



SpaceChain OS 简介

OS 功能特性介绍

SP002005 V1.00 Date: 2018/05/04

产品使用手册

类别	内容
关键词	SpaceChain OS RealEvo
摘 要	SpaceChain OS 实时操作系统及相关工具简介



修订历史

版本	日期	原因
V1.00	2018/05/04	创建文档

目 录

1. SpaceChain OS.....	1
1.1 综述.....	1
1.2 特点.....	1
1.3 实时性.....	2
1.4 开源.....	3
1.5 功能特点.....	3
1.6 中间件.....	7
1.7 网络通信.....	7
1.8 图形显示.....	8
1.9 文件存储.....	8
2. 掉电安全文件系统 TpsFs	9
3. 编译工具链 RealEvo-Compiler	10
4. 集成开发环境 RealEvo-IDE	10
4.1 工程管理方案.....	10
4.2 强大的调试功能.....	11
4.3 集成优秀的开发工具.....	12
4.4 便捷的设备管理功能.....	13
5. 硬件模拟器 RealEvo-Simulator	14
6. 区块链.....	15

1. SpaceChain OS

1.1 综述

SpaceChain OS 的开发始于 2017 年。所有 SpaceChain OS 以及相关代码开源，可以访问 GitHub 获取源代码和相关开发文档。

SpaceChain OS 是一种嵌入式的硬实时操作系统，适用于嵌入式设备的使用。不同于 macOS 或者 Windows 等桌面操作系统，嵌入式操作系统更多的面向工业控制等领域，可能这些设备甚至没有人机交互界面或者按键，但是广泛的出现在我们身边。比如，电网控制设备、充电桩、地铁、火星登陆车、无人机等。这些成功案例中，用户其对于操作系统的可靠性、稳定性、实时性以及和资源占用都要求严格。

SpaceChain OS 的工作重点在于，通过发展应用层和中间件层，以满足航天、区块链等行业的需求。所以，SpaceChain OS 开发通用技术，比如，通过我们进行的移植工作，将 QTUM 移植到了 SpaceChain OS 上，大幅度扩大了 QTUM 的应用范围。在不改动硬件的情况下，通过 SpaceChain OS 的支持，使得区块链可以运行到绝大多数嵌入式设备中。又比如，我们在开发通信中间件并进行卫星搭载测试验证可靠性，并将研究成果公布给所有航天爱好者和相关企业，避免使用者重复开发基础功能。

1.2 特点

SpaceChain OS 具备以下特点。

- SpaceChain OS 是一款开源嵌入式实时操作系统，可靠性、安全性更容易验证。
- 硬实时内核，调度算法先进高效，针对不同的处理器提供优化的驱动程序，提高系统整体性能。
- 处理器跨平台支持，已经支持 ARM、MIPS、PowerPC、x86、Sparc、RISC-V、DSP 等架构处理器。可以保证在不同的产品上，软件代码的一致性和可复用性。比如，在航天器的不同部分，即便我们采用了不同的处理器，软件代码也是可以完全复用。对于大多数公司和研究机构，使用 SpaceChain OS 就可以满足所有的软件操作系统需求。
- SpaceChain OS 支持对称多处理器（SMP）平台，并且具有实时进程及动态加载机制。对于大型项目，这些特性可以完全满足多部门分布式开发需求，支持各部门分别开发的应用软件在操作系统上的统一集成。
- SpaceChain OS 产品成熟，编程简便，系统架构简洁，配套开发工具和软件齐全易用。目前，可以配合使用集成开发环境 RealEvo-IDE 及硬件模拟器 RealEvo-Simulator，便于系统开发与调试，加快软件研发速度，缩短产品研制周期；
- 开发区块链功能的 DAPP 不需要使用专用开发工具。
- 开发 SpaceChain OS 上层脚本应用，可以使用脚本语言如 Python、Lua 等直接开发。
- 如果希望开发 SpaceChain OS 应用程序或修改 SpaceChain OS 底层文件、BSP 并编译的话，则需要使用专用开发工具。
- SpaceChain OS 的基础是 SylixOS，在发展过程中，我们和 SylixOS 保持完整兼容，不单独开拓内核分支。SylixOS 的使用协议是 GPL V3。

1.3 实时性

SpaceChain OS 和 SylixOS 使用同样的内核。实时性测试这块，在 2015 年 6 月，清华大学对 SylixOS、Linux、Linux+RT 进行了实时性对比测试。在 Freescale i.MX6 四核和 TIAM335X 单核硬件平台上，清华大学使用实时性测试工具 rt-tests 对 SylixOS、Linux、Linux+RT 三个操作系统进行实时性测评。测试结果表明 SylixOS 的实时性大幅领先 Linux，并且也优于 Linux+RT。由于 VxWorks 无法运行 rt-tests 实时性测试工具，因此无法进行同等条件下的对比测试。该测试成绩表明了具有同样内核的 SpaceChain OS 实时性是非常优秀的。

