

原创工业操作系统 SylixOS 生态发展和产业化实践

大型实时操作系统

演讲人：徐贵洲

— 目 录 —

CONTENT



发展历程



系统架构&
功能特点



生态建设

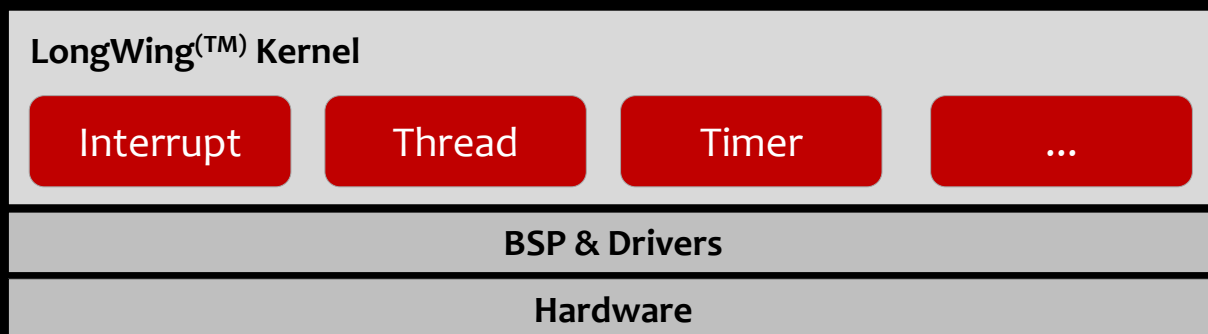


测试认证



应用案例

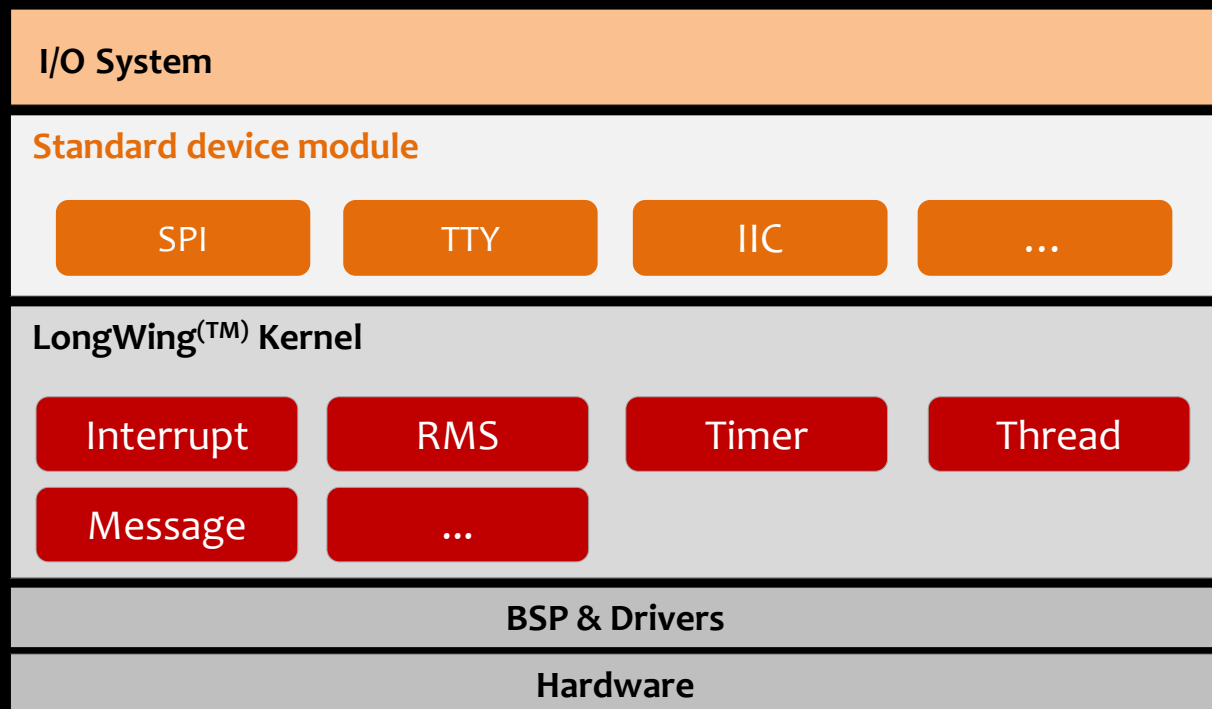
发展历程



2006年

SylixOS 内核完成，内核代号 **LongWingTM**，提供线程调度、中断管理、定时器、RMS、信号量等最基本的内核资源。

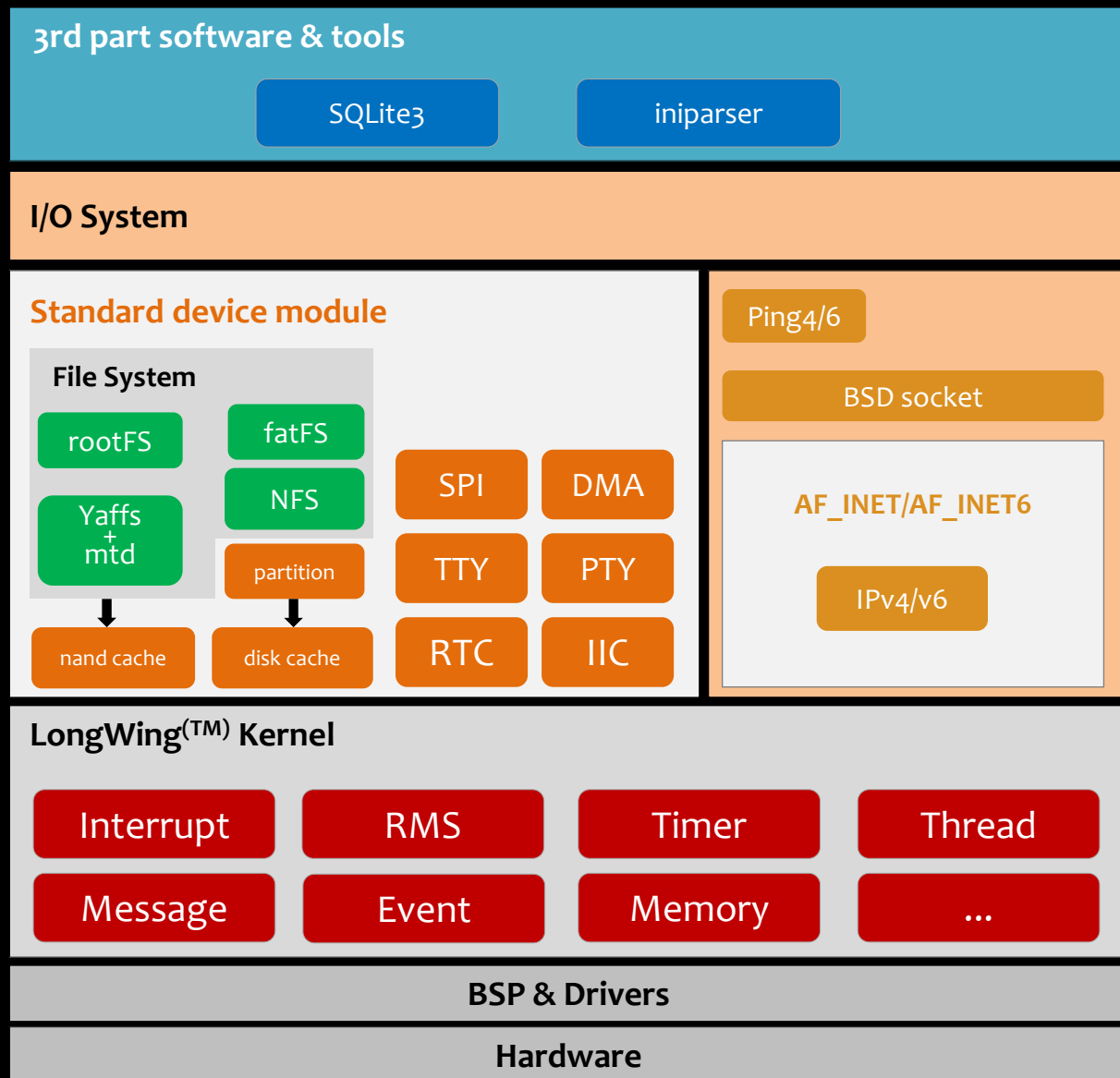
发展历程



2007年

增加 I/O 系统，提供某些设备的标准驱动模块，如SPI、IIC、TTY 等。

