



RISC-V服务器级CPU关键技术 实践



- RISC-V高性能核X100功能特性
- RISC-V服务器级CPU功能特性
- 关键技术实践
- 生态产品



SpacemiT X100™ Core 智算核

国内首款完整支持虚拟化的全扩展高性能RISC-V处理器

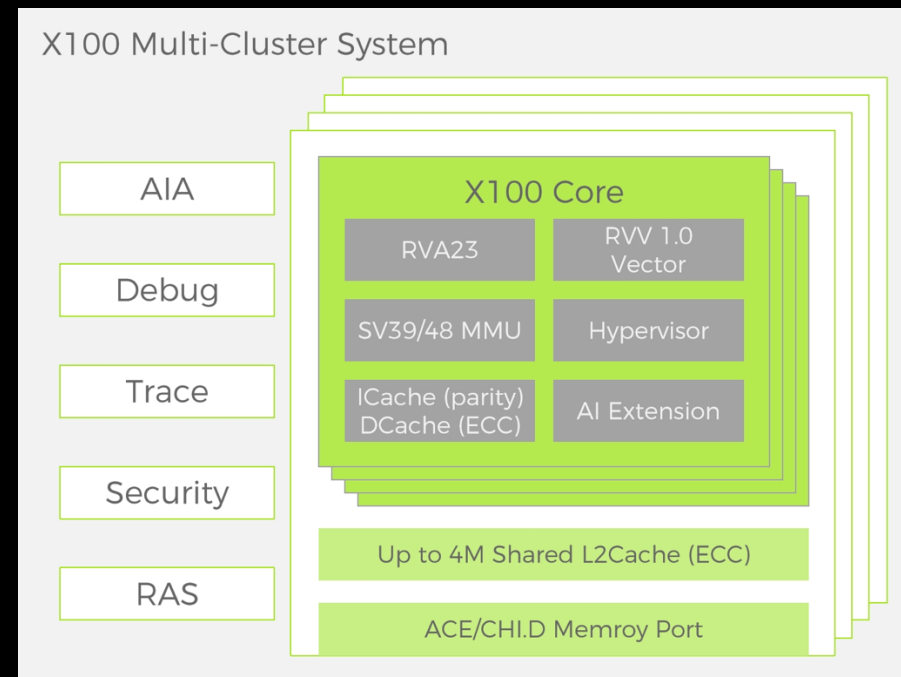
- 完全兼容RVA23特性的RISC-V处理器
- 支持RISC-V标准虚拟化，支持处理器虚拟化、内存虚拟化、中断虚拟化以及外设虚拟化
 - 完整实现Hypervisor扩展，支持2级地址转译，即内存虚拟
 - 支持AIA中断虚拟化
 - 支持核外搭配 IOMMU 组成完整虚拟化系统

