

# 龙芯软件白皮书

2019 年 7 月

龙芯中科技术有限公司

Loongson Technology Corporation Limited

## 版权声明

龙芯中科技术有限公司版权所有。

LOONGSON、LOONGNIX 和龙芯中科是龙芯中科技术有限公司的注册商标。本文中所涉及的其他商标或产品名称均为各自拥有者的商标或产品名称。

本文中的信息若有更改，恕不另行通知。虽然已尽力确保本文的完整性和准确性，但龙芯中科技术有限公司对本文的内容不作任何保证。龙芯中科技术有限公司对本文中包含的错误或遗漏，或者因使用本文引发的任何损失概不负责。

未经龙芯中科技术有限公司许可，任何个人和组织均不得以任何手段与形式对本文进行复制或传播。

龙芯中科技术有限公司

地址：北京市海淀区中关村环保科技示范园龙芯产业园 2 号楼 100095

电话： +86 (10) 62546668

传真： +86 (10) 62600826

公司网址： [www.loongson.cn](http://www.loongson.cn)

## 目 录

一、 概述 .....	1
二、 龙芯开源社区 .....	1
三、 Linux 信息化系统.....	2
3.1 操作系统发行版 .....	2
3.2 龙芯统一系统架构与固件规范 .....	4
3.3 Linux 内核.....	5
3.4 编程语言与开发环境支持 .....	6
3.5 显卡驱动与图形环境 .....	7
3.6 Qt 图形环境.....	8
3.7 Java .....	10
3.8 浏览器 .....	11
3.9 Flash .....	12
3.10 媒体编解码 .....	12
3.11 Docker 容器.....	13
3.12 KVM 虚拟化.....	13
3.13 3D 显控.....	14
3.14 性能分析工具 .....	16
3.15 数学库 .....	16
3.16 国产基础软件（数据库、中间件及 office 等） .....	16
3.17 第三方外设支持 .....	17
四、 工控类嵌入式操作系统 .....	17
4.1 国产嵌入式操作系统的支持 .....	17
4.2 嵌入式控制类解决方案 .....	17
4.3 基于 Vxworks 系统的二三维图形解决方案 .....	18

## 一、概述

基于国产 CPU 建立自主创新软硬件产业生态体系，是龙芯中科坚定不移的发展宗旨。龙芯中科在基础软件生态建设方面积极投入，联合国内自主软件品牌厂商及国际开源社区共同建设龙芯平台的软件生态。

基于龙芯软件生态建设的成果，已在桌面办公自动化、个人桌面电脑、数据库及应用服务器、三维图形显控、大数据、云计算、云存储等诸多复杂系统领域中得到规模应用。

龙芯 CPU 的软件生态建设围绕 Linux 通用信息化系统和工控嵌入式系统两大平台展开。其中 Linux 通用信息化系统平台基于龙芯 3 号系列高性能通用 CPU，面向桌面、服务器等信息化应用；工控嵌入式系统基于龙芯各型号 CPU，面向工业控制、显示控制等嵌入式应用。

## 二、龙芯开源社区

龙芯开源社区是龙芯软件生态建设的重要阵地。结合以往龙芯产业应用实践中的经验，龙芯中科在内核、Java 虚拟机、浏览器、图形图像、KVM 虚拟化、操作系统基础设施等重点技术领域设置专门的技术团队，在龙芯产业链合作厂商、国际开源社区及龙芯爱好者等共同努力下，系统全面的推进龙芯基础软件生态建设，主要工作包括如下几个方面。

1. 建立龙芯开源软件社区 (<http://www.loongnix.org>)，加强操作系统基础软件设施的研制优化，并发布龙芯开源社区版操作系统 Loongnix。以该社区版操作系统作为基础软件优化演进的成果验证环境，集成在内核、驱动、图形环境等方面的最新进展。通过“源码开放、免费下载”的方式，支持品牌操作系统企业、整机企业及科研院所等机构在龙芯平台上研发其品牌或专用操作系统版本。
2. 积极参与到国际开源软件社区的研发工作，将龙芯平台上的最新软件优化成果同步到上游开源软件社区。目前已经向 Linux 内核、Java 虚拟机、ffmpeg 编解码库、Chromium 浏览器、Mozilla Firefox 等开源软件贡献了大规模的代码，重要开源软件的主干分支中都已较为完善的实现了对龙芯架构的支持。

3. 直接发布重要的 API 环境软件:包括内核、Java 虚拟机、浏览器、QT、媒体播放器、编译器等。API 环境软件直接影响应用开发和实际系统性能,龙芯中科设置有专门的团队对其进行适配优化和长期产品维护,通过直接发布重要的 API 环境软件,使用户能第一时间获取最新的体验。