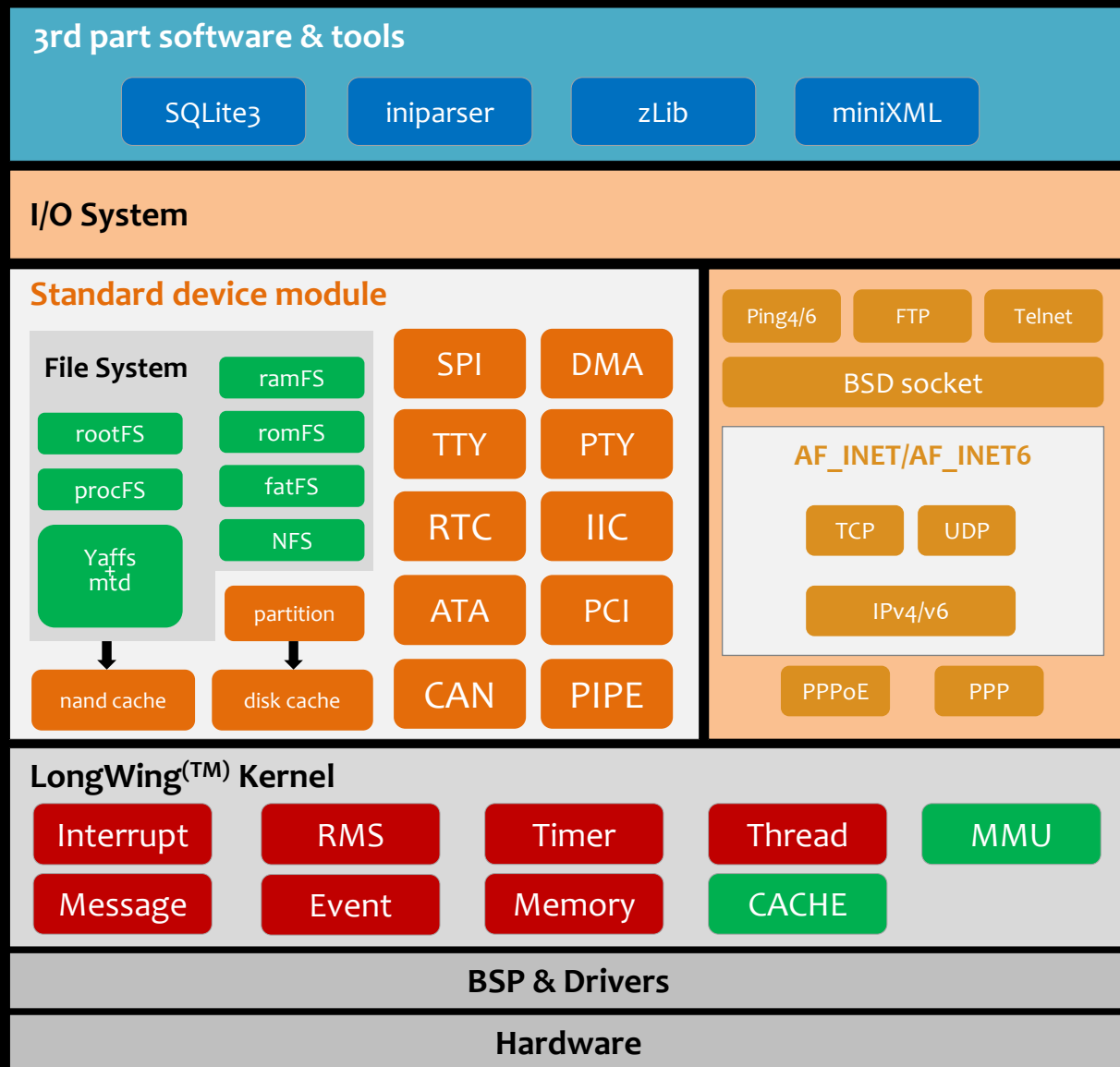
发展历程



2008年

增加对网络和支持，同时提供部分实用的第三方工具（如数据库）；内核资源更加丰富，提供消息队列、内存管理等功能。

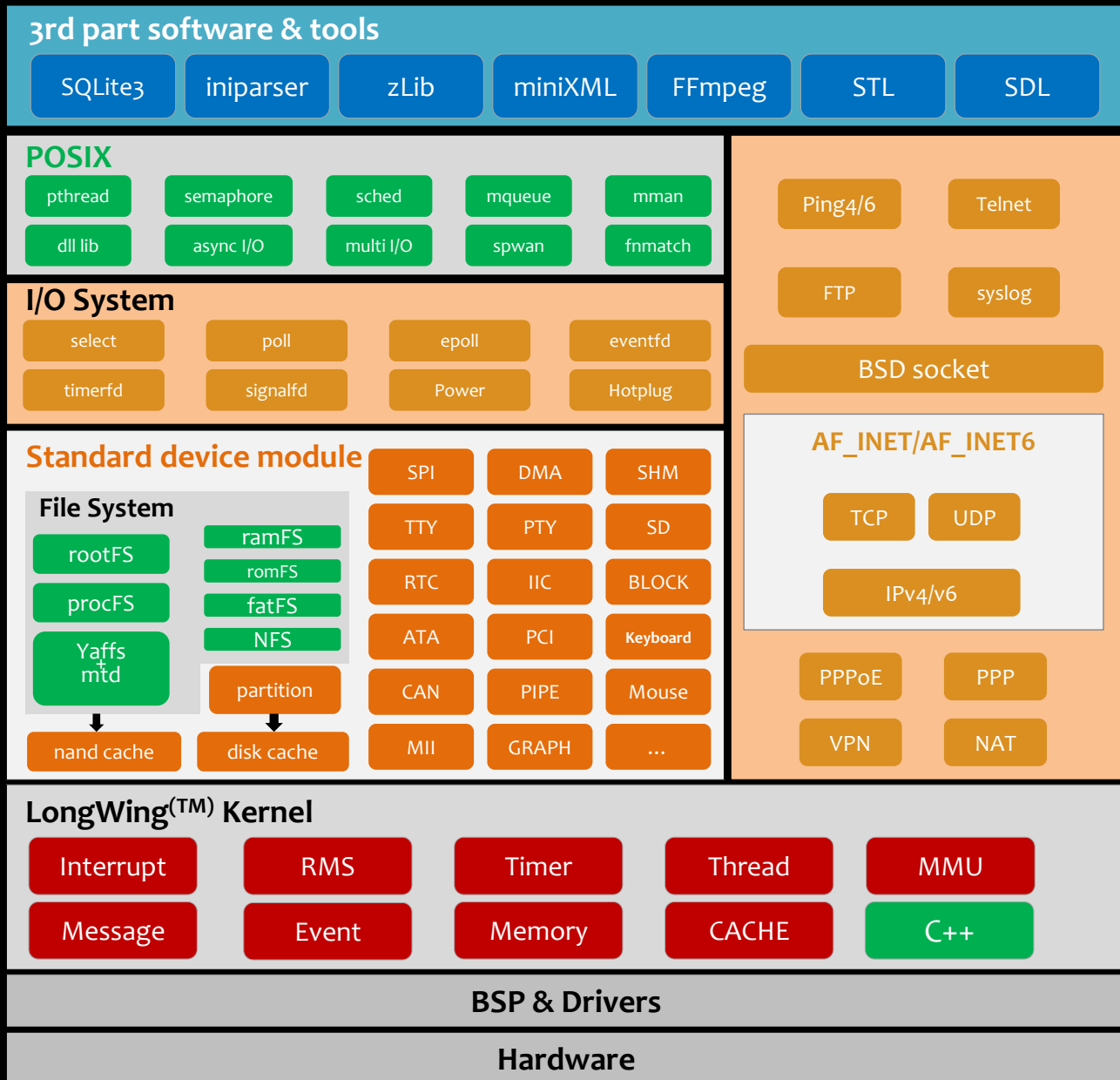
发展历程



2009年

SylixOS 进行了重大改进，支持MMU、CACHE，从而能更好地发挥高端处理器的优势；更多的设备支持和更多的网络功能。

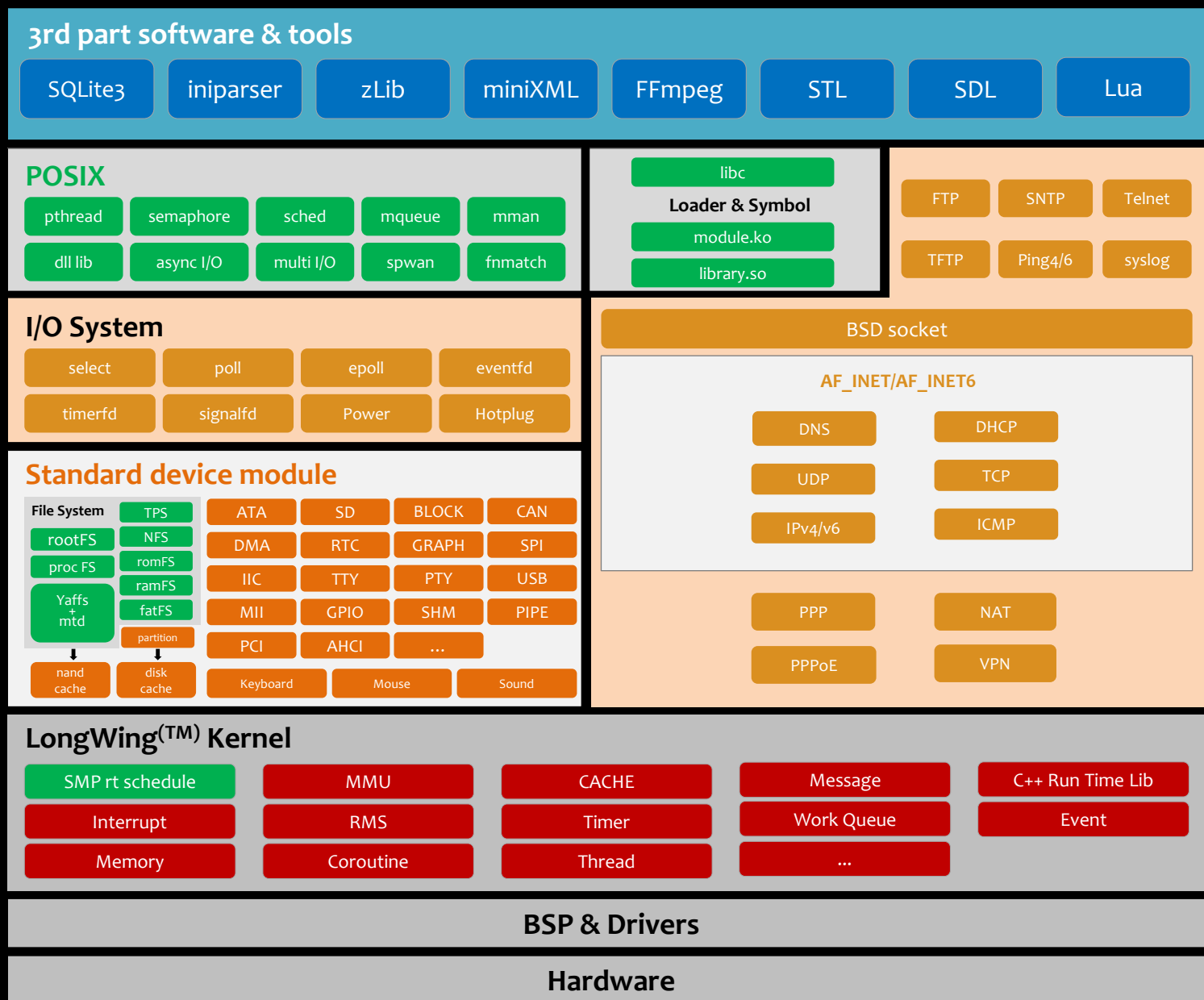
发展历程



2010年

支持标准 C++, 完善了 I/O 系统, 支持 POSIX 标准, 进一步丰富了网络功能, 从这一版本开始, SylixOS 逐步开始了对多媒体的支持(SDL, FFMPEG)。

