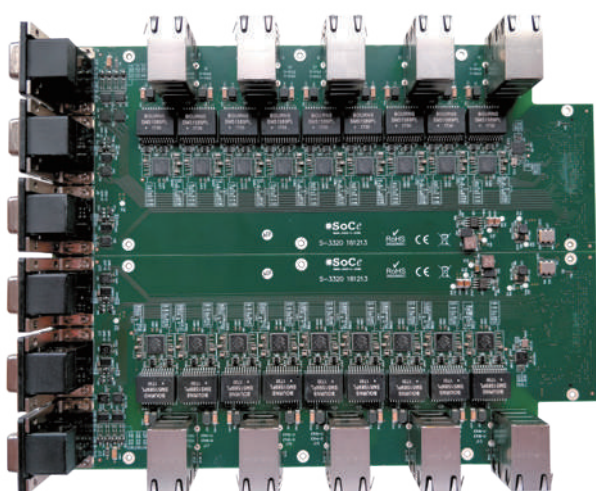
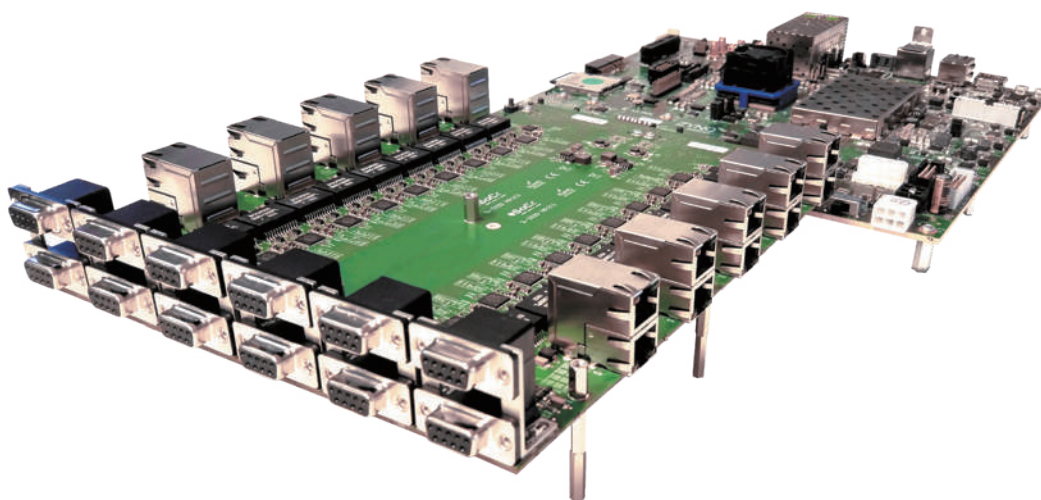
- 1588-aware HSR/PRP/Ethernet 交换机模块



Multiport FMC Board

多端口FMC板是一个可插拔的板子，与大多数具有1或2个FMC（HPC）端口的FPGA供应商的开发板兼容。

它支持以太网、CAN-FD和LIN硬件连接，是实现针对汽车行业的基于FPGA设计的绝佳选择。



主要特点：

- 18个10/100/1000Base-T 以太网端口（16个使用SGMII接口，2个使用RGMII接口），采用RJ45连接器
- 8个通过DB9连接器的CAN-FD端口
- 8个通过DB9连接器的LIN端口
- 该板可分为2个较小的FMC板，每个使用1个FMC(HPC) 端口，具有910/100/1000Base-T以太网、4个CAN-FD和4个LIN端口。
- 工业温度级组件

MEZU系列的诞生考虑到了来自客户的直接反馈。它为灵活的I/O和基于SoC-e IP的定制时间感知以太网交换提供了一个经济高效的解决方案。新的MEZU设备集成了强大的计算能力，以面对OT/IT主干网新机器学习和人工智能应用。