表 1: 龙芯中科最新维护与发布的重要软件一览表

软件	版本说明
Linux 内核	2.6.32 (服务器/桌面); 3.10 (服务器/桌面); 4.18/4.19/5.2 等社区最新版 (服务器/桌面/云)。
Chromium 浏览器	Chromium31 为 32 位长期支持版; Chromium60 及以上支持 64 位版本。
Firefox 浏览器	支持版本 4 (32 位)、17 (32 位)、24 (32 位)、45 (64 位) 52 (64 位) 及最新社区版,其中 24、45、52 为长期支持版。
Java 环境	支持 OpenJDK6 和 8 两个产品版本以及最新社区版,其中从 OpenJDK8 及以上版本支持 64 位系统。
QT 图形环境	支持 4.8、5.6 和 5.9 版本。
FFmpeg 媒体编解码	2.8.7 版本及最新社区版。
GCC 编译器	GCC-4.9、GCC-7 版本及最新社区版。
Docker 容器	Docker1.12、1.13, Docker-CE-17、18 版本
KVM 组件	主要包含 Kernel3.10, Libvirt3.9.0, Qemu2.7.0, Spice0.12.5, Spice-xpi2.8.90, Spice-gtk0.26, Spice-vdagent0.15.0, Spice-protocol0.12.7, Openssl1.0.1, Virt-viewer2.0.1 一系列组件
Loongnix 开源社区版操作系统	Loongnix 是龙芯开源社区版 Linux 操作系统的品牌名称,同时支持 32/64 位两种版本。发布有桌面、服务器等不同配置版本; 2019 年将推出 Cloud 版本。
* 所有软件可从龙芯开源网站 <a href="http://www.loongnix.org">www.loongnix.org</a> 下载	

龙芯开源社区鼓励和支持国内外机构、开源爱好者共同参与龙芯基础软件生态建设。目前,国内主要的基础软件厂商和数量众多的开源爱好者都已参与到龙芯社区中,共同推进龙芯平台基础软件生态的持续发展。相关产品下载和资讯获取可以访问龙芯开源社区网站 (<http://www.loongnix.org>)。

## 三、Linux 信息化系统

### 3.1 操作系统发行版

龙芯平台的操作系统生态建设实行“以开源社区版为基础支持商业版和定制版发

展”的生态模式，即龙芯中科发布开源的社区版操作系统 Loongnix，以此作为技术和产品源头，一方面支持品牌操作系统厂商研发其商业发行版产品，另一方面持 OEM 或整机企业等机构根据需求研发其定制版操作系统。

为了解决 Linux 系统生态中长期存在的“碎片化和兼容性”问题，龙芯的操作系统发展采用了“遵循统一系统架构和规范 API 应用编程环境”的技术路线。其中“系统架构”是操作系统和整机硬件间的界面，“API 编程环境”是操作系统与应用软件间的界面。通过遵循《龙芯统一系统架构规范》（见下一节介绍），实现操作系统跨主板整机兼容和 CPU 代际兼容，达到“任意一套龙芯操作系统可以安装在不同厂商不同时期龙芯整机”的目标。通过规范 API 应用编程环境，建立操作系统平台对 API 环境支持的版本识别度，在技术创新的同时保持 API 兼容，减轻应用开发者的版本维护压力，切实保护用户利益。

在上述发展方针下，龙芯平台的 Linux 操作系统有四大类，分别是龙芯开源社区发布的“社区版操作系统 Loongnix”、操作系统厂商发布的“商业操作系统”、OEM 整机企业研制的“定制版操作系统”和国际开源社区的“开源版本”。

1. Loongnix 操作系统是龙芯开源社区推出的 Linux 操作系统，作为龙芯软件生态建设的成果验证和展示环境，集成了内核、Java 虚拟机、驱动、图形环境等操作系统基础设施方面的最新研发成果，以“源码开放、免费下载”的形式进行发布，可直接应用于日常办公、生产、生活等应用环境，同时可供合作厂商、科研机构及爱好者在龙芯平台上研发其品牌软件或专用系统。
2. “商业操作系统”由操作系统厂商基于 Loongnix 操作系统研发，龙芯中科将内核、Java、驱动等基础核心软件以“开源、公开”的方式发布给操作系统厂商，支持厂商研发商业品牌的龙芯操作系统。目前龙芯版品牌操作系统有中标、普华、湖南麒麟、中兴、深之度及凝思等。
3. “定制版操作系统”是 OEM/整机厂商在龙芯中科的支持下，以 Loongnix 社区版为基础研制的产品操作系统，技术体系上与 Loongnix 保持一致，为 OEM/整机厂商的技术创新提供可能。
4. “国际开源社区版操作系统”是由 Debian 等国际开源社区发布的操作系统。龙芯开源社区积极开展与国际开源社区的合作，Fedora、CentOS、Debian、

Ubuntu 等国际开源社区版操作系统已在龙芯平台上完成了适配和移植。这类国际开源社区版操作系统可以供兴趣爱好者进行技术预研。

Loongnix 发行版为原生 64 位系统，集成海量开源软件仓库，遵循龙芯统一系统架构，具有丰富的硬件与外设支持。主要的软件集成和支持的硬件平台如下面两个表所示。

表 2：最新版 Loongnix 主要软件集成一览表

内核	kernel3.10 的龙芯产品化版本，支持 KVM，支持龙芯 3 号系列桌面和服务器硬件平台
固件支持	兼容支持 PMON、昆仑及 UEFI，自适应提供各种固件所需要的启动文件
编译工具	提供 Gcc4.9 龙芯维护版编译器，提供 DevTools-7.3 高版本编译器，支持 glang\llvm, c, c++, objc, obj-c++, fortran, gcc-go 等；
编程语言	C/C++、bash、Java、JavaScript、XML、go、python、Ruby、Php、Perl、Fortran、Ruby、Nodejs 等
操作系统基础库	文件系统、包管理系统、安全与审计、基础图形图像库
API 基础环境	浏览器、JAVA、Qt、媒体、二三维图形环境、Electron、CEF、VS-Code、Eclipse 及 QtCreator 等
云计算	OpenStack、Docker、Ceph、KVM、oVirt、Libvirt、Virtmanager 等
第三方外设驱动	哲林/紫光/方正高拍仪、紫光/方正扫描仪/扫描枪、映美打印机等驱动

