2020年CRVA联盟技术研讨会（CRVS 2020）

开源处理器敏捷软硬件协同验证基础平台实现

陈欲晓 常轶松 张旭 张科

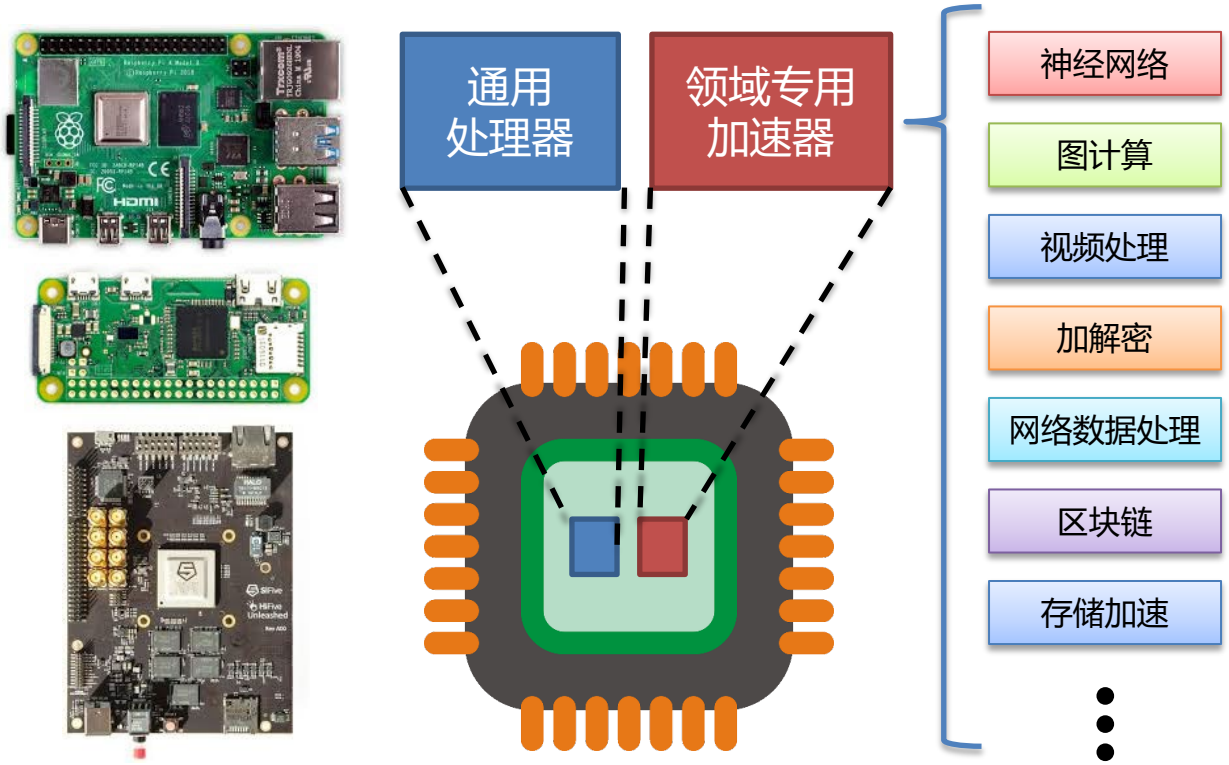
2020.7.18

中国科学院计算技术研究所
Institute of Computing Technology,Chinese Academy of Sciences

研究背景

- 物端芯片日趋普及
  - SoC（片上系统）高度定制化
  - 集成领域专用加速器
- 开源硬件成为设计趋势
  - 开源开放架构：RISC-V，ARM等
  - 开源硬件设计：处理器，SoC等
- 敏捷开发成为硬件设计新思路
  - 敏捷硬件开发语言：Chisel
- 然而，传统的芯片设计验证方式难以满足日益增长的开发需求

arm MIPS RISC-V



CHISEL

现有软硬件协同验证方式的不足

- 软硬件协同验证
  - 同时集成和验证软件和硬件[1]
- 现有软硬件协同验证方式缺点[1]
  - 软件仿真
    - 运行速度慢，难以运行复杂软件
  - 硬件原型（包含FPGA原型验证）
    - 构建时间长，调试手段少
- FPGA原型验证存在的问题
  - FPGA开发流程复杂
  - 原型系统构建时间长
  - 处理器调试较困难