面向AI应用的通用算力

- 支持RVV1.0标准Vector扩展的高性能处理引擎
- 面向AI应用定制INT4通用算力，单核可达1TOPS

面向未来的多核多芯互联

- 支持多核多cluster配置，覆盖不同性能与功耗需求的场景
- 支持CHI总线接口，实现多芯互联！



SpacemiT X100™ Core 智算核

兼容RVA23 Profile RISC-V最新特性

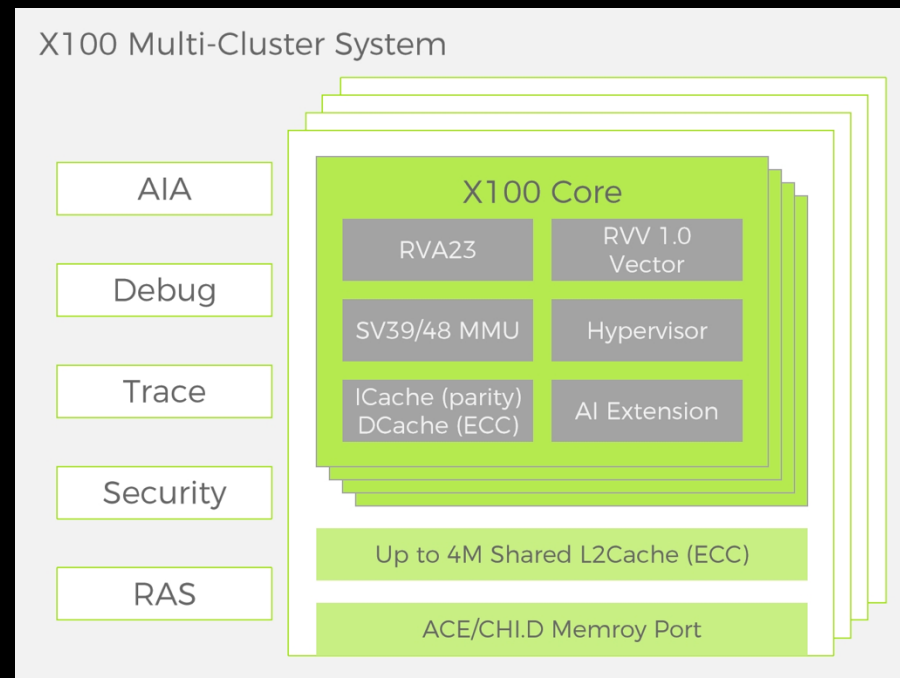
- 支持RV64GCVBH标准扩展
- 支持Vector Crypto.
- 支持Sv48内存翻译模式，提供更大虚拟地址范围

高安全性

- 支持RISC-V PMP， ePMP实现核内安全隔离
- 提供IOPMP达成系统级安全解决方案
- 提供等效于ARM V9 CCA的安全计算能力
- 能够抗幽灵、熔断攻击等攻击手段
- 支持 RV 官方 RERI 标准的 RAS 事件上报

灵活可配且易用

- 支持CACHE大小，核心数量，AI扩展，虚拟化等可配置
- 支持RISC-V标准Debug协议，兼容开源调试软件和Probe
- 支持指令Trace，高效追踪程序轨迹