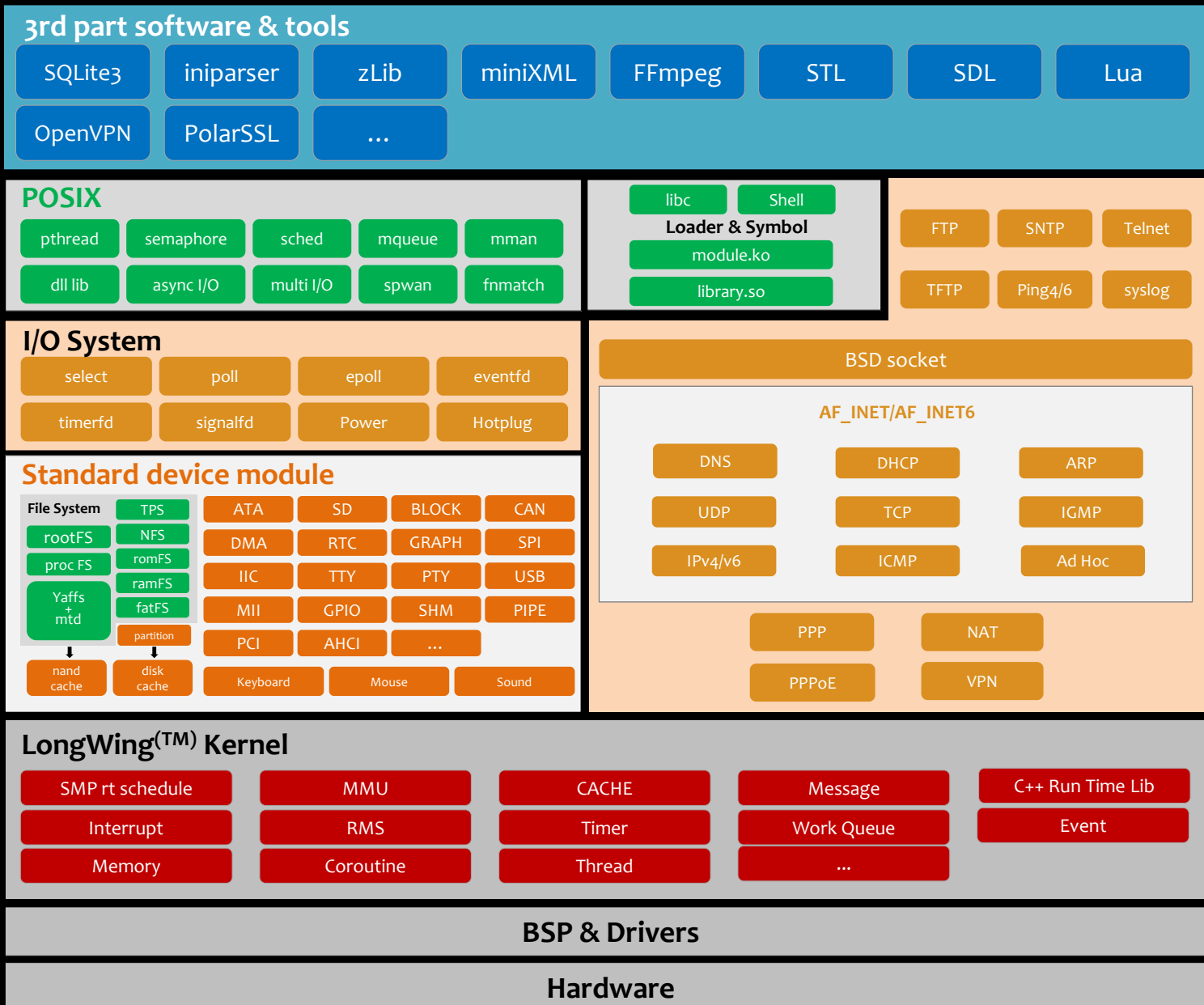
发展历程



2011年

SylixOS 迎来了两个重大飞跃：多核支持(内核代号 **Gemini**,双子座)和动态装载；更加丰富的文件系统、设备支持。从此，SylixOS 开始向大型实时操作系统迈进。