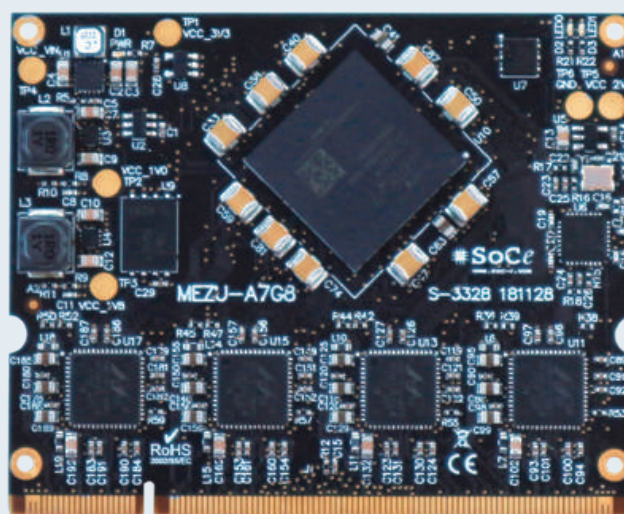
MEZU系列是一套可插拔的SODIMM 格式的模块，旨在使电力、运输、工业和航空航天及国防领域的设备能够轻松集成先进的以太网工业网络。

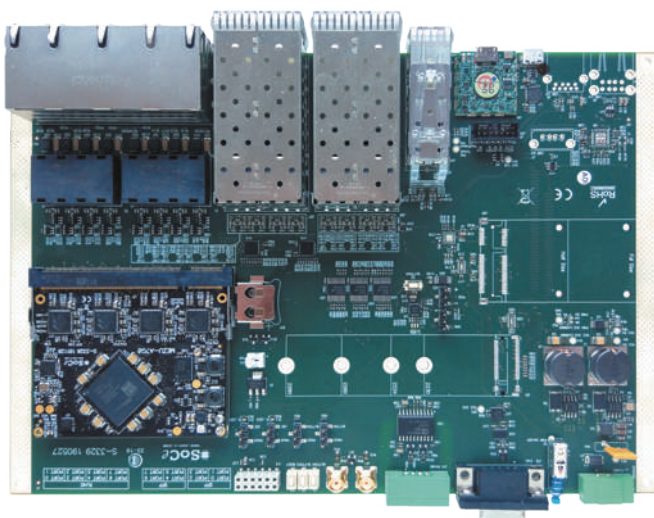
这些经济高效且易于集成的模块使定制路由器、交换机或终端设备的实施具有强大的网络功能。客户可以使用这些模块来实现自己的设计，或订购基于SoC-e IP核的预加载配置的核心模块。

A7G8核心模块：

主要特点：

- 8个Ethernet Combo Phy
 - » 铜缆: 10/100/1000Base-T
 - » 光纤: 1000Base-X和100Base-FX.
- 工业级组件
- 支持的器件: 工业级 Xilinx Artix 7 XC7A50T, XC7A75T和XC7A100T
- 128/256/512 Mb Quad SPI闪存
- 尺寸: 67.75 x 55 mm
- 具有独特MAC的EEPROM
- 2个LED指示灯
- 多达26个GPIO准备在载体上使用
- SODIMM-DDR2 200针连接器





MEZU Brick

应用

- IEEE 1588 低延迟以太网交换
- 零延迟恢复时间以太网(HSR/PRP)
- 其他高可用性以太网解决方案: MRP、DLR-Ethernet IP、RSTP等
- IEEE 1588和IRIGb时间同步解决方案
- 实时流量的线速加密技术
- 时间敏感网络
- 边缘计算单元
- 用于航天器标准化网络的SpaceWire总线

SOCG8核心模块:

主要特点:

- 新一代Xilinx可重新配置多核SoC
- 8个以太网端口
- 支持100M/1G/2.5G/5G/10G以太网接口
- SODIMM 200引脚连接器
- 基于Linux的即用型镜像
- 10GbE以太网和TSN的参考设计