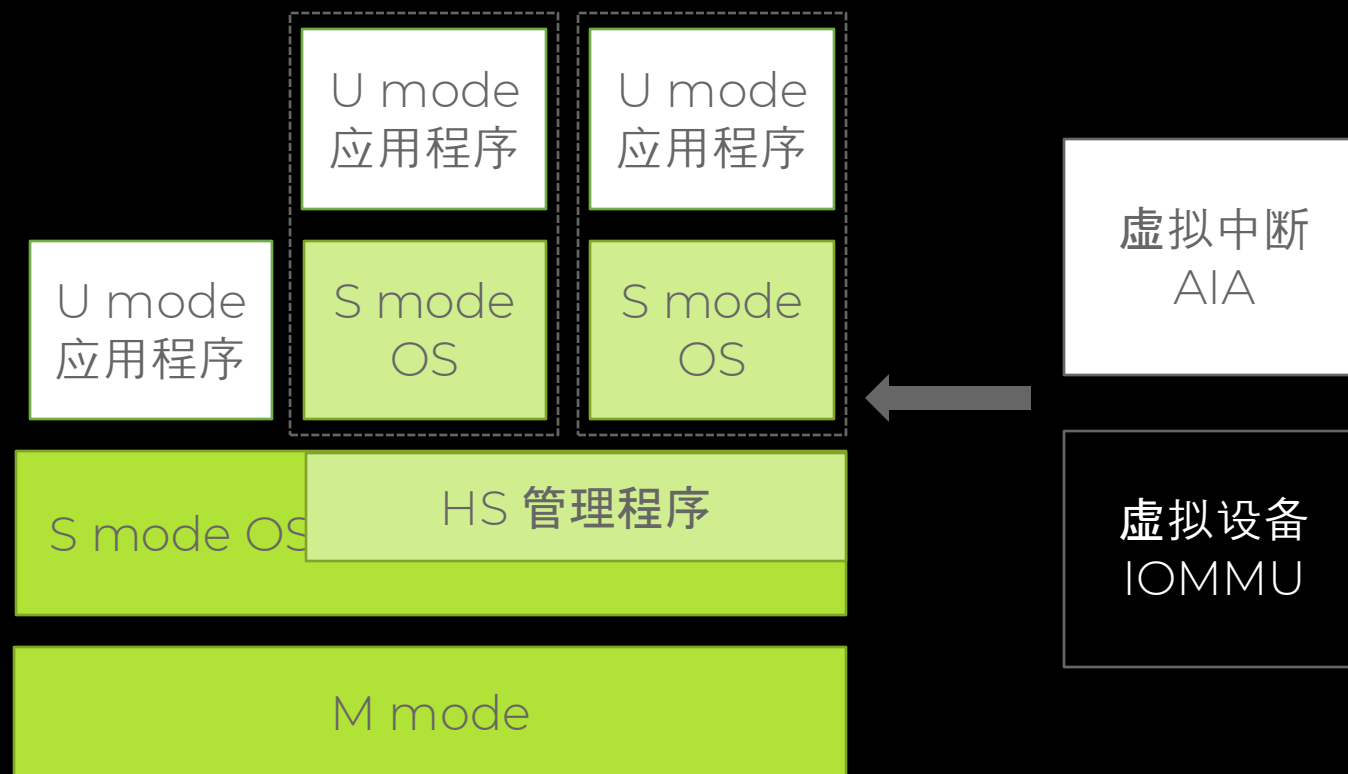
X100配置选项

配置	可选项	备注
L1 CACHE	32KB/64KB	L1 CACHE可配置ECC/parity
Shared L2 CACHE	256KB-4MB	L2 CACHE可配置ECC
MMU	Sv39/48	可支持至多1TB物理内存
AI Extension	有/无	单核可额外配置1TOPS@INT4算力
多核/多Cluster	1-4核/cluster	支持核心数及cluster数可配置
总线接口	ACE/CHI.D 128/256bits	除此之外，还配置有专用外设接口PP及CACHE一致性接口CCP
虚拟化	有/无	可配置虚拟化以支持更多OS和应用
AIA	中断源数量	至多1023个外部直连中断源及2047个MSI中断源



