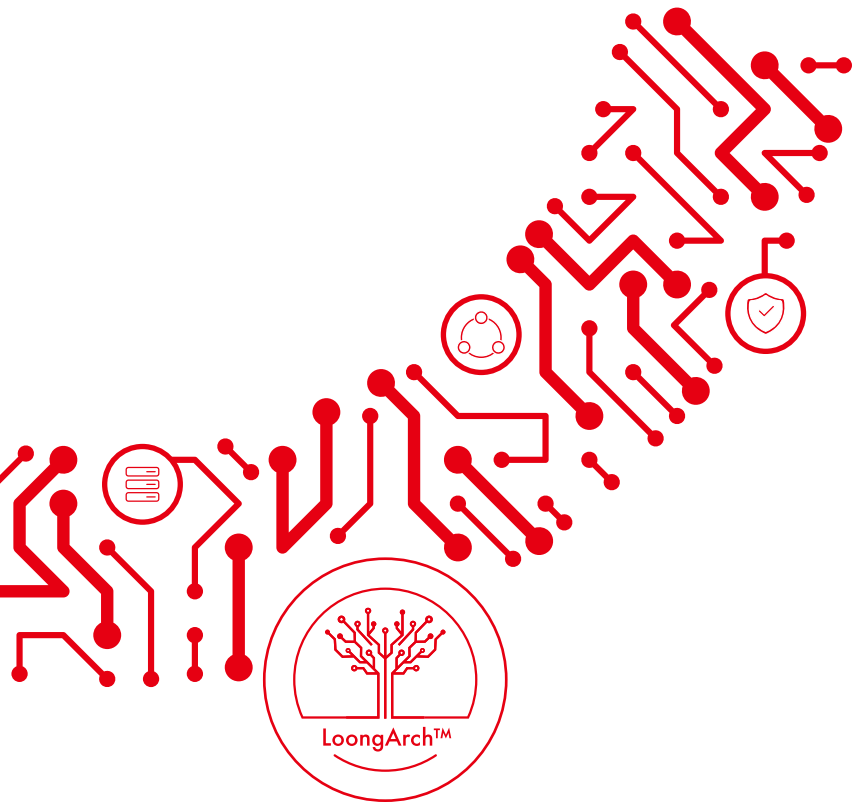


龙芯生态白皮书 2022年



龙芯生态工作组

发布时间：2023年3月

© 2008-2023, 龙芯中科, 保留所有权利

龙芯中科股份有限公司
Loongson Technology Corporation Limited

版权声明

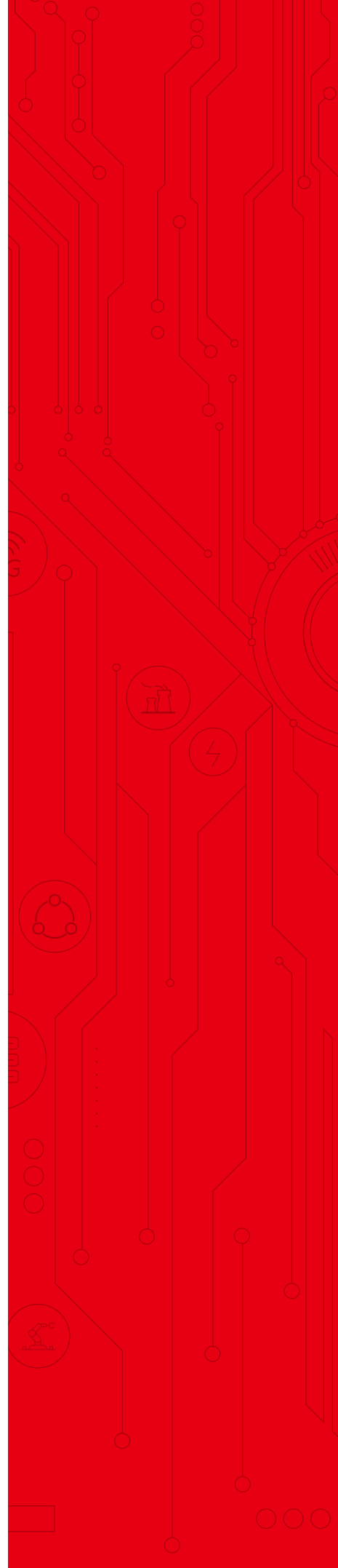
本白皮书版权属于龙芯中科技术股份有限公司所有，受法律保护。未经许可，任何单位及个人不得以任何方式或理由对报告内容进行使用、复制、修改或与其它产品捆绑使用、销售。