如下是在部分测试成绩

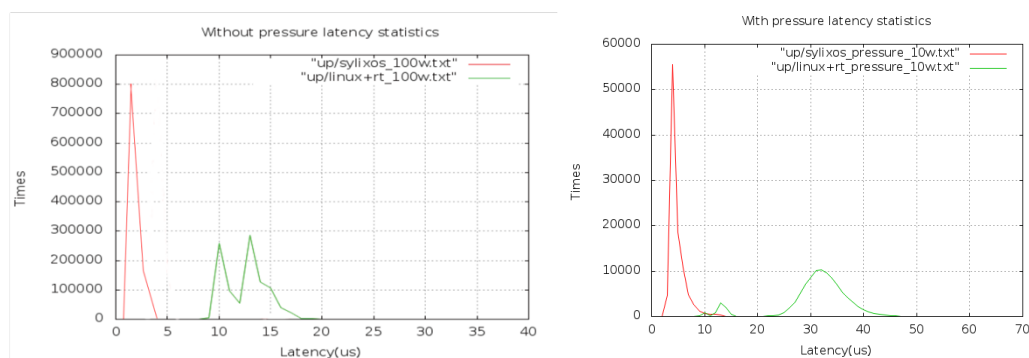
(一) 在 TI AM335X 单核硬件平台上，无压力环境下进行实时性测试

	SpaceChain OS	Linux + RT	Linux	比较结果
最大延迟时间 (us)	12	35	717	SpaceChain OS < Linux + RT < Linux
最小延迟时间 (us)	1	8	7	SpaceChain OS < Linux + RT < Linux
平均延迟时间 (us)	2	12	13	SpaceChain OS < Linux + RT < Linux

(二) 在 TIAM335X 单核硬件平台上，有压力环境下进行实时性测试

	SpaceChain OS	Linux + RT	Linux	比较结果
最大延迟时间 (us)	26	67	894	SpaceChain OS < Linux + RT < Linux
最小延迟时间 (us)	1	8	17	SpaceChain OS < Linux + RT < Linux
平均延迟时间 (us)	3	31	35	SpaceChain OS < Linux + RT < Linux

把所有响应时间绘图如下，左图为无压力测试结果，右图为有压力情况下测试结果：



由上图可以清晰看出：有压力的情况下，平均延迟时间依然在三个系统中最小，并且它的最大延迟时间小于 Linux + RT，说明 SpaceChain OS 的实时性在有压力情况下要优于 Linux + RT。

由此报告可以看出，SpaceChain OS 的实时性非常优秀。

1.4 开源

SpaceChain OS 是一款开源实时操作系统，在嵌入式系统中应用具有如下优势：

- 适用嵌入式开发

嵌入式系统的开发工作主要是在非标准硬件平台上开展的，基于开源系统，非常方便用户根据硬件平台和自身需求进行系统裁剪，实现定制化开发。

- 提高系统可靠性

嵌入式系统的首要要求是安全、可靠。开源系统的安全性和可靠性更容易验证，代码允许公众审查，其 Bug 也易于发现和修补，代码质量更有保障。

- 降低使用风险

用户可以获取系统源代码，培育自己的团队对系统进行维护，不需要担心操作系统原有版本升级后，旧版本系统无人维护等风险。

- 便于故障定位

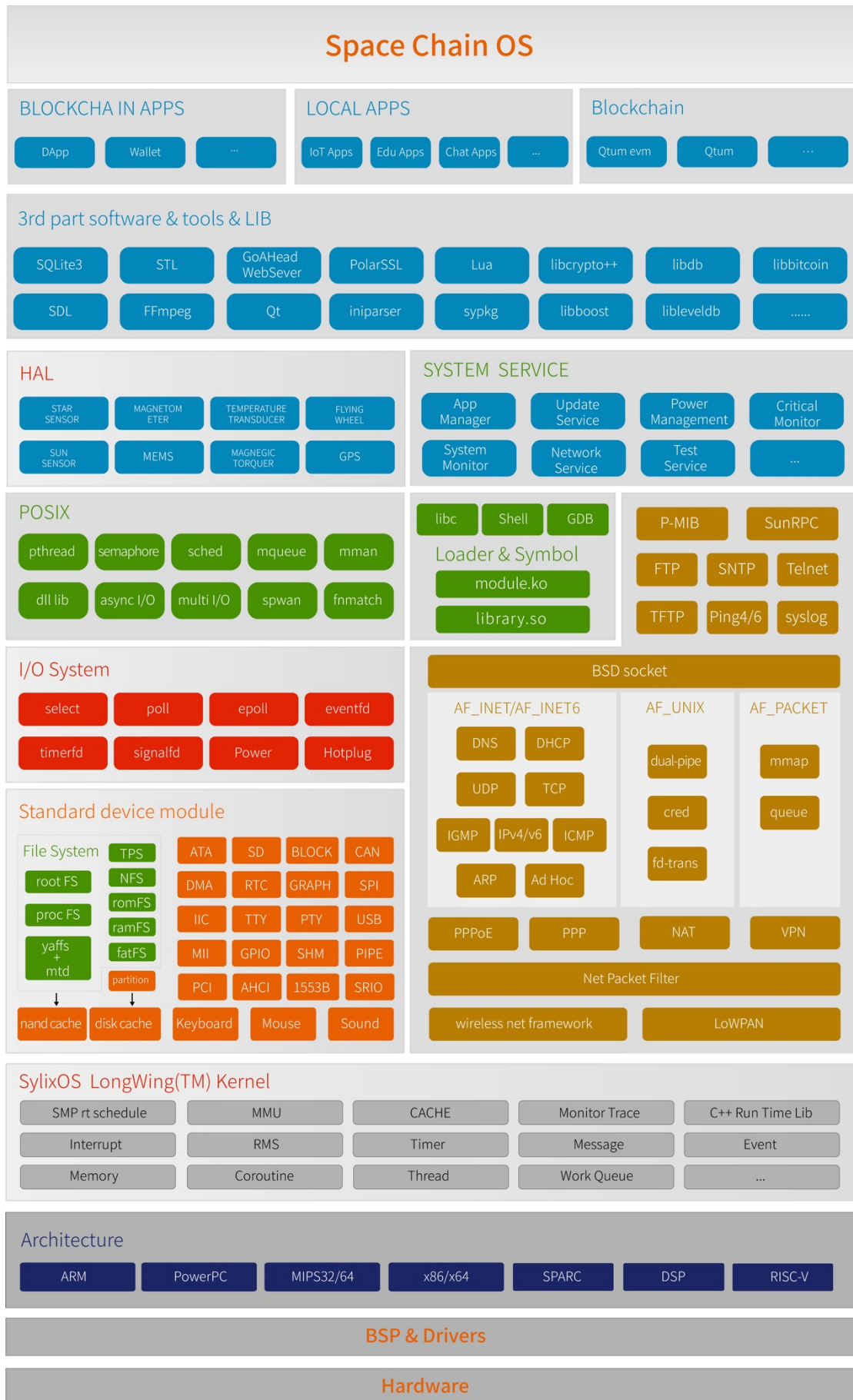
嵌入式系统在开发过程中，很容易出现图形显示、网络通讯、外设异常等故障，开源系统可避免闭源系统带来的故障定位难、排查周期长、影响研发进度等问题，提高故障定位的效率。