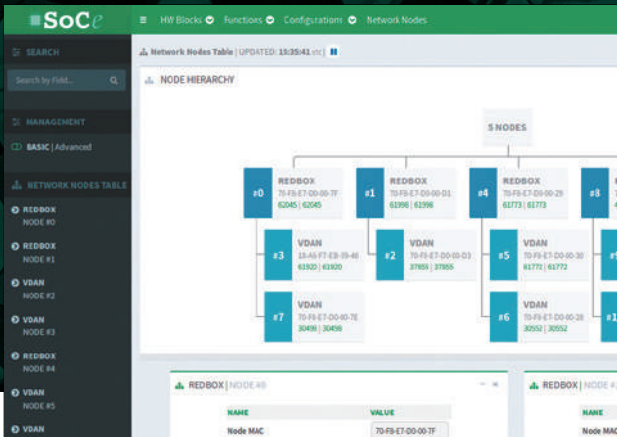
MEZU套件:

主要特点:

- 尺寸: 6U (233 x 160 mm)
- 8个SFP 笼
- 8个RJ45 千兆位以太网连接器
- USB至UART 桥接器
- 2个Button (GP I/O)
- 2个LED (GP I/O)
- 2个SMA 连接器(GP I/O)
- RS-485
- CAN FD
- I2C电源监控器
- I2C IO 扩展器
- JTAG 连接器

- 风扇连接器
- 电池座
- PMOD 连接器
- 工业温度级组件
- 1个10G SFP⁽¹⁾
- M2插槽⁽¹⁾⁽²⁾
- Mini PCIe插槽⁽¹⁾⁽²⁾
- 3个USB 2.0⁽¹⁾⁽²⁾
- 1个USB 3.0⁽¹⁾⁽²⁾
- ⁽¹⁾ 不是所有版本都带该功能
- ⁽²⁾ 多功能(a或b):
 - a: M2 (PCIe x1 / x2 o SATA) + 3x USB + mini PCIe
 - b: Mini PCIe x1 + USB 3.0

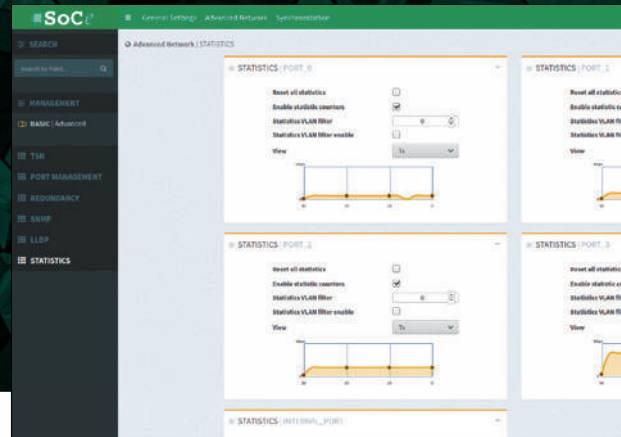
Embedded Software



SoC-e Portable Tools

为了简化IP技术的集成和使用，SoC-e已经开发了一系列可移植的软件解决方案。这种可移植性允许在可重新配置的SoC平台、嵌入式CPU或PC系统上实施。下面的列表总结了集成SoC-e便携工具的软件模块。

- 交换机管理API
- SNMP 交换机管理模块
- WEB 交换机管理模块
- 网络监控模块
- PTP 软件堆栈
- RSTP 软件堆栈
- IGMP 监视软件堆栈
- MLD 监视软件堆栈
- 802.1X 认证软件

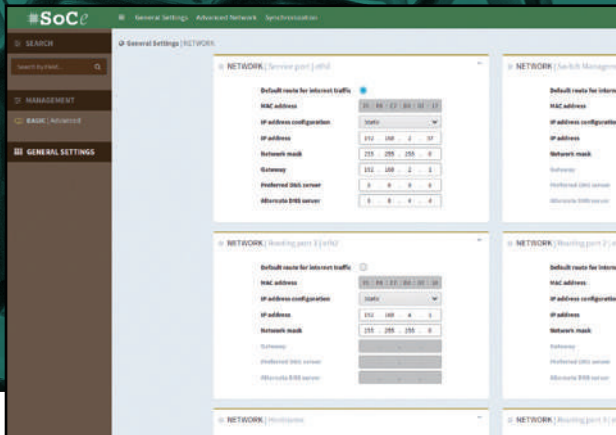


RSTP Posix-compliant Software Stack

SoC-e RSTP堆栈是一种可移植的C语言，与POSIX兼容，根据IEEE802.1D-2004标准实现RSTP处理。在Unix或VxWorks操作系统上的集成是很简单的。它可以与SoC-e MES IP或其他交换机结合使用去处理BDPU帧。