转载、摘编或引用白皮书内容和观点应注明“来源于龙芯中科技术股份有限公司《龙芯生态白皮书（2022年）》”。

凡侵犯版权等知识产权的，必依法追究其法律责任。

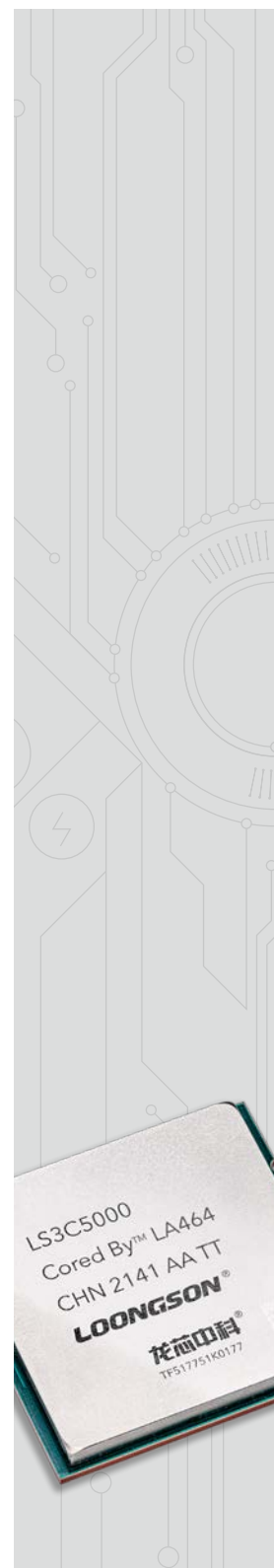
免责声明

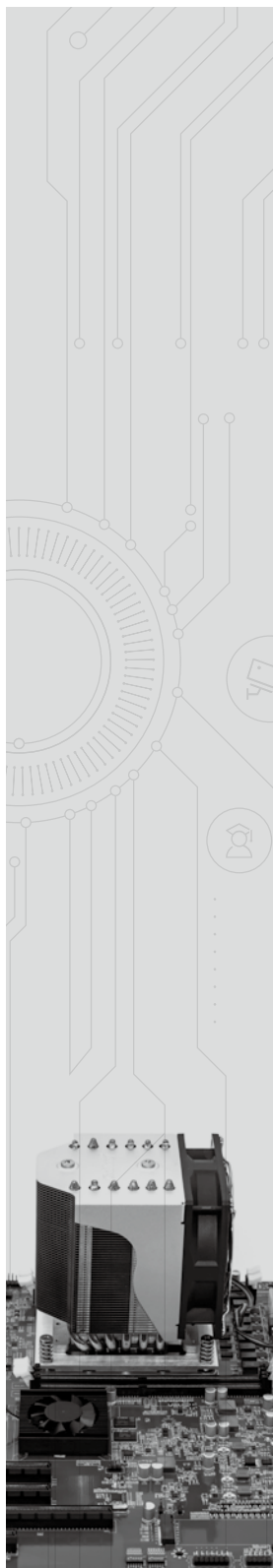
本报告由龙芯中科技术股份有限公司编写。部分数据和观点来自公开信息或网络，编写单位不承担相关责任。



目录

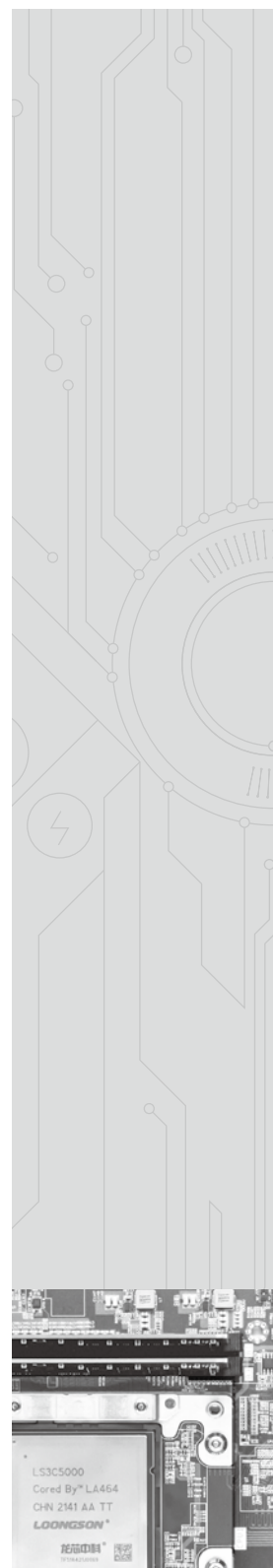
第一章 龙芯自主生态发展理念	1
1.1 生态体系层次	2
1.2 芯片底层核心技术	2
1.3 自主指令系统	3
1.3.1 指令系统承载软件生态	3
1.3.2 LoongArch 自主指令系统	4
1.3.3 两种不同层面的软件生态：API 和 ISA	5
1.3.4 应用迁移策略	6
1.4 自主 IP 设计	8
1.5 供应链安全	8
1.6 性能	9
1.6.1 基于自主路线的性能发展原则	9
1.6.2 自主 CPU 性能已逼近市场主流水平	9
1.7 软件生态	11
1.8 LoongArch 生态发展水平	14
第二章 龙芯 CPU 及配套芯片	19
2.1 龙芯中科介绍	20
2.2 核心 IP	20
2.2.1 CPU IP	21
2.2.2 GPU IP	22
2.2.3 互联及接口 IP	23
2.2.4 IP 授权	23
2.3 芯片产品系列	24
2.4 LoongArch 架构的 CPU 新品	25
2.4.1 龙芯 3A5000	25
2.4.2 龙芯 3C5000	25
2.4.3 龙芯 2K0500	26
2.4.4 龙芯 2K1000LA	26
2.4.5 龙芯 2K1500	27
2.4.6 龙芯 2K2000	27
2.4.7 龙芯 1C102	28

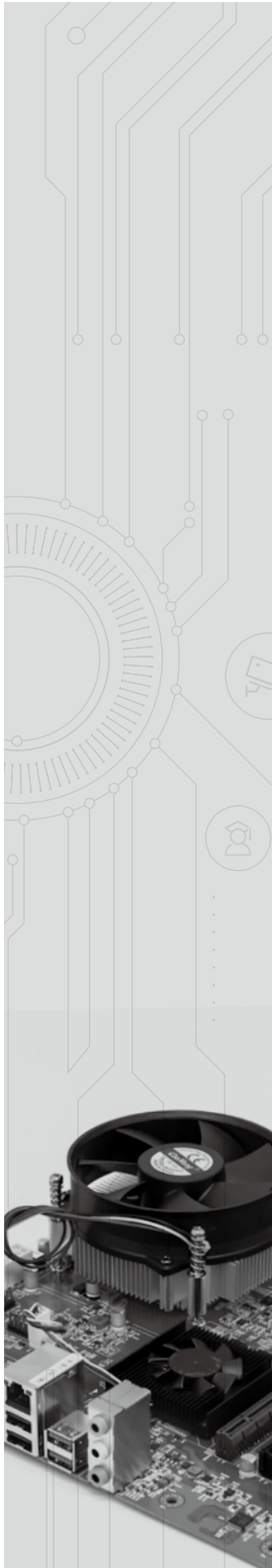




2.4.8 龙芯 1C103	28
2.5 配套芯片：龙芯 7A2000	29
2.6 安全特性	30
第三章 龙芯基础软件	33
3.1 龙芯平台标准规范体系	34
3.1.1 统一系统架构标准	34
3.1.2 二进制接口 ABI 标准	34
3.2 国际开源软件社区广泛支持 LoongArch 生态	35
3.2.1 Linux 内核	36
3.2.2 固件	36
3.2.3 GCC 工具链	37
3.2.4 LLVM	38
3.2.5 Golang	38
3.2.6 .NET	38
3.2.7 Chromium	39
3.2.8 Mozilla Firefox	39
3.2.9 Node.js	40
3.2.10 音视频库	40
3.2.11 调测工具	40
3.2.12 QEMU	41
3.2.13 DPDK	41
3.2.14 基础数学库	42
3.2.15 加解密 / 解压缩	42
3.2.16 LibreOffice	42
3.3 丰富的编程语言与应用框架的支持	43
3.3.1 Java	43
3.3.2 C#	44
3.3.3 JavaScript	45
3.3.4 Electron/CEF/NW.js	45
3.3.5 Python	45
3.3.6 Ruby	46
3.3.7 LuaJit	46