表 3：最新版 Loongnix 适配硬件平台一览

2000 处理器	3000 处理器	4000 处理器	2K1000 处理器	KVM 虚拟机
3A2000+780 单路	3A3000+780 单路 3A3000+7A 单路 3A3000 笔记本 3B3000+5690 多路 3B3000+7A 多路	3A4000+7A 单路 3B4000+7A 多路	2K1000 处理器系列	KVM Guest 虚拟机

根据应用需求，Loongnix 发行版规划桌面、服务器和云三个产品路线：

表 4：Loongnix 系统产品规划

产品线	说明
Loongnix-Desktop	面向办公等通用信息化应用的桌面版本
Loongnix-Server	面向数据库、中间件等的传统服务器版本
Loongnix-Cloud	面向云计算、云虚拟机的版本（容器、虚拟机镜像）

### 3.2 龙芯统一系统架构与固件规范

“龙芯统一系统架构”确定了操作系统和整机硬件间的界面规范，它包括对 CPU

和桥片设计规格的定义与发展规范，对固件功能及对外接口的规范，对固件和操作系统间的接口规范。通过遵循“龙芯统一系统架构”，可以实现操作系统跨主板整机兼容和 CPU 代际兼容，达到“任意一套龙芯操作系统可以安装在不同厂商不同时期龙芯整机”的目标。

为了支持龙芯统一系统架构，龙芯中科制定发布了《龙芯固件与内核接口规范》和《龙芯固件与操作系统接口规范》等标准，同时随 Loongnix 操作系统发布有“龙芯统一系统架构兼容性测试集”，供主板厂商和固件厂商进行统一系统架构的兼容性检查。这些文档和工具可以从龙芯中科和龙芯开源社区网站上下载。

龙芯平台的固件包括开源 Pmon 和 UEFI 两大类，此外国际社区的 Uboot 等固件也在龙芯的系列开发板上完成了适配。国内的昆仑、百敖等固件厂商也研制发布了龙芯平台的固件产品。这些固件产品都遵循龙芯平台统一系统架构规范。龙芯平台开源的 Pmon 代码可以从龙芯开源社区网站上下载，关于其它固件可以联系龙芯中科相关部门获取技术支持。

### 3.3 Linux 内核

每一到两年，龙芯中科会从快速迭代的内核社区版本中选择一个最新长期维护版（LTS），以此为基础发布产品内核版本。每一代内核发布后，龙芯中科都会在保持 API 兼容、产品版本长期稳定的基础上，提供 3 年以上的产品生命周期研发和维护支持。

特别需要指出的是，在每一代龙芯内核产品版本发布后的生命周期中，该版本功能特性的研发并不停滞，除了进行 BUG 和安全修复外，还根据应用需求进行大量新功能的开发和反向移植，以保证该版本内核的功能完备性和技术先进性。

当前的龙芯 3.10 内核产品版本经过龙芯中科近年来长期的维护和升级，技术状态实际已与社区 4.9 版本（2018 年初发布）相当，技术先进性和功能完备程度能够满足绝大多数的应用需求。基于 3.10 内核构筑了经过规模适配验证、比较成熟可靠的产品生态。3.10 内核将作为重要的产品平台进行长期维护支持，以保护各厂商和用户的已有投资，推动相关信息应用健康稳步发展。

同时，下一代内核版本的研发也正在开展，以满足新一代应用对内核产品版本的需求。龙芯中科正会同相关合作伙伴，加快下一代内核版本的研发。当前内核 3.10 产



品版本和下一代版本将是“长期共存、协同发展”的局面，龙芯中科将按照这一思路，与产业链合作厂商紧密合作，共建繁荣发展的国产应用生态。

### 3.4 编程语言与开发环境支持

龙芯操作系统平台支持 Java、C、Python、C++、JavaScript、PHP、SQL、Assembly language 等主流的编程语言，并设置了专业技术团队进行长期的研发和支持。到 2019 年底，龙芯中科还将发布龙芯版 .net core。

龙芯平台支持 GCC 和 LLVM 两大主流开源编译器。通过与社区的密切交互，两大编译器原生支持龙芯平台，实现了龙芯特有优化指令支持、龙芯流水线结构优化和其他特性功能，可以充分发挥龙芯处理器的性能潜能。目前，随 Loongnix 系统发布的龙芯 GCC 编译器支持版本为 Gcc-4.9/Gcc-7，LLVM 编译器支持版本为为 LLVM-8.0。

龙芯平台还支持主流的集成开发环境如 Eclipse、QtCreator、VScode 等，支持 EJTAG 在线调试和细粒度性能评估。随 Loongnix 发布的 Eclipse 目前版本为 4.4.1，QtCreator 为 4.3.1 版本（可以支持 Qt5.9.8 及以前个版本的 Qt 开发）。

表 5：龙芯版 QtCreator 支持情况

功能	是否支持	备注
C/C++/JS 编辑	支持	
GCC 编译器配置	支持	已修复编译器识别问题
GCC 编译	支持	
CMake 配置	支持	
GDB 调试	支持	
Gdbserver 远程调试	支持	
QML 设计器	支持	
QML 调试	支持	
界面设计器	支持	
Valgrind 内存分析	不支持	Valgrind 外部程序不支持

VScode 是一款免费开源的现代化轻量级代码编辑器，支持几乎所有主流的开发语言的语法高亮、智能代码补全、自定义热键、括号匹配、代码片段、代码对比 Diff、GIT 等特性。随 Loongnix 系统发布的 VScode 为 1.35 版本，用户可以通过 Loongnix 官方软件源 yum 的方式进行安装使用。