主要特点：

- 实现了IEEE802.1D标准，并处理所有的RSTP任务，如：
 - » 接收和传输BPDU
 - » 识别物理链路的状态变化
 - » 超时的管理
 - » 网桥参数和交换机端口状态的变化
 - » 交换机MAC表的清除



■ SoC-e Layer-3 Routing Package

当前网络的复杂性要求超越第2层交换。SoC-e第3层路由包（L3RP）是一个支持Linux的软件包，可以利用SoC-e网络IP核或运行在基于Linux的全软件嵌入式系统中。L3RP专注于实现低延迟的第3层交换机的最常用功能。

主要特点：

- 静态路由
- 动态路由(BGP, OSPF)
- 多播IP路由
- IPv4 & IPv6
- DHCP Server & Client
- NAT
- 防火墙
- VPN



■ IEC 62351-9 Stack: Key Management for Substation Automation Systems

在无人值守的关键系统中，早期实施安全网络面临着一个共同的挑战：如何正确管理和分配安全密钥。这些OT网络是由异构的嵌入式设备组成的，如果需要使用安全控制消息，这些设备应该是安全密钥的潜在目的地。

电力行业需要一个适当的密钥管理方案，以满足该行业的具体要求。最近，IEC发布了IEC 62351-9标准。它规定了需要如何管理和分配安全密钥和认证。

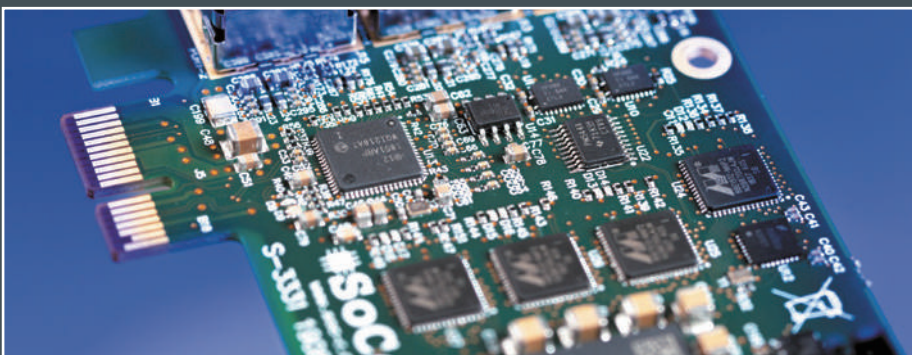
SoC-e已经开发了IEC 62351-9堆栈软件包，包含62351-9标准所需的在嵌入式系统中实施IEC所有模块。该软件包支持SoC-e的变电站自动化信息系统的Crypto-core IP，提供所有的安全密钥来保证关键控制流量的安全。

主要特点：

- TPM security IC root-of-trust support
 - » 非对称密钥管理器（AKM）模块管理：
 - › 公钥基础设施(PKI)
 - › 库存和设备登记
 - › 证书和签名
- 对称密钥管理器（SKM）模块管理：
 - » 与密钥分配中心服务器（KDC）的密钥互换
 - » IEC GDOI 服务器
- 用于IEC62351-6 SAS-core的自主密钥管理，以确保GOOSE和SMV帧的安全

Tailored Solutions

SoC-e工程师积累了成千上万工时，用于设计和验证复杂的基于FPGA和SoC的设计。这些能力使SoC-e成为专注于工业和航空航天领域的即用型项目的可靠的合作伙伴。这些项目的范围可以从IP集成到全板和嵌入式系统设计。



计时、网络、安全

►► 如果对上述产品有所兴趣,欢迎来电洽谈。

HongKe
虹科

🌐 hoautom.com
✉ sales@hkaco.com
☎ 400-999-3848
🏠 广州市黄埔区神舟路18号
润慧科技园C栋6层
各分部:广州 | 成都 | 上海 | 苏州 |
西安 | 北京 | 台湾 | 香港 | 美国