验证环境	运行速度	构建时间	上层软件	调试能力
软件仿真	慢	短	简单软件	高
硬件原型	快	长	真实软件	低

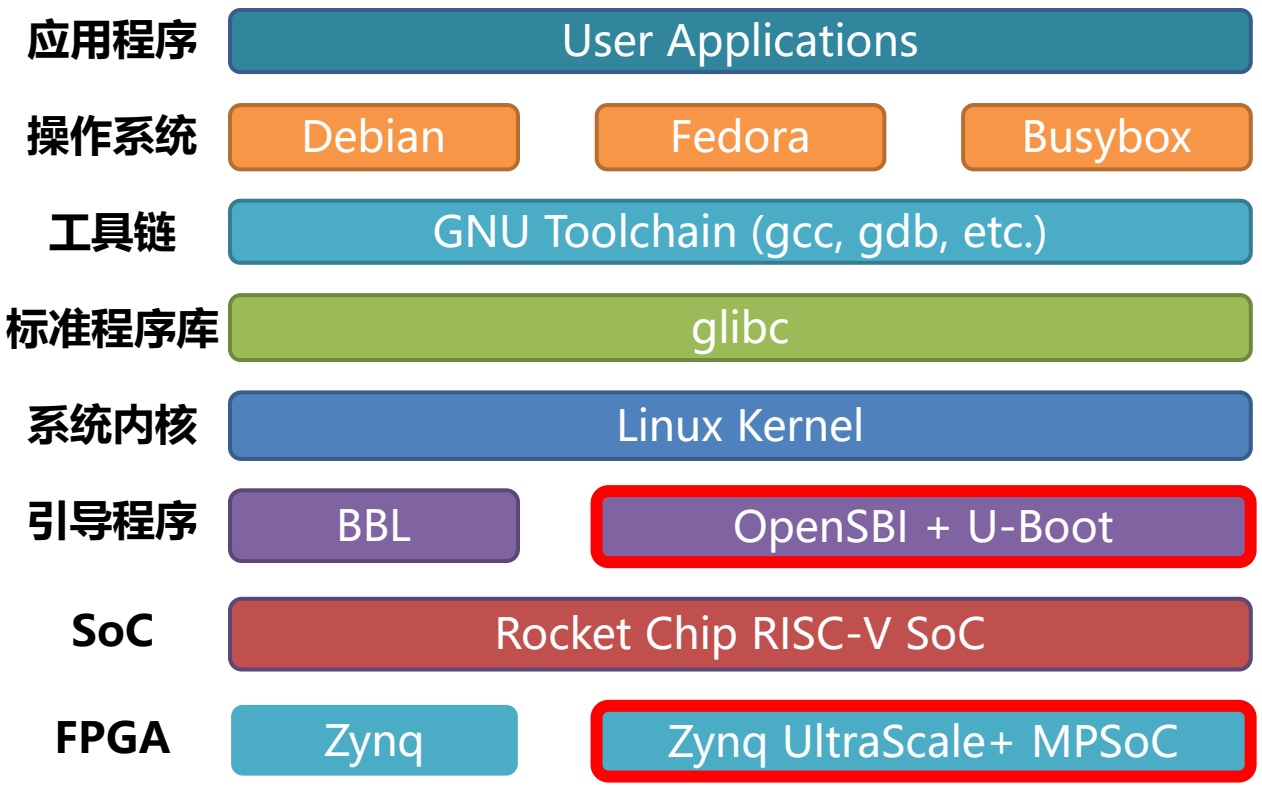
伯克利大学FireSim[2]
基于FPGA云的仿真验证环境

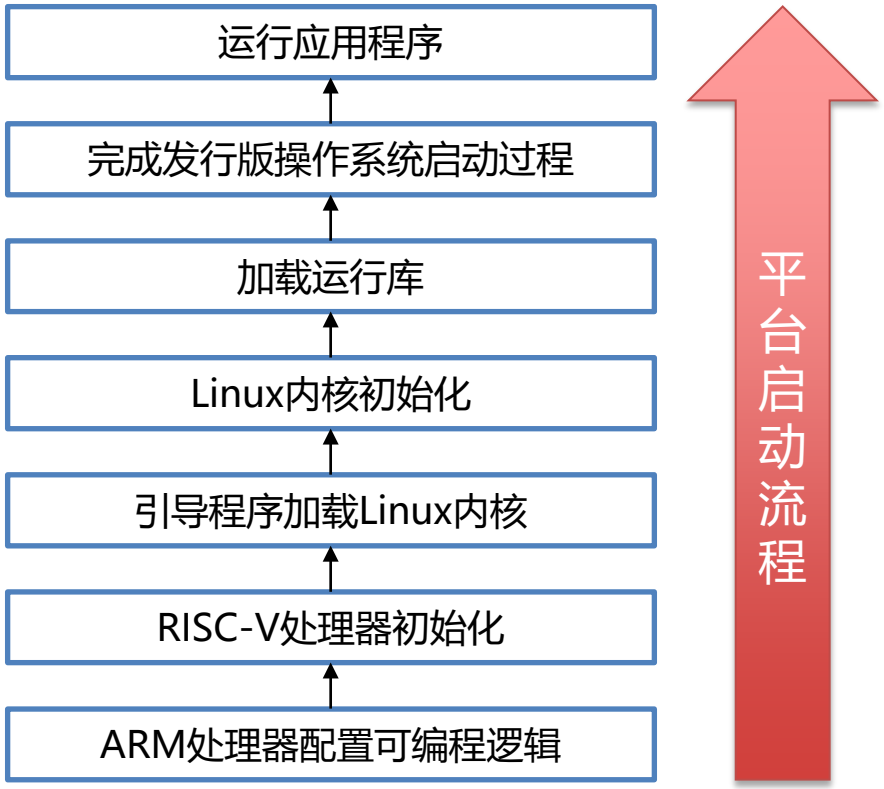
哥伦比亚大学ESP[3]
传统的FPGA原型验证方法

[1] Prakash Rashinkar, et al. System-On-A-Chip Verification: Methodology and Techniques. 2002.
[2] Sagar Karandikar, et al. FireSim: FPGA-Accelerated Cycle-Exact Scale-Out System Simulation in the Public Cloud. 2018.
[3] Luca P. Carloni. The case for Embedded Scalable Platforms. 2016.