### 3.5 显卡驱动与图形环境

龙芯中科在图形系统的研发和优化工作包含三个方面内容：

1. 在显卡 GPU 驱动层面，结合系统架构进行优化，以充分释放 GPU 硬件的性能潜力；
2. 在渲染库、解码库等基础图形库层面，结合龙芯 CPU 架构进行算法优化，推动整体系统性能的改善；
3. 在 QT 等上层图形应用环境层面，进行瓶颈模块优化、基础环境完善，同时结合具体性能指标，与应用开发者协同进行适配、定制与优化。

在显卡支持方面，当前基于龙芯 3.10 内核的 Loongnix 系统同时支持龙芯集显、AMDGPU 和 Radeon 的三种 GPU 驱动架构，基本可以实现对目前所有已知 AMD 独立显卡的支持。

表 6：龙芯 3.10 内核与社区 4.4 版本对 GPU 驱动支持对比表

Family	显示核心	龙芯 3.10	内核社区 4.4
Southern Islands	CAPE VERDE	√	×
	PITCAIRN	√	×
	TAHITI	√	×
	OLAND	√	×
	HAINAN	√	×
Sea Islands	BONAIRE	√	√
	KABINI	√	√
	MULLINS	√	√
	KAVERI	√	√
	HAWAII	√	√
Volcanic Islands	TONGA	√	√
	ICELAND/TOPAZ	√	√
	CARRIZO	√	√
	FIJI	√	√
	STONEY	√	√
	POLARIS10	√	×
	POLARIS11	√	×
	POLARIS10	√	×
VEGAM	×	×	

表 7：龙芯 3.10 内核支持集成显卡型号表

厂商	显卡级别	支持型号
龙芯	集成显卡	龙芯 2H/7A 桥片/龙芯 2K SOC
AMD	低端消费级	R5 230/RX460/RX470/RX480 及以前
AMD	中端消费级	RX550/RX560/RX570/RX580/RX590
AMD	中低端专业级	WX2100/WX3100/WX4100
AMD	高端专业级	WX5100/WX7100
AMD	高效能嵌入式	E6465/E9170
AMD	高性能嵌入式	E8860/E9260/E9550
因更新时效，最新支持列表请查询： <a href="http://www.loongnix.org/index.php/Loongnix">http://www.loongnix.org/index.php/Loongnix</a>		

### 3.6 Qt 图形环境

Qt 是一个跨平台的 C++ 应用程序框架。龙芯中科设置了专业的 QT 团队，发布有龙芯优化版 Qt。龙芯平台 Qt 主要的优化技术包括：向量指令优化、内存填充过程的优化、渲染引擎绘制过程的算法级优化、OpenGL 后端绘制过程的椭圆绘制的优化。经过优化，基于 QT 的 2D 和 3D 应用程序，性能指标有大幅度的提升。龙芯基于 QT 产品优化成果已经应用于 WPS office 办公软件、设备显控项目等众多应用。

目前龙芯平台上长期支持的 Qt 版本为 Qt4.8、Qt5.6 和 Qt5.9。Loongnix 系统默认集成 Qt5.9.8 版本。下面用列表介绍 Qt 功能的支持情况。

表 8：Qt4.8 各模块的支持

模块	是否支持	备注
QtCore	支持	
QtGui	支持	加入 MMX 指令
QtNetwork	支持	
QtXml	支持	
QtXmlPattern	支持	
QtWebkit	支持	
QtScript	支持	
QtSvg	支持	
QtOpenGL	支持	独显或 3A780

QtDeclarative	支持	
---------------	----	--

表 9：Qt5.9 各模块的支持

模块	是否支持	备注
QtCore	支持	
QtGui	支持	
QtWidget	支持	
QtNetwork	支持	
QtXml	支持	
QtDeclarative	支持	无 JIT 特性，需独显或 3A780
Qt3D	支持	Qml 部分需独显或 3A780
QtCanvas3D	支持	Qml 部分需独显或 3A780
QtCharts	支持	Qml 部分需独显或 3A780
QtConnectivity	支持	
QtDatavis3d	支持	Qml 部分需独显或 3A780
QtEnginio	支持	
QtGamepad	支持	Qml 部分需独显或 3A780
QtGraphicalEffects	支持	
QtLocation	支持	
QtMultimedia	支持	软解
QtQuickControls2	支持	Qml 部分需独显或 3A780
QtQuickControls	支持	Qml 部分需独显或 3A780
QtRemoteObjects	支持	
QtScript	支持	无 JIT 特性
QtSCXml	支持	
QtSensors	支持	
QtSerialBus	支持	
QtSerialPort	支持	
QtSpeech	支持	
QtSvg	支持	
QtVirtualKeyboard	支持	需独显或 3A780
QtWebChannel	支持	
QtWebSockets	支持	
QtWebView	支持	Qml 部分需独显或 3A780
QtWebEngine	支持	Qml 部分需独显或 3A780 暂不支持视频播放
QtRemoteObjects	支持	

QtScript	支持	无 JIT 特性
PyQt5	支持	

### 3.7 Java

龙芯是 Java 国际社区 JCP (Java Community Process) 的正式成员 (Full Member)。早在 2010 年, 龙芯中科就组建了专门的 Java 虚拟机研发团队, 长期专注于即时编译等核心关键技术的研发, 发布了多个产品级的龙芯 OpenJDK 版本, 推动龙芯平台上 Java 应用执行效率的持续提升。目前在龙芯平台上主要维护的 Java 虚拟机版本为 OpenJDK 8。该版本通过了 TCK 测试、jstest 测试等大量标准 Java 测试集的完备度验证, 在功能上与 x86/Linux 平台上的 Java 执行环境高度兼容, 可以在二进制级实现 Java 应用的跨平台无缝迁移。下表为龙芯 OpenJDK 与主流 JDK 的特性对比。