- 技术透明度高

开源系统的发展由社区推动，爱好者可以随时获取到最新信息，参与到系统的演变中，系统的发展不再受限于一家公司的意愿，爱好者可以了解系统的未来发展规划和方向。

1.5 功能特点

SpaceChain OS 架构如下图。注：虚线框为开发中的功能。



- 兼容 IEEE 1003 (ISO/IEC 9945) 操作系统接口规范
- 兼容 POSIX 1003.1b (ISO/IEC 9945-1) 实时编程标准
- 优秀的实时性能 (任务调度与切换算法时间复杂度为 $O(1)$)
- 支持无限多任务
- 抢占式调度支持 256 个优先级
- 支持虚拟进程
- 作为抢占式多任务硬实时操作系统支持优先级继承, 防止优先级翻转
- 极其稳定的内核, 很多基于 SpaceChain OS 开发的产品都需要 7x24 小时不间断运行
- 支持紧耦合多处理器 (SMP), 例如: ARM Cortex-A9 SMPCore、Intel Duo Core(TM)、龙芯 3
- 支持标准 I/O、多路 I/O 复用与异步 I/O 接口
- 支持多种新兴异步事件同步化接口, 例如: `signalfd`、`timerfd`、`eventfd` 等
- 支持众多标准文件系统: TPSFS (掉电安全)、FAT、YAFFS、ROOTFS、PROCFS、NFS、ROMFS 等
- 支持文件记录锁, 可支持数据库
- 支持内存管理单元 (MMU)
- 支持第三方 GUI 图形库, 如: Qt、Microwindows、 μ C/GUI 等
- 支持动态装载应用程序、动态链接库以及内核模块
- 支持标准 TCP/IPv4/IPv6 双网络协议栈, 提供标准的 `socket` 操作接口
- 支持 AF_UNIX, AF_PACKET, AF_INET, AF_INET6 协议域
- 内部集成众多网络工具, 例如: FTP、TFTP、NAT、PING、TELNET、NFS 等
- 内部集成 Shell 接口、支持环境变量 (兼容常用 Linux Shell 操作)
- 支持众多标准设备抽象, 如: TTY、BLOCK、DMA、ATA、SATA、GRAPH、RTC、PIPE 等
- 支持多种工业设备或总线模型, 如: CAN、I2C、SPI、SDIO、PCI/PCIE、1553B、USB 等
- 提供高速定时器设备接口, 可提供高于主时钟频率的定时服务
- 支持热插拔设备
- 支持设备功耗管理
- 提供内核行为跟踪器, 方便进行应用性能与故障分析

下表展示了 SpaceChain OS 和其他两个常用操作系统的功能对比。

功能	SpaceChain OS	VxWorks	RTEMS	功能	SpaceChain OS	VxWorks	RTEMS
内核抢占	■	■	■	POSIX	完善	较完善	较完善
优先级	256	256	256	CAN	■	■	□
优先级继承	■	■	■	UNIX 兼容	好	较好	一般
任务数量	无限	无限	无限	实时数据库	■	■	■
进程支持	POSIX 进程	RTP 进程	□	ODBC	■	□	□
协程（纤程）	■	□	□	MMU 管理	■	■	□
RMS 调度	■	□	■	SMP 多核	实时调度	实时调度	协作式调度
动态装载	■	■	□	描述符传递	■	□	□
异步 IO	■	■	□	ProcFs	■	■	□
自组网协议	MAODV	□	□	IO 多路复用	■	■	■
UNIX 域协议	■	不确定	□	C++支持	■	■	■
内置热插拔	■	□	□	文件记录锁	■	不全面	□
高速定时器	■	□	□	脚本 (Lua, Python)	■	不完整	不完整

