

# 从软件定义互连到软件定义晶圆级系统：后摩尔时代的计算架构革命

吕平<sup>1</sup>, 刘勤让<sup>2</sup>, 鄂江兴<sup>3</sup>, 沈剑良<sup>1</sup>, 连梦珂<sup>1</sup>, 曹睿<sup>1</sup>, 魏帅<sup>1</sup>, 李智超<sup>1</sup>, 李沛杰<sup>1</sup>, 郭威<sup>1</sup>, 张文建<sup>1</sup>, 于洪<sup>1</sup>, 高彦钊<sup>1</sup>

<sup>1</sup>信息工程大学, 中国郑州市, 450001

<sup>2</sup>复旦大学大数据研究院, 中国上海市, 200433

<sup>3</sup>国家数字交换系统工程技术研究中心, 中国郑州市, 450002

**摘要:** 随着摩尔定律逼近其物理与经济层面的根本极限, 半导体行业在维持性能增长方面面临前所未有的挑战。本研究阐述了从软件定义互连 (SDI) 到软件定义晶圆级系统 (SDSoW) 的革命性演进; SDSoW这一颠覆性架构方案通过晶圆级异质集成突破了传统缩放约束。本文提出的SDSoW可在整片晶圆上实现数千个计算小芯片的动态重构, 实现超线性性能缩放, 并显著提升能效。我们构建了一个综合理论框架, 涵盖了互连灵活性、集成缩放等关键维度的数学模型, 并提出一种应用驱动的动态架构重构 (ADR) 方案, 该方案可实时优化晶圆级资源配置, 并有望在大规模异质系统中催生涌现智能。基于128–1024个节点的仿真结果表明, SDSoW优于传统多芯片系统, 其吞吐量提升约3.73–4.39倍, 延迟降低约79.2%, 能效提升约2.8倍。作为一项堪比集成电路 (IC) 发明的技术变革, 该方案不依赖工艺微缩, 而是通过创新的架构设计, 为突破摩尔定律提供一条可行路径。

**关键词:** 软件定义互连 (SDI); 软件定义晶圆级系统 (SDSoW); 晶圆级集成; 涌现智能; 异构计算

<https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2025.0063>