面向开源处理器验证的软硬件栈

- 构建完整的RISC-V软硬件栈，支持启动Linux发行版操作系统
- 基于软硬件栈，实现ARM硬核处理器与RISC-V软核处理器协同的启动流程

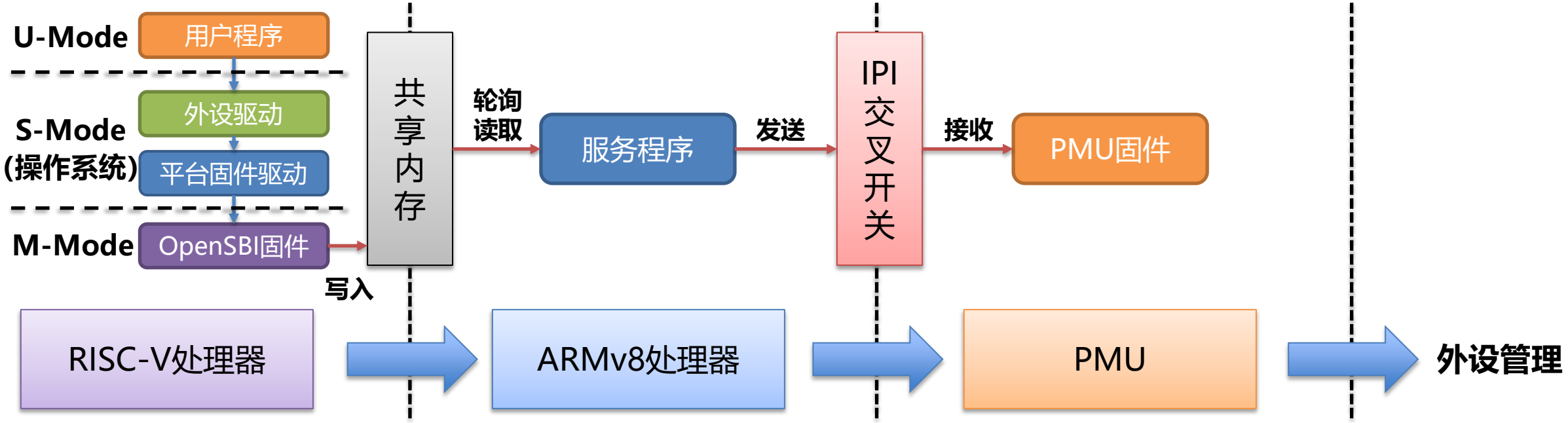




- 除可编程逻辑外，部分FPGA会使用专用逻辑构建硬核处理器以增强功能，通过可编程逻辑实现的处理器相应地称为软核处理器。
- 本工作基于已有的Zynq平台RISC-V软硬件栈，移植到速度更快、资源量更高的Zynq UltraScale+ MPSoC平台。