1.6 中间件

得益于对 POSIX 等标准的完善支持，SpaceChain OS 拥有并支持丰富的中间件。

分类	中间件功能	功能
标准设备	TTY、BLOCK、DMA、RTC、PIPE	设备抽象
工业总线	USB、I2C、SPI、SDIO	总线驱动
	PCI、PCI-E	总线驱动
	CAN、MIL-STD-1553B	总线驱动
图形显示	Qt/Qwt	GUI 库
	µC/GUI、MiniGUI、Microwindows	GUI 库
文件系统	exFAT、FAT、YAFFS、ROMFS、ROOTFS、PROCFS、NFS、RAMFS	文件系统
	TpsFs (掉电安全文件系统)	文件系统
网络通讯	IPv4、IPv6、AF_UNIX、AF_PACKET	协议簇
	socket	编程接口
	FTP、TELNET、TFTP、NAT、SNTP、PING	网络工具
标准中间件	SQLite3、ODBC	数据库
	Mini-XML、libexpat	格式转换
	Python、Lua、MuJS、Espruino、Duktape	脚本语言
	GoAhead-WebServer、libcurl、libxemail	网络
	OpenSSL、PolarSSL	安全
	zlib	压缩
	Zmodem、Xmodem	传输工具
	ReadLine、Libtool	其他
应用中间件	OpenCV、EtherCAT、CANopen、IEC61850、QGIS	
	应用规约、行业中间件	

1.7 网络通信

SpaceChain OS 支持完善的网络功能以及丰富的网络工具：

- 支持百兆/千兆以太网；
- 支持 wireless net framework；
- 支持 Mesh 网络和 MAODV 自组网协议；
- 支持主流的 WiFi 和 4G 模块；
- 支持 IPv4/IPv6 双网络协议栈，提供标准的 socket 接口；
- 支持 AF_UNIX、AF_PACKET、AF_INET、AF_INET6 协议域；
- 支持众多网络工具，例如：FTP、TFTP、NAT、PING、TELNET、NFS、PPP；
- 支持主流工业实时以太网，例如：EtherCAT；
- 支持丰富的网络中间件，例如：SNTP、libxemail、libcurl、GoAhead-WebServer 等。

中间件支持	SNTP、libxemail、libcurl	GoAhead-WebSever		
工具支持	FTP、TFTP、NFS	NAT、PING	TELNET	PPP	...
接口支持	socket				
协议支持	TCP/UDP/RAW	AF_UNIX、AF_PACKET、AF_INET、AF_INET6 协议域			
	IPv4/IPv6	EtherCAT	MAODV 自组网协议		
网络支持	百兆/千兆以太网	WiFi	4G	Mesh 网络	

1.8 图形显示

- 支持 Qt、Microwindows、 μ C/GUI、MiniGUI 等图形用户界面（GUI），支持 Qwt 等第三方 Qt 控件库；
- 支持 RealEvo-QtSylixOS 软件，方便用户在 Qt Creator 上开发调试应用界面。
- 支持多屏显示、VNC 远程显示；
- 支持触摸屏、键盘、鼠标，支持输入设备热插拔。

图形库支持	Qt/Qwt	Microwindows、 μ C/GUI、MiniGUI
驱动支持	Framebuffer 驱动框架	多屏显示
接口支持	LVDS/HDMI/VGA	
器件支持	触摸屏、键盘、鼠标	单色屏/彩色屏

1.9 文件存储

- 支持众多标准文件系统：FAT、YAFFS、ROOTFS、PROCFS、NFS、ROMFS 等；
- 支持翼辉信息专利文件系统：TpsFs（掉电安全文件系统），彻底解决嵌入式行业文件存储掉电安全问题；
- 支持文件记录锁与数据库；
- 文件系统支持 POSIX 标准的 I/O 操作；
- 文件存储介质支持 NOR FLASH、NAND FLASH、eMMC、SD、CF、IDE 硬盘、SATA 硬盘。

接口支持	支持文件记录锁与数据库	支持 POSIX 标准的 I/O 操作
文件系统	TpsFs (掉电安全文件系统)	
	exFAT、FAT、YAFFS、ROOTFS、PROCFS、NFS、ROMFS	
器件支持	NAND FLASH、eMMC、SD、CF、TF	IDE 硬盘、SATA 硬盘

