



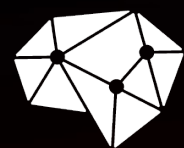
Embedded OS in China
国产嵌入式操作系统产业论坛

大算力异构芯片赋能具身智能—— 从实时控制到空间计算

隋 伟 博士

地瓜机器人技术副总裁





地平线
Horizon Robotics



地瓜机器人

我们的使命

加速机器智能进化，促进人机和谐伴生

我们的愿景

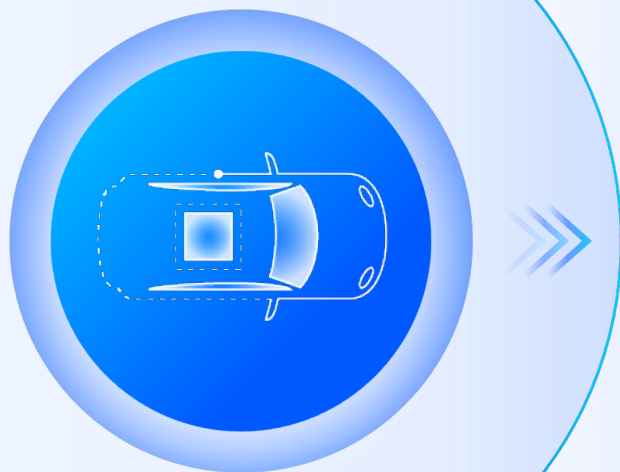
成为机器人时代的母生态

源自智能驾驶，通往通用智能



地平线
Horizon Robotics

赋能智能驾驶
让生活更安全、更美好

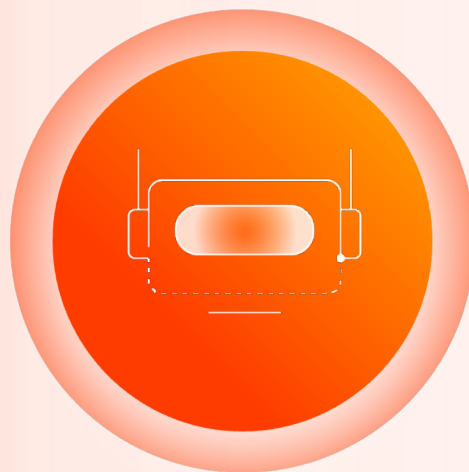


计算架构

开发平台

智能算法

产业生态



地瓜果机器人

加速机器智能进化
促进人机和谐伴生

共通的三大计算任务

环境感知

人机交互

决策控制

具身智能：堪比“计算机诞生”级的颠覆式创新



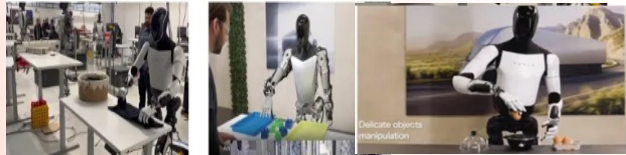
趋势一：大模型驱动具身机器人向AGI跃迁



■ **Locomotion**：盲眼运动较为成熟，平衡性较好，环境实时反馈需要提升



■ **Manipulation**：特定场景特定任务训练效果好，泛化性较差



■ **交互对话**：较为成熟，效率实时性需要提升

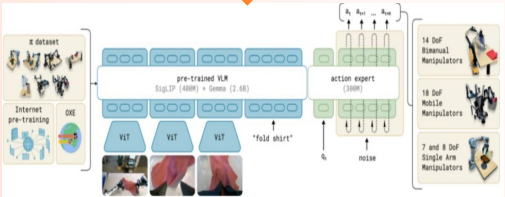


功能成熟度

■ **VLA**：从模块化往端到端发展，模仿学习往强化学习发展



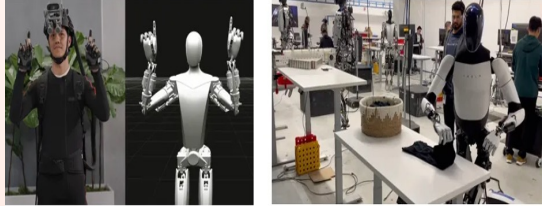
优点：模块化可解释性强、数据依赖少
缺点：依赖规则，可扩展性差、无法处理高自由度本体