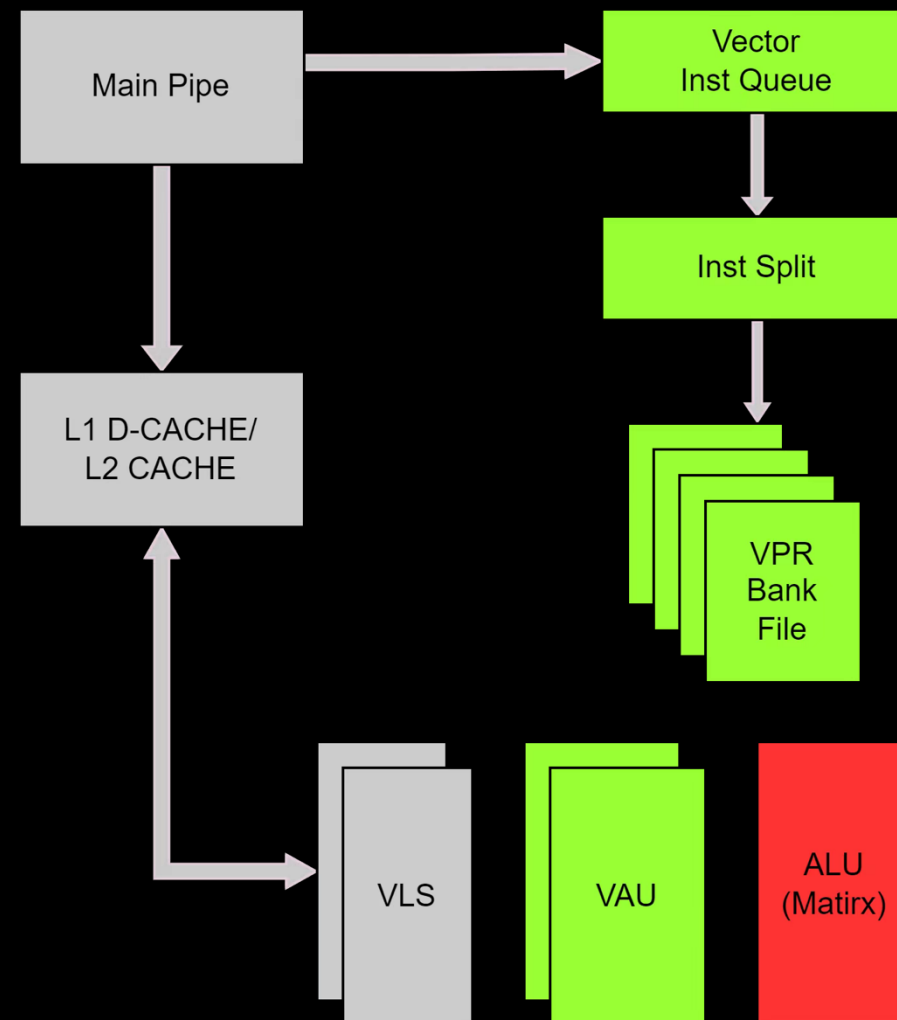
X100完整虚拟化支持

- CPU虚拟化+内存虚拟化
 - 支持 Hypervisor 1.0扩展
 - 支持 SV48x4, SV39x4 guest 地址管理
 - 支持最大 16384 个虚拟 CPU
- 中断虚拟化
 - 支持标准 AIA 中断控制器
 - 支持最大 2047 个 MSI 输入
 - 支持最大 1023 个外部直连中断
 - 支持 MSI 与直连中断可配
 - 支持 256 个 中部中断优先级
- 设备虚拟化
 - IOMMU