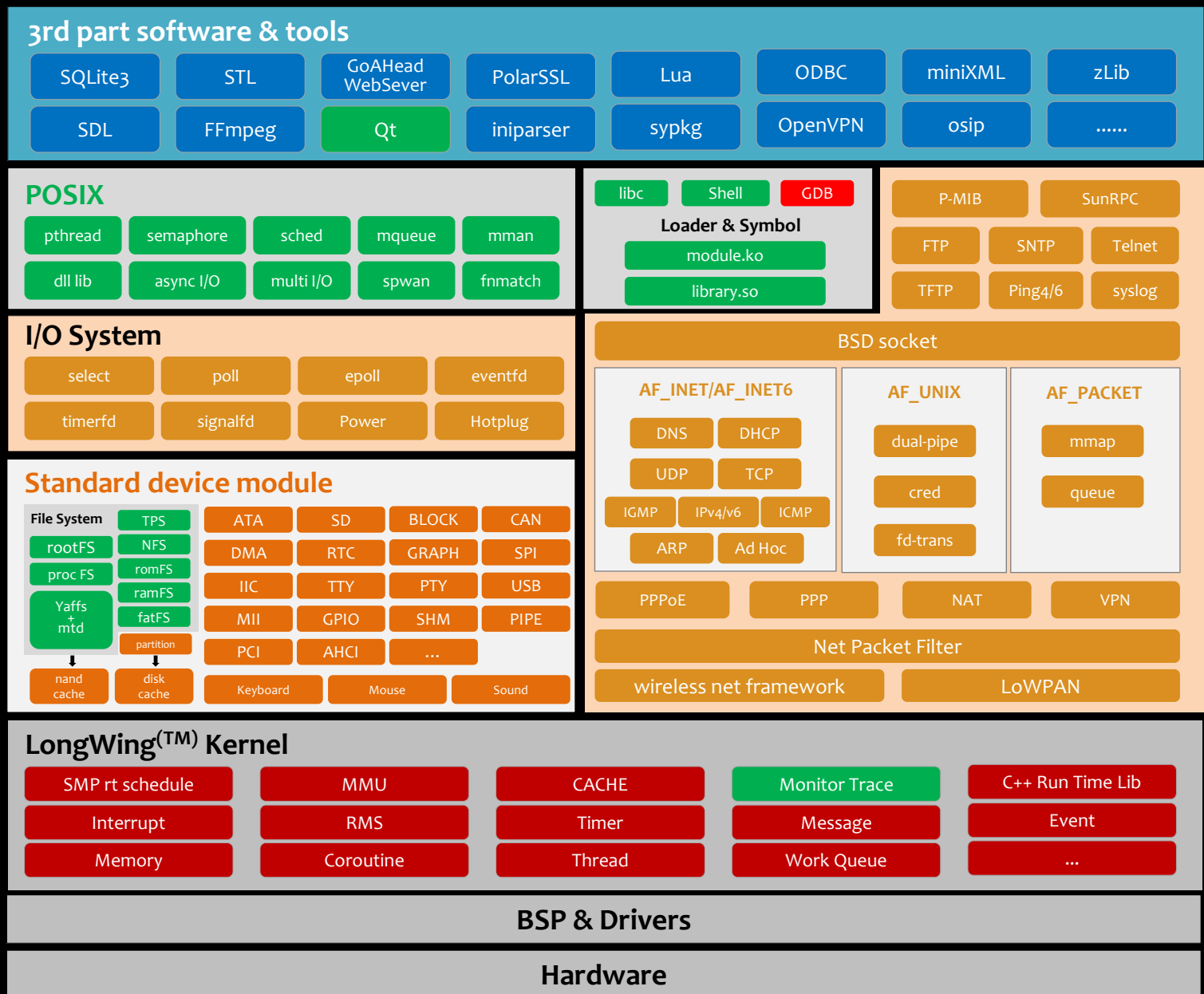
发展历程



2012年

SylixOS 支持进程，再一次质的蜕变。

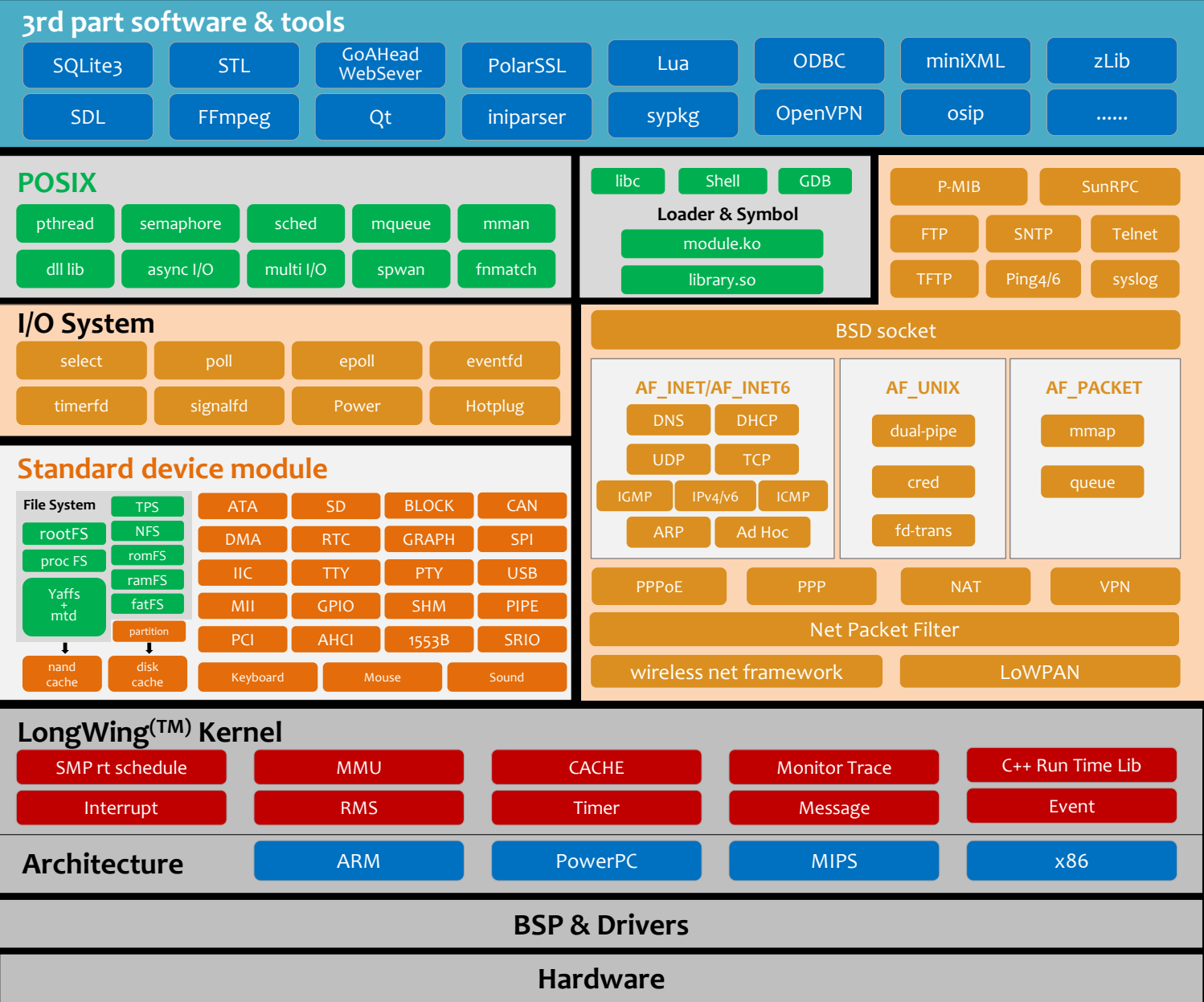
发展历程



2013年

增加 **GDB**，可调试应用程序和动态链接库；增加对 **Qt** 的支持。愈发完善的设备支持和网络功能，让 SylixOS 能满足更多大型复杂的应用需求。

发展历程



2014年

SylixOS 全面支持 ARM、MIPS、PowerPC、x86 四大平台，完美适配各大半导体厂商芯片，适用范围更加广阔。

发展历程

ARM



PowerPC



MIPS



x86



2014年

SylixOS 全面支持 ARM、MIPS、PowerPC、x86 四大平台，完美适配各大半导体厂商芯片，适用范围更加广阔。



RealEvo-IDE



RealEvo-Simulator



RealEvo-Compiler



RealEvo-QtSylixOS

2015年

围绕 SylixOS 推出全新的 RealEvo 系列集成开发环境，集设计、开发、调试、仿真、部署、测试功能于一体，是一套完整的嵌入式开发解决方案。

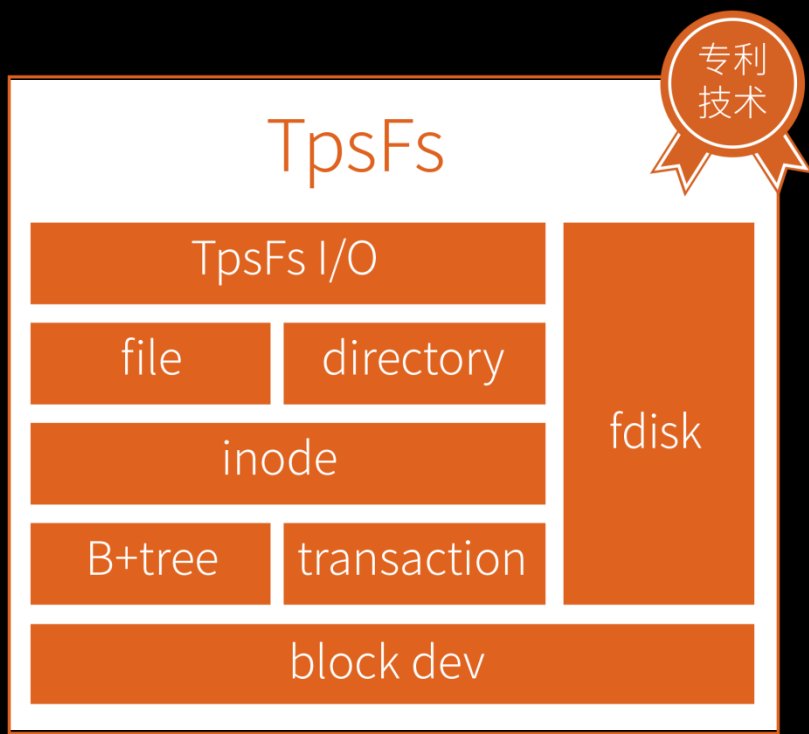


TpsFs：掉电安全文件系统

2016年

TpsFs 是 SylixOS 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。



发展历程

SylixOS® Lite

SMT 调度均衡

OpenMP 4.0

C++11 多线程标准

OpenBLAS

非入侵式性能分析

Trusted computing

SPARC

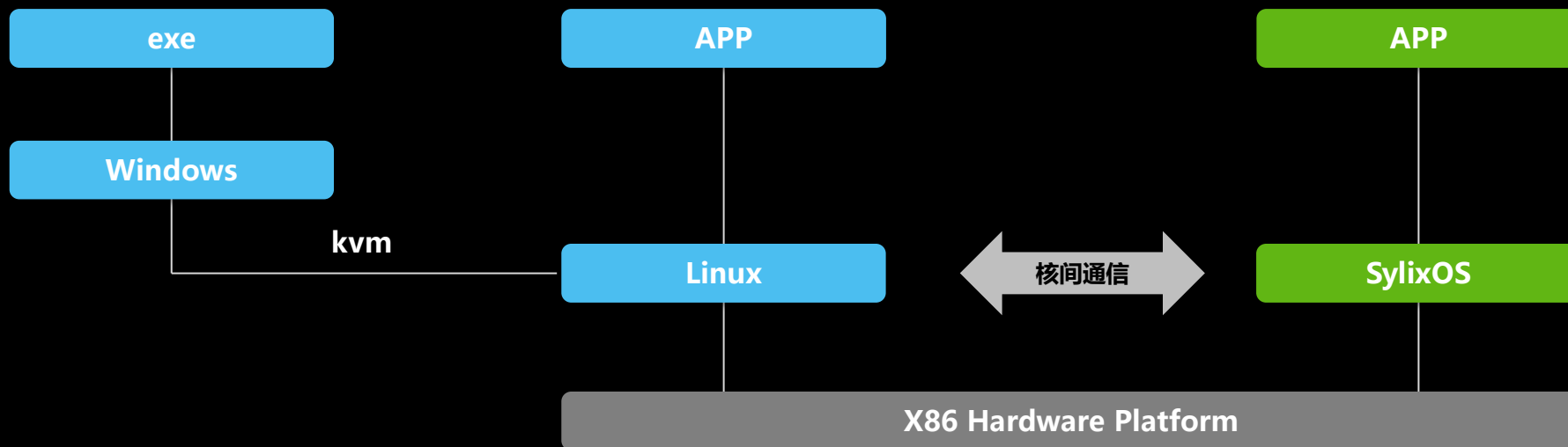
MultiCore DSP

Matrix653分时分区操作系统

2017年

SylixOS 在性能和功能上均有全新突破，以满足更广泛更前沿的技术需求。

MultiOS 混合多系统平台



2018年

翼辉信息推出 MultiOS 混合多系统平台，可理解为非对称多处理（Asym-metrical Mulit-Processing）操作系统平台技术，AMP 的优点在于精细的任务分工，可灵活适应不同情景，并可提供多种不同搭配方式。主核使用 SylixOS，其他核可随意搭配任意开源操作系统。保证客户既能使用 Linux 的生态，又能满足高实时性要求。

大型实时嵌入式操作系统

3rd part software & tools

SQLite3

TCPDUMP

GoAhead
WebSever

OpenSSL

Lua

DDS

mbed TLS

Java Script

SDL

FFmpeg

Qt

QGIS

Python

TensorFlow

NCNN

.....

POSIX

pthread

semaphore

sched

mqueue

mman

dll lib

async I/O

multi I/O

spwan

fnmatch

libc

Shell

GDB

Loader & Symbol

module.ko

library.so

P-MIB

SunRPC

KidVPN

OSPF

IS-IS

FTP

SNTP

Telnet

BGP

RIP

TFTP

Ping4/6

syslog

PIM

SNMP

I/O System

select

poll

epoll

eventfd

timerfd

signalfd

Power

Hotplug

Standard device module

File System

TPS

ATA

SD

BLOCK

CAN

rootFS

NFS

DMA

RTC

GRAPH

SPI

proc FS

romFS

IIC

TTY

PTY

USB

Yaffs
+ mtd

ramFS

MII

GPIO

SHM

PIPE

fatFS

PCI

AHCI

1553B

SRIO

partition

nand
cache

disk
cache

Keyboard

Mouse

Sound

BSD socket

AF_INET/AF_INET6

DNS

DHCP

UDP

TCP

IGMP

IPv4/v6

ICMP

ARP

Ad Hoc

AF_UNIX

dual-pipe

cred

fd-trans

AF_PACKET

mmap

queue

AF_ROUTE

route op

route hook

route table

Flow Ctl

PPP

NAT

VND

RT poll

Net Bridge

Net Packet Filter

wireless net framework

LoWPAN

Net Device

LongWingTM Kernel

SMP rt schedule

MMU

CACHE

Monitor Trace

C++ Run Time Lib

Interrupt

RMS

Timer

Message

Event

Memory

Process

Thread

Work Queue

...

