

研发与系统

TinyAuton - 单片机原生边缘智能框架

2023.09 - 至今

博士核心工作：面向单片机的数值计算、DSP、神经网络与端侧学习。

- **框架架构**：开源单片机原生 C/C++ 框架，52,000 行代码、150+ 个公开 API，覆盖线性代数、DSP、神经网络、系统辨识与量化；以 ESP-IDF 组件交付，包含平台抽象算子分发层、可移植 C 实现，以及对照厂商 DSP 参考库的片上测试。
- **端侧学习**：在固件中运行反向传播，而不止推理；支持全连接、卷积、归一化与注意力层，配套 SGD/Adam，梯度由公式推导而非自动追踪。4-16-8-3 MLP 训练 150 样本一轮耗时 18.8 ms，推理 300 us；FP8 量化将权重压缩 4:1。
- **复杂数值计算**：将六种仅输出模态辨识方法重构到单片机上运行，与工作站参考结果误差小于 0.6%；成对分解使峰值内存下降 83% (47 KB 至 8 KB)，运行速度提升 13%。

NexNode + NexHub - 无线边缘智能节点，从原理图到云端

2023.09 - 至今

独立完成硬件、固件、无线通信与后端设计，全部运行在 240 MHz、512 KB 片上 SRAM 的单片机平台。

- **硬件设计**：完整设计双板节点并迭代两版 PCB，包含 ESP32-S3 主控、可更换传感板、3D 打印外壳、microSD 存储、MPPT 太阳能与 18650 电池供电。
- **常开感知**：0.89 uA 哨兵加速度计持续监听，仅在检测到运动时唤醒 20 位、22.5 ug/rtHz 采集传感器，使静态电流保持在 10 uA 以内。
- **实时固件**：四层 FreeRTOS 架构，支持三套可切换采集方案（生产者-消费者、DMA 双缓冲、双核分工），并提供微秒级时间戳。
- **连接与后端**：单个 2.4 GHz 射频同时承载 Wi-Fi/MQTT 上行与 ESP-NOW 点对点同步，自研分片传输支持三档 QoS；NexHub 后端基于 EMQX、MongoDB 与 InfluxDB。

自适应智能触发 - 让电池供电节点自主学习何时传感和记录

2024.04 - 2025.04

固定阈值容易漏报事件或浪费电量；相关成果发表于 MSSP 2025，并获 SHMII-13 最佳会议论文奖 (1st/202)。

- **自调节闭环**：节点自动调整触发阈值与记录时长，先基于数字孪生进行贝叶斯优化，再用真实环境数据在端侧微调。
- **单片机端学习**：CNN 与 DNN 标注器直接在节点上运行，使用 4,000 段合成片段训练，并在 300 段留下的现场片段上验证，覆盖四类激励。
- **减少无效记录**：有效记录占比从 50% 提升至 90.8%，召回率保持 94.4%；计算量仅为穷举搜索的 1.3%，且不外传原始数据，相比批处理基线减少 15 MB 传输。

多节点边缘协同 - 仅传输计算结果

2023.03 - 2024.06

面向 Embedor Xnode 平台的结构状态快速评估；发表于 Engineering Structures 2025；与 UIUC B.F. Spencer Jr. 合作，美国联邦铁路管理局资助。

- **现场验证**：在 Xnode 硬件上回放 11 座铁路桥现场记录（每桥 2-8 个节点），标记的两处异常经人工检查确认为构件截面损失与钢轨配件移位。
- **端侧优化**：在 Xnode 目标平台上，将 600,000 样本的无参考位移估计从 3,353 s 压缩至 30 ms 以内，结合降采样、CMSIS-DSP 算子、预计算系数、二进制 I/O，以及与采集并发的处理。
- **分布式估计**：节点侧估计接入网关侧高斯过程回归与随机过程控制，只通过无线链路传输结果指标，将端到端评估时间从 4.5 s 降至 0.07 s。

流形动力学 - 一个潜在状态，多种读出结果

2025.12 - 至今

仅用健康数据学习状态表示，并跨结构与机械场景验证。

- **状态空间建模**：将多节点数据建模为一个潜在状态及其习得转移算子，以偏离习得流向的程度作为损伤评分，对应世界模型中的状态估计与前向动力学结构。在 Z24 监测数据集上，流向指标 AUROC 达 0.810，静态基线为 0.683。
- **端侧部署**：128 维编码器每窗口 15.8 ms，端到端评分 34.5 ms，int8 推理 0.345 ms、占用 4.4 KB，与 PC 端 float32 结果误差达 $1e^{-6}$ 量级；窗口压缩 48:1。