2. 掉电安全文件系统 TpsFs

TpsFs 是 翼辉信息针对大容量存储设备的掉电安全文件管理系统。针对大容量存储设备集成的文件管理系统，在任何异常掉电情况下，保证文件完整无损，具有以下特点：

采用 B+tree 存储结构，空间管理效率高，文件访问速度快；

掉电安全，对文件系统元数据的操作使用事务提交；

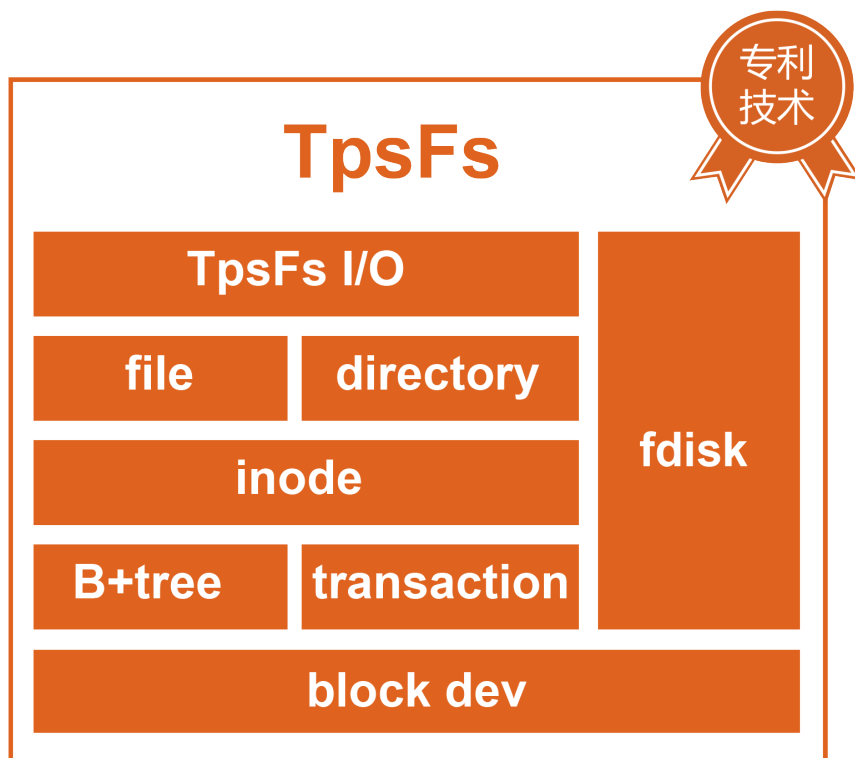
64 位文件系统，支持 EB 级别文件长度；

接口简单，便于移植；

支持硬链接，软链接，文件锁等操作；

拥有便捷的图形化访问工具；

使用多种技术保证文件系统故障恢复能力。



3. 编译工具链 RealEvo-Compiler

目前，SpaceChain OS 的编译和开发可以使用翼辉信息提供的 RealEvo 系列工具。RealEvo-Compiler 是翼辉信息推出的基于最新版本 GCC 开发的编译器，现在已经支持七大架构平台。其中：

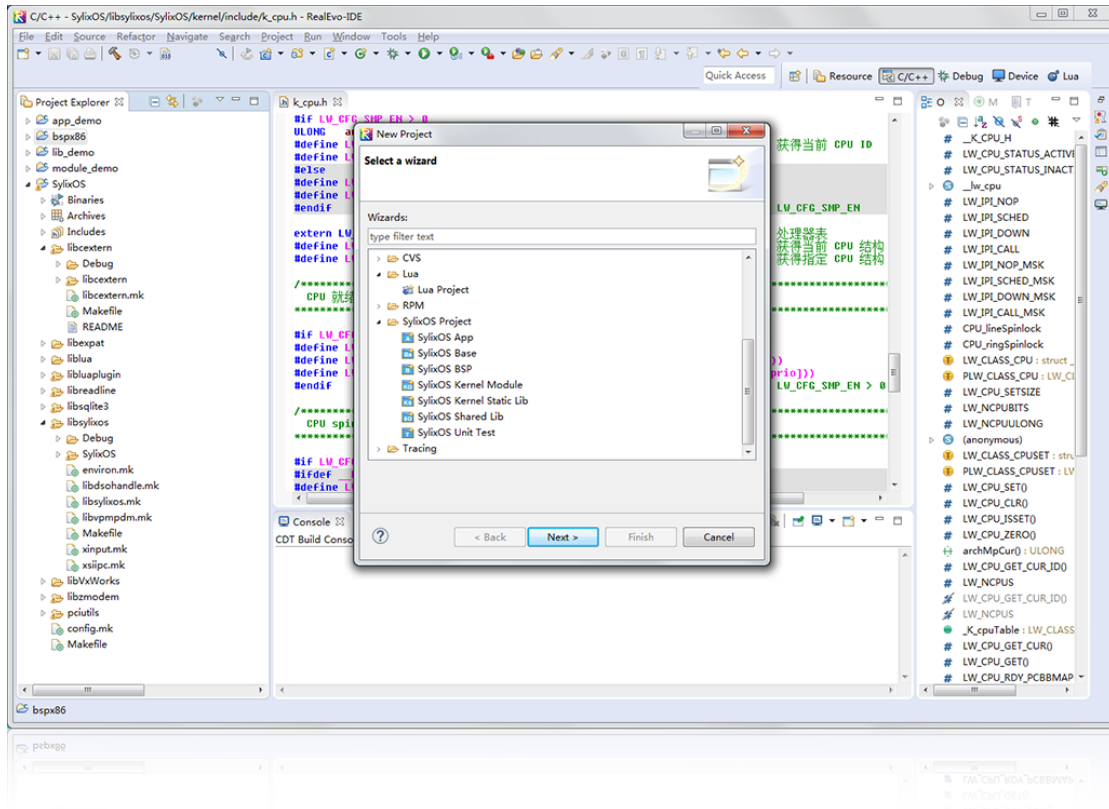
- RealEvo-Compiler ARM 编译器针对 Cortex-A 系列处理器进行优化，支持目前 ARM 公司最先进的 ARMv8 AArch64 处理器；
- RealEvo-Compiler MIPS 编译器支持 MIPS32、MIPS64、龙芯、君正处理器；
- RealEvo-Compiler PowerPC 编译器支持 NXP 与国微电子的 PowerPC 系列处理器；
- RealEvo-Compiler x86 编译器支持 Intel、AMD 公司的 x86 架构处理器。