Architecture

ARM32/64

PowerPC

MIPS32/64

x86/x64

SPARC

DSP

C-SKY

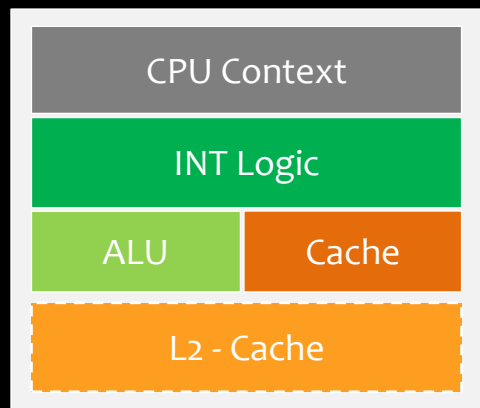
RISC-V32/64

BSP & Drivers

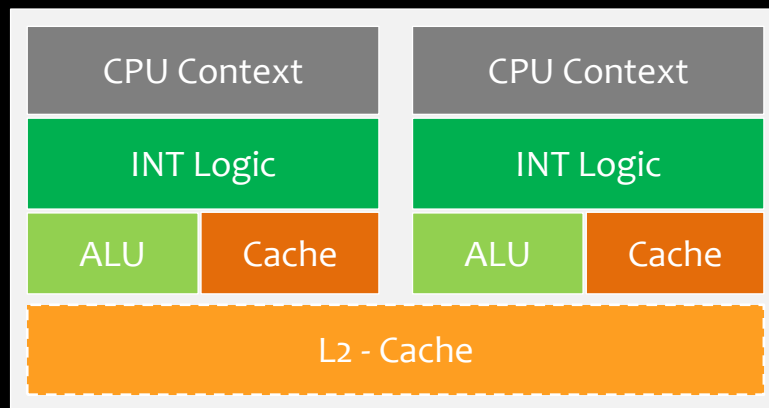
Hardware

支持 SMP 多核调度

SMP (Symmetrical Multi-Processing) 对称多处理技术, 是指在一个计算机上汇集了一组处理器, 各 CPU 之间共享内存子系统以及总线结构。虽然同时使用多个 CPU, 但从管理的角度它们好像一台单机一样, 系统将任务队列对称地分布于多个 CPU 之上, 从而极大地提高了整个系统的数据处理能力。



A 单核体系结构



B 多核体系结构

SylixOS SMP 调度器特点:

- 天生满足负载均衡
- 任务调度时间与负载无关, 时间复杂度为 $O(1)$
- 优先级抢占调度, 满足硬实时要求
- 支持亲和度调度

全面的架构支持

ARM

MIPS

PPC

x86

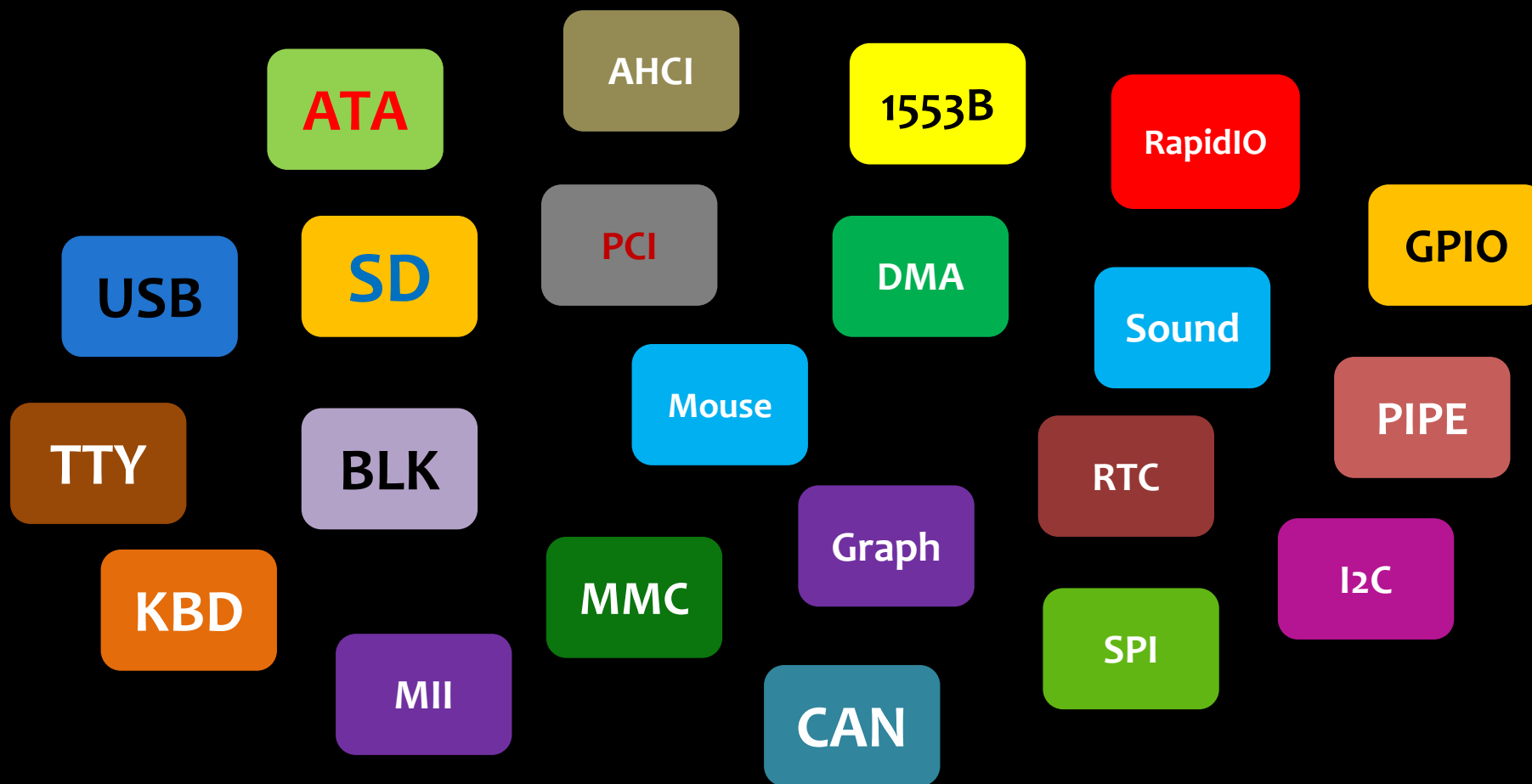
C-SKY

DSP

SPARC

RISC-V

丰富的设备支持



丰富的文件系统

PROCFS

RAMFS

ROOTFS

NFS

YAFFS

ROMFS

TpsFs

专利
技术

TpsFs I/O

file

directory

inode

fdisk

B+tree

transaction

block dev

功能特点

图形界面



MiniGUI

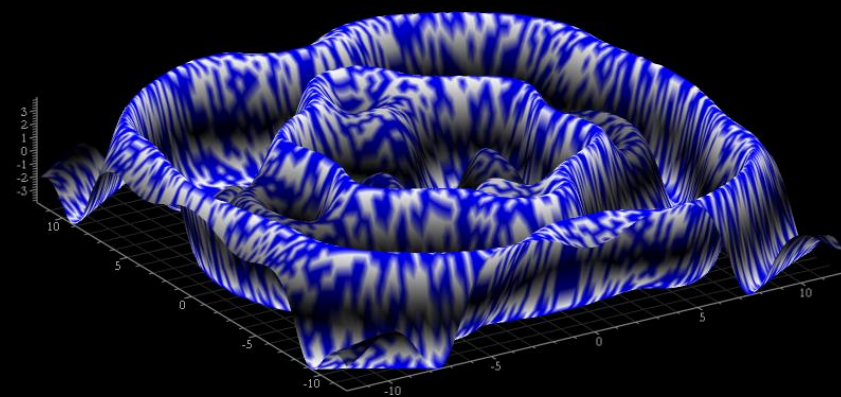
Qt

emWin

FTK

3D

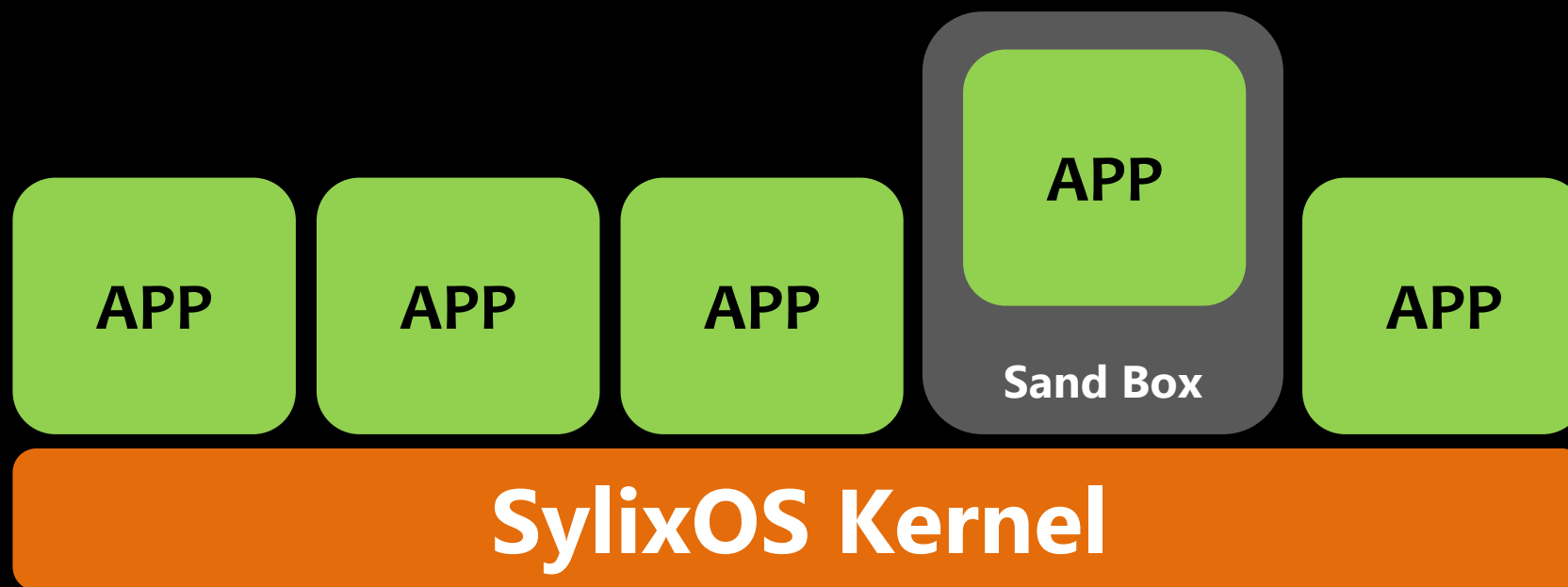
OpenGL



功能强大的网络

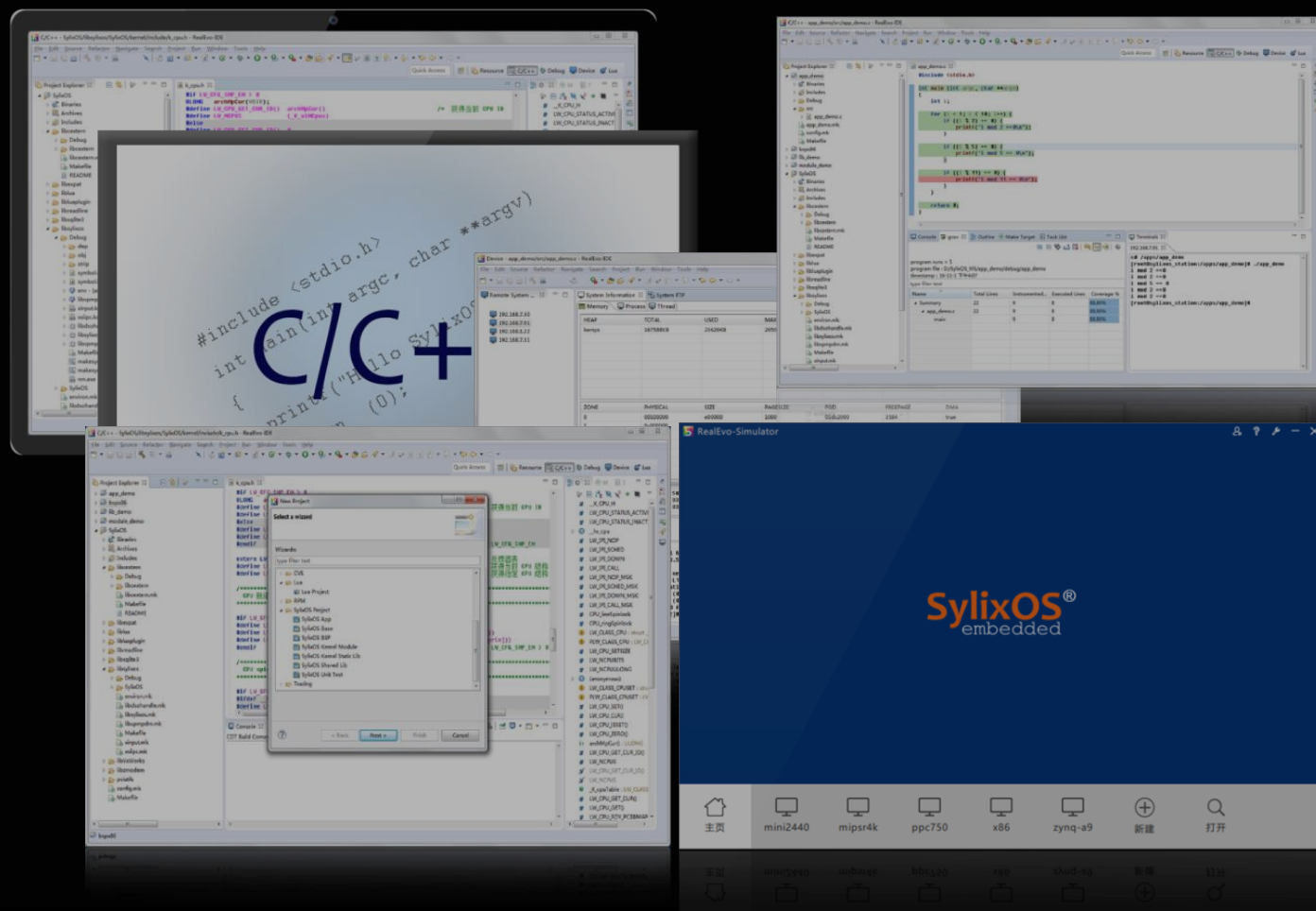
中间件支持	SNTP、libxemail、libcurl	GoAhead-WebServer			
工具支持	FTP、TFTP、NFS	NAT、PING	TELNET	KidVPN	PPP
接口支持	SOCKET				
协议支持	TCP/UDP/RAW	AF_UNIX、AF_PACKET、AF_INET、AF_INET6、AF_ROUTE			
	IPv4/IPv6	EtherCAT	MAODV 自组网协议		
网络支持	10M/100M/1G/10G	WIFI	3G/4G	Mesh	

进程与容器



功能特点

集成开发环境



- 代码覆盖率检测
- 死锁检测
- 系统性能分析
- 中断时长测量
- 代码静态检查
- 一键部署、一键调试
- 系统监控可视化

CPU及中间件

TOOLS	RealEvo-IDE	RealEvo-Simulator
	RealEvo-QtSylixOS	RealEvo-Compiler
RUNTIME	Communication Protocols	Standard Device Module
	File System	I/O System
	POSIX	Loader & Symbol
	LongWing ^(TM) Kernel	
	BSP 开发套件	
	参考硬件和最小系统启动套件	
SERVICES	技术支持服务	

第三方中间件

EC Master	OpenSSL
BLUESTAR	QGIS
JavaScript	µGFX
CODESYS	
FastDB	OpenDDS
python	SQLite
TensorFlow	Qt

intel	NXP	TEXAS INSTRUMENTS	LOONGSON 龙芯	SKY	FUDAN MICRO	国家电网 STATE GRID
nuvoTon	兆芯	Phytium 飞腾	XILINX	ST life.augmented	SiFive	中国南方电网 CHINA SOUTHERN POWER GRID

第三方中间件

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、PCIe	总线驱动
	CAN、MIL-STD-1553B、RapidIO	总线驱动
图形显示	Qt/Qwt	GUI 库
	μC/GUI、MiniGUI、μGFX	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、AF_ROUTE	协议簇
	socket	编程接口
	FTP、TELNET、TFTP、nat、sntp、ping、KidVPN	网络工具

工信部自主代码率评估



2015年12月31日, 对翼辉信息旗下的软件产品 SylixOS 实时操作系统进行整体代码的源代码自主化率评估, 并出具了自主代码率评估报告。SylixOS 内核自主化率达到 100%; 完整源代码自主化率高达 89.1%。是目前自主化率最高的国产操作系统之一。

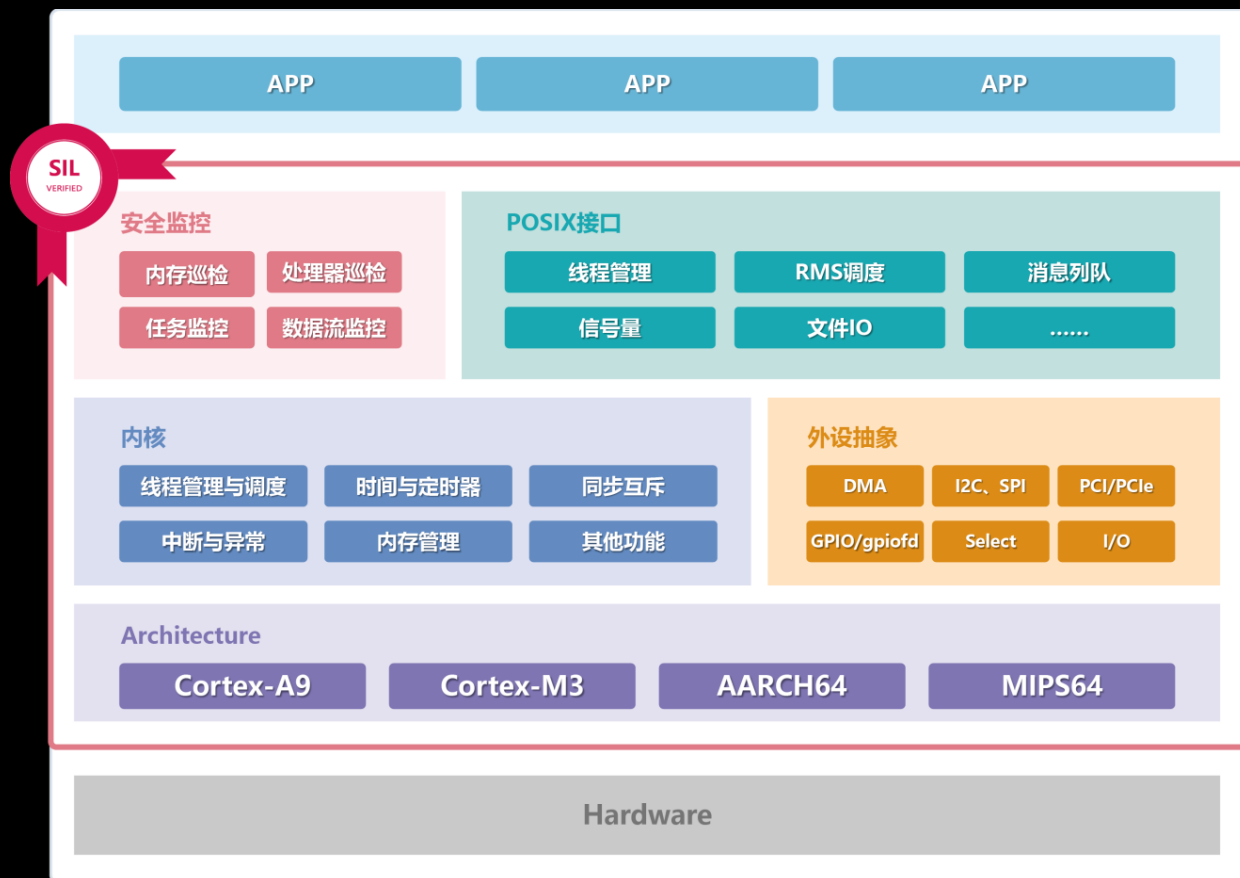
工业和信息化部赛普评测中心 (简称“赛普评测中心”)