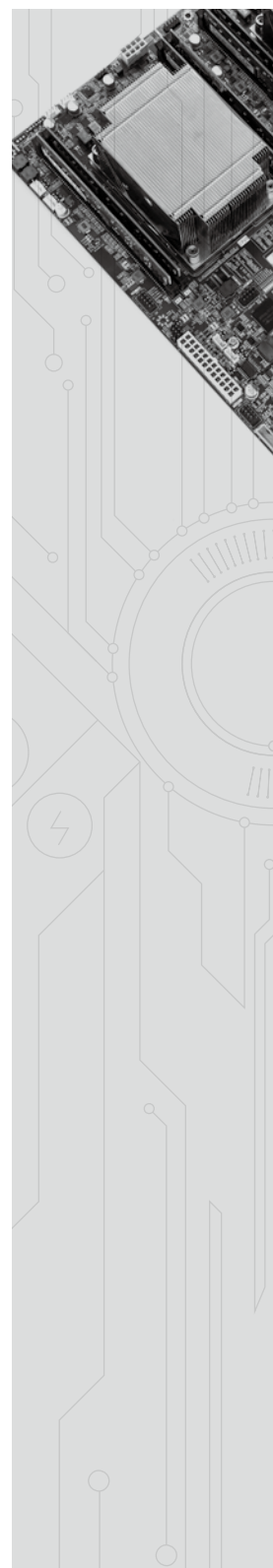
3.3.8 Rust	46
3.3.9 Pascal	47
3.3.10 第三方软件包的阶段性补充发布站点	47
3.4 龙芯的操作系统生态	48
3.4.1 龙芯基础版本操作系统	48
3.4.2 龙蜥、欧拉、统信、麒麟原生支持 LoongArch	49
3.4.3 OpenHarmony 原生支持 LoongArch	50
3.5 图形系统、音视频、数学库、AI	51
3.5.1 图形系统	51
3.5.2 音视频	52
3.5.3 数学库	52
3.5.4 AI	53
3.6 云平台	54
3.7 龙芯二进制翻译器	54
3.8 龙芯平台原创特色软件	56
3.8.1 龙芯浏览器兼容 IE 方案	56
3.8.2 龙芯打印机驱动兼容方案	57
3.8.3 龙芯应用兼容框架 LCF	58
3.8.4 龙芯视频剪辑软件	59
3.8.5 三维显控解决方案	60
3.8.6 嵌入式图形解决方案	60
第四章 基于龙芯 CPU 的整机软硬件产品	63
4.1 桌面终端	64
4.2 工作站	64
4.3 服务器	65
4.3.1 通用计算服务器	65
4.3.2 存储服务器	65
4.3.3 AI 服务器	66
4.4 信息化一体机	68
4.5 网络通信设备	69
4.5.1 交换机	69
4.5.2 路由器	69

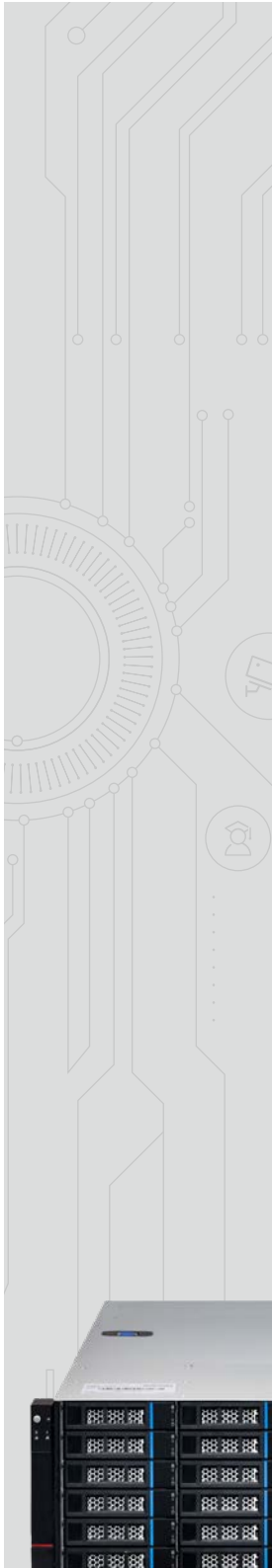




4.5.3 网关	70
4.5.4 5G 专网设备	71
4.6 网络安全设备	72
4.6.1 网络安全硬件平台	72
4.6.2 工业信息安全产品	73
4.7 密码产品	74
4.7.1 安全 SE 平台	74
4.7.2 密码机	75
4.7.3 国密云平台	75
4.8 工业设备	76
4.8.1 工业控制类	76
4.8.2 工业计算类	78
4.9 服务器 BMC 方案	79
4.10 打印机专用芯片方案	80
第五章 基于龙芯 CPU 的行业实践案例	81
5.1 电子政务	82
5.1.1 新一代数字办公安全创新方案	82
5.1.2 智慧乡村云服务平台解决方案	84
5.1.3 智慧档案馆综合管理平台解决方案	85
5.1.4 电子凭证库解决方案	86
5.1.5 治安综合管理一体化平台解决方案	87
5.1.6 智能监控运维解决方案	89
5.1.7 政务服务中心	90
5.2 企业信息化	91
5.3 教育行业	92
5.3.1 龙芯智慧教室解决方案	92
5.3.2 龙芯创客教室解决方案	95
5.3.3 龙芯教学机器人解决方案	96
5.3.4 龙芯信创教育一体化方案	98
5.3.5 龙芯教学平台与实验箱	100
5.4 能源行业	103
5.4.1 电力系统	103