优点：数据驱动，模型上限高，可处理复杂任务
缺点：不可解释性，强依赖数据，目前泛化性差

底层模型

■ **遥操**：通过动捕设备、或者同构机械臂进行数据采集



优点：数据真实可用，有效性高
缺点：采集成本高、效率低

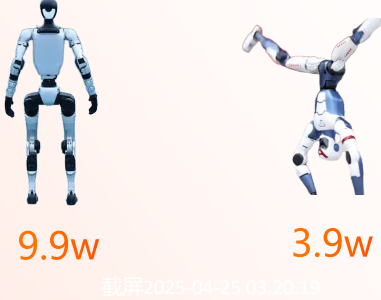
■ **仿真**：通过仿真器获取训练需要的数据



优点：采集效率高，成本低，数据多样
缺点：与真实数据存在差异，数据上限低

数据采集

■ **性能成本**：快速进步、成本降低、灵活性通用性持续提升



9.9w

3.9w

■ **高算力芯片**：满足具身大模型>100Tops算力



硬件本体

趋势一：大模型驱动具身机器人向AGI跃迁

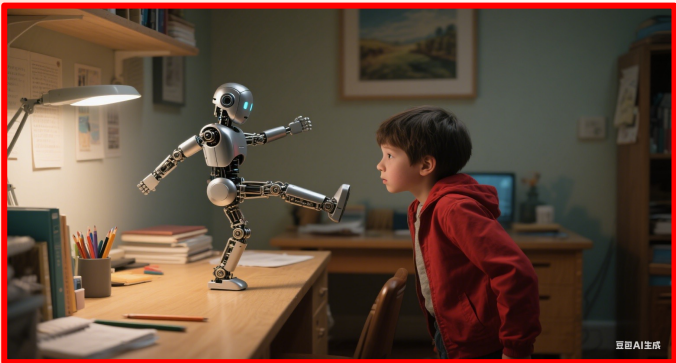
具身机器人朝着多场景、多任务的通用性的方向发展

短期：情绪价值场景

- 手臂操作精度要求低
- 交互体验要求高



商场/租车/导览/导购/巡检



桌面陪玩/教育

2025-2030年
✓ 硬件成熟
✓ 成本降低

中期：刚需场景

- 硬件支持完成任务
- 智能化低，适合刚需、容错率场景



危险场景



劳动力短缺场景

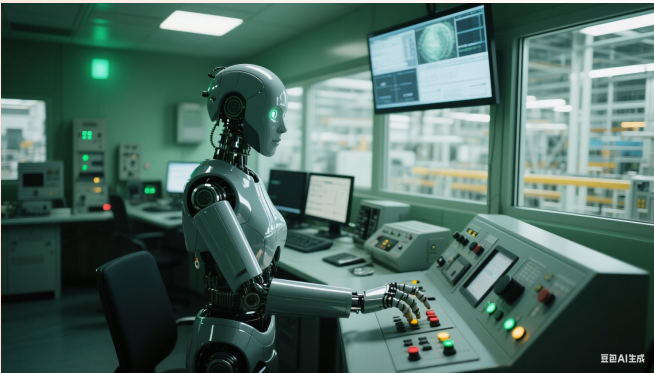
2030-年
✓ 硬件标准化
✓ 模型能力提升

长期：通用场景

- 本体标准化且起量
- 数据飞轮效应凸显，具备通用性

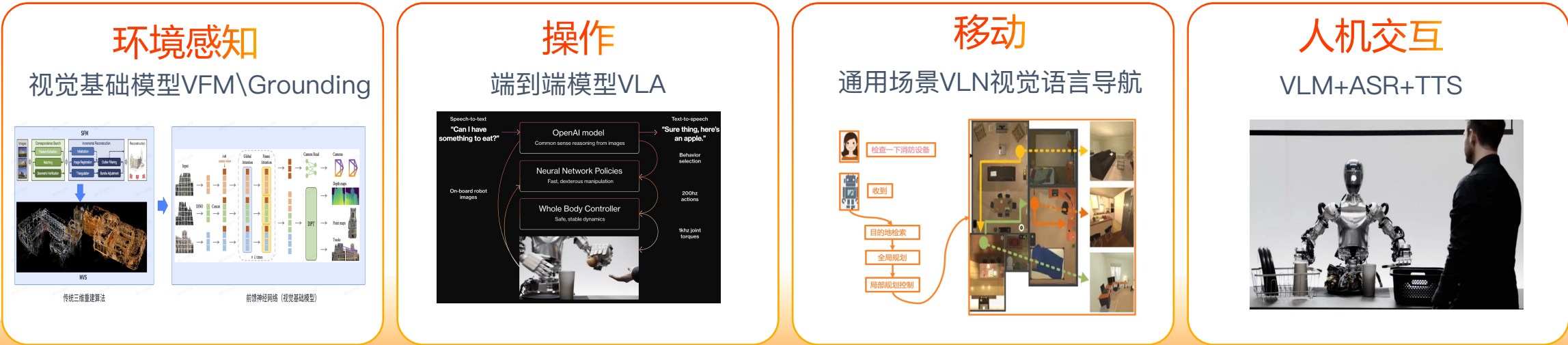


家庭服务



工厂生产

趋势二：以Transformer为核心的基础模型正在重塑机器人技术栈



模型容量增大:几B到几十B

数据量增加

多模态大模型

对Transformer模型的支持至关重要

趋势三：模型架构趋于统一，满足具身机器人场景各种需求

共通的三大计算任务

环境感知

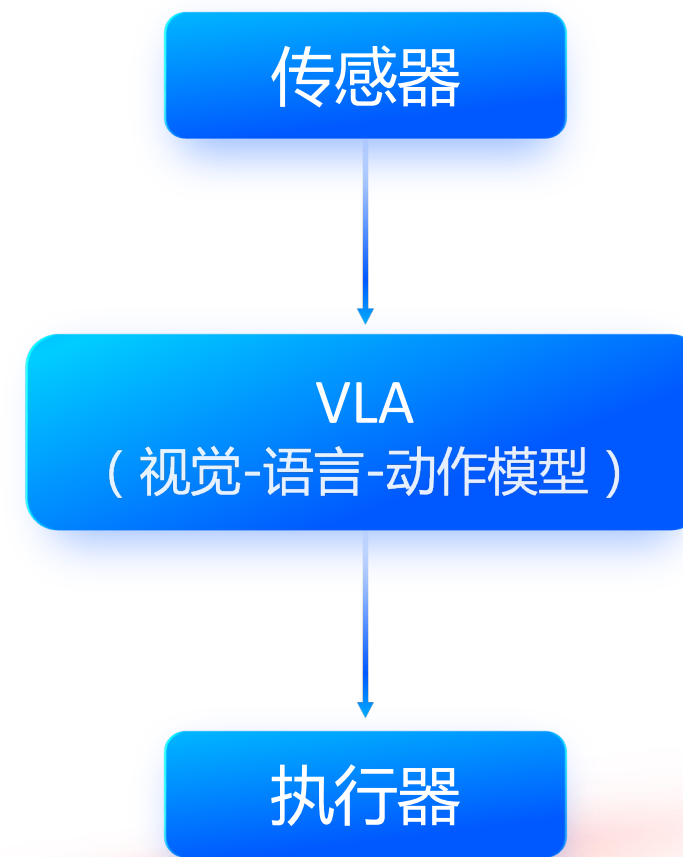
人机交互

决策控制

分层决策(>100 Tops)



一体化WBC(>500 Tops)

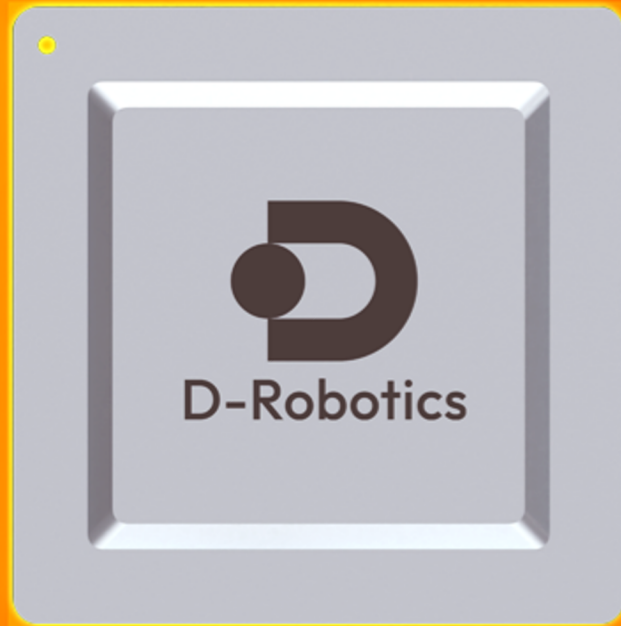


具身机器人大小脑需要更适合的计算平台



S100 算控一体化计算平台

大小脑协同，大小模型协作 驱动具身机器人大小脑协同进化



6核 A78AE CPU
逻辑核心

RDk S100P
137K DMIPS

RDk S100
100K DMIPS

全新BPU Nash
算力核心

RDk S100P
128TOPS

RDk S100
80TOPS

4核 R52+ MCU
运控核心

RDk S100/ S100P
6K+ DMIPS

全新 BPU Nash 架构支持算法高速运行



80 / 128 TOPS 灵活选择，能效密度优化，满足不同场景需求



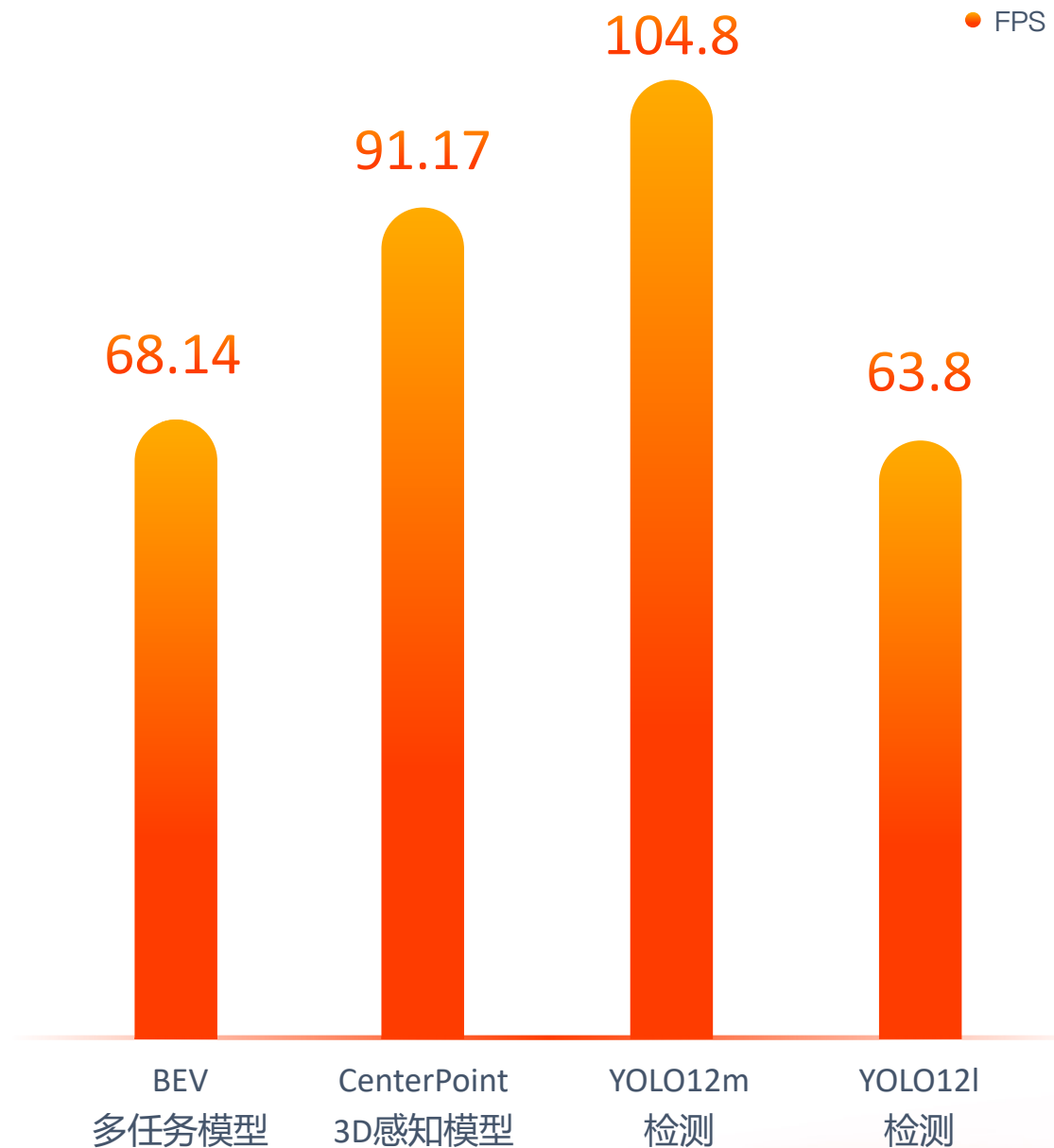
新增多线程VPU(Vector Process Unit)单元，支持 FP16 和 FP32 浮点计算，提升 Layernorm、Softmax 等敏感算子的精度和性能



