



---

# Achronix在其先进FPGA 中集成2D NoC以支持高 带宽设计

WP028

2022.09.01

## 版权和商标

版权所有©2022 Achronix半导体公司保留所有权利。Achronix、Speedster和VectorPath是Achronix Semiconductor Corporation的注册商标，Speedcore和Speedchip是Achronix Semiconductor Corporation的商标。其他所有商标均属于其各自所有者。所有规格如有更改，恕不另行通知。

## 免责声明

本文件中所提供的信息被认为是准确和可靠的。但是，Achronix半导体公司不对此类信息的完整性或准确性作出任何声明或担保，并且对于使用本文包含的信息不承担任何责任。Achronix半导体公司保留随时更改本文件及其所含信息的权利，恕不另行通知。所有Achronix商标、注册商标、免责声明和专利均在网站上列出

<http://www.achronix.com/legal>

# Achronix<sup>®</sup>

Data Acceleration

Achronix Semiconductor Corporation

2903 Bunker Hill Lane  
Santa Clara, CA 95054  
USA

Website: [www.achronix.com](http://www.achronix.com)  
E-mail : [info@achronix.com](mailto:info@achronix.com)

## 摘要

随着旨在解决现代算法加速工作负载的设备越来越多，就必须能够在高速接口之间和整个器件中有效地移动高带宽数据流。Achronix的Speedster®7t独立FPGA芯片可以通过集成全新的、高度创新的二维片上网络（硬2D NoC）来处理这些高带宽数据流。Achronix的FPGA中特有的硬2D NoC实现是一种创新，它与用可编程逻辑资源来实现软的2D NoC的传统方法相比，有哪些创新和价值呢？本白皮书讨论了这两种实现2D NoC的方法，并提供了一个示例设计，以展示与软2D NoC实现相比，Achronix的硬2D NoC是如何去提高性能、减少面积并缩短设计时间。

## 介绍

Achronix为其Speedster7t系列FPGA完全重新设计了片上通信架构，通过集成创新的硬2D NoC来适应高带宽数据流的需求。在该FPGA器件的外围，这个硬2D NoC连接到所有高速接口：包括多个400G以太网、PCIe Gen5、GDDR6和DDR4/5端口。在该FPGA内的可编程逻辑阵列上部署了一系列高速行和列通道，它们分别向FPGA可编程逻辑阵列的水平和垂直方向分配网络流量。除了这些行和列之外，在硬NoC的每一行和每一列交叉的位置还有发送点和目标NoC访问节点（NAP）。这些NAP充当NoC和位于可编程逻辑阵列中的资源之间的源或目的地。

为了将Achronix FPGA中内置的硬2D NoC，与使用传统方法在可编程逻辑阵列中创建的软NoC进行比较，我们评估了几种软NoC设计；最后，基于同行评审和FPGA结构的可移植性，我们选择了米兰理工学院的软2D NoC（<https://github.com/agalimberti/NoCRouter>, 2017）设计。这种软NoC在单向网状网络（mesh）中实现了虫洞前瞻预测切换。在实施时，它需要每个mesh节点上的多个存储器来存储和转发流控制单元（flit）。

为了量化片上硬2D NoC实现模式和使用逻辑阵列资源的软实现模式之间的差异，首先创建了一个实例化AlexNet 2D卷积的19个实例设计，然后在完整的2D NoC设计之间比较了三个主要指标：所需资源、设计性能和设计时间（创建设计的时间以及在工具中编译设计的时间）。其结果是在所有三种情况下，集成Achronix的硬2D NoC的性能都明显优于软实现。

## 2D NoC减少使用的资源

为了比较两种不同的2D NoC设计，两种2D NoC都与现有的2D卷积（conv2d）设计相结合。conv2d设计对输入图像执行AlexNet 2D卷积。此conv2d设计需要一个或两个AXI-4连接：一个用于从内存读取，一个用于写入内存，或者一个共享的AXI-4执行读取和写入。为了实现与软NoC的最佳集成，选择了单个共享AXI-4接口，conv2d模块的实例位于每个mesh节点。然后，软NoC启用了GDDR6存储接口的数据入口和出口——在软NoC中，内存接口连接到第20个mesh节点上；而在内置式硬NoC中，这种连接已经存在。在整个设计中，从GDDR6到每个conv2d节点都存在节点到节点通信，但conv2d节点之间不通信。

## Achronix硬2D NoC的设计细节

该设计有19个conv2d模块实例，每个实例都访问GDDR6存储器。第20个实例是空闲的，因为GDDR6接口直接连接到集成的2D NoC。80个可用的NoC接入点（NAP）中有38个用于连接到conv2d实例。每个conv2d实例使用64个机器学习处理器（MLP），它在垂直方向覆盖两个NAP。由于这种部署是针对内置硬2D NoC，所以采用双AXI-4方法连接conv2d模块。下表列出了本设计中使用的资源。