5.4.2 风力发电系统	106
5.4.3 石油石化系统	108
5.5 通信行业	109
5.5.1 面向基础通信设施的信创云	109
5.5.2 面向通信行业的信创营业厅	111
5.6 金融行业	112
5.6.1 金融信创体系	112
5.6.2 核心业务系统场景	114
5.6.3 自助机具场景	115
5.6.4 柜面业务场景	115
5.6.5 金融云场景	116
5.6.6 龙芯金融案例介绍	116
5.6.7 龙芯金融信创实验室	120
5.7 交通行业	121
5.8 医疗行业	123
5.8.1 信创试点卫生院	123
5.8.2 健康医疗大数据平台	124
5.9 工业数字化与数字孪生	125
5.10 物联网和消费电子	127
第六章 龙芯生态培育与发展	131
6.1 龙芯生态伙伴计划	132
6.1.1 龙芯创业者支持计划	133
6.1.2 创新创业加速营	133
6.1.3 融资私董会	134
6.1.4 “创客北京 2022” 龙架构专项赛	135
6.1.5 龙芯中小企业生态平台	136
6.2 生态适配	137
6.2.1 适配认证业务	137
6.2.2 应用软件适配中心	137
6.2.3 龙芯云中心	138
6.2.4 迁移适配支持工具	139
6.2.5 适配调优服务	139





6.3 技术保障支撑	140
6.3.1 信创项目技术服务和综保支撑	140
6.3.2 知识库	141
6.4 人才培养	141
6.4.1 信创技能标准	141
6.4.2 职业技能等级认证	142
6.4.3 工信人才证书	144
6.4.4 信创职业教育集团	144
6.4.5 百芯计划	145
6.4.6 高校教学实验室	145
6.4.7 “龙芯杯”大赛	146
6.4.8 嵌入式应用人才培养	147
6.4.9 书籍出版	147
第七章 龙芯生态展望	151
7.1 CPU 性能达到国际主流水平	152
7.2 软件生态实现超越	153
7.3 LoongArch 生态体系基本建成	153
结束语	155
附录	157
龙芯 CPU 图谱	158
奋髯云起，矫首浪冲 龙芯中科 2022 年度大事记	160
龙芯中科公司荣誉奖项 2020-2022	167
服务与支持	168

龙芯坚持“将自主进行到底”的原则：

- 基于自主指令系统建设软件生态
- 基于自主 IP 核设计芯片
- 基于自主工艺生产芯片

第一章 龙芯自主生态发展理念

1.1 生态体系层次

生态是围绕某一种计算机平台的全部资源的集合。广义的生态包括信息产业中所有上下游要素，尤其是配套软硬件、应用解决方案、开发者社区、知识体系、合作厂商、用户等。

软件生态是指某一种 CPU 能运行的所有软件的集合，是计算机生态中最重要的一方面。在日常交流中也经常称之为应用生态、信息化生态，或者简称为“生态”。

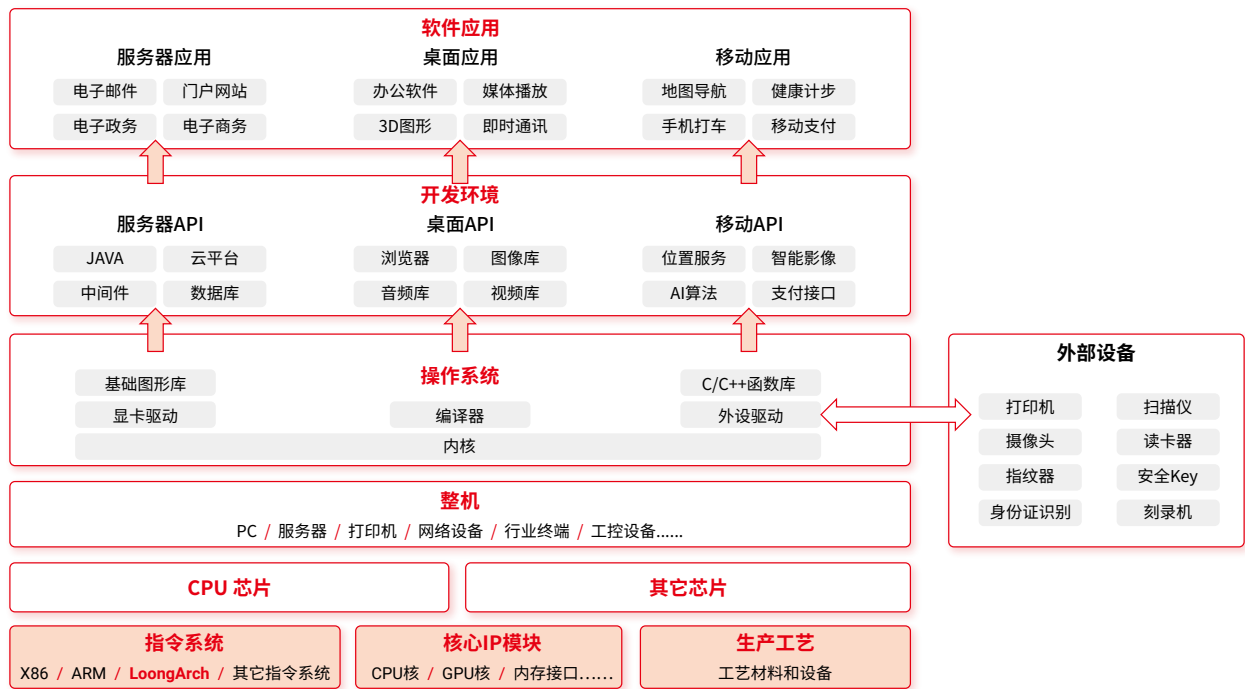


图 1.1 计算机平台生态架构

图 1.1 展示了生态的分层架构。最顶层是面向最终用户使用的应用软件；开发环境为应用软件开发者提供编程环境，体现为一系列应用编程接口规范（API，Application Programming Interface）；操作系统管理所有硬件资源，利用驱动程序对外部设备进行控制；整机是包含CPU、内存、硬盘等部件的硬件设备；CPU（中央处理器）是计算机中的基础芯片，执行最重要的计算和控制功能。