支持超过 160+ ONNX 标准算子，覆盖 CNN 和 Transformer 等主流算法，100% 硬件加速



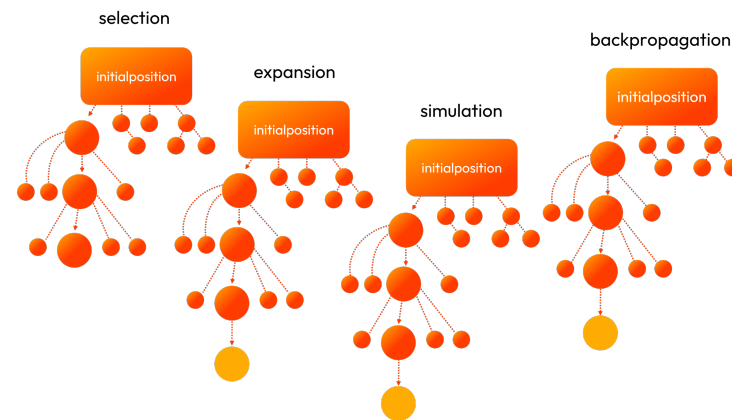
改进的三级缓存和高带宽 DDR，突破内存瓶颈



BPU[®]持续迭代，构建具身机器人的大小脑引擎

实现效率最大化、具备高灵活性及高可编程性

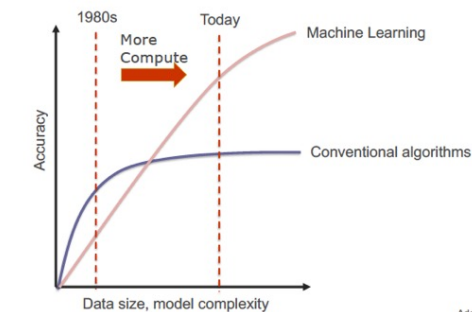
BPU[®] Nash



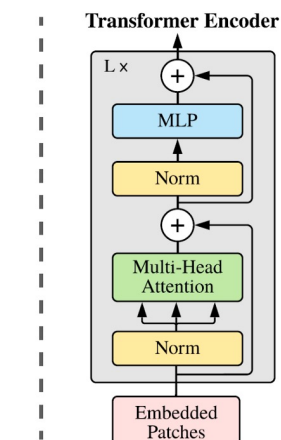
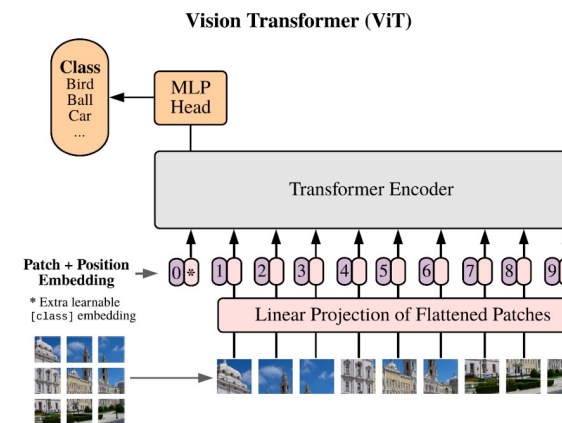
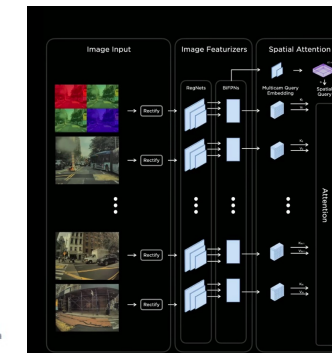
- 环境时序预测、复杂环境交互式规
- BEVFormer、PETR、UniAD
- VPU、DataTransformer Engine、紧耦合异构计算优化