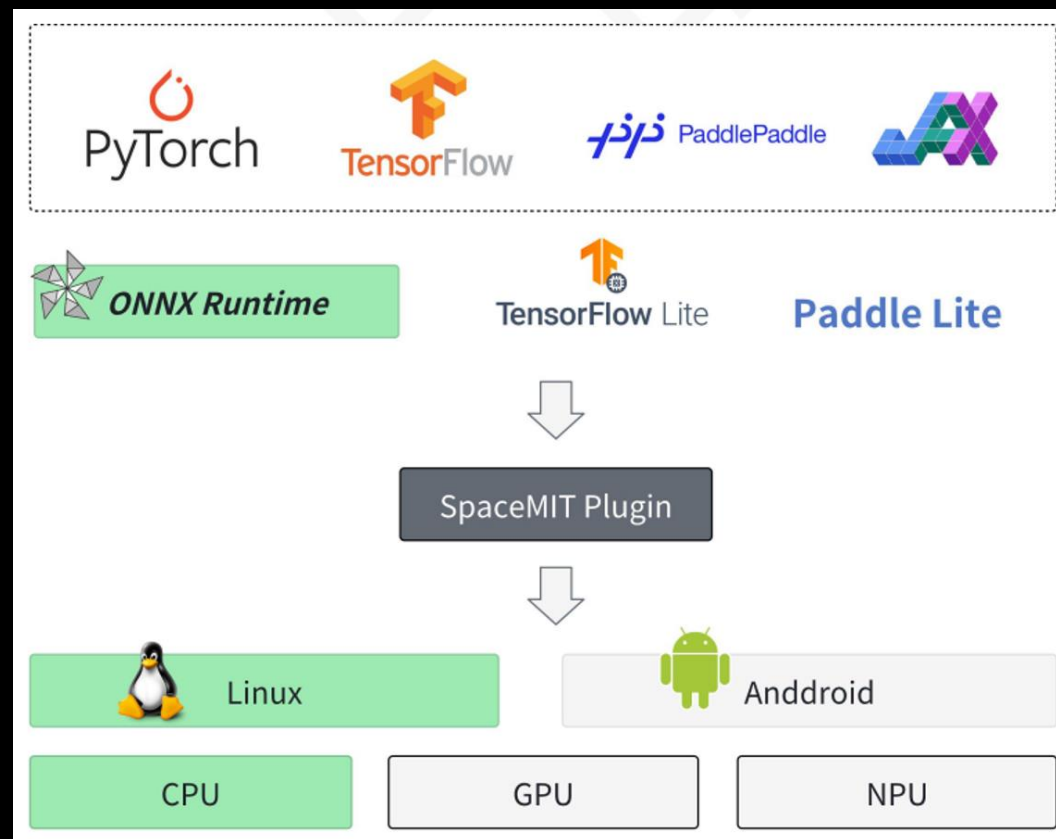
X100矢量及AI引擎

- Vector关键特点
 - 支 完全兼容RISC-V Vector 1.0版本
 - 支持VLEN=256 ; ELEN=64(支持INT8~INT64, FP16~64)
 - DPLEN=128 (datapath width)
 - 并行宽度：2xDPLEN矢量存储， 2xDPLEN矢量运算
 - VPR按BANK访问， 降低访问冲突
 - 可双核共享的矢量运算单元
- AI (matrix) 算力特点
 - 支持 深度定制的AI扩展指令， 包括若干矩阵乘和滑窗指令
 - 支持复用VPR寄存器， 算力灵活
 - 单条AI指令支持128 MAC(INT8)
 - 4核可提供4 TOPS算力@2.5GHz



X100的AI部署

- X100的AI部署和优化
 - 轻量化插件方式，接入onnxruntime，复用其开原生态
 - 支持onnx算子全集，快速实现onnx模型部署
 - 可编程性高，实现量化计算的精细化、多样化，实现离线优化
 - 运行时通过简单的线程调度，即可灵活调整所使用的AI算力资源，实现在线优化