1.2 芯片底层核心技术

在生态最底层，位于 CPU 芯片下面还有三个更重要的关键核心技术：

- **指令系统：**即 CPU 所执行的软件指令的二进制编码格式规范。指令系统承载了软件生态，是软件生态的基础。遵循相同指令系统规范的 CPU 和软件称为“兼容的”。一种应用软件的源代码编译成一种指令系统的二进制代码后，只能在兼容这种指令系统的 CPU 上运行。
- **IP 核：**即知识产权核（Intellectual Property Core），在集成电路设计行业中指已验证、可重复利用、具有某种确定功能的电路模块。CPU 的设计能力主要体现在芯片内部 IP 的设计能力，包括 CPU 核、GPU 核、片内总线、内存接口等。优秀的 IP 核能够在同等生产工艺水平下实现更高的计算效率，是决定 CPU 性能的一个重要方面。
- **芯片生产工艺：**指用于生产半导体芯片的相关设备和材料。先进生产工艺能够在硅片上进行更精密的加工，提高单位面积上的晶体管数量，在提高计算性能的同时降低功耗。

上面三个因素是发展自主芯片产业需要解决的底层关键问题。从整体供应链的安全视角来看，有必要在这三个因素中坚持全面自主的原则：基于自主指令系统建设软件生态，基于自主 IP 核设计芯片，基于自主工艺生产芯片。

1.3 自主指令系统

1.3.1 指令系统承载软件生态

指令系统是 CPU 所执行的软件指令的二进制编码格式规范，是计算机的软硬件界面，是生态的重要基石。一种指令系统承载了一个软件生态。兼容某种指令系统的应用软件数量越多，代表这种指令系统支持的软件生态越丰富，则兼容这种指令系统的 CPU 能做的事情越多，给用户提供计算服务的价值越大。

中国信息产业长期被国外指令系统垄断，对信息产业安全造成巨大风险。

- X86 指令系统承载桌面计算机和服务端产业。Intel 公司对 X86 建立牢固的知识产权限制，授权条件高度封闭。
- ARM 指令系统承载移动终端产业。ARM 架构授权存在版本、时间、地域以及特殊要求的诸多限制。目前中国企业已经获得的授权以 ARM v8 为主，因为国际形势日趋复杂，中国企业在申请 ARM v9 的过程中遇到多重障碍，基于 ARM 的发展路线受到严重制约。

- RISC-V 指令系统在物联网市场处于发展起步阶段。RISC-V 提供开源的授权，但开源不等于自主，RISC-V 还是由西方基金会主导，在开源策略以及法律监管方面具有不确定性。

基于国外授权的指令系统无法从根本上解决 CPU 芯片受制于人问题，无法建立独立自主的信息产业生态。安全可靠的目标不只是做芯片，是做一个可以长期独立发展、不受制人的“芯片 + 软件生态”。

自主研发不是为了闭门造车，而是为了更好的走向开放。只有真正自主的产品，才能摆脱国外 CPU 授权的牵制，走向“一带一路”等国际市场。

1.3.2 LoongArch 自主指令系统

指令系统是计算机软硬件的语言。就像中国人可以基于英文写文章挣钱，但不可能基于英文发展中国的民族文化，中国企业可以基于国外合法授权的指令系统做产品，但不可能基于国外指令系统发展安全可控的信息技术体系和产业生态。

推出中国自主指令系统是大势所趋。龙芯是国内唯一基于自主指令系统构建独立于 Wintel (Windows+Intel) 体系和 AA (ARM+Android) 体系的开放信息技术体系的 CPU 企业，这是中国信息产业自主化发展的必由之路。

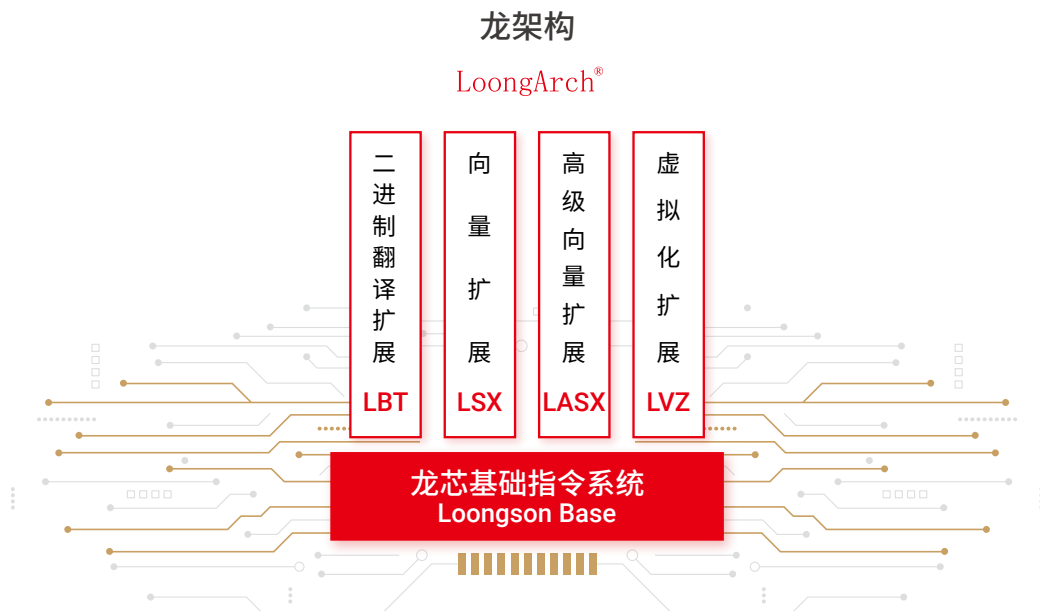


图 1.2 龙芯自主指令系统 (LoongArch)

指令系统的真正难点在于建立上层的软件生态。需要完善一个指令系统的软件生态，需要 BIOS、内核、三大编译器（GCC、LLVM、Golang）、三大虚拟机（Java、JavaScript、.NET）、图形系统等主要能力，还需在该指令系统上迁移浏览器、Java 虚拟机等复杂软件。