强大的机器视觉处理能力是具身智能的基石

Transformer 在特征融合中扮演关键角色



Adapted from Jeff Dean
HotChips 2017



Transformer 在统一网络框架下具有极大的潜力

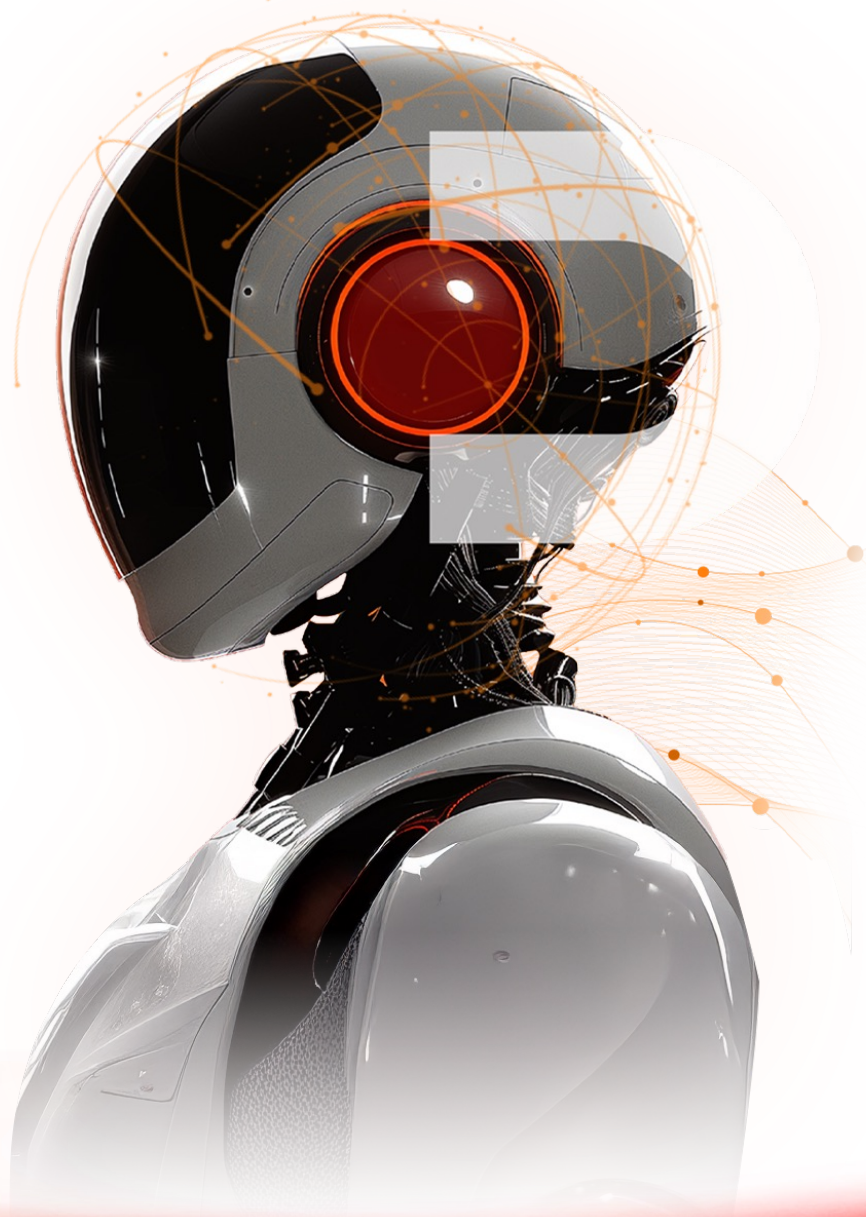
CNN 是当前最成熟且广泛应用的算法

大量端侧可直接部署的智能算法

>110种

CNN&Transformer
尽在RDK Model Zoo

https://github.com/D-Robotics/rdk_model_zoo_s



语音、检测、追踪、
OCR、雷达检测等

FoundationStereo

PaddleOCR

ASR

VGGT

TTS

GroundingDino



大语言模型、
多模态模型

Qwen2 1.5B

Qwen2 7B

Deepseek

InternVL2



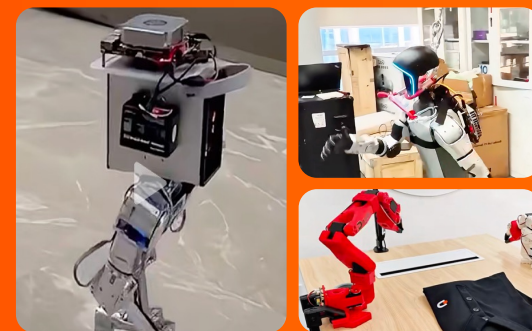
机械臂、四足、
人形等控制算法

ACT

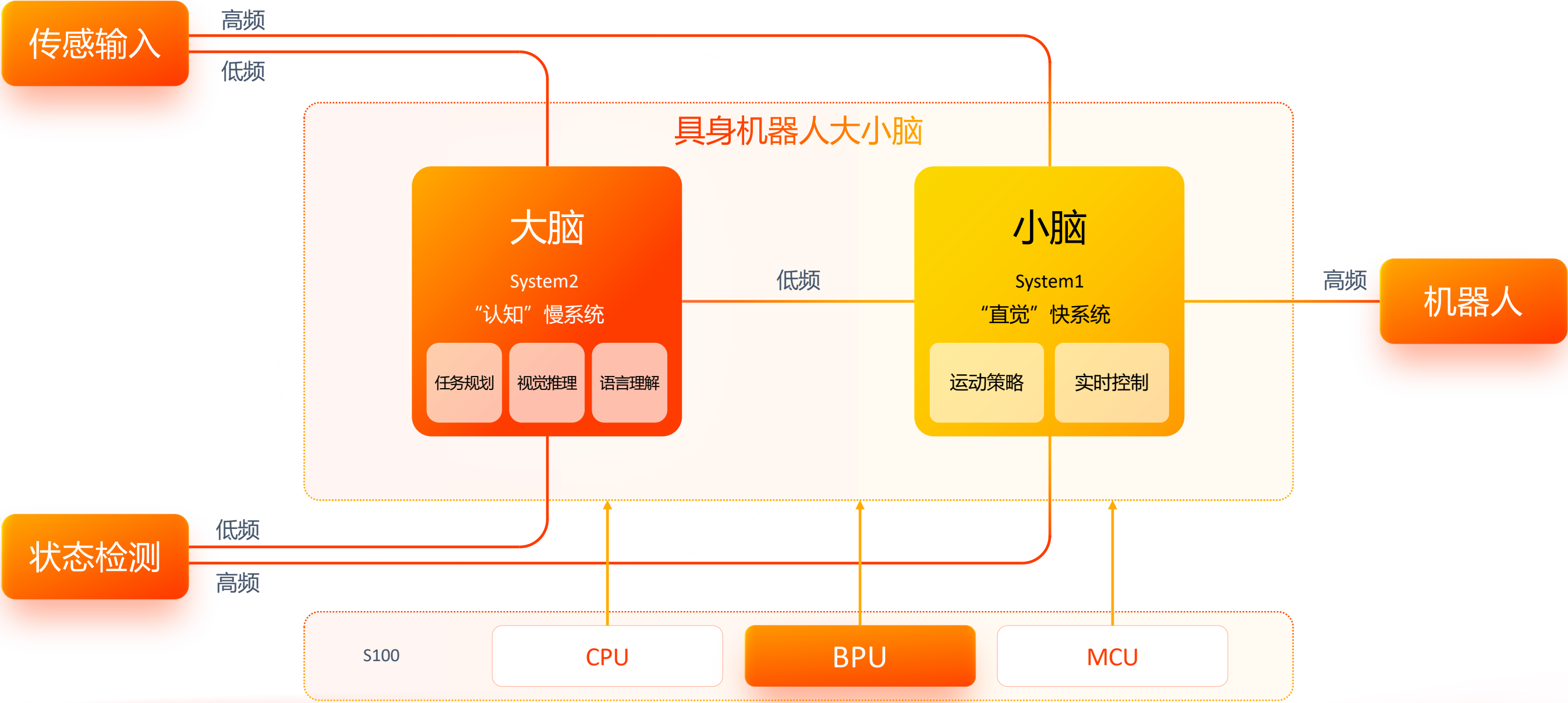
PPO

walk-these-ways

ASAP



超强异构系统，构建具身机器人核心驱动力



BPU+CPU+MCU超强异构，计算+控制的最佳方案

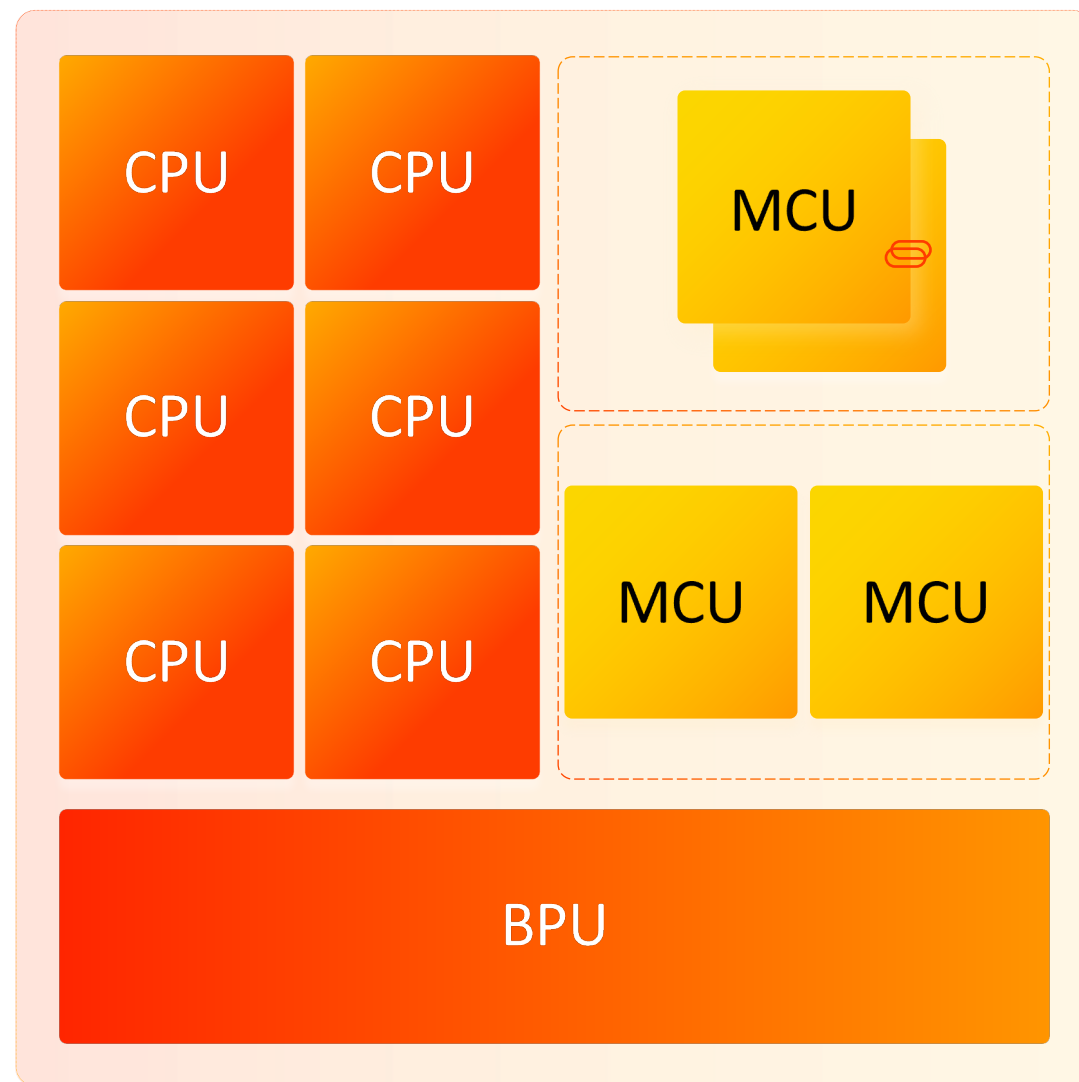
六核 CPU

1.5/2.0GHz Arm® Cortex®-A78AE
提供100K/137K DMIPS算力

支持RTLinux
低延时、快响应任务调度

支持EtherCAT/CAN
直连主流关节电机

支持TSN & PTP网络
多传感器时间高效同步



四核 MCU

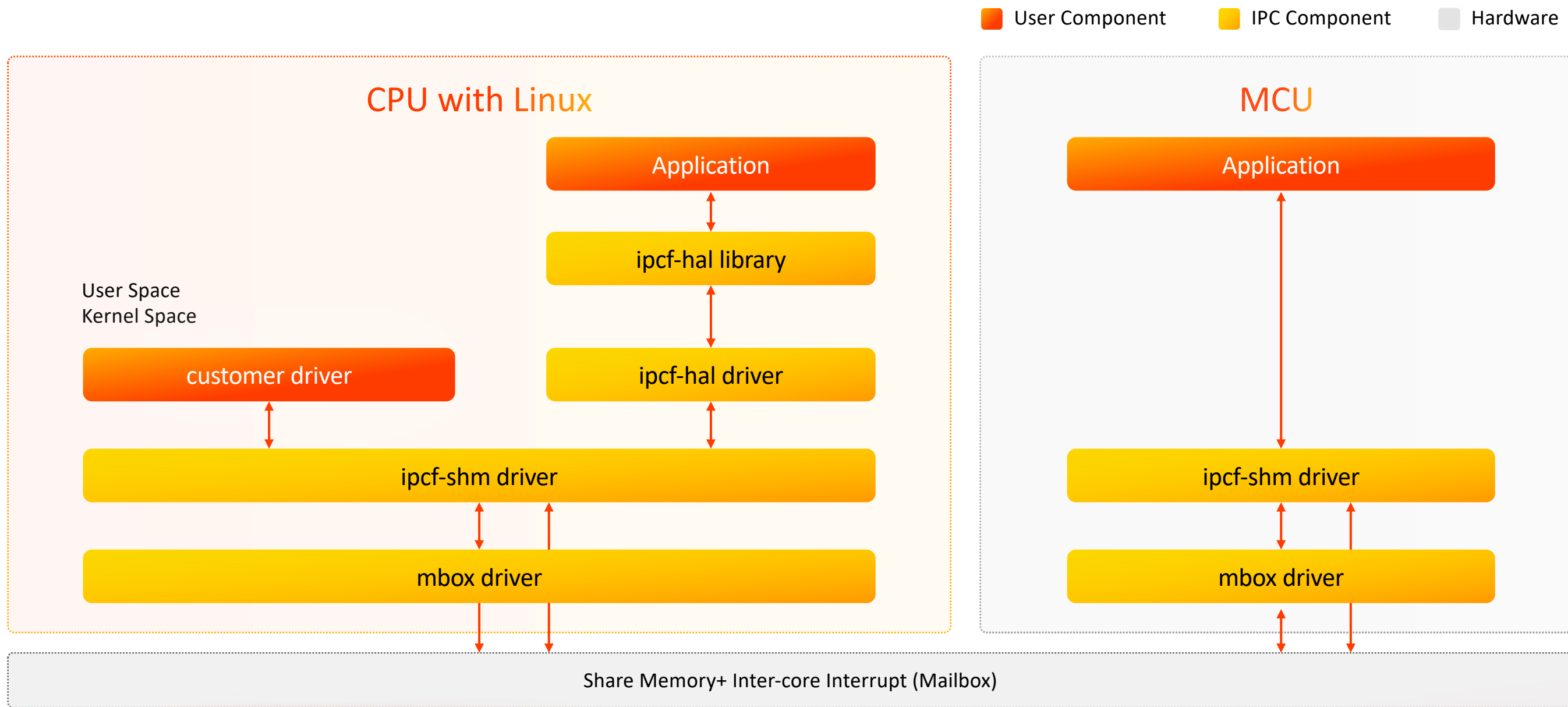
1.2GHz Arm® Cortex®-R52+
提供 6K+ DMIPS算力

双核DCLS，双核Split-Lock灵活配置