多年来, 龙芯中科积极参与 Java 国际开源社区的相关工作, 是 OpenJDK 开源社区的重要贡献力量, 拥有近 10 名“OpenJDK Author 级权限”员工, 数量居国内第一。龙芯 OpenJDK 团队为社区 OpenJDK 13 解决问题数量, 国际前列, 国内第一。国外的 Azul 等公司基于龙芯 OpenJDK 源码进行 MIPS32 二次开发, 为中国开源软件走向世界产生了积极的国际影响。

龙芯 OpenJDK 产品已在实际生产环境中得到广泛大量应用, 支撑起诸多基于 JAVA 的使用场景。如 Web 服务器 Apache Tomcat; 开发工具 Eclipse; 自动化工具 Jenkins; 中间件金蝶, 中创, 东方通等; 办公软件永中 office; 各种企业、政务办公 OA 系统; 各种开源 Java 系统 Xwiki、JeeCMS、CoreMail 等; 开源大数据应用 Hadoop、Hive、Mesos、Zookeeper、Kafka、Storm 等等。

表 10: 龙芯 OpenJDK 与其它主流 JDK 的特性对比

对比项	龙芯 OpenJDK	Oracle Java SE	Debian OpenJDK	Adopt OpenJDK	Azul Zulu
1 基于 OpenJDK	√	√	√	√	√
2 100%开源 随意使用和重新发布	√	×	√	√	√
3 通过 TCK 测试 符合 Java 规范	√	√	×	×	√
4 是否免费	√	×	√	√	部分

5	及时获取最新安全更新和修复	√	√	在 OS 版本维护周期内	√	√
6	多平台支持 (x86/aarch64..., Windows/Linux...)	×	√	√	√	√
7	支持 MIPS64	√	×	√	×	×
8	同 Oracle Java SE 性能相当	√	√	√ (MIPS 除外)	√	√
9	支持多种安装方式 (tar, deb, rpm, docker, JDK/JREs)	部分	部分	×	部分	√
10	OpenJFX (JavaFX)	√	√	√	×	√
11	Java Web Start 和 Applets	√	√	√	×	×
12	专业技术支持	√	√	×	×	√

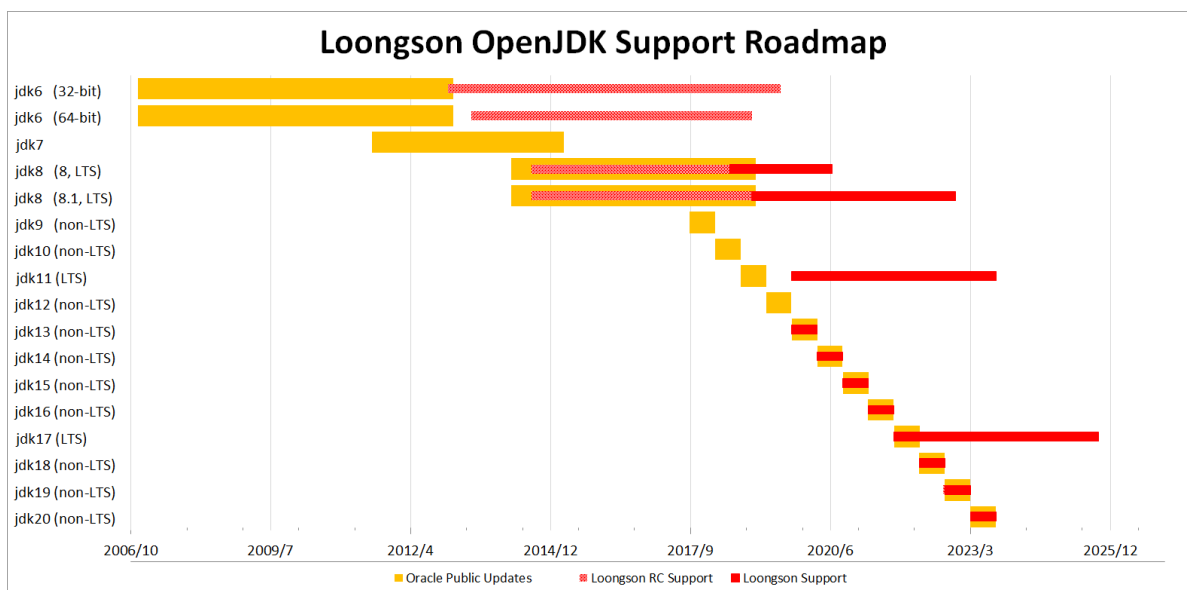


图 1: 龙芯 OpenJDK 的版本支持路线

### 3.8 浏览器

龙芯中科积极投入国际浏览器开源社区的研发，是 Chromium、Firefox 浏览器国际开源社区的 MIPS 分支的维护单位。2019 年龙芯中科正式加入 W3C 国际标准化组织，成为 AC 一员，拥有投票权。

Chromium 和 Firefox 两大主流开源浏览器在龙芯平台上均可稳定可靠运行，当前稳定支持版本为 64 位 Chromium60、Firefox52。龙芯平台的浏览器产品具备有完善的 HTML5、WebGL、Flash、JS/JIT、性能剖析工具、视频播放等功能，可应用的领域包括：三维 WebGL/GIS，2dCanvas 地图标绘、富媒体页面展示、在线视频播放、办公插件、Flash、WebRTC 等领域。