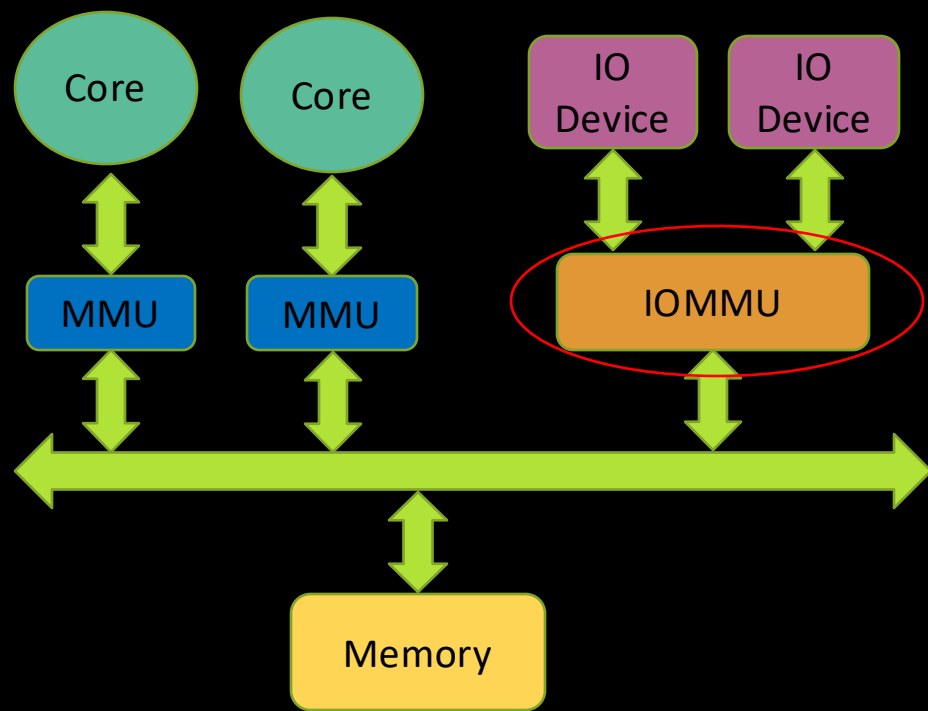
X100 PPA



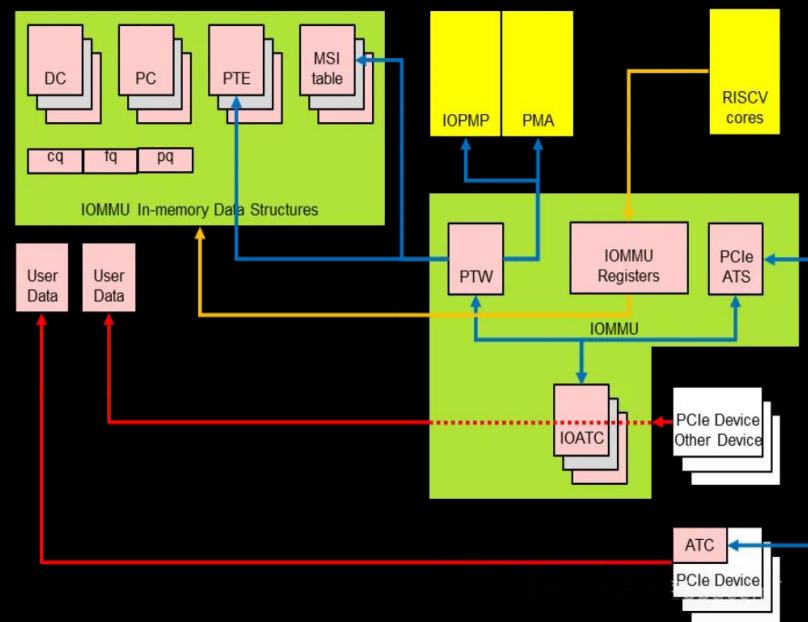
工艺		TSMC 12nm
频率	TT/1.0V/85C	2.4GHz
面积(mm^2)		1.5
	std. cell	0.52
	RAM	0.30
	利用率	51%
静态功耗	TT/0.8V/85C	78mW
动态功耗	TT/0.8V/85C	253mW/GHz
配置	64K icache + 64K dcache + Vector + RAS (VLEN=256)	



支持外设虚拟化的IOMMU



- IOMMU可以起到以下作用：
 - ✓ 地址空间保护
 - ✓ 虚拟地址转换
 - ✓ 支持中断虚拟化与重映射
 - ✓ 与Core形成统一内存访问，方便软件编程



- 进迭时空的 IOMMU 架构支持如下特性：
 - ✓ 支持 RV IOMMU Spec 1.0 要求的基础功能
 - ✓ 支持 PCIe ATS/PRI 相关功能
 - ✓ 支持 MSI_FLAT 类型 MSI 页表
 - ✓ 支持对接 IOPMP，支持进行 PMA 检查
 - ✓ 支持页表 Svcbmt, Svnaptot 扩展
 - ✓ 访问设备/进程表和页表，队列等接口支持一致性访问



搭载X100的RISC-V服务器级CPU

- 满足服务器规格的Soc架构设计
 - 主频2.5GHz @ TSMC 12nm
 - 单芯片支持多达64核互联
 - 支持通用AI算力扩展
 - 支持完整虚拟化解决方案
 - 全新片支持TEE安全资源管理
- 服务器基础软件
 - 启动软件、管理软件、安全软件、虚拟化软件
 - 与BMS方案商适配的BMC解决方案
 - 适配和移植主流服务器操作系统