兼顾可靠与性能要求

可拓展多路CAN FD，UART，
Ethernet等常用通信协议

采用FreeRTOS进行开发

灵活高效的核内、核间数据流动



兼顾低功耗和多样化算力组合的单 SoC 计算平台

新的AI架构 (BPU3.0)

- 80/128 TOPS with newly designed memory hierarchy
- Vector processing unit supports FP16/FP32
- More flexible NN support, such as transformer

强大的通用计算

- 6xA78AE, 100K/137K DMIPS
- Vision DSP: Q8 64GFLOPS FP32

高性能图像处理

- MIPI-CSI: 3x 4-lane RX + 2x 4-lane TX
- Up to 2.4Gpixel/s processing bandwidth

集成式GPU & Codec

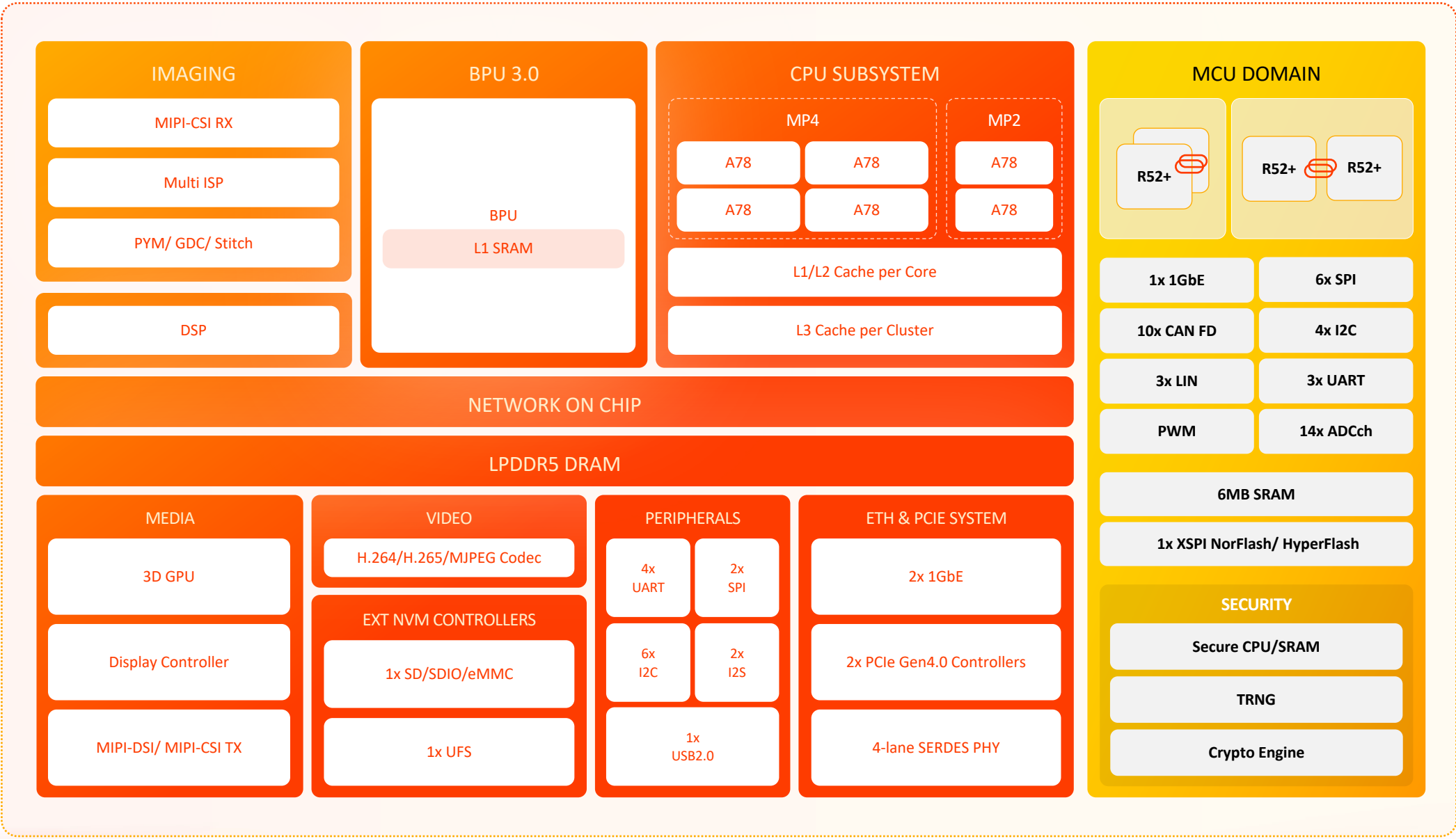
- GPU: 100 GFLOPS
- Codec: 4K@90FPS H.264/H.265/MJPEG

丰富的通信和存储资源

- Up to 2x 1GE
- Up to 4-lane PCIe 4.0
- DDR: 96bit LPDDR5/4x/4
- NVM: XSPI NorFlash, eMMC, UFS

高性能MCU

- 6.5K DMIPS(lock-step) with large on chip memory
- 1x 1GbE + 10x CAN-FD



RDK S100机器人开发者套件，具身机器人开发从这里开始

40PIN经典接口

UART、CAN、I2C、SPI

JTAG

支持异构核心调试开发

S100E/S100P SoC

CPU+BPU+MCU超强异构
12/24GB大容量内存选择

相机拓展接口

搭配官方配件，可拓展2路MIPI或4路GMSL相机

(背面)