在相当长的时间内，国内相关单位没有能力研发与指令系统相关的软件生态。

经过多年自主化的牵引，我国基础软硬件产业相关企业的能力已经大幅提高。龙芯中科从 2010 年开始全面建立自主 CPU 上的软件生态，具备了独立维护重要开源软件的能力，在多个开源社区成为事实上的维护者。在此基础上，于 2020 年推出了龙芯自主架构 LoongArch，该架构具有自主知识产权、技术先进、兼容生态等特点。尤其是其中融合了 X86 和 ARM 等主流指令系统的特点，经过高效二进制翻译，可以实现对 X86、ARM 应用软件的兼容。

有了上述能力，基于自主指令系统建立软件生态已经具备可行性。经过长期积累，国内单位已经初步掌握自主 CPU 研发和软件生态建设的体系化关键核心技术。

LoongArch 指令系统已通过国内权威第三方机构中国电子信息产业发展研究院的知识产权评估。正在逐步并入国际上游社区，与 X86、ARM、RISC-V 等并列。在此基础上，龙芯中科将把 LoongArch 逐步开源。

1.3.3 两种不同层面的软件生态：API 和 ISA

API (Application Programming Interface) 是应用编程接口，指的是程序员开发应用程序所使用的编程语言和函数库。

ISA (Instruction-Set Architecture) 是指令系统，指的是 CPU 所执行的软件指令的二进制编码格式规范。

应用程序都是基于 API 来编写源代码，再通过一定的机制来翻译成 CPU 能识别的 ISA 表达形式，从而能够实现在 CPU 上运行。在这个意义上，可以说“API 是应用程序的出发点，ISA 是应用程序的落脚点”。

在 API 和 ISA 之间进行翻译的“桥梁”，包括编译器和虚拟机。

- 编译器 (Compiler) 把应用程序的源代码翻译成特定 CPU 的指令二进制。经过编译器转换后，具有执行能力的目标应用程序包含与 ISA 相关的指令。典型的编译器包括 GCC、Golang、

LLVM 等。

· 虚拟机 (Virtual Machine) 是一个平台工具，可以直接运行应用程序的中间代码。在虚拟机的支持下，目标应用程序不需要翻译成与 ISA 相关的指令。典型的虚拟机包括 Java、JavaScript、.NET 等。

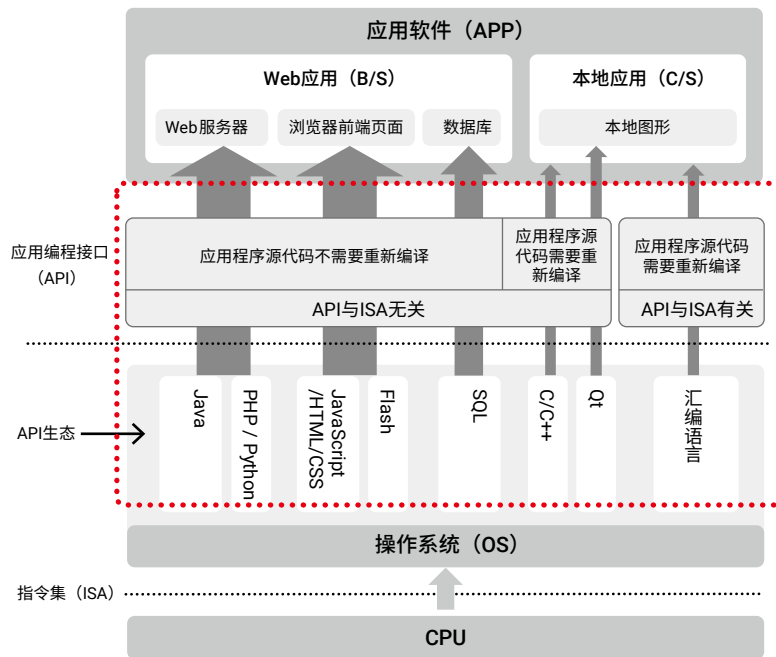


图 1.3 不同层面的软件生态：API 和 ISA

龙芯中科基于自主指令系统，掌握了开发上述 3 种编译器 +3 种虚拟机的能力，就能编译出整个操作系统和应用系统。

1.3.4 应用迁移策略

用户环境中现有的信息化系统采用不同的 API 开发，因此在向龙芯平台进行迁移时要考虑不同的兼容性和迁移策略。

一、虚拟机类应用 (B/S 架构) 的兼容性问题

B/S 架构的 Web 应用主要是在服务器上架设网站，用户使用浏览器远程访问网页。浏览器解析网页中的代码，实现页面的渲染、展示和交互动作处理。Linux 操作系统的浏览器遵循 HTML 和 JavaScript 标准，能够正常访问绝大多数 Web 网站，不需要进行适配改造。

虽然用于开发 Web 应用的 HTML 语言有工业标准，但是 Windows 上的 IE 浏览器与 Linux 上的开源浏览器（Chromium 及火狐浏览器）有事实上的较大差异，导致 B/S 架构的网页出现内容显示错乱、JavaScript 脚本执行错误、交互控件不响应等兼容性问题。龙芯浏览器兼容 IE 方案可以解决此类问题。

.NET 应用程序广泛存在，龙芯中科已经完成 LoongArch 平台的 .NET 虚拟机移植，可以避免用户使用 Java 语言重写应用程序的巨大工作量。

二、编程语言类应用（C/S 架构）的兼容性问题

Windows 上的 API 和 Linux 上的 API 不兼容。大量 Windows 上的 C/S 应用程序采用微软公司自有的 Visual C++ 编写，向 Linux 平台进行迁移时存在巨大的难度，甚至要重新编写源代码，例如使用开源的 Qt 图形库取代微软 MFC 类库。

跨操作系统（从 Windows 到 Linux）比跨指令系统（从 X86/Linux 到 LA/Linux）迁移更加困难。因为所有 Linux 之间的 API 基本上是兼容的，如果一个应用程序已经完成从 Windows 向 Linux 的迁移，在其它 CPU 的 Linux 操作系统上再进行迁移就会容易很多。