国内首个多核64位功能安全操作系统

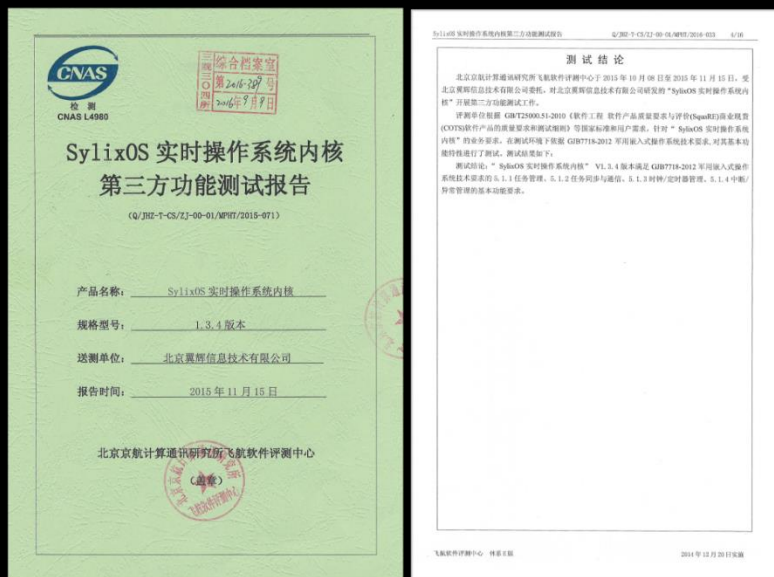
IEC61508 SIL3

EN50128 SIL4

Cortex-A9、Cortex-M3、AARCH64、MIPS64



SylixOS 通过飞航软件评测中心第三方测试



测试时间：2015 年 10 月 8 日至 2015 年 11 月 15 日

该中心依据 GB/T 25000.51-2010《软件工程 软件产品质量要求与评价(SquaRE) 商业现货 (COTS) 软件产品的质量要求和测试细则》等国家标准以及 GJB7706-2012《军用嵌入式操作系统测评要求》中规定的嵌入式操作系统测试项目，按照 GJB7718-2012《军用嵌入式操作系统技术要求》规定的嵌入式操作系统功能指标，完成了对 SylixOS 实时操作系统的独立第三方软件评测，并出具了测试报告。

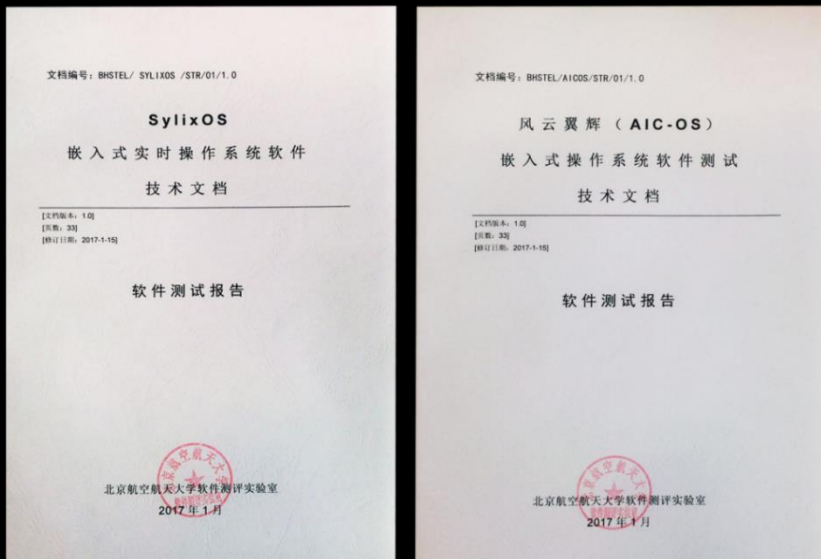
测试结论说明：SylixOS 实时操作系统符合国家军用标准 GJB7718-2012《军用嵌入式操作系统技术要求》所规定的内容，功能正确。

北京京航计算通讯研究所飞航软件评测中心的独立第三方评测，有力证明了 SylixOS 实时操作系统的软件标准、质量、可靠性完全满足军用软件对嵌入式操作系统的严苛要求。

北京京航计算通讯研究所飞航软件评测中心：

中国航天科工集团公司下属的具有相关资质的独立第三方软件评测机构，是国内最早从事军用高可靠性软件测试业务的专业机构之一，承担了多项重大武器装备的第三方软件测试与评价任务

SylixOS 通过北航软件测评实验室第三方测试



北航软件测评实验室：

所属北京航空航天大学，依托北京航空航天大学软件工程研究所的从事专业软件测试的单位，2009 年通过了国家相关职能部门的认证取得了从事专业软件测试资质证书。

测试时间：2017年1月15日

报告的测试结论说明 SylixOS 实时操作系统内核满足 GJB7718-2012 《军用嵌入式操作系统技术要求》和 GJB7714-2012 《军用嵌入式实时操作系统应用编程接口》的规定，功能正确，通过了第三方评测。

通过北航软件测评实验室的第三方评测说明了 SylixOS 实时操作系统的软件标准、质量、可靠性满足军用软件的要求和标准，完全自主的嵌入式大型实时操作系统 SylixOS 可以应用于军品的开发和生产。

SylixOS 作为嵌入式实时操作系统的后来者，使用了更先进的设计理念，使性能、安全性、可靠性达到甚至超过了众多实时操作系统，成为国内自主嵌入式实时操作系统的引领者。目前 SylixOS 已成功应用于工业自动化与通信、武器装备及国防安全、新能源应用等国家基础领域中，从 2006 年至今已有数百个项目或产品基于 SylixOS 进行开发，产品稳定可靠，SylixOS 系统节点不间断运行已超过八万小时（9 年时间）。

测试认证

工信部实时测试报告



2015 年12 月31 日，工业和信息化部赛普评测中心（简称“赛普评测中心”）对 SylixOS 实时操作系统进行了实时性测试，并出具了测试报告。此报告是工信部第一份关于操作系统实时性的测试报告。

(一) 单核无压力测试

延迟时间	值
最大延迟时间 (μs)	12
最小延迟时间 (μs)	1
平均延迟时间 (μs)	2

(二) 单核有压力测试

延迟时间	值
最大延迟时间 (μs)	26
最小延迟时间 (μs)	2
平均延迟时间 (μs)	3

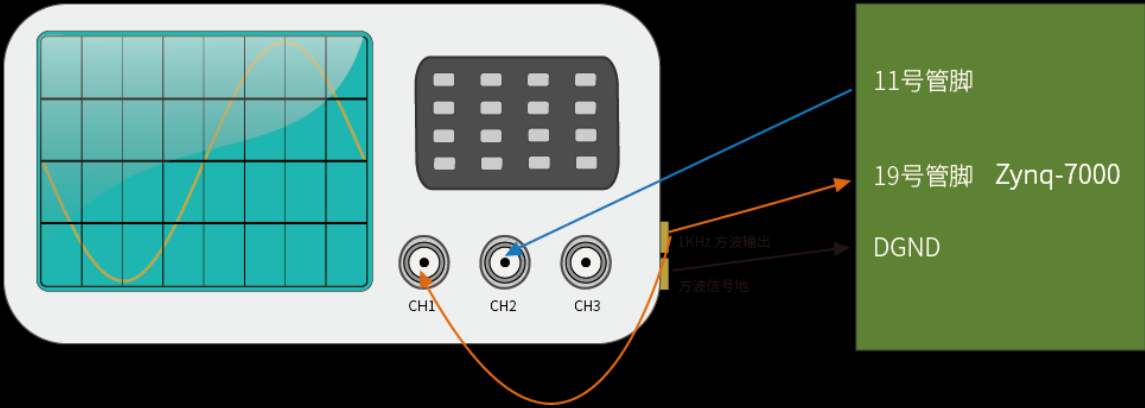
(三) 多核无压力测试

延迟时间	值			
	CPU#0	CPU#1	CPU#2	CPU#3
最大延迟时间 (μs)	13	10	6	9
最小延迟时间 (μs)	2	1	1	1
平均延迟时间 (μs)	4	3	2	2

(四) 多核有压力测试

延迟时间	值			
	CPU#0	CPU#1	CPU#2	CPU#3
最大延迟时间 (μs)	17	19	16	25
最小延迟时间 (μs)	2	2	2	2
平均延迟时间 (μs)	5	5	5	5

中断响应能力测试

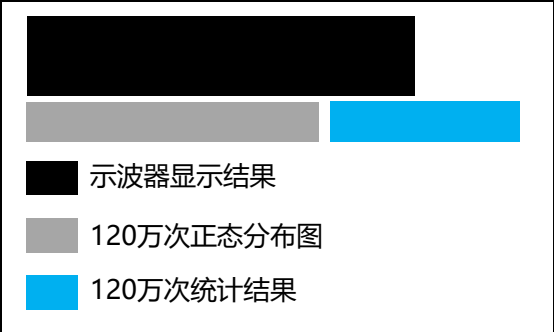


配置目标设备（Zynq-7000）的19号管脚为外部中断模式并将11号管脚配置为输出模式；

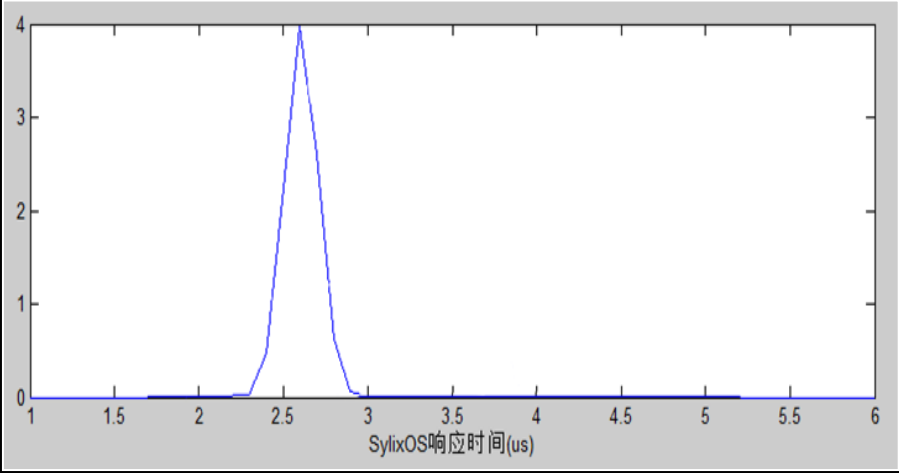
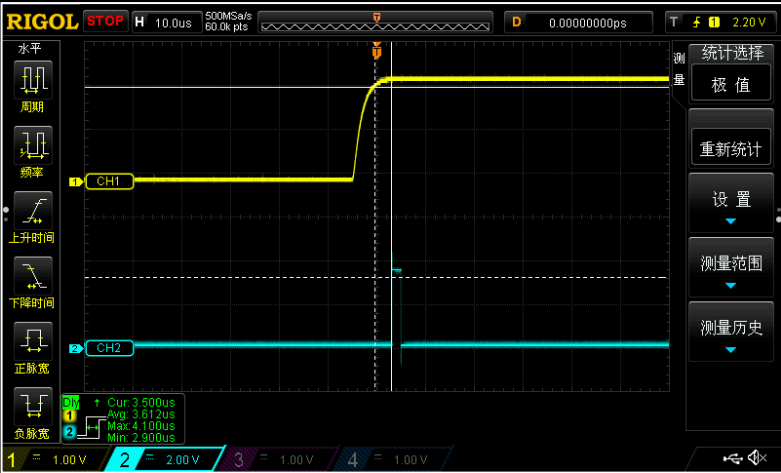
使用示波器自带的1KHz方波作为目标设备（Zynq-7000）外部中断触发源并连接19号管脚；