12-20V DC

宽压兼容输入

闪连Type-C

10分钟上手开发

HDMI

人机交互界面显示

MCU常用接口

UART、CAN、I2C、SPI

MCU接口拓展

搭配官方配件，可拓展CAN * 5、
RJ45 * 1、30PIN GPIO

64GB eMMC

内置操作系统，开箱即刻使用

M.2 Key E接口

Wi-Fi与蓝牙无线模块

M.2 Key M接口

NVMe SSD硬盘扩展

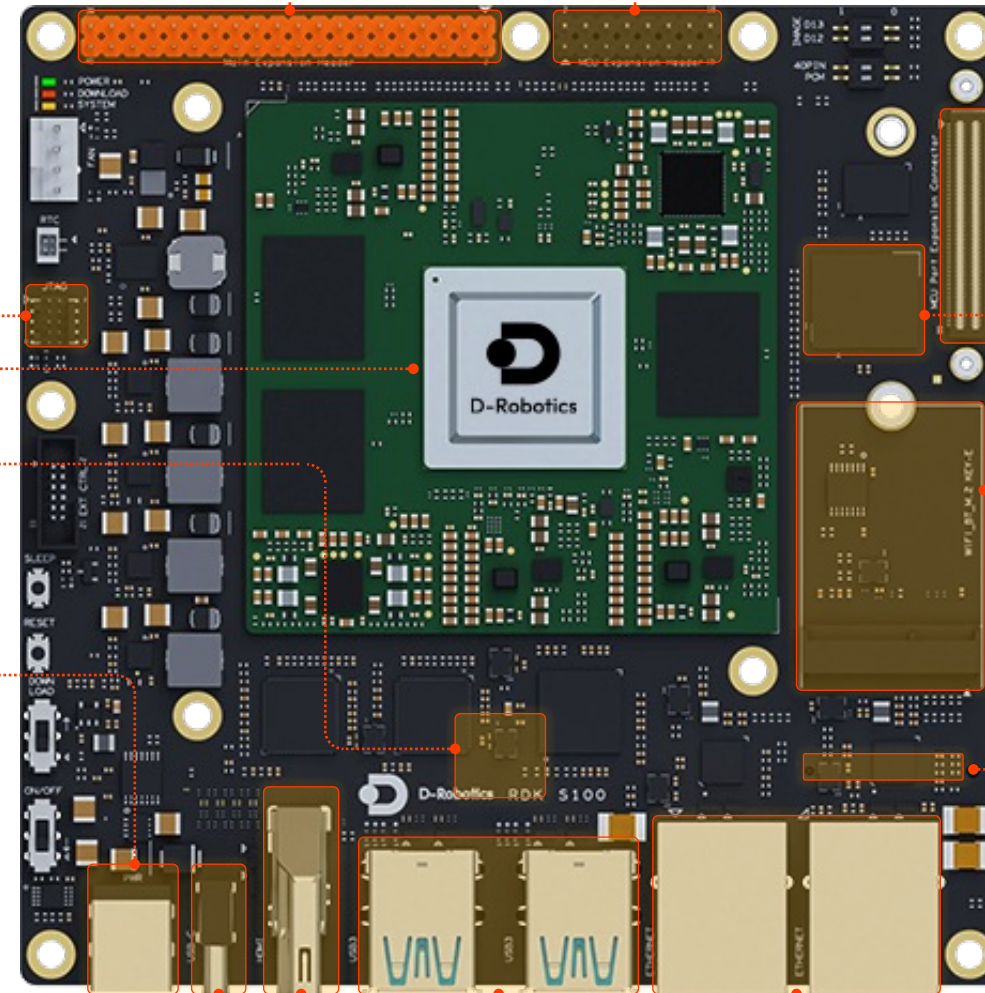
(背面)