有的 Windows 应用不提供源代码，无法在龙芯平台上重新编译，例如 Photoshop。解决方法有两种，一种是可以采用相应的国产软件替代品，另一种是采用二进制翻译技术实现在龙芯平台上运行。

由于 Linux 社区比较发散、缺乏强有力的管控和治理，开源编程语言的不同版本之间就会存在不兼容的问题。如果应用程序在不同的 Linux 版本之间进行迁移，也会由于编程语言的不同版本导致兼容性问题，这种情况下一般需要修改源代码。龙芯中科通过 LCF（龙芯应用兼容框架）克服 Linux 平台软件发散的缺点，实现 Linux 系统不同分支和版本的应用兼容。

三、操作系统及外设驱动的兼容性问题

大量商用打印机只提供 Windows 驱动程序。接近 50% 的打印机型号没有提供 Linux 驱动，而只有 Windows 驱动。龙芯打印驱动引擎可以支持 Windows 驱动，实现大部分商用打印机的利旧使用。

1.4 自主 IP 设计

高性能 CPU 的性能在很大程度上取决于所使用的 IP 核的设计水平。CPU 企业的自主能力主要体现在核心关键 IP 核是否自主研发。无自主设计能力的企业通过购买商业 IP 进行芯片定制，只能被动的跟随升级，无法掌握核心技术。

实现自主 IP 设计的 CPU，需要坚持核心技术只能在实践和试错中发展的正确观点，坚持市场带技术的正确路径。

核心技术产品的难点不仅在于科学原理，还在于工程细节的积累。核心技术有一个共同的特点是“高复杂系统”。高复杂系统的第一个难点在于影响品质因素很多，第二个难点在于需要大量实验过程来完善。任何产品的质量都不是光靠设计就能达到高水平的，必须经历“做出原型—试验—找到不足—改进原型—再试验”的反复循环。“试错”是产品不可绕过的路径。需要在应用中迭代改进。

龙芯中科坚持自主研发核心 IP，每一行源代码都是自主设计，并在应用中不断演进。目前已经形成系列化 CPU IP 核、GPU IP 核、内存控制器及 PHY、高速总线控制器及 PHY 等上百种 IP 核。

1.5 供应链安全

芯片生产工艺是供应链安全中的重要环节。中国的自主生产工艺尚未达到全球先进生产工艺水平。

为保障供应链安全，龙芯中科坚持通过自主 IP 设计及优化克服自主工艺 IP 不够丰富和的性能偏低的缺点，优先基于自主工艺生产芯片，摆脱对境外最先进工艺的依赖。

2022 年 10 月美国商务部芯片出口管制措施升级，向中国禁运先进计算产品、装备，限制超算性能输出；高端逻辑、内存芯片的制造用品对华全面管制；限制美国国籍人员在没有许可情况下，为中国半导体提供支持服务；扩大和强化实体清单，禁止向清单内公司出口任何美国的设计和技术。

龙芯中科强化风险意识，坚守底线思维，下好先手棋，打好主动仗，实现境内完整的供应链能力，采用“分散、备份、储备”的芯片生产策略，确保芯片供应稳定。主要芯片产品建立完整的测试能力，在国内多地建立了完整的芯片测试产线，具备了高等级芯片的检验测试能力。强化内部封装能力，筹划设立芯片封装产线。布局研发 GPU、时钟、电源芯片等外围关键元器件、布局投资国内芯片

生产环节中的自主工艺材料和自主化生产设备，积极参与相关攻关工作，优先试用。

龙芯中科是国内自主性强、供应链安全的 CPU 企业，这已成为业内共识。

1.6 性能

自主研发 CPU 需要长时间解决发展中的问题，事实证明没有捷径可走。龙芯中科在长期积累的基础上正在将自主研发的优势转化为性能优势。

1.6.1 基于自主路线的性能发展原则

龙芯中科长期坚持基于问题导向的自主研发，根据以下原则快速提升 CPU 性能：

- 先提高通用处理能力，再提高专用处理能力。“通用处理能力”是指 CPU 处理日常高频业务的性能，除了计算性能之外还包括访存性能、外部数据交换性能。
- 先提高单核性能，再提高核数。计算机处理应用任务时，很多任务只能在单个 CPU 核上执行，执行时间主要取决于单核的性能。**实测结果表明，龙芯 3A5000 四核处理器的桌面应用性能超过国内相关八核桌面 CPU。**
- 先提高设计能力，再依靠先进工艺。国内 CPU 性能主要问题在于 CPU 微结构设计及物理设计水平不高，而不是工艺不够先进。针对国内芯片工艺现状，设计人员不断优化电路设计来持续提升性能。

1.6.2 自主 CPU 性能已逼近市场主流水平

通过 20 多年自主研发，龙芯中科已经完成 CPU 性能“补课”。可以分为以下两个阶段：

- **2019 年以前自主 CPU 推广的主要矛盾在于性能不足。**2013–2015 年龙芯第一代产品(3A1000、3B1500)通用处理性能只有市场主流产品的 1/10。2016–2018 年龙芯推出第二代产品(3A2000、3A3000)，3A3000 性能是 3A1000 的 4 倍。
- **2019–2021 年，自主 CPU 的性能已经逼近市场主流产品水平。**龙芯推出第三代产品(3A4000、3A5000、3C5000)，其中 3A5000 性能是 3A3000 的 3 倍。2021 年推出的龙芯 3A5000 产品单核性能与市场主流产品性能相差不到 1 倍。如图 1.5 所示。