将目标设备（Zynq-7000）的11号管脚接入示波器的输入通道（CH2）；

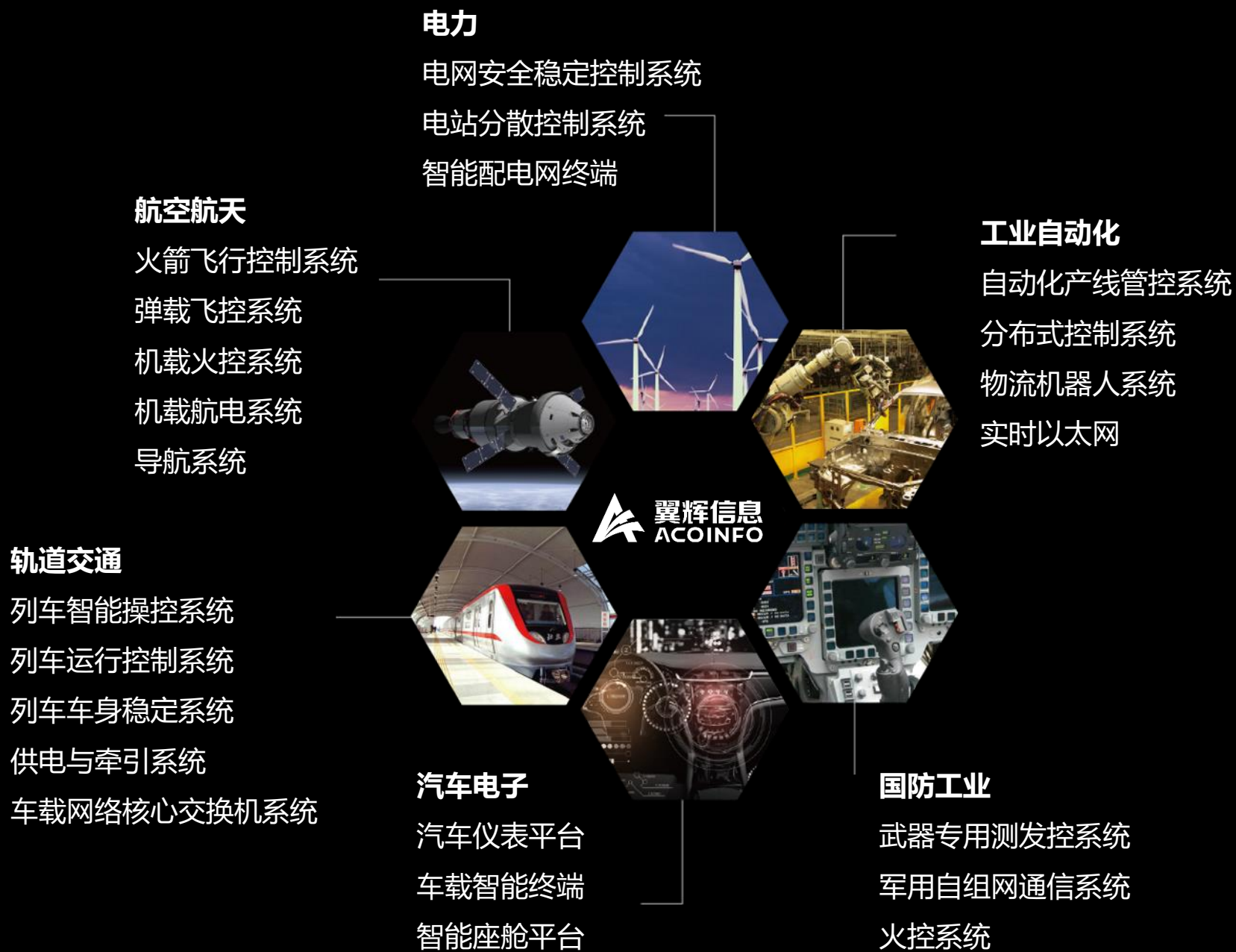
进行120万次测试并统计中断响应时间。



120万次中断	时间
最大响应时间	3.670
最小响应时间	2.310
平均响应时间	2.987



应用领域



应用案例



ABB 电气火灾报警系统



多轴联动机器人



固定翼无人机



物联网通讯卫星



轨道信号控制系统



电力保护和控制系统



世博会超级电容车



车辆信息安全系统



家用新能源发电系统



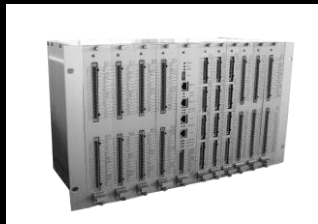
核电控制系统



卫星软件总体服务平台



煤矿智能液压支架



配电终端DTU



网络安全装置及管控系统



列车网络控制系统

SylixOS 工业控制器

硬件平台

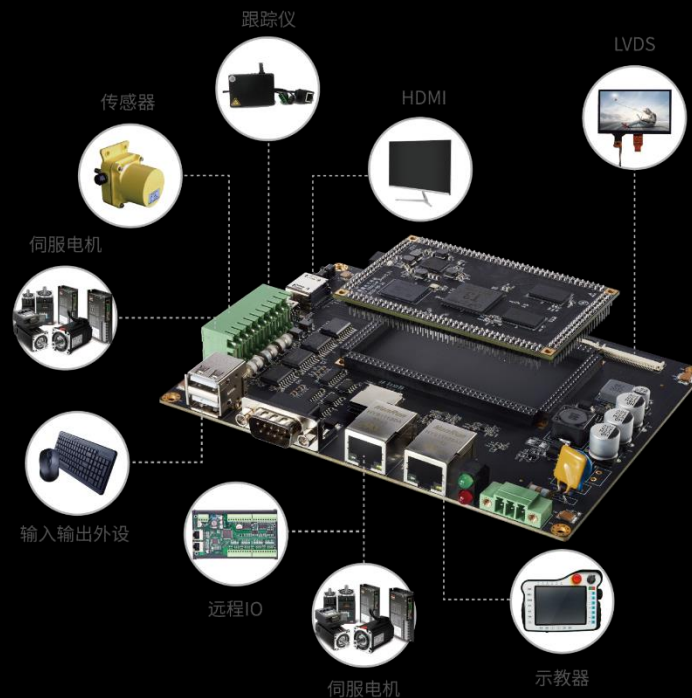
- 全志T3 A7 1.2GHz运算能力
- 浮点运算
- EtherNET*1、EtherCAT*1
- USB3.0*1、USB2.0*1
- CAN*2、RS232*3、RS485*2

软件平台

- SylixOS 嵌入式实时操作系统
- 支持 POSIX 接口规范
- 完善的开发工具（支持编辑、调试、仿真、部署、测试）IDE、支持二次开发使用
- 周期抖动 **10 μ S** 以内，任务切换 μ S 级别，中断响应 nS 级别

支持组件

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| • 支持 ROSC Runtime | • 支持基本算法库 (Boost、Egin) |
| • 支持 CODESYS Runtime | • 支持 Qt 大型图形工具 |
| • 支持 EtherCAT Acontis、IgH | • 支持 CANOpen |
| • 支持 Modbus | • 支持掉电安全文件系统 Tpsfs |



方案优势:

- 支持多种第三方工业组件
- 缩短用户开发周期，提供内核维护升级
- 翼辉团队维护内核
- 基础软硬件平台可控、更安全可靠
- 降低综合成本30%以上
- 售后积极快速响应

场景一 – 工业机器人控制器

案例：纳博特南京科技有限公司

项目：工业机器人控制器

- 原方案：x86 + LinuxRT + EtherCAT (IgH/Acontis)

实时性更好

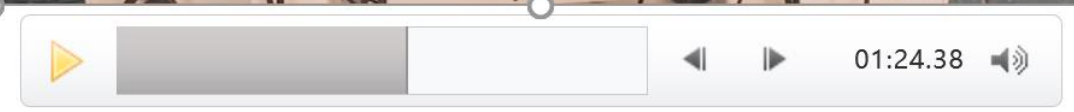
成本更低

跨平台性强

整套方案

- 现方案：ARM (T3) + SylixOS + EtherCAT (IgH/Acontis)

inexbot



硬件：Cortex-A7, 1.2GHz, 支持浮点运算

软件：SylixOS 实时系统, EtherCAT 总线, CanOpen 协议栈

适用场景：工业 4 轴 Scara 机器人, 工业 6 轴机器人 (搬运、码垛、焊接)

场景二 - CNC 机床控制器

项目：数控机床控制器

原设计

Xilinx ZYNQ7000+Linux / 实时补丁(自研发团队)

改进设计

全志 T3 + FPGA(EtherCAT, 运控算法) + SylixOS



实时性能大幅提升(广数做过对比 Linux 测试验证)



Linux内核占用MPU资源过大，裁剪困难；SylixOS内核相对较小，翼辉支持团队可协助定制裁剪，支持跨平台多芯片免重构迁移

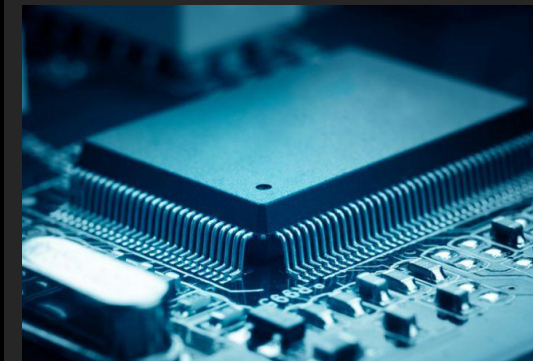


完成全国产替代，无“卡脖子”风险，有效降低方案成本



场景三 - SoftPLC 控制器

- **IGC1500** 支持 CODESYS、AnyControl, 支持SoftPLC的各种应用场景, 可应用在工厂自动化、过程自动化、嵌入式自动化、楼宇自动化、车辆自动化、能源自动化、风电、锂电等各种应用领域。



坚若磐石.万无一失



SylixOS[®]
embedded