双千兆以太网

支持时间敏感网络与EtherCAT实时通信

USB 3.0 * 4

高速外设连接



RDK S100更多生态配件

欢迎从线上渠道选购，或根据社区指导，自由搭配



WIFI模组



双目MIPI相机



MIPI相机



多种外壳



GMSL相机



SSD硬盘



RTC电池

全新工具链，加速大小脑模型转换和部署

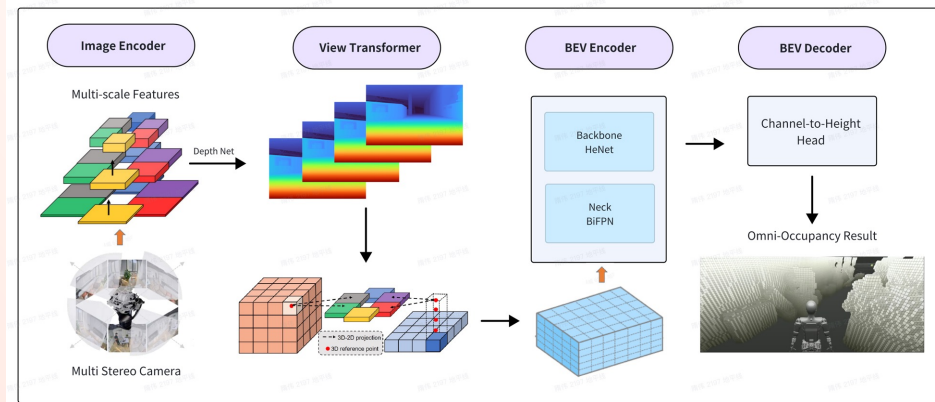
模型开发
流程



工具链
支持



Omini-Occ：构建高性能具身机器人感知系统



4路30FPS Stereo视频流处理

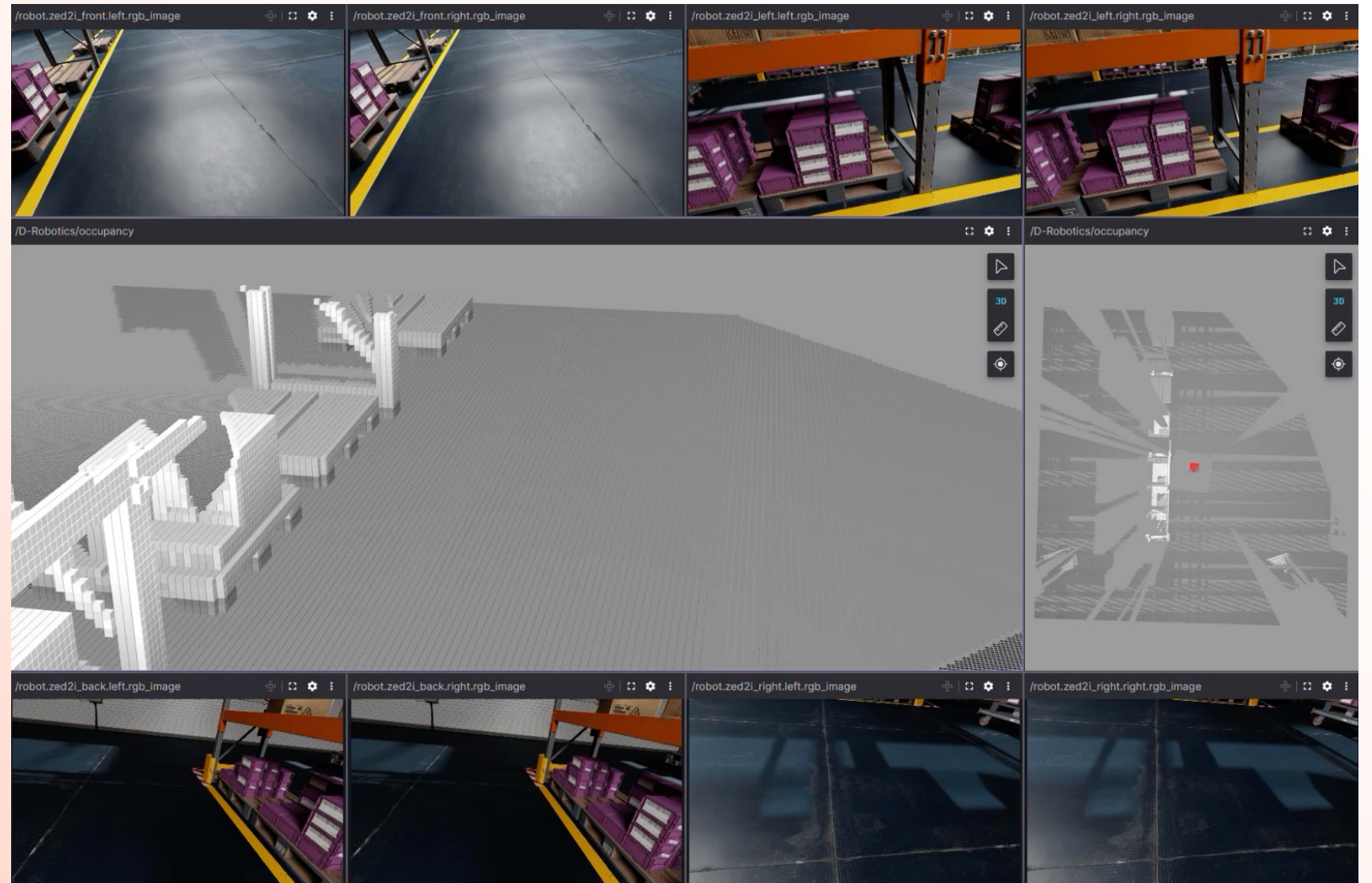
CPU占用：30%

BPU占用：40%

推理延迟：<100ms

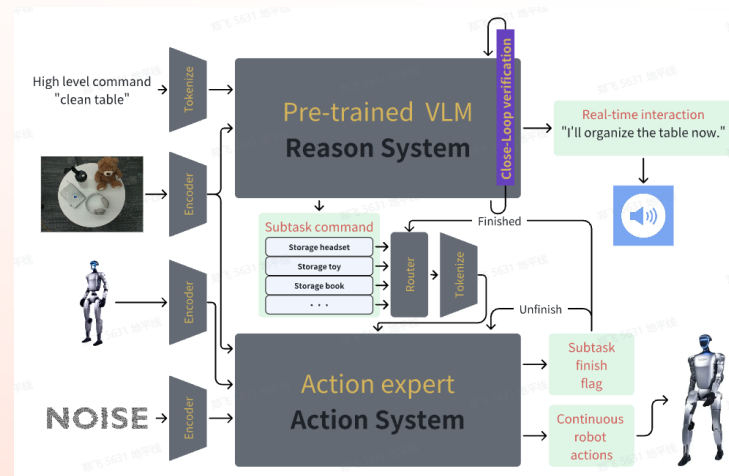
DDR占用：<5GB

DDR带宽：50GB/s

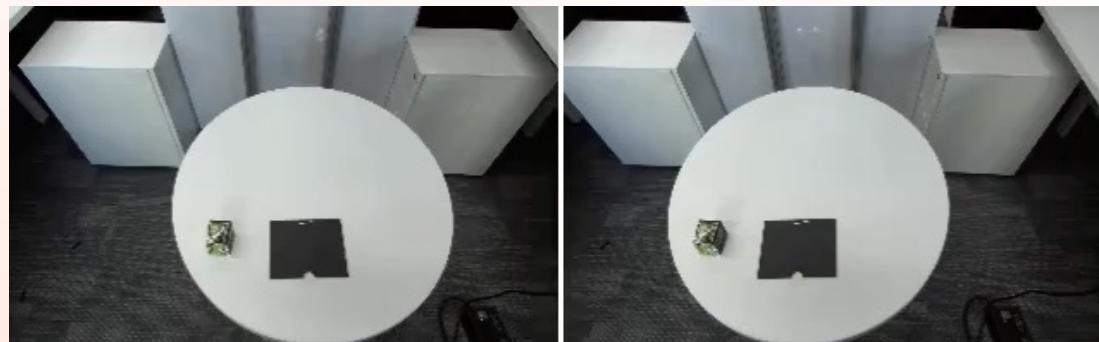


D-Brain：构建高性能具身机器人感知系统

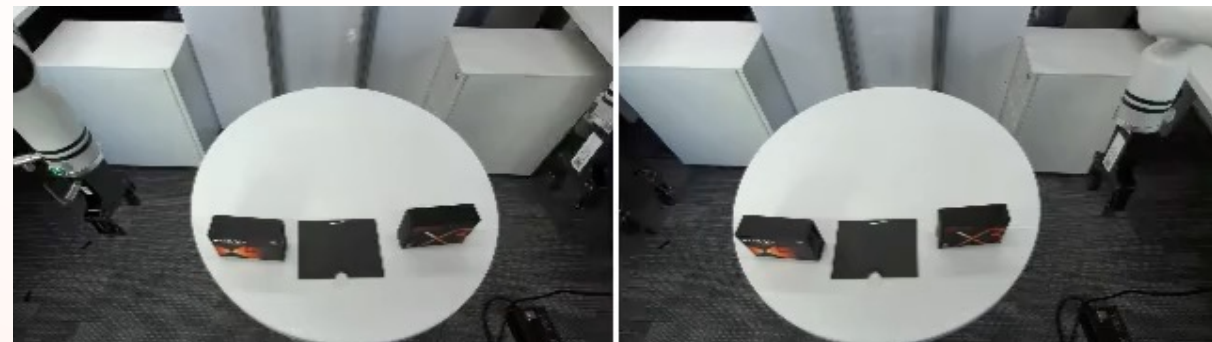
CPU占用：60%
BPU占用：80%
推理延迟：<100ms
DDR占用：<8GB
DDR带宽：100GB/s



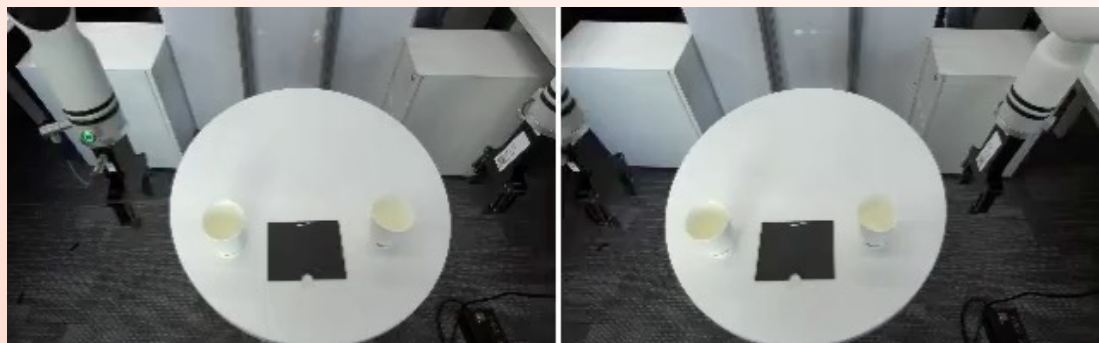
- **4D空间理解**：对于任务的泛化性以及长程任务有明显地提升
- **记忆模块**：具备通用性，可以用到任何一个VLA模型上
- **DP加速**：10倍左右的推理效率提升
- **COA**：可以实现少样本甚至零样本泛化