4. 集成开发环境 RealEvo-IDE

RealEvo 系列集成开发环境提供完整的嵌入式开发解决方案，集设计、开发、调试、仿真、部署、测试功能于一体。RealEvo 使用全图形化操作方式，全自动化流程避免重复劳动，最大程度节约开发成本。

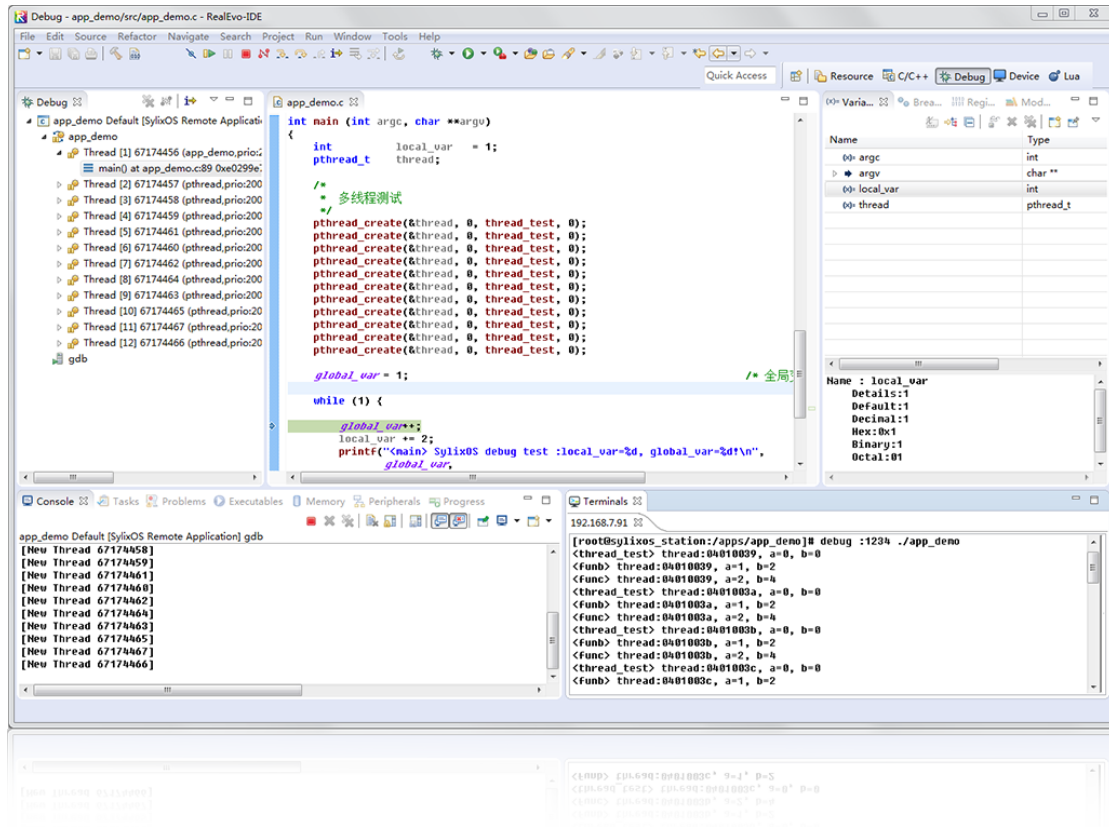
4.1 工程管理方案

- 基于工作空间的管理机制
- 向导式辅助建立工程
- 图形化配置
- 自动生成代码
- 一键部署工程



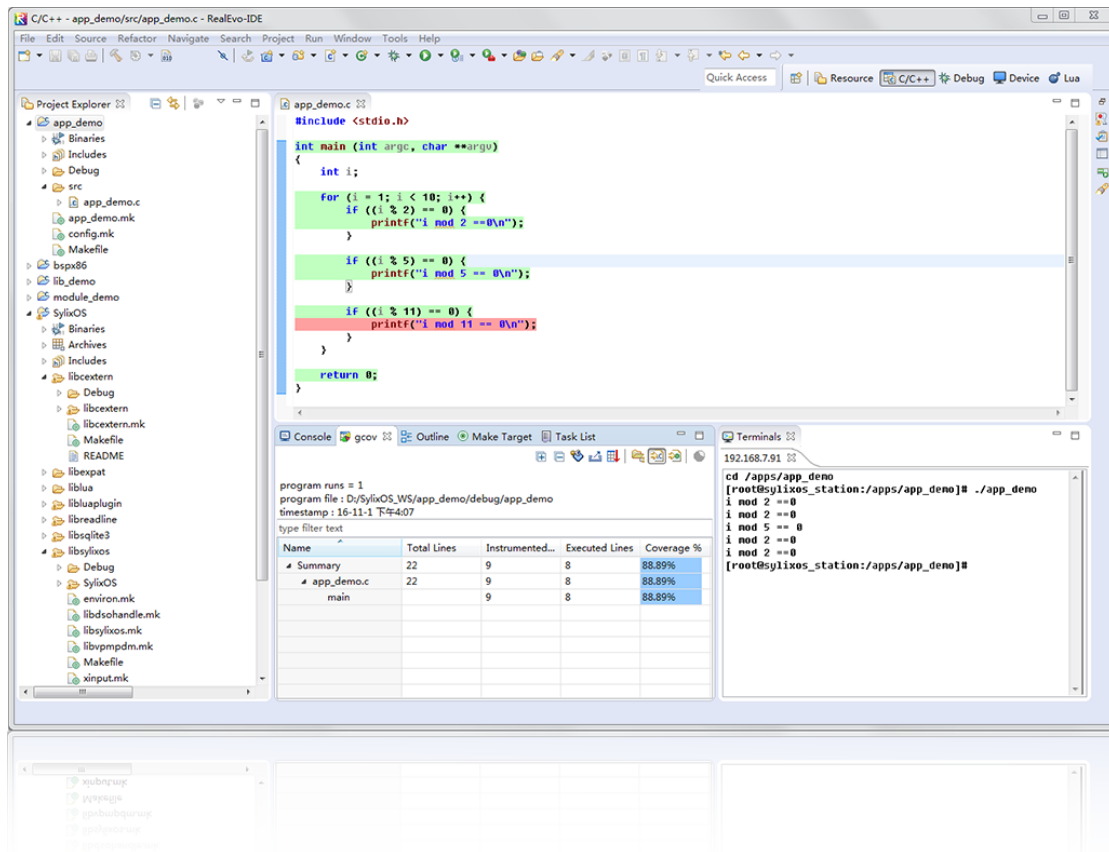
4.2 强大的调试功能

- 支持断点、单步等基本功能
- 网络和串口两种调试方式
- 可调试正在运行的进程
- 支持多核、多线程并行调试
- 支持动态库调试
- 支持多线程 non-stop 调试模式
- 支持一键推送调试



