



天脉 3 嵌入式实时操作系统及开发环境

1. 概述

天脉系列嵌入式实时操作系统是由航空工业计算所研制的，具有完全自主知识产权，具备高安全、高可靠、强实时特性的系列化嵌入式平台软件。产品主要包括：

- 面向通用强实时应用场景，支持单应用任务的天脉 1 (ACoreOS)；
- 面向分区综合化应用场景，支持多应用多任务，符合 ARINC653 标准的天脉 2 (ACoreOS653)；
- 面向多核高性能应用场景，分别支持单应用(非分区)和多应用(分区)多核运行模式的天脉 3(ACoreOsMP)；
- 支持天脉操作系统上应用开发、调试、配置、部署、分析以及项目管理的集成开发环境 ACoreIDE。

2. 天脉 3 系统架构

天脉 3 嵌入式实时操作系统包含单应用多核(非分区多核)和多应用多核(分区多核)两种配置模式，分别面向嵌入式系统的非综合化、综合化设备环境，通过能力配置可满足不同应用场景的使用要求。两种配置模式采用统一微内核，实现多核运行环境下的任务管理、任务调度、空间管理、同步互斥、时间管理、中断/异常管理等内核基本功能，并基于虚拟化支持



能力, 提供满足单应用配置模式下的实时进程模块和满足多应用配置模式下的 ARINC653 支持模块。其系统架构如下图所示:



图 1 天脉 3 嵌入式多核实时操作系统架构示意图

3. 天脉 3 功能简介

3.1. 通用内核能力

- 支持 ARM、PowerPC 架构多款处理器及 DSP:
 - ARMV8A 系列处理器: FT2000A/HK、FT2000A/4、FT1500A/16;
 - PPC e500v2 系列处理器: P2020;
 - PPC e5500 系列处理器: T1020、T1040;



- PPC e6500 系列处理器：T2080;
- C66xx 系列 DSP：TI6678;
- 支持多种多核运行模式：
 - 对称多处理（SMP）;
 - 绑定多处理（BMP）;
 - 非对称多处理（AMP）;
- 支持不低于四个处理器核并行工作。

3.2. 单应用（非分区）配置模式能力

- 任务调度：
 - 基于优先级抢占的任务调度;
 - 同优先级任务支持时间片轮转调度;
- 任务间通信：
 - 提供信号量;
 - 消息队列;
 - 环缓冲;
 - 事件;
- 中断/异常管理，支持用户自定义中断/异常处理;
- 时钟及定时器管理;
- 实时进程;
- 提供 VxWorks 兼容包。



3.3. 多应用（分区）配置模式能力

- 支持分区 BMP 绑定多核调度以及分区内 SMP 调度；
- 分区管理，按确定的主时间框架实现对分区的调度；
- 分区内进程管理：
 - 支持基于优先级抢占的进程调度；
 - 支持周期进程；
 - 支持进程挂起/阻塞；
- 分区内进程同步/通信机制：
 - 互斥量；
 - 信号量；
 - 缓冲；
 - 黑板；
 - 事件；
- 分区间通信：
 - 采样端口；
 - 队列端口；
- 健康监控机制，能对故障进行检测、定位、分级、分类和处理，并实现故障的逐级上报；
- 分区 BMP 模式符合 ARINC653 标准 PART1-3、PART2-1；
- 分区 SMP 模式符合 ARINC653 标准 PART1-4、PART2-3。



3.4. 功能组件

- 支持文件系统；
 - 支持 FAT32 文件系统；
 - 可支持高可靠文件系统 Reliance 文件系统；
 - 支持 IDE、SATA、NandFlash、NorFlash 等多种存储设备；
- 支持 TCP/IP 网协议栈；
- 支持第三方组件集成, 包括: OpenGL、嵌入式数据库、DDS 等。

4. ACoreIDE

- 支持国产桌面操作系统与 Windows 操作系统；
- 提供全中文图形化的编辑环境；
- 支持 ARM、PowerPC 架构多款处理器的交叉编译链接能力：
 - ARMV8A 系列处理器: FT2000A/HK、FT2000A/4、FT1500A/16；
 - PPC e500v2 系列处理器: P2020；
 - PPC e5500 系列处理器: T1020、T1040；
 - PPC e6500 系列处理器: T2080；
- 支持工程管理能力：



- 对开发过程中的各种资源（包括源文件、配置文件和项目配置信息等）的组织和管理；
- 提供规范的项目开发向导、应用框架；
- 允许软件开发人员同时管理多个项目；
- 支持多级调试：
 - 对多应用运行模式提供系统级调试、分区级调试；
 - 支持多核调试；
- 支持多用户协同开发：
 - 支持多用户对同一目标机进行多任务或多分区的加/卸载和调试；
 - 支持单一用户对多目标机进行加/卸载和调试；
 - 支持多用户对多目标机进行加/卸载和调试；
 - 允许同时构建多个目标机连接；
- 支持远程系统在线浏览能力：
 - 支持目标机文件系统行的本地化管理；
 - 支持对目标机上动态内存和系统对象（包括任务、信号量、消息队列、分区、进程、故障监控日志、定时器、模块、堆栈等）等信息进行监视和查询；
- 支持监视分析：
 - 提供系统监视工具；
 - 提供性能监视工具
 - 提供内存监视工具；



- 提供 IO 监视工具；
- 提供端口监视工具；
- 支持多虚拟终端环境，通过配置将虚拟终端绑定到指定的分区或按指定到处理器核输出；
- 支持 C/C++ 语言编程和 C++ 运行时库；
- 支持代码静态分析、配置管理、测试验证等第三方工具集成。

5. 典型性能指标

多核运行环境下的典型时间性能指标（运行硬件平台：典型机载多核处理器，主频 1GHz）：

- 最大可配置分区数：255 个；
- 分区内最大可配置进程数：1024 个；
- 分区内最大可配置采样端口数、队列端口数：512 个；
- 分区内最大可配置黑板数、缓冲数、信号量数和事件数：512 个；
- 最大可支持的分区调度表数：256 个；
- 任务上下文切换时间 ≤ 6 微秒；
- 分区切换时间 ≤ 18 微秒；
- 中断响应时间 ≤ 2 微秒。

6. 应用及验证情况

天脉 1/天脉 2 已在多款航空装备上得到规模化应用，涉及



航电任务管理、机电综合处理、自动驾驶仪、通信导航、显示控制、健康监控、辅助动力、采集记录、网络交换等多个系统，并扩展到航天、兵器、轨道交通、工业控制等领域。

目前，天脉 3 已经交付多家主机单位开展验证应用工作。

7. 技术服务保障

天脉操作系统技术服务团队向用户提供专业的、多种形式的技术支持，满足用户的不同需求。



技术服务保障团队：

由航空工业计算所长期从事型号研发、操作系统研发，具备丰富经验的专家组成。

技术服务保障内容：

● 技术培训：

- 定期集中培训；
- 不定期专项培训；
- 用户专项培训；

● 技术服务：

- 7 × 24 小时快速响应；
- 微信、电话、邮箱、现场技术指导等多种方式；
- 系统集成阶段现场技术支持。