表1: Achronix硬2D NoC使用的资源

LUTs	BRAMs	MLP
10812	1178	1140

使用Achronix FPGA集成的硬2D NoC，可为设计布局产生了一种不凌乱的、可重复的结构，并且只消耗了不到一半的器件资源。下面是AC7t1500器件中资源使用的平面图

图1：在AC7t1500中使用Achronix 2D NoC布局实例



## 软2D NoC的设计细节

该设计被配置为5 × 4规模mesh，具有19个conv2d模块实例，每个实例都连接到一个软NoC节点。其第20 mesh节点是为GDDR6接口预留的。因此，需要更多的逻辑资源来管理软2D NoC结构。此实现还需要每个节点上的存储，以便存储flit并将其转发到下一个节点。结果是显著提高了资源的使用量，以及在器件上的不规则布局。下表列出了软2D NoC设计使用的资源；下图为采用AC7t1500器件时所用资源的平面图。

表2：软2D NoC使用的资源

LUTs	BRAMs	MLP
80365	1724	1140

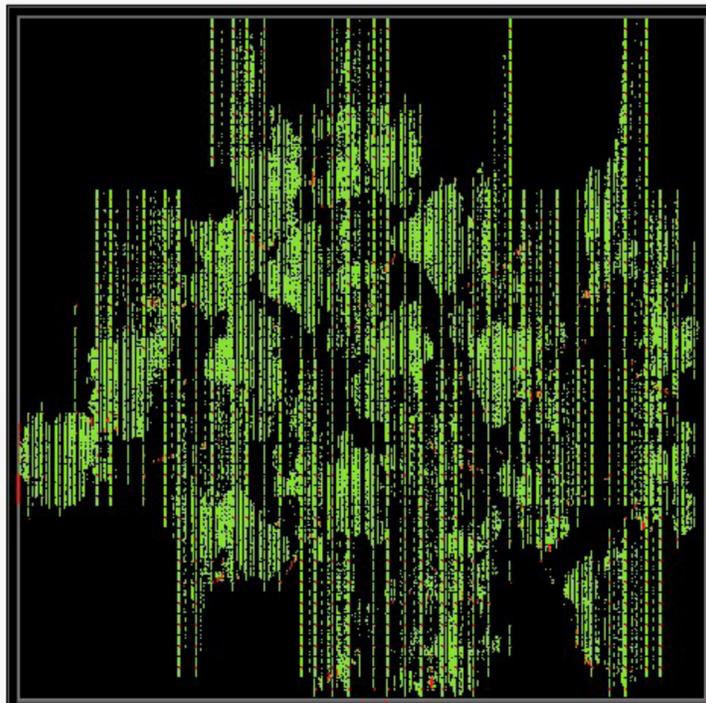


图2：使用软2D NoC布局实例

## 2D NoC提高性能

如前所述，通过使用Achronix 硬2D NoC，conv2d设计产生了规则的资源布局，从而形成规则的布线。减少了逻辑资源使用就减少了拥塞，因为需要布线的逻辑更少。该解决方案实现了最高565 MHz的频率，关键路径包含在conv2d实例逻辑中。随着更多conv2d节点添加到设计中，最大频率不会降低。

图3显示了使用Achronix 的硬2D NoC时生成的布局布线。

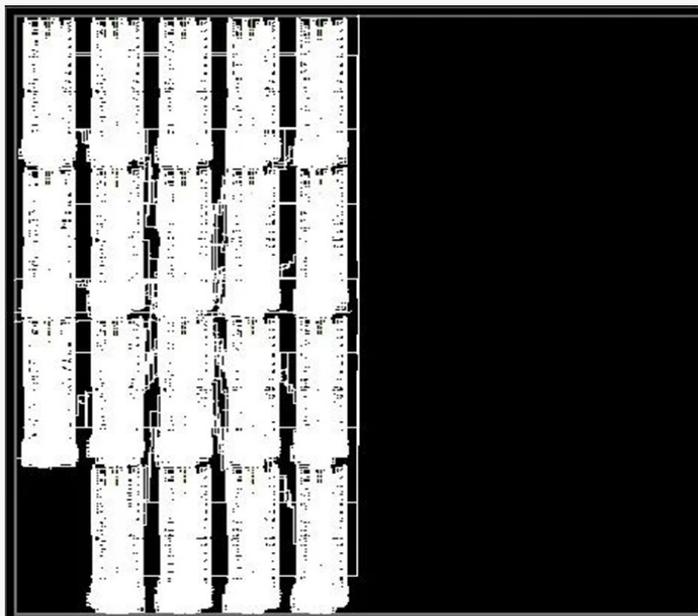


图3: 使用Achronix硬 2D NoC的cnv2d设计布线

图4显示了使用软2D NoC设计时生成的布线。



图4: 使用软2D NoC时的cnv2d设计布线

## 2D NoC改善了带宽

Achronix的硬2D NoC使用运行速度在2 GHz的256位双向总线，每个cnv2d实例连接到两个NAP，从而在一个节点上与GDDR6接口之间的连接可实现的最大带宽为512 Gbps。下面的框图显示了2D NoC和一个连接到本地cnv2d实例的NAP的细节。