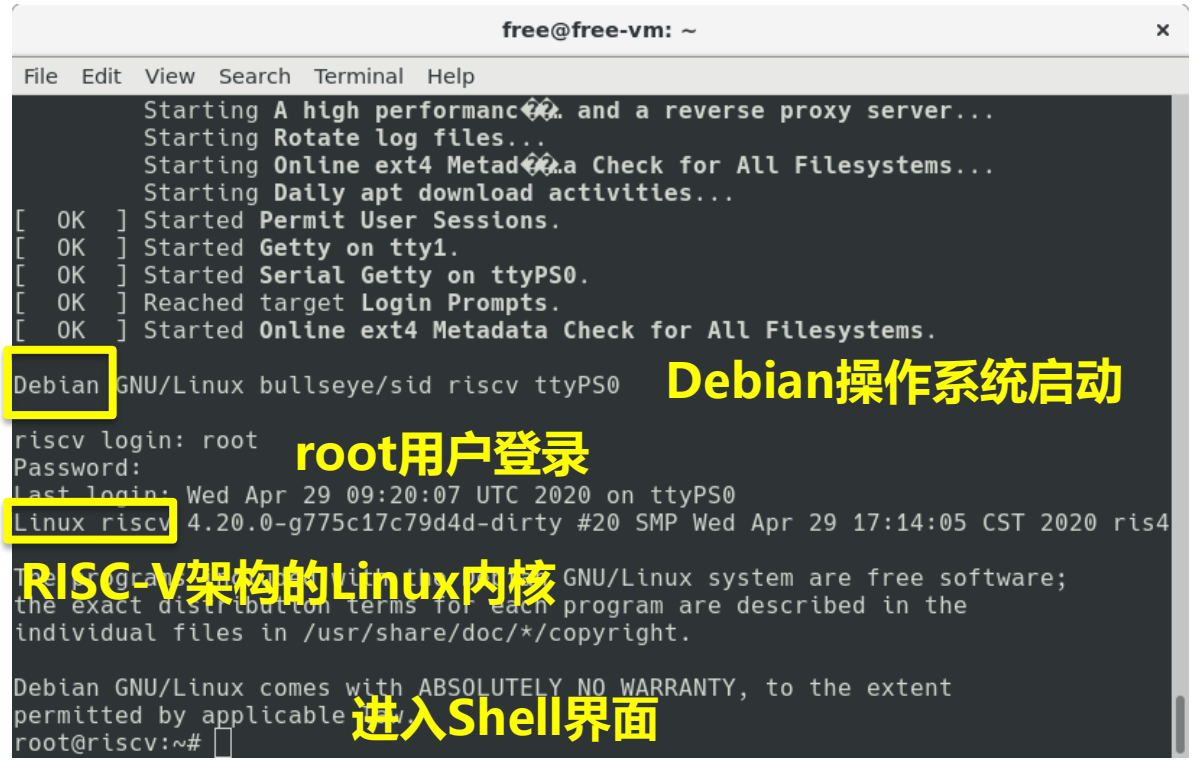
软硬件栈：验证平台软硬件协同机制

- 完善RISC-V主流软件栈，适配FPGA硬件外设
  - 采用S-Mode接口完全的OpenSBI、可单独加载操作系统内核的U-Boot
  - 参考原ARM软硬件栈设计，完成驱动和固件移植
- 建立RISC-V处理器→ARMv8处理器→FPGA平台管理单元（PMU）通信机制
  - 分别采用共享内存+轮询、核间中断（IPI）方式通信
  - 满足了FPGA平台上外设只由PMU管理、PMU只对ARM处理器服务的限制