表 11：Firefox 浏览器特性一览

产品特性	支持情况
HTML5 跑分	460 分
NPAPI 插件功能	支持
flash 视频播放功能	支持
WebRTC 视频功能	支持
HTML5 video 视频功能	支持
profiler 调试功能	支持
WebExtension 扩展支持	支持
WebGL 3D 功能	支持
WASM 机制	支持
JS 引擎 JIT 机制	支持

### 3.9 Flash

针对国产平台 Flash 应用支持空白，2017 年，龙芯中科与相关厂商合作完成了最新版 Flash Player 浏览器插件在龙芯平台的移植工作，发布了支持 32 位操作系统和 64 位操作系统的两个版本，通过了 Adobe DCTS 功能测试，支持 Adobe 的 Action Script 2、Action Script3 和 Flash11 格式的文件播放，可满足 Flash11 以上版本的音视频播放及交互式应用系统的需要。

### 3.10 媒体编解码

FFMPEG 是 Linux 系统上音视频相关应用的基础支撑库。龙芯中科多媒体团队通过向量汇编、多核并行等技术对 FFMPEG 解码库进行了深入优化，在 3A3000 平台上，可以实现 H264、mpeg4、VP8、VP9、theora 等主流格式 720P 和 1080P 高清视频的流畅播放。基于 FFMPEG 的 MPlayer、SMPlayer、Gnome-mplayer、MPV、VLC 和基于 GStreamer

的 totem 等开源媒体播放器在龙芯系统都有完善支持。

龙芯中科是 FFMPEG 等重要媒体开源项目的成员单位，积极参与 FFmpeg 等音视频项目的社区工作（libvpx、openh264、x264 等），累计向 FFmpeg、libvpx、openh264 开源社区贡献数万行代码，是 FFMPEG 等项目 mips 分支的 maintianer。

大量提供音视频应用服务的公司已经开始在龙芯平台上实现在线视频会议系统、视频监控系统和云视频分发系统的研发。例如某远程视频会议系统供应商基于龙芯 3B3000 已经实现 1 编 4 解 720P 25fps 的效果（即可以满足四人同时在线视频会议，画质达到 720P 25fps）。

龙芯平台上还实现了对 AMD/ATI 系列显卡的硬件解码器的驱动支持，可以通过硬件解码单元实现 H264、MPEG4、VC1 等各类高清媒体格式的播放。

用户可直接通过 Loongnix 官方源 yum 安装使用 FFmpeg 库，最新版本为 2.8.7-7。开发者用户也可以直接在 FFmpeg 开源社区获取源码进行编译安装，最新版本为 4.1.3 版本，针对龙芯平台的适配和优化已经及时合并到上游社区源码库中。

### 3.11 Docker 容器

在容器虚拟化技术方面，基于 Loongnix 及其它国产操作系统，完成了 Docker 容器引擎在龙芯平台的适配和优化，具备虚拟机资源配额设置（cpu 核数、内存大小、网络带宽）、虚拟机和物理机网络端口映射等完备功能；支持 Kubernetes、Docker Swarm 容器管理和容器编排引擎，支持动态节点扩展、负载均衡、宕机切换和容错机制。

目前龙芯平台上支持 Docker1.12、1.13，Docker-CE-17、18 等最新版本，用户可以通过 Loongnix 官方源 yum 安装使用。此外在 docker hub（hub.docker.com）创建了 Loongnix 仓库，在 Loongnix 系统下，只需输入“docker search loongnix”命令，即可查询龙芯在 docker hub 上发布的各种容器镜像。大量合作厂商基于龙芯平台完成了容器虚拟化的产品研发，相关产品得到了广泛应用。

### 3.12 KVM 虚拟化

龙芯中科于 2019 年正式发布了 KVM 虚拟机产品解决方案，支持全功能的虚拟化云主机系统，支持以 Spice 协议和 QXL 虚拟图形为基础的云桌面应用，支持 Openstack



等主流云计算环境,支持 Ceph 分布式存储系统。龙芯 KVM 虚拟机产品解决方案包括下面五方面的技术内涵:

在 CPU 芯片方面,龙芯 3B3000 CPU 在处理器执行模式、流水线执行环境、TLB 存储管理、中断与异常机制、虚拟机辅助机制和时钟系统方面实现了对虚拟化的硬件支持,可在多个层次和各类场景下显著提升虚拟化的效率。

在 Linux 内核方面,以 Linux 内核作为基础环境,实现了标准的 KVM 虚拟化模块,完成了对 CPU 虚拟化、存储虚拟化和 IO 虚拟化等的支持。以 Spec CPU2000 为代表的典型应用基本都可以达到 95%以上的虚拟化执行效率。

在 QEMU 虚拟机模拟环境方面,实现了对龙芯 3 号计算机系统架构的标准化模拟,支持虚拟 PCI 总线动态枚举、虚拟 USB 动态扫描,实现了基于 VirtIO 的 IO 虚拟化支持,可以高效支持虚拟网络、虚拟显示等功能。

在云桌面应用环境 (VDI) 方面,完成了 Spice 协议在龙芯系统上的优化适配,完成了 QXL 虚拟图形的开发适配,实现了 USB 重定向等功能,对 Remote-Viewer、OpenSSL 等虚拟化组件进行了深度优化,具备完备支撑云桌面办公环境的应用能力。

在云计算应用环境方面,完成了 Libvirt、VirtManager 等基础运维管控组件的适配开发,实现了虚拟机动态迁移、动态资源调整,故障自动恢复等功能开发,完成了 Openstack 等大型云计算应用环境的移植和验证,完成了与统一分布式存储系统 Ceph 的验证。

