R-BOX · VEHICLE-MOUNTED MEASUREMENT UNIT

R-Box 车载测量单元

多源采集 · 统一时基 · 故障注入 · 防篡改

Datasheet v1.0 · 2026-11 · 适用：赛事 / 双车协同 / 仿真回灌 / 教学科研

R-Box 是独立于参赛车辆的车载测量黑盒。它在 GNSS 拒止与通信受限的条件下维持统一时基，记录多源传感器、车辆状态、协同链路与故障事件，并对标准化故障指令留存 ACK 回执。它的目的不是“多采数据”，而是让测评结论可复核、可审计、可复现。

> 当前状态：EVT 样机 5 台，已完成装车采集与 R-Eval 联动。下列规格为目标设计值，量产以 DVT 与 60 台小批量验证为准；未注明的指标均需实板测试确认。

01 核心能力

能力	说明
统一时基	IEEE 1588-v2 PTP + PHC 硬件打戳；GNSS 1PPS 驯服；设备间目标 ≤1 ms
故障注入	标准化指令：视觉失效 / 感知噪声 / 结果丢帧 / 定位漂移；记录下发、ACK、起止时间
防篡改	物理封签 + 拆卸审计日志；赛事模式逻辑锁定，固件与配置受控
多维采集	7 维强制 + 21 项扩展，按场景配置启用；采样与事件统一入仓
本地存储	≥512 GB NVMe（推荐 1 TB）+ microSD 降级；掉电完成当前扇区落盘
实时回传	Wi-Fi 6 / 千兆以太网；断网持续记录，恢复后断点补传、幂等去重

02 采集维度

7 维为强制项（辐照可在地面场景标记不适用），其余按场景启用。赛事与双车协同场景默认全开。

类别	内容	频率 / 触发
七维强制	温度、压力、重力/加速度、辐照、电量、设备状态、通讯延迟	≥1 Hz（加速度 ≥100 Hz）
视觉 / 点云	全局快门相机（前向 / 环视）；激光雷达（选配）	30 fps / 10 Hz
惯性 / 位置	角速度、姿态角、轮速、RTK 位置、航向	≥100 Hz
执行器 / 电池	电机电流、电压、温度；电池电压 / 电流 / 温度	≥10 Hz

类别	内容	频率 / 触发
算力 / 安全	NPU / GPU 占用、内存、功耗模式、急停与看门狗状态	1 Hz / 事件
协同 / 任务	队友 ID、角色、距离、相对速度、丢包；VLA 任务与语音配额	事件 / ≥1 Hz

03 技术规格

项目	规格（目标值）
计算平台	RK3588 EVT；Linux 5.10；C++20 单业务进程
时间同步	IEEE 1588–v2 PTP / PHC；GNSS 1PPS；设备间 ≤1 ms；采样硬件打戳目标亚微秒级
存储	≥512 GB NVMe（推荐 1 TB）+ microSD 降级备份；超级电容掉电保护
网络	Wi–Fi 6（2.4 / 5 GHz），可选 4G / 5G；千兆以太网；USB 3.0
供电	9—36 V DC；典型功耗 ≤5 W；反接 / 过压 / 浪涌 / 过流保护
尺寸 / 重量	≤150 × 100 × 50 mm（不含接插件与天线）；≤400 g（含外壳与连接器）
环境	–20 ~ +65 ℃（赛事目标）；IP54；浅水 50 mm / 10 s 通行
并发	同一时间轴 ≥8 台并发上传；≥16 台设备接入注册
数据协议	rbox.telemetry.v1（Protobuf）；支持 CSV / JSON 导出与第三方解析

04 接口

类别	接口
传感器	I2C / SPI / UART / 隔离 RS–485 / CAN 2.0B
视觉	MIPI CSI–2 ×2；GMSL ×2（可选）
点云	千兆以太网
车辆总线	CAN / CAN–FD / 千兆以太网 / RS–232
定位与时间	双频 RTK 天线 SMA；PTP 以太网；1PPS 输入输出；GNSS 天线
存储	NVMe M.2 / microSD
电源	9—36 V DC 输入，独立保险丝
扩展	R–Link：故障注入控制、遥测、VLA 日志
安全	远程急停输入；急停干接点输出；硬件看门狗

05 故障注入与判分链路

- 1. R-Box 接收或下发标准化故障指令，记录 UTC 时间戳。
- 2. 车辆回执 ACK；无回执记为“未确认”。
- 3. 故障生效，记录起止时间、类别、强度与目标单元。
- 4. 车辆降级或协同补位，事件与协同数据写入日志。
- 5. R-Eval 按 ACK、时序与协同行为计算 CRI 分项。

> 章程 V4.2：无 ACK 应答或收到 ACK 但绕过故障指令，该点位协同项计 0 分。R-Box 的 ACK 记录是 CRI 判定的关键依据。

06 状态与边界

事项	状态
EVT 样机	5 台；装车采集、R-Eval 联动已跑通
待 DVT 验证	≤1 ms 同步、72 h 连续、8 台并发、IP54 浅水、EMC
量产	60 台小批量验证后启动交付
定位	测量与取证设备，不替代裁判；数据是裁决证据，不是裁决本身
合规	数据脱敏与授权标记；跨境传输按当地法规评估

联系：info@r-power.hk · r-power.hk · 香港复兴动力科技有限公司（注册号 79936367）