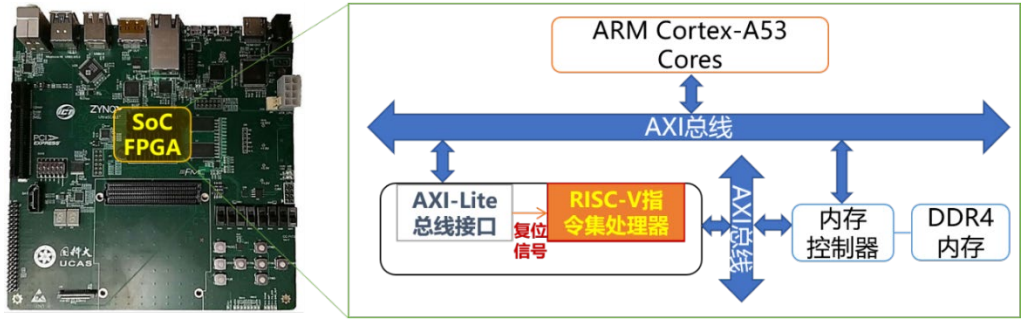
验证平台功能评估

验证平台使用的FPGA开发板

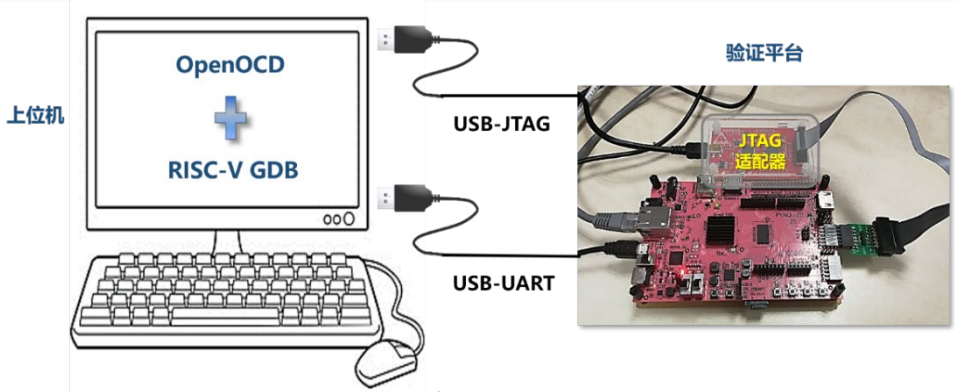


RISC-V Linux启动并登录

敏捷软硬件协同验证平台的科教应用实例



国科大《计算机组成原理课程》实验框架



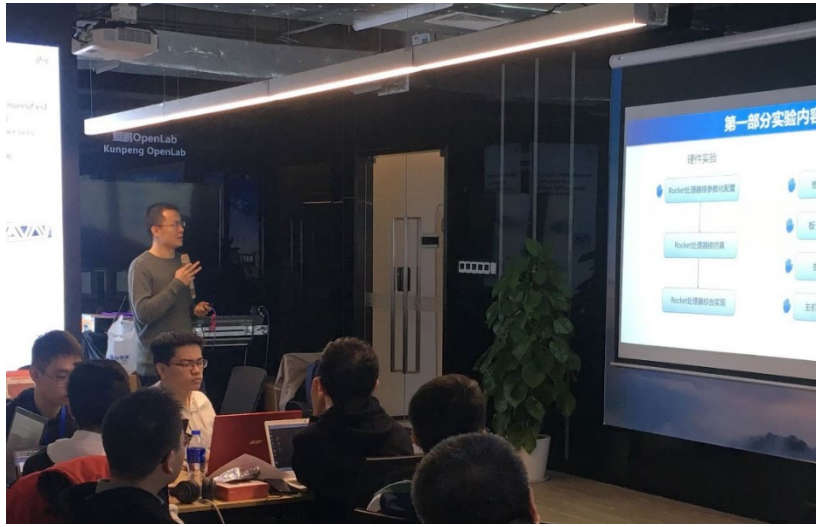
国科大《操作系统课程》RISC-V实验平台

开源操作系统
年度技术会议
OS2ATC

RISC-V开源处理器及Chisel硬件敏捷
开发语言入门（CPU Tutorial）

时　间：2019年12月15日
地　点：B栋14楼1409室
报告者：张科，余子濠，陈欲晓
单　位：中科院计算所

内容摘要：本教程将首先介绍开源芯片的基础，向听众展示面向RISC-V开源芯片生态的系统级原型验证服务平台（SERVE），并介绍SERVE.r精简版本的构建与使用方法。教程第二部分将介绍硬件敏捷开发语言Chisel的特性和优势，并介绍在线学习环境Chisel-bootcamp。