- **跨场景验证:** 同一套健康数据状态表示, 在四层实验室框架、Z24 桥梁与 FEMTO 全寿命轴承 (IEEE PHM 2012) 上验证, 实现从土木结构到旋转机械的迁移; 退化追踪指标 0.355, 标准新颖性检测器为 0.21。

实时多变量预测 - 生产环境中的线性时间序列模型2025.08 - 至今

已在地铁盾构项目生产环境运行; 关于 Mamba 预测器的第一作者论文撰写中。

- **线性时间序列建模:** 以选择性状态空间 (Mamba) 模型替换 Transformer 预测器, 基于 16 个盾构参数、167,690 条样本完成同一预测任务; 参数量降至 11%, 推理耗时降低 80%, R^2 从 0.965 提升至 0.982。
- **生产部署:** 将 1,500+路原始传感通道归约为 32 个工程参数, 并交付 32 参数联合预测器, 现已现场运行; 流程包含按时间顺序切分、早停与 ONNX 导出。

行业经历

华建集团 - 华建数创科技有限公司中国上海

产品研发 - ArcOS 物联网与智慧建筑数字孪生平台2021.08 - 2022.06

- **数据与产品:** 负责 BIM 模型导入与 IoT 设备绑定, 使几何模型与实时传感数据汇入同一平台; 基于 Unreal Engine 与 WebGL 交付资产管理和三维可视化, 服务业主与运维场景; 覆盖 4 个项目、50,000+平方米。
- **平台智能:** 实现神经网络能耗预测, 并基于预测残差进行异常检测。

技能

嵌入式系统: PCB 设计、BSP 开发 (传感器、存储、射频)、SPI/I2C/UART、实时处理、超低功耗设计; C/C++、ARM Cortex-M、STM32/HAL、ESP32/ESP-IDF、FreeRTOS、Linux

端侧智能: 数学/DSP/NN 算子内核、TinyML、单片机原生深度学习框架、端侧训练与推理、量化与内存受限设计; CMSIS-DSP/NN、ESP-DSP/ESP-DL

分布式学习: 时间序列建模 (Transformer、Mamba)、系统辨识与反馈控制、高斯过程与贝叶斯优化、碰撞检测 (GJK)、潜在状态空间与动力学学习; Python、PyTorch、TensorFlow

发表

研究方向: 端侧 AI、模型压缩、能效感知、分布式推理、多变量时间序列学习。

代表性第一作者论文:

- Edge-to-Cloud Computing and Intelligence for IoT-based Structural Health Monitoring: A Review. Adv. Eng. Informatics, 2026.
- Smart Adaptive Trigger Sensing Powered by Edge Intelligence and Digital Twin. MSSP, 2025.
- Adaptive Edge Intelligence for Rapid Structural Condition Assessment Using a Wireless Smart Sensor Network. Eng. Structures, 2025.
- Algorithm for Generation of 3D Polyhedrons for Simulation of Rock Particles by DEM. TUST, 2020.

学术记录: 发表论文 12 篇, 其中第一作者 6 篇, 引用 102 次; 另发表于 IEEE TII、IEEE IoT-J、Structural Health Monitoring、Measurement、Applied Soft Computing 等期刊。

获奖: SHMII-13 最佳会议论文奖, 202 篇论文中第 1, 2025。

学术服务: 担任 6 本期刊审稿人, 包括 IEEE Sensors Journal 与 MSSP; 南洋理工 CAD 与 BIM 课程助教。

教育

博士, 土木工程南洋理工大学, 新加坡

边缘 AI 硬件、端侧学习、分布式智能2022.08 - 2027.02 (预计)

硕士, 建筑与土木工程同济大学, 中国上海

三维几何、GJK 碰撞检测、离散元仿真、机电原型2018.09 - 2021.06

学士, 土木工程 | 数学辅修同济大学, 中国上海

数学、物理、力学、计算; 建模与力学类竞赛奖项2014.09 - 2018.07