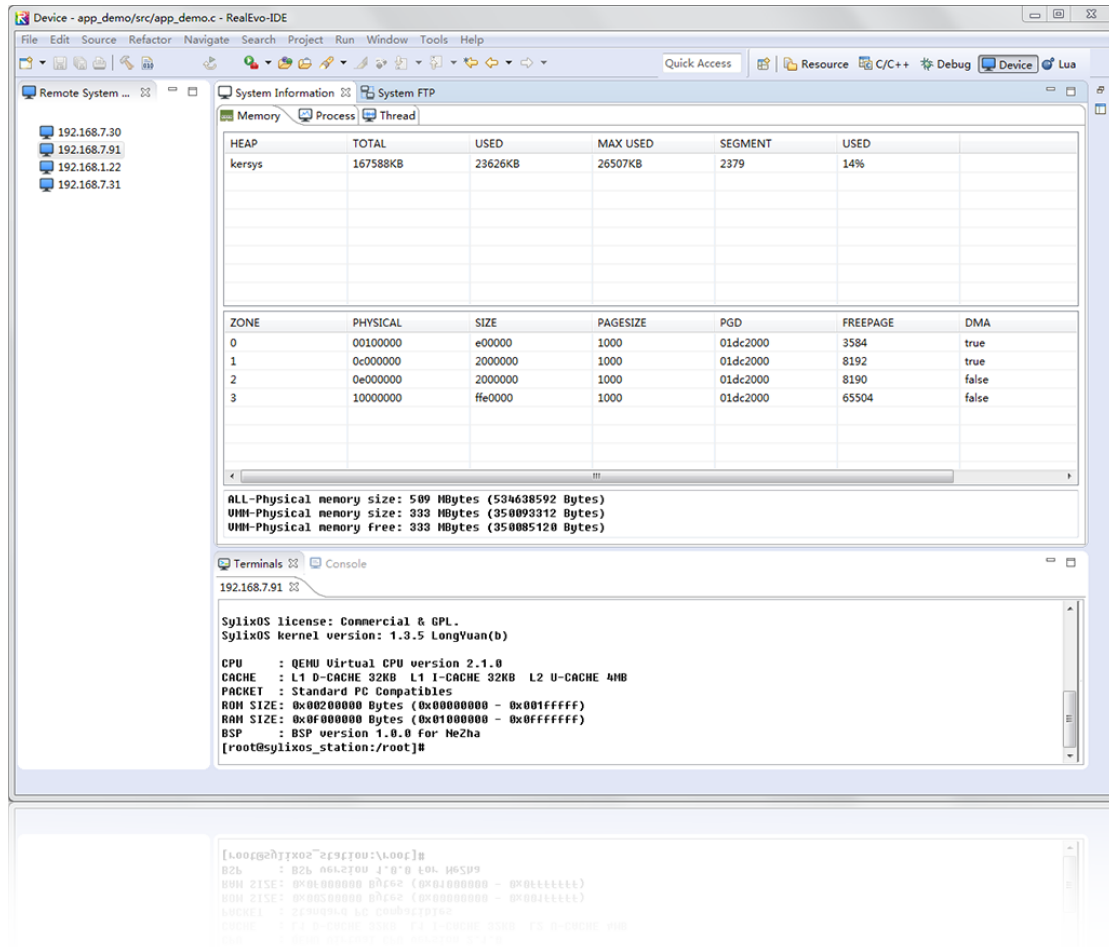
4.3 集成优秀的开发工具

- 针对平台优化的编译工具链
- 强大的多平台模拟器
- 优秀的设计与测试工具
- 性能分析工具
- 代码覆盖率分析工具
- 友好的代码编辑器



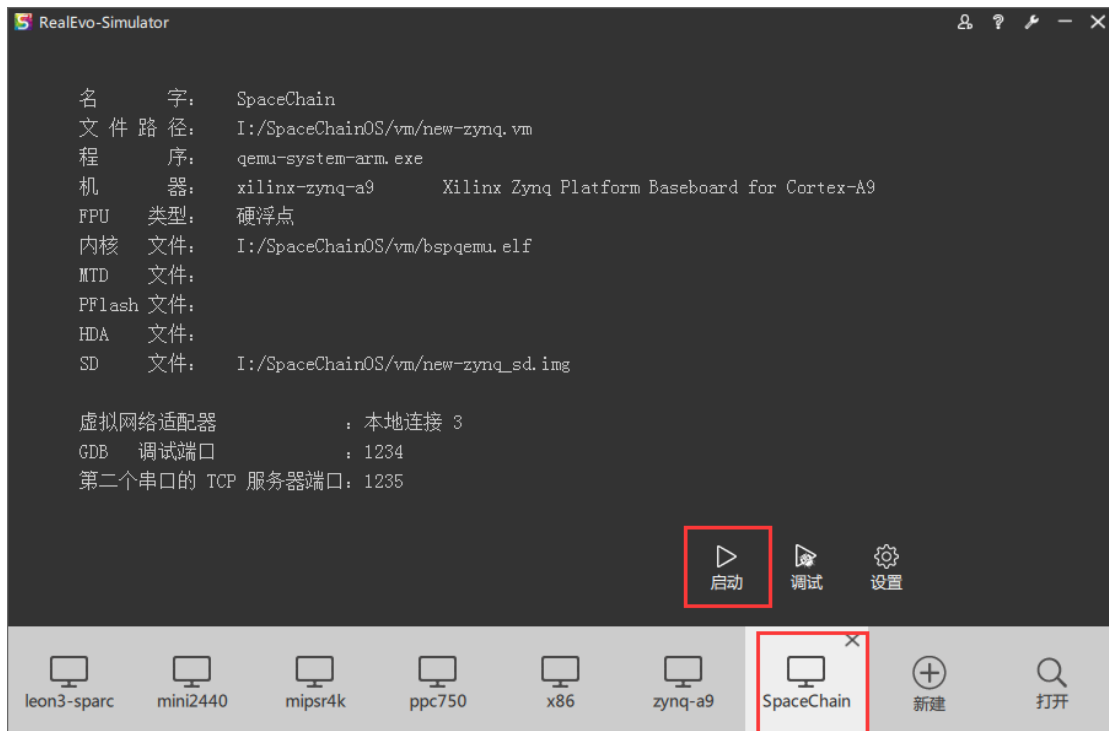
4.4 便捷的设备管理功能

- 支持实时监控设备状态
- 提供远程 Shell
- 集成 FTP 客户端
- 集成 TFTP 文件服务器



5. 硬件模拟器 RealEvo-Simulator

- RealEvo-Simulator 是翼辉信息基于最新 QEMU 开发的计算机硬件系统仿真软件。
- 目前支持 ARM、MIPS、PowerPC、x86 体系结构处理器模拟，还支持常用外设的仿真：SD 卡、网卡、USB、硬盘、FLASH、LCD、触摸屏等。
- RealEvo-Simulator 使用翻译执行的机制极大地提升了处理器模拟的性能。
- SpaceChain OS 提供了虚拟机文件，可以使用该模拟器成功仿真区块链功能的运行，方便开发。对于区块链在嵌入式设备的运行，可以在不具备硬件的情况下，使用模拟器来验证区块链运行。



6. 区块链

现在，我们已经支持了 QTUM 在 SpaceChain OS 上的运行。在 SpaceChain OS 上运行的是一个完整的区块链节点，拥有完整的功能。如下图是获得本节点信息命令演示。详情请参考 SpaceChain OS GitHub 和 QTUM。