表 12: 龙芯 KVM 主要组件版本:

kernel	3.10	内核
libvirt	3.9.0	虚拟化平台的开源的 API
qemu	2.7.0	虚拟化模拟器
spice	0.12.5	虚拟化传输协议族
spice-xpi	2.8.90	虚拟化传输协议族
spice-gtk	0.26	虚拟化传输协议族
spice-vdagent	0.15.0	虚拟化传输协议族
spice-protocol	0.12.7	虚拟化传输协议族
virt-viewer	2.0.1	远程虚拟机连接工具

### 3.13 3D 显控

龙芯显控中间件是一款自主研发二三维一体化的显控中间件，可充分发挥龙芯平台 2D/3D 性能，保障软件流畅运行；集矢量瓦片、并行计算、批处理等关键技术于一身；支持龙芯版嵌入式操作系统，系统启动+中间件启动时间小于 20 秒。

中间件分为屏幕 2D 坐标系显示模式和 3D 坐标系两种显示模式。支持海量高清卫星影像数据，数字高程数据、矢量图层数据、第三方格式模型数据以及图片等一系列数据；支持调用系统提供的系统工具功能以及自由扩展工具，并能够和场景交互操作；支持场景元素的管理。

表 13：龙芯显控中间件与开源引擎对比

	龙芯显控中间件	OSGEarth	Ogre	备注
矢量瓦片	支持	不支持	不支持	
Billboard	支持 (同屏 1 万/60fps)	支持 (同屏 1 万/30fps)	支持 (同屏 1 万/30fps)	
Label	支持 (同屏 1 万/60fps)	支持 (同屏 1 万/30fps)	支持 (同屏 1 万/30fps)	龙芯实现的 Label 具备窗口特性，可以支持图片叠加，多行文本显示。及元素动态更新，后面版本可以实现视频及子地球显示
模型	支持 (只支持 gltf)	支持 (支持多种模型格式)	支持 (支持多种模型格式)	
几何图型	支持	支持	支持	
天气特效	不支持 (需要定制开发)	支持	支持	
Czml (动态仿真协议)	支持	不支持	不支持	
粒子效果	不支持	支持	支持	
3DTile	支持	不支持	不支持	

在典型应用场景（支持图标和标牌拖拽, 图标数量 1 万，标牌数量 1 万，短线数量 1 万，点数量 100 万）情况下的优化效果如下表所示。

表 14：采用龙芯显控中间件性能优化效果:

编号	优化前 (500 个/S 更新)	优化后 (500 个/S 更新)	性能提升
1	20	50	250%

2	22	53	240%
3	20	52	260%
4	22	54	245%
5	22	56	254%
6	21	54	257%
7	20	57	254%
8	22	56	230%
9	23	55	230%
10	20	56	280%

### 3.14 性能分析工具

龙芯平台上支持 Oprofile、Perf 等 Linux 平台常用的性能分析工具。通过与龙芯处理器架构进行适配，这些工具可以在微结构级细粒度地分析系统和应用性能，可以统计的信息包括：cache 的缺失率、memory 的访存信息、分支预测错误率、系统调用次数、上下文切换次数、任务迁移次数、缺页例外次数等。上述两款性能剖析工具集成在龙芯各类操作系统发行版中，用户也可以通过龙芯软件生态建设官网 (<http://www.loongnix.org>) 下载并了解其使用方法。

### 3.15 数学库

龙芯中科研发了优化版的数学软件库产品。龙芯数学软件库精度符合 IEEE-754 标准，提供 O32、N32、N64 三种 ABI 版本，并且数学库接口与 Glibc 保持一致。

### 3.16 国产基础软件（数据库、中间件及 office 等）

在龙芯平台上支持的国产数据库：包括武汉达梦、人大金仓、神舟通用、南大通用、汉高、优炫等数据库；此外，龙芯平台上还支持开源 MySQL/Mariadb、mongoDB 等主要的开源数据库。

在中间件方面：龙芯平台可完善支持山东中创、东方通、金蝶天燕应用服务器、金蝶天燕消息中间件等国产中间件产品；WebLogic 等开源中间件产品也在龙芯上完成了适配和应用推广。

在办公软件方面：国产 WPS Office 2019 for Linux 专业版、中标普华 Office、

永中 Office 以及开源的 OpenOffice 都已经完成在龙芯平台上的移植。在此期间，龙芯中科紧密配合金山等 Office 厂商进行性能优化，显著提升了办公软件在龙芯系统上的用户体验。

### 3.17 第三方外设支持

在龙芯平台上，目前已完成大量的第三方外设适配，支持奔图、天津光电、HP、联想、佳能、理光、富士等打印机，支持映美针式打印机，支持哲林、紫光和方正等高拍仪，支持紫光、方正和奔图等扫描仪/扫描枪，支持绘王、汉王手写板/手绘板，支持飞天诚信等安全 KEY，支持诚章、中控、圣点等指纹仪等外设。这些外设已经在各项目中得到了广泛的产品应用。上述外设已经在各项目中得到了广泛的产品应用。

具体适配厂商列表，请访问：

“<http://www.loongnix.org/index.php/Loongnix> 外设适配列表”。

## 四、工控类嵌入式操作系统

### 4.1 国产嵌入式操作系统的支持

在对国产自主创新嵌入式操作系统支持方面，龙芯中科支持并积极配合国内自主嵌入式操作系统研制单位，完成龙芯平台的产品研发及适配优化工作。

表 15：目前龙芯平台支持的国产平台

支持的国产嵌入式操作系统	GUI 开发环境
锐华操作系统	QT
道系统	miniGUI
天脉操作系统	Tilcon
天熠操作系统	...
中兴嵌入式操作系统	
神舟嵌入式操作系统	
翼辉操作系统 SylixOS	
...	