把积木从左手给到右手



把一个盒子叠加到另一个盒子上



整理桌面桌面



把插头从插排里拔出来

高效运行具身机器人分层VLA系统



大脑

视觉语言规划：
200ms

小脑

运动策略：0.4ms



大脑

视觉语言规划：
300ms

小脑

运动策略：10ms



百度飞浆语音唤醒模型MDTC

- 推理帧率 830FPS
- 模型量化精度 >95%

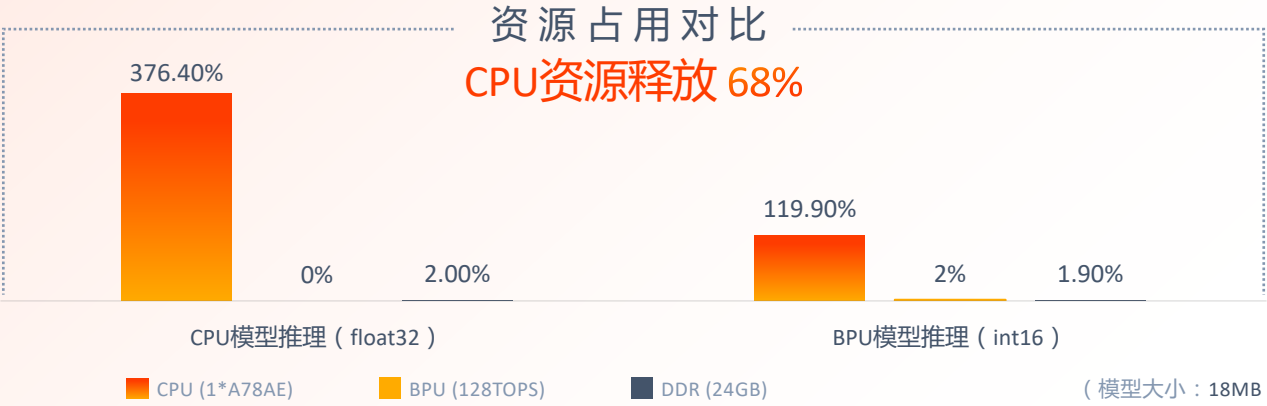
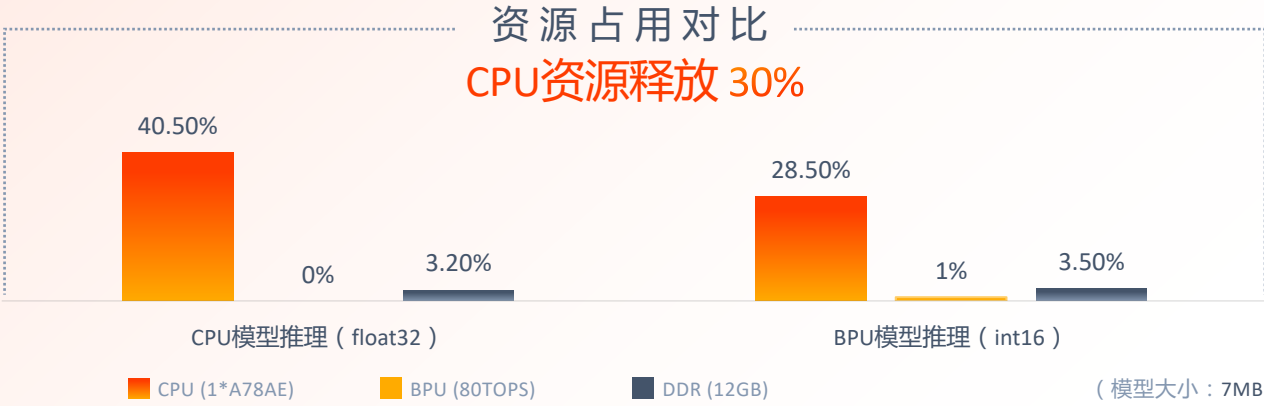
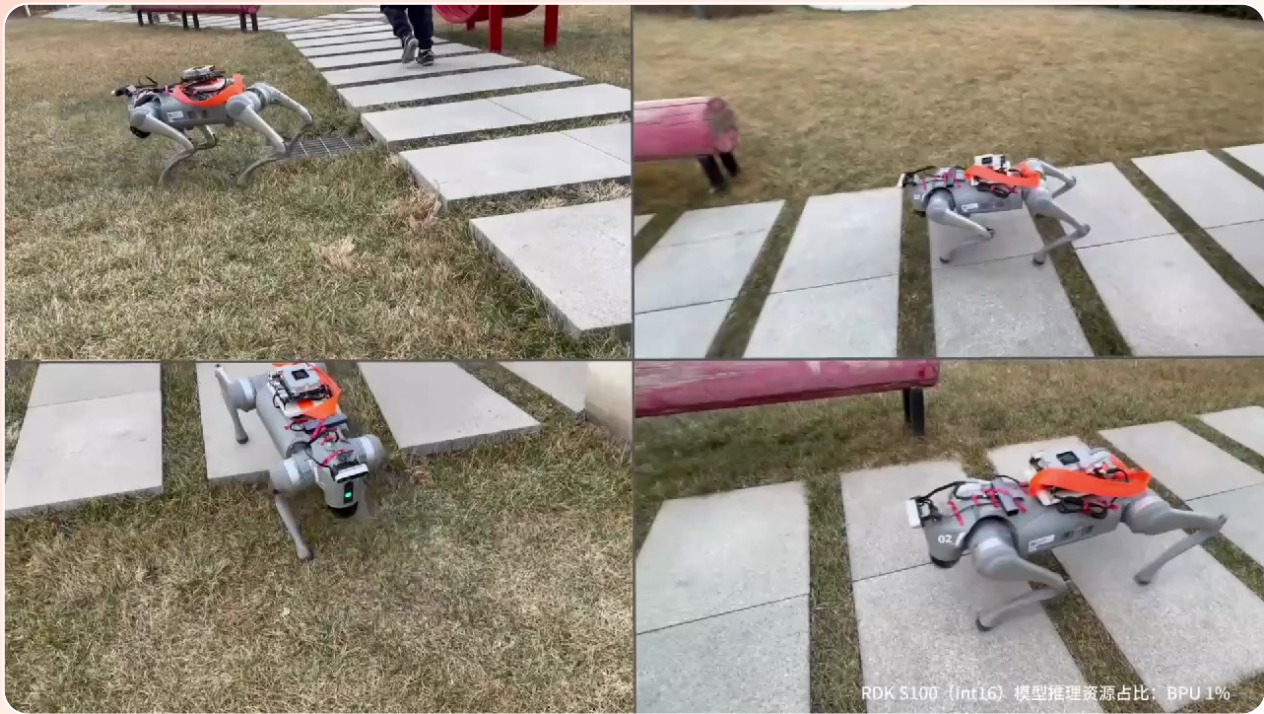
大脑

ASR+VLM+TTs: 400ms

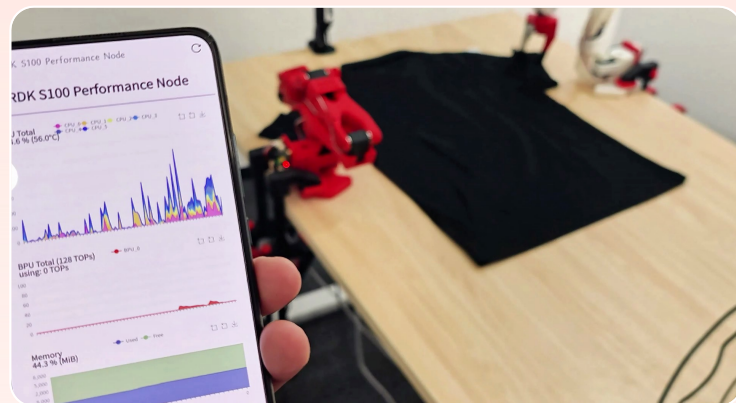
小脑

运动策略：0.6ms

异构计算实现计算资源效率最优化



加速多样化具身机器人应用开发



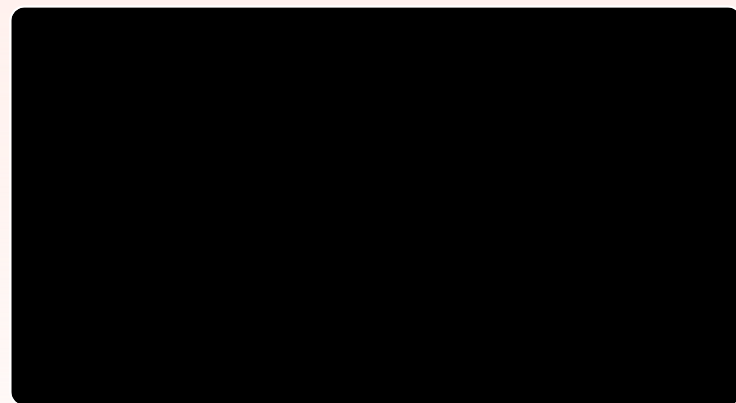
双机械臂ACT端到端自主叠衣



四足机器人多模态步态切换



双臂机器人视觉抓取



双足机器人交互运动



人形机器人运动



双点足机器人步态控制

所有方案均已开源至地瓜机器人社区：<https://developer.d-robotics.cc/>

已覆盖多家具身头部客户，成为行业的共同选择

覆盖近20+具有行业影响力的具身客户

共50+合作伙伴处于测评阶段

具身领域合作中的客户品类

人形
机器人



半人形
/机械臂



四足
机器狗



智能化
方案商

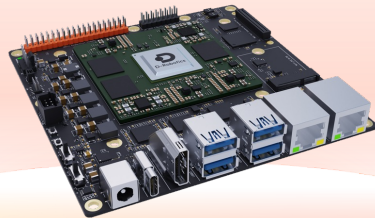
...

... ..

地瓜的高阶具身“朋友圈”持续扩大中



RDK S100/ RDK S100P



RDK机器人开发者套件，守护你的机器人的梦想

Robotics Developer Kit, Your Robot Dream Keeper

RDK : Robotics Developer Kit

AI Performance

500 TOPS

人形机器人等

100 TOPS

小人形机器人、
四足/轮足、商清等

10 TOPS

巡检、AMR等

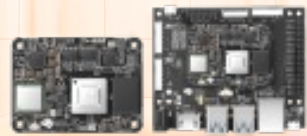
5 TOPS

创客产品、
消费产品等



RDK X3

5 TOPS , 4*A53



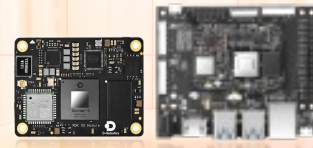
RDK X3 Module

5 TOPS , 4*A53



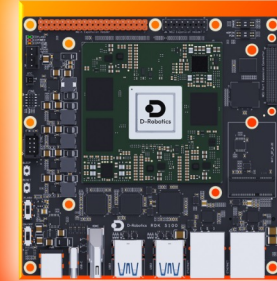
RDK X5

10 TOPS , 8*A55



RDK X5 Module

10 TOPS , 8*A55



RDK S100/S100P

80/128 TOPS , 6*A78



>500 TOPS

Time

加速智能生长

让开发更简单、让机器更智能