RISC-V服务器级CPU的RAS特性



- 处理遵循Firmware First准则

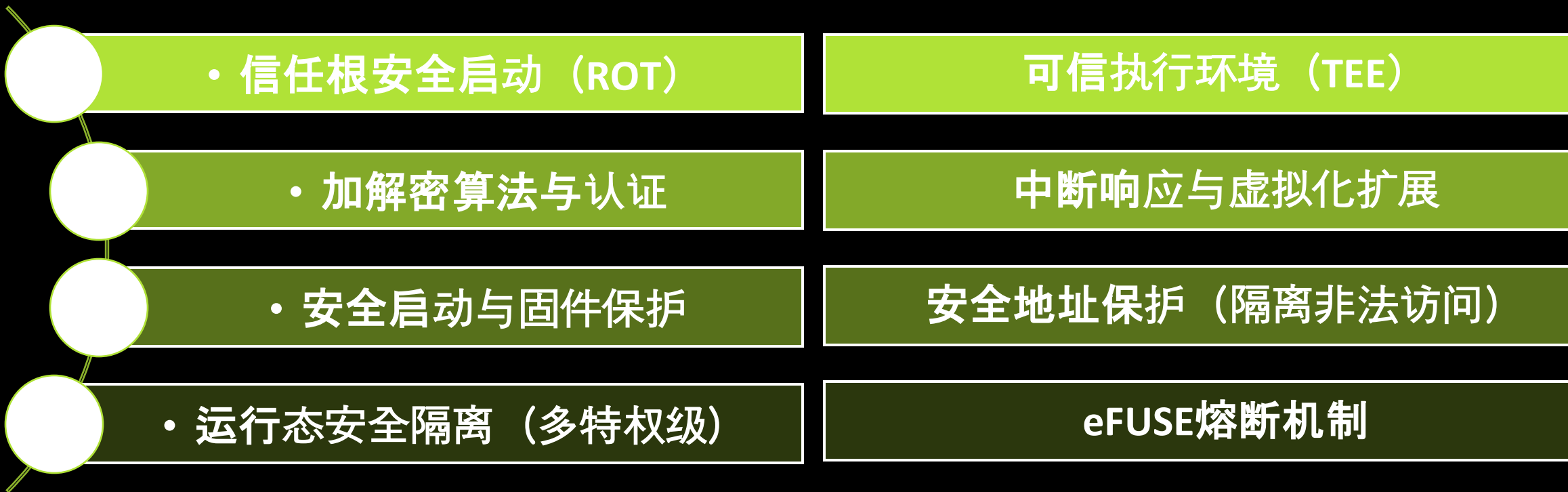
- 支持ACPI的APEI规范

- 实现RERI故障处理接口规范

- 支持多芯片互联的统一RAS管理



RISC-V服务器级CPU的安全特性



RISC-V服务器级CPU技术实践

- S1 Demo
 - IOMMU+DMAC
- S2 Demo
 - IOMMU+PCIe+NVMme+SR-IOV

```
root@buildroot:~# lspci
00:00.0 PCI bridge: Synopsys, Inc. DWC_usb3 / PCIe bridge (rev 01)
01:00.0 Non-volatile memory controller: Dapustor Corporation NVMe SSD Controller DPU600
root@buildroot:~# nvme virt-mgmt /dev/nvme0 -c 1 -r 0 -n 14 -a 8
success, Number of Resources allocated:0xe
root@buildroot:~# nvme virt-mgmt /dev/nvme0 -c 1 -r 1 -n 14 -a 8
success, Number of Resources allocated:0xe
root@buildroot:~# nvme virt-mgmt /dev/nvme0 -c 1 -a 9
success, Number of Resources allocated:0
root@buildroot:~# echo 1 > /sys/class/nvme/nvme0/device/sriov_numvfs
[ 328.526065] pci 0000:01:00.1: [1e3b:0600] type 00 class 0x010802
[ 328.534495] pci 0000:01:00.1: enabling Extended Tags
[ 328.563277] nvme 0000:01:00.1: Adding to iommu group 3
[ 328.570168] domain alloc 4
[ 328.574279] nvme 0000:01:00.1: domain type 11 attached w/ PSCID 4
[ 328.592736] nvme nvme1: pci function 0000:01:00.1
[ 328.599028] nvme 0000:01:00.1: enabling device (0000 -> 0002)
[ 328.649687] nvme nvme1: 1/0/0 default/read/poll queues
[ 328.706980] nvme1n1: pl
root@buildroot:~# lspci
00:00.0 PCI bridge: Synopsys, Inc. DWC_usb3 / PCIe bridge (rev 01)
01:00.0 Non-volatile memory controller: Dapustor Corporation NVMe SSD Controller DPU600
01:00.1 Non-volatile memory controller: Dapustor Corporation NVMe SSD Controller DPU600
root@buildroot:~#
```

```
run init for debugging based on ramdisk ...
~ # ls /sys/class/dma
dma0chan0 dma0chan11 dma0chan14 dma0chan3 dma0chan6 dma0chan9
dma0chan1 dma0chan12 dma0chan15 dma0chan4 dma0chan7
dma0chan10 dma0chan13 dma0chan2 dma0chan5 dma0chan8
~ #
~ #
~ #
~ #
~ # cd /sys/module/dmatest/parameters/
/sys/module/dmatest/parameters # echo 1 > iterations
/sys/module/dmatest/parameters # echo 1 > norandom
/sys/module/dmatest/parameters # echo 1024 > transfer_size
/sys/module/dmatest/parameters # echo dma0chan0 > channel
[ 131.217454] dmatest: Added 1 threads using dma0chan0
/sys/module/dmatest/parameters # echo 1 > run
[ 131.246057] dmatest: Started 1 threads using dma0chan0
/sys/module/dmatest/parameters # [ 131.263895] iommu: map: iova 0xffffc000 pa 0x0000000004f88000 size 0x4000