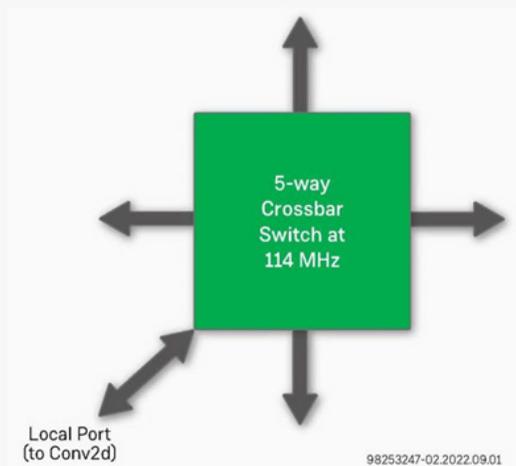


图5: Achronix的2D NoC和NAP

软2D NoC使用五路交叉开关（crossbar switch），其中一个端口与本地cnv2d实例通信，而其他端口与网

格中的下一个节点通信。该解决方案可以实现节点到节点连接的频率为82 MHz，从而在一个节点上形成最高为21 Gbps的GDDR6接口带宽。下面的框图显示了软2D NoC mesh中的一个交叉开关。

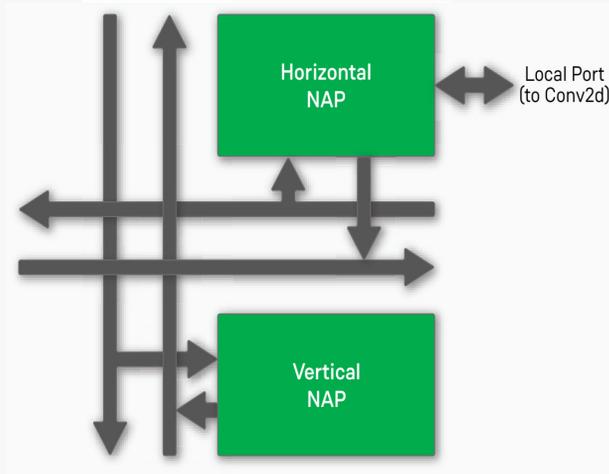


图6：软2D NoC交叉开关

## 2D NoC缩短了设计时间和工具运行时间

Achronix的硬2D NoC采用AXI-4标准与NAP通信，这是许多FPGA设计人员已经熟悉的接口标准。此外，2D NoC包括内置功能，例如跨时钟域逻辑、流量控制和地址解码等，这些功能不再需要包含在用户逻辑中。Achronix的硬2D NoC的全功能实现为用户省去了大量的设计工作，使设计人员能够专注于连接到2D NoC的加速器module的设计中。

除了缩短设计时间外，使用Achronix片上硬2D NoC的设计比使用软2D NoC的设计使用更少的资源。结果是需要布局 and 布线的逻辑更少，从而使得工具的编译时间更短。例如，与使用软2D NoC的实现相比，使用Achronix片上硬2D NoC的设计布局 and 布线所需的时间不到一半。

## 结论

集成2D NoC的Speedster7t器件创新地带来了FPGA设计过程的根本转变。Achronix是第一家集成硬2D NoC的FPGA公司，它连接所有系统接口和FPGA逻辑阵列。这种新架构使Achronix FPGA器件特别适用于高带宽应用，同时显著提高了设计人员的工作效率。由于2D NoC管理着从设计在FPGA逻辑阵列中的数据加速器到高速数据接口之间的所有网络功能，因此设计人员只需设计他们的数据加速器并将它们连接到NAP接入点。与使用软2D NoC相比，设计人员可以受益于以下优点：

- 降低逻辑资源占有率并提高FPGA的整体性能
- 增加带宽
- 减少对存储器的需求
- 更快的设计时间和更短的工具编译时间

表3: Speedster7t 2D NoC与Soft 2D NoC的总结比较

Metric	Soft 2D Noc	Speedster7t 2D Noc	Improvement
Frequency	82MHz	565MHz	7x
Bandwidth	21Gbps	512Gbps	24x
LUTs	80365	10812	7x
BRAMs	1724	1178	1.5x
MLPs	1140	1140	1x
Run Time	120miutes	50minutes	2.4

欢迎扫描以下二维码，关注Achronix微信公众号和头条号：



Achronix微信订阅号



Achronix头条号

**Achronix**<sup>®</sup>

Data Acceleration

Achronix Semiconductor Corporation