Chisel-bootcamp可以对在线编写的Chisel代码进行编译，方便Chisel语言的学习，同时也可以通过若干例子观察Chisel与生成的Verilog代码之间的关系。观众需准备一台可联网的笔记本电脑进行现场操作和学习。具体包括：开源处理器配置、SERVE.r搭建、系统启动、应用测试、Chisel-

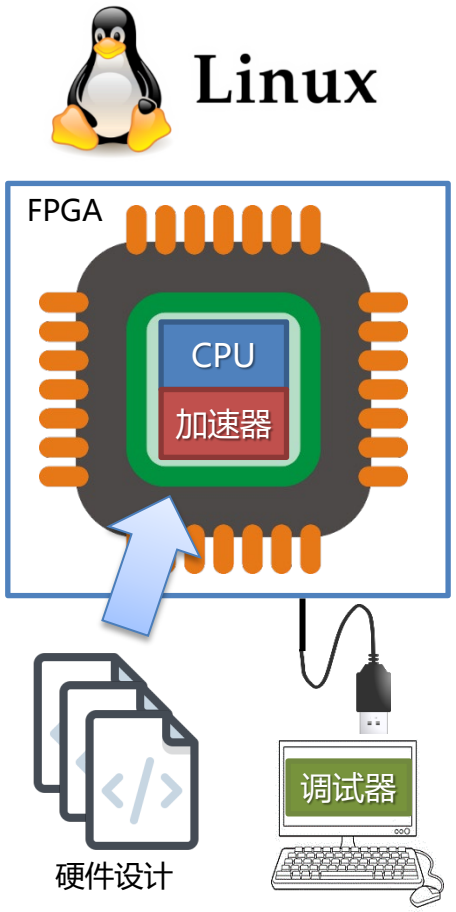


第七届开源操作系统会议“开源硬件敏捷开发”培训课程

已集成至SERVE验证环境，支撑“一生一芯”处理器研发

总结与展望

- 研究并实现了一套敏捷软硬件协同验证平台原型系统
- 为面向开源处理器验证的软硬件栈提供基础支持
- 下一步工作计划
  - 支持加速器快速集成和验证
  - 完善验证平台调试环境



支持开源处理器软硬件栈

快速集成通用处理器和领域专用加速器

提供软硬件协同的系统级调试环境

谢谢！

开源处理器敏捷软硬件协同验证基础平台实现

报告人：陈欲晓

中国科学院计算技术研究所
Institute of Computing Technology,Chinese Academy of Sciences