

首款粒子探测器 RISC-V 片上系统芯片研发项目介绍

一、 导师与团队基本信息	
导师姓名	严琪
所在院所名称	中国科学院高能物理研究所
职称/职务	研究员
导师或课题组介绍网址:	https://people.ucas.edu.cn/~yanqi
电子邮箱和联系电话	qyan@ihep.ac.cn 158 2548 9766
一级学科	物理学
二级学科	粒子物理与原子核物理
主要研究方向	粒子物理实验、大型粒子磁谱仪、半导体探测器技术
日常协助指导人	导师本人、课题组内老师、博士后进行系统指导
二、 项目基本情况	
项目名称	首款粒子探测器 RISC-V 片上系统芯片研发
项目科学意义	RISC-V 在粒子物理中的应用是一个新兴方向，全球粒子物理对该领域的研究甚少。RISC-V 是一种开放精简指令集构架，应用可涵盖从嵌入式系统到高性能计算的各种场景。在计算

	<p>机处理器领域，RISC-V 与 x86 与 ARM 构架并驾齐驱，针对小型、高性能、低功耗应用，RISC-V 构架潜力巨大。面对新一代粒子物理探测器对高数据率与和复杂在线处理的极致需求，传统专用集成电路（ASIC）在灵活性与算法集成方面存在不足，向集成 CPU、存储与外设的片上系统（SoC）发展已成为先进探测器技术的未来发展趋势。引入 RISC-V 架构，可实现探测器前端的可编程控制与复杂算法处理能力。本项目基于课题组国内首款高能物理的 RISC-V 芯片 HERIS 的研制经验，开展下一代抗辐照 RISC-V 芯片的研发，并应用于项目组研制的高精度半导体探测器。项目契合我国基础物理自主研发和核心精密探测器技术突破的战略需求，推动高性能半导体探测器技术创新与下一代粒子磁谱仪实验研制。本课题兼具创新性和工程实践价值，为本科生参与前沿粒子物理实验提供独一无二的平台，同时培养面向未来科学与工程挑战的高素质科研人才。</p>
<p>使用的实验方法、仪器设备、数据软件</p>	<p>项目团队具备完整的粒子探测器研发平台，拥有国内最齐备的先进半导体粒子探测器全链条自主研发能力和专业研究队伍，涵盖半导体传感器设计与工艺制备、ASIC 前端读出芯片设计、系统电子学与数据采集系统开发，机械结构与冷却系统研发及整体探测器系统集成实现、以及探测器软件与数据分析等全套关键环节。</p> <p>针对本项目涉及的探测器芯片设计研发、FPGA 原型验证到物理性能测试，具备完备的软硬件基础，包括：</p> <p>(1) 芯片设计与仿真平台：实验室配备高性能工作站与服务器集群，已部署完整的行业标准 EDA 工具链，计算资源能够满足系统级仿真、多工艺角综合及全时延门级后仿需求，可进行远程登陆工作。</p> <p>(2) 硬件开发与仪器测试平台：实验室配有多套 Xilinx 系列 FPGA 开发套件（如 KCU105、ZCU102 等），可支撑全系统的上板联调。测试仪器方面，配备了高性能混合信号示波器（如 Keysight MXR608 系列）、高精度数字源表等，能满足探测器电气性能与高速接口时序校验。</p> <p>(3) 探测器物理测试与数据分析平台：团队具有完整的半导体探测器硬件及测试平台，包括精密激光位移台、压电位移台、标准 β 测试平台，并配套低噪声读出电子学系统，可实现探测器与探测芯片的集成测试及数据处理分析。</p>
<p>本科生研究任务</p>	<p>学生将进行基础粒子物理实验系统学习，并参与先进粒子探测器 RISC-V 片上系统（SoC）芯片的全链条研发，包括系统仿真、RTL 代码开发、芯片设计、测试验证及系统集成等环节。研究内容将根据学生的能力和兴趣分工，在课题组指导下逐步深入参与相关模块的开发和优化。同时，学生还可参与多</p>

	类型半导体探测器的研发与测试，拓展知识面并积累科研实践经验。
大致时间安排	<ul style="list-style-type: none"> • 每周进行线上例会（建议尽量参加），进行讨论指导 • 5月：开展线上培训，进行粒子探测器实验技术、FPGA 固件开发练习 • 6月：熟悉 PULPissimo 架构软件生态与 RTL 代码开发 • 7-8月：赴高能所开展集中实习（项目组承担相关费用） • 8月底：撰写总结报告 • 鼓励后续持续参与课题组线上及线下研发工作
预期目标和成果形式	<p>通过参与本项目，学生将系统了解前沿粒子探测技术与实验物理方法，掌握跨硬件与软件的综合研发能力，包括探测器技术、芯片设计、FPGA 开发及数据分析等。依托课题组先进科研平台，学生将拓展学术视野，参与真实科研任务，提升创新能力。项目预期形成阶段性研究成果，包括原型验证结果及相关软件/硬件开发成果，优秀者有机会发表探测器前沿技术相关论文。表现突出的学生可长期深入参与项目研究，参与探测器芯片流片工作，获得完整的工程实践经验。项目组作为国内最齐备的粒子半导体探测器研发团队，覆盖高性能传感器设计、电子学、读出系统、探测器模块、机械加工与冷却系统等全链条，聚焦面向前沿粒子物理实验的关键探测器技术突破及原理样机研制，为学生提供多样化科研兴趣点与成长空间，同时积累半导体与芯片技术的宝贵研发经验。</p>
实践地点	北京玉泉路园区
三、 对学生的要求与保障措施	
拟接收人数	2
专业知识要求	<p>对申请者之前的研究背景不作严格要求，但需对基础粒子物理有兴趣，具备良好的学习能力和踏实认真的工作态度。入选学生无需担心专业基础，课题组将提供系统的集中培训与持续指导，帮助其逐步掌握相关知识与技能。课题组注重培养具有发展潜力的本科生，鼓励长期参与前沿基础物理实验研究，并已支持多名学生持续开展相关科研工作。同时，项</p>

	目组通过每周线上会议开展交流与指导。
工作时间要求	鼓励学生在学期内每周抽出一定时间参与科研工作，尽量参加每周线上讨论与交流；同时鼓励利用寒暑假或其他时间赴高能所项目组实验室开展实习，逐步深度参与相关研究工作。
课题组支持条件	<p>课题组致力于吸引优秀学生长期培养，并为研究生人才储备提供支持。研发相关费用（包括差旅、实习期间住宿与餐补、实验耗材等）均由课题组承担。优秀学生毕业后可进入课题组攻读研究生。团队拥有国内最齐备的先进半导体粒子探测器全链条自主研发能力和专业研究队伍，涵盖半导体传感器设计与工艺制备、ASIC 前端读出芯片设计、系统电子学与数据采集系统开发，机械结构与冷却系统研发及整体探测器系统集成实现、以及探测器软件与数据分析等全套关键环节。</p> <p>实验室硬件方面，团队具备完善的半导体探测器研发与系统集成平台：有两个半导体洁净间实验室，配备探针测试台、打线机及探测器模块组装设备，可完成器件电学性能表征与模块封装集成；另有一个电子学实验室以及两个半导体探测器测试与集成实验室，配备电子学测试平台、皮秒激光测试系统、β源测试系统、读出系统测试平台、打印设备及高性能计算服务器等，可系统开展传感器与读出芯片的设计研发、性能测试与系统评估。此外，团队还拥有一个机械加工实验室和一个低温冷却实验室，为探测器研发提供完整支撑。</p>