### 4.2 嵌入式控制类解决方案

针对嵌入式控制类应用所要求的高可靠性、高实时性、系统精简性及对图形显示低要求等特点，龙芯中科提供以 vxWorks 和 RtLinux 为主的系统解决方案。

vxWorks 解决方案：针对龙芯 1A、1E1F、2H、2J/2I+5536、2J/2I+1A、

3A1000/1500/2000/3000 + 780E 、 3A1000/1500/2000/3000 + 2H 和 3A1000/1500/2000/3000+7A 等硬件平台, 提供 PMON 及以 vxWorks6.8 为主的 BSP 开发包等软硬件系统解决方案, 可应用于各类嵌入式实时控制类系统; 同时也可提供 vxWorks6.7 的设计服务。

RtLinux 解决方案: 针对龙芯 2H、2J/2I+1A、3A1000/1500/2000/3000+780E、3A1000/1500/2000/3000+2H 和 3A1000/1500/2000/3000+7A 等硬件平台, 提供 PMON、以 Kernel-3.10 为主的 RtLinux 内核支持包、精简文件系统等软硬件系统解决方案, 可应用于各类嵌入式实时控制类系统。

### 4.3 基于 Vxworks 系统的二三维图形解决方案

在基于龙芯平台的 vxWorks 系统上, 龙芯提供基于 Qt 二三维一体的高性能嵌入式图形解决方案。可满足工业领域如显控, 指控系统对复杂显示界面的需求, 充分利用 GPU 资源对 Qt 图形库进行优化, 可实现平滑迁移 QT 应用程序的同时获得 GPU 硬件加速能力。在显示驱动方面: 支持像素填充, 块拷贝和硬件光标等功能的二维硬件加速接口, 支持 EGL 1.4 规范的接口, 支持 OpenGL 2.1 规范和 OpenGLES 2.0 规范的三维图像接口, 支持多种硬件显示接口以及多路输出, 并且支持横向、纵向多屏扩展。只需通过设置环境变量即可实现对分辨率, 色深, 单屏, 多屏等常用功能进行设置, 对驱动进行模块化的设计, 实现加载不同驱动, 即可在不同的龙芯硬件平台上运行, 无需重新编译应用程序, 极大方便用户进行应用迁移。针对三维应用还提供了实时性能分析工具 HUD, 实时监控每一帧画面的绘制信息, 包括顶点、图元数量、实时帧率、Draw Calls、顶点着色器调用量、片段着色器调用量等, 方便用户对三维应用进行分析和优化。

在嵌入式 QT 的支持方面: 同时支持 DKM 和 RTP, 以及 RTP 下的多进程功能, 支持 QtCore、QtGui、QtNetwork、QtOpenGL 等多个 Qt 模块, 具体支持的模块如下表所示:

**表 16: 嵌入式 Qt 主要功能模块支持:**

模块名	是否支持	备注
QtCore	是	支持嵌入式平台的全部功能
QtGui	是	支持嵌入式平台的全部功能
QtNetwork	是	支持 ftp、tcp、udp 等功能, 不支持 openssl

QtXml	是	完全支持
QtXmlPattern	是	完全支持
QtSvg	是	完全支持
QtSql	是	完全支持
QtOpenGL	是	支持 OpenGL ES2.0

后续还将在嵌入式系统平台上增加更多的 QT 功能模块，满足客户多样的需求。

在硬件平台支持方面，龙芯中科研发的 vxWorks 嵌入式图形解决方案，已经支持了 780E、7A1000 以及 2H 桥片的集显，E6465、E8860 的独显以及 2K1000 片上集显；硬件平台包含 3A3000 以及 2K1000，以及正在适配的 3A4000。

表 17：龙芯 vxWorks 图形解决方案的显卡支持

架构	支持
基于 radeon 构架的 GPU 驱动	AMD 780E 桥片的集显； AMD E6465 和 E8860 的独显。
基于 vivante 构架的 GPU 驱动	龙芯 7A1000、2H 桥片的集显； 龙芯 2K1000 片上集显。

表 18：显卡驱动功能支持

	2D 加速	3D 加速	硬件光标	多屏扩展
radeon 驱动	支持	支持	支持	支持
vivante 驱动	支持	不支持	支持	支持

通过对上述 CPU+桥片+GPU 的相互组合，可以形成多种图形解决方案的硬件平台，并支持 720P 及以下大小 mp4/h264 视频播放。

表 19：龙芯嵌入式图形解决方案功能支持一览

	DKM 模式	RTP 模式	RTP 多进程	3D 功能	中文输入法	视频播放
3A780E 集显	支持	支持	支持	支持	支持	支持
3A780E+E6465	支持	支持	支持	支持	支持	支持
3A780E+E8860	支持	支持	不支持	支持	支持	支持
3A2H 集显	支持	不支持	不支持	不支持	支持	支持
3A2H+E6465	支持	支持	支持	支持	支持	支持
3A7A 集显	支持	不支持	不支持	不支持	支持	支持
3A7A+E6465	支持	支持	支持	支持	支持	支持
3A7A+E8860	支持	支持	不支持	支持	支持	支持

龙芯软件白皮书

2K 集显	支持	不支持	不支持	不支持	支持	支持
2K+E6465	支持	支持	支持	支持	支持	支持

针对有 3D 功能需求的显控方案：可以在 3A780E 集显、3A7A+E6465、3A7A+E8860 等方案中选择。