[ 131.273882] iommu: map: iova 0xffff8000 pa 0x0000000004f8c000 size 0x4000
[ 131.282506] iommu: map: iova 0xffff7000 pa 0x0000000004f4a000 size 0x1000
[ 131.300534] dmatest: dma0chan0-copy0: summary 1 tests, 0 failures 33.71 iops 33 KB/s (0)
```

```
70.017781 pci-host-generic 30000000.pci: host bridge /soc/pci@30000000 ranges:
70.020960 pci-host-generic 30000000.pci: IO 0x0003000000..0x000300ffff -> 0x0000000000
70.023007 pci-host-generic 30000000.pci: MEM 0x0040000000..0x007fffffff -> 0x0040000000
70.024489 pci-host-generic 30000000.pci: MEM 0x0400000000..0x07fffffff -> 0x0400000000
70.027333 pci-host-generic 30000000.pci: Memory resource size exceeds max for 32 bits
70.031015 pci-host-generic 30000000.pci: ECAM at [mem 0x300000000-0x3fffffff] for [bus 00-ff]
70.043876 pci-host-generic 30000000.pci: PCI host bridge to bus 0000:00
70.045058 pci.bus 0000:00: root bus resource [bus 00-ff]
70.045525 pci.bus 0000:00: root bus resource [io 0x0000-0xffff]
70.046409 pci.bus 0000:00: root bus resource [mem 0x40000000-0x7fffffff]
70.046873 pci.bus 0000:00: root bus resource [mem 0x400000000-0x7fffffff]
70.054786 pci 0000:00:00.0: [1b36:0008] type 00 class 0x060000 conventional PCI endpoint
70.113420 pci 0000:00:01.0: [1e3b:0600] type 00 class 0x010802 PCIe Root Complex Integrated Endpoint
70.127845 pci 0000:00:01.0: BAR 0 [mem 0x000000000-0x0000ffff 64bit]
70.152726 pci 0000:00:01.0: enabling Extended Tags
70.262725 pci 0000:00:01.0: BAR 0 [mem 0x400000000-0x40000ffff 64bit]: assigned
70.503598 nvme nvme0: pci function 0000:00:01.0
70.507535 nvme 0000:00:01.0: enabling device (0000 -> 0002)
71.517797 nvme nvme0: 1/0/0 default/read/poll queues
72.111146 nvme0n1: pl
72.635177 printk: legacy console [tty0] disabled
```



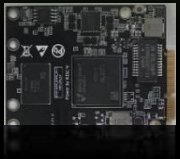
SpacemiT X100丰富的软件生态

- 可运行标准Linux/Ubuntu等操作系统；
- 支持标准GCC及深度优化的LLVM编译器；
- 支持标准RISC-V Debug协议， Openocd + jLink等开源方案进行调试；
- 支持onnxruntime、tflite、pytorch-mobile等AI框架；
- 支持深度优化的OpenCV， NN， Openblas等算法库。
- 支持Bianbu, kylin, deepin, 开源鸿蒙, fedora等操作系统



MUSE 生态产品：ONE FOR ALL

MUSE Card



SOM
小而美的RISC-V心脏

MUSE PI



8核 RISC-V SBC
丰富接口满足基础开发

MUSE Box



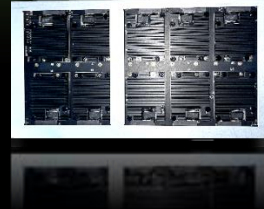
全接口Mini PC
更灵活的桌面助手

MUSE Book



14寸笔记本电脑
随身RISC-V开发平台

MUSE Shelf



开发者服务器
20-80可定制

MUSE Paper



强大性能与优雅
享受流畅体验



THANK YOU!



进迭时空 - RISC-V高性能芯片



spacemit.com