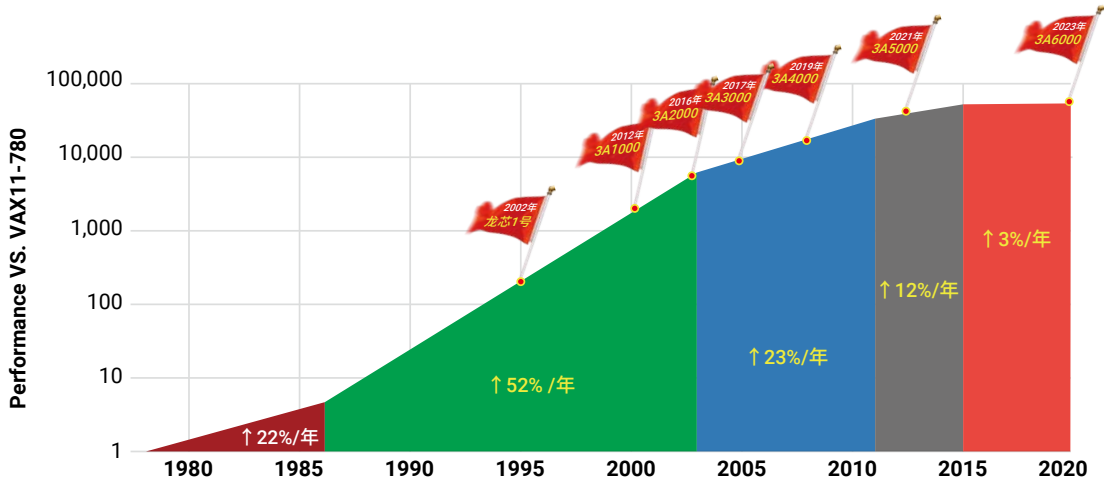


图 1.4 龙芯 CPU 单核性能提升 (与国际主流 CPU 对比)

2021 年龙芯中科发布桌面处理器 3A5000，相同工艺下龙芯单核性能位于国内较高水平，SPEC CPU 单核性能超越的国内基于 7nm 工艺的 ARM 处理器。3A5000 四核处理器的 UnixBench 总体分值超越国内的八核 ARM 处理器。2022 年龙芯中科发布服务器处理器 3C5000，16 核性能与 ARM 路线 64 核浮点峰值性能相当，逼近市场主流产品性能。并已研制成功 32 核 3D5000（两片 3C5000 封装）。

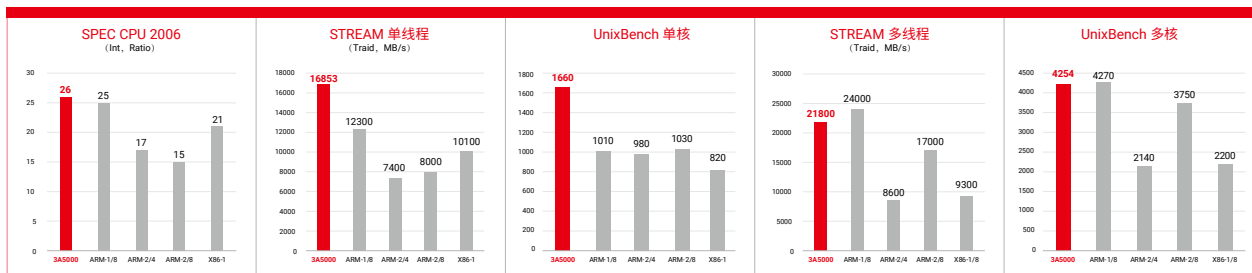


图 1.5 龙芯 3A5000 性能数据

2022 年以后，自主 CPU 推广的主要矛盾已经由性能转变为应用生态建设。

下一代产品规划方面，龙芯中科将发挥自主优势，继续提升性能、大幅提高性价比，达到市场主流产品水平。四核 3A6000 已流片，微结构引入多项优化，支持同时多线程（SMT），性能比 3A5000 提升 40%~60%，以 12nm 工艺对标 7nm 的 AMD Zen2，硅面积减小 20%。未来将推出 16 核 3C6000（12nm）及 32 核 3D6000（两片封装），提高 CPU 核性能，提高访存带宽，提升互连及 IO（集成 PCIe）性能。

3A6000 预计将达到国际市场主流产品水平。

龙芯中科通过 20 多年自主研发完成 CPU 性能“补课”，“十四五”期间将实现单核、多核性能领先，在开放市场展开性价比竞争。龙芯产品发展的事实证明，自主研发的 CPU 性能可以超越引进技术的 CPU 性能。

1.7 软件生态

LoongArch 已成为国际开源社区与 X86、ARM 等并列的顶层开源生态系统，实现了既自主可控，又国际兼容，奠定了自主生态体系的发展根基。

龙芯中科积极参与开源软件项目，在上游社区建立 LoongArch 分支，对 LoongArch 源码进行维护，并“反哺”开源上游社区。得到上游开源社区支持后，LoongArch 生态将随社区自动演进，可以极大丰富支持 LoongArch 的软件版本，大幅减少软件迁移适配工作。

LoongArch 生态发展截至 2022 年取得下列成果：

一、LoongArch 已取得国际开源组织的新型体系结构正式编号

国际开源组织（GNU）对所有指令系统定义了唯一编号（ELF Machine ID），用来代表软件指令的二进制编码格式。LoongArch 已从 GNU 组织获得第 258 号编号，相当于拥有了在国际舞台上的“身份证”。

二、多项国际标准已经接收 LoongArch 为顶层架构

部分国际标准如下：

- ACPI 国际标准（高级配置与电源接口，Advanced Configuration and Power Interface），该标准覆盖了从便携式计算机到桌面型电脑、工作站和服务器的电源管理特性规范，目前只支持 X86、ARM、LoongArch。
- UEFI（统一可扩展固件接口）标准中，LoongArch 成为继 X86、ARM、RISC-V 后第四个官方支持的芯片指令系统架构。
- SMBIOS 国际主流产品信息管理规范中，LoongArch 成为继 X86、ARM、RISC-V 后，SMBIOS 支持的又一独立 CPU 指令系统架构。

三、多项国际开源社区已经接收 LoongArch 为顶层架构

开源操作系统（Linux）的主要核心模块已经接收 LoongArch 分支代码。

包含 LoongArch 分支代码的国际开源软件项目已经超过 100 个，包括内核（kernel）、汇编器（Binutils）、编译器（GCC/LLVM/Go）、基础库（GLIBC）、图形系统（OpenGL）、浏览器引擎（V8）、虚拟机（.NET Core）等。在若干开源软件项目中只支持 X86、ARM、LoongArch，例如 .NET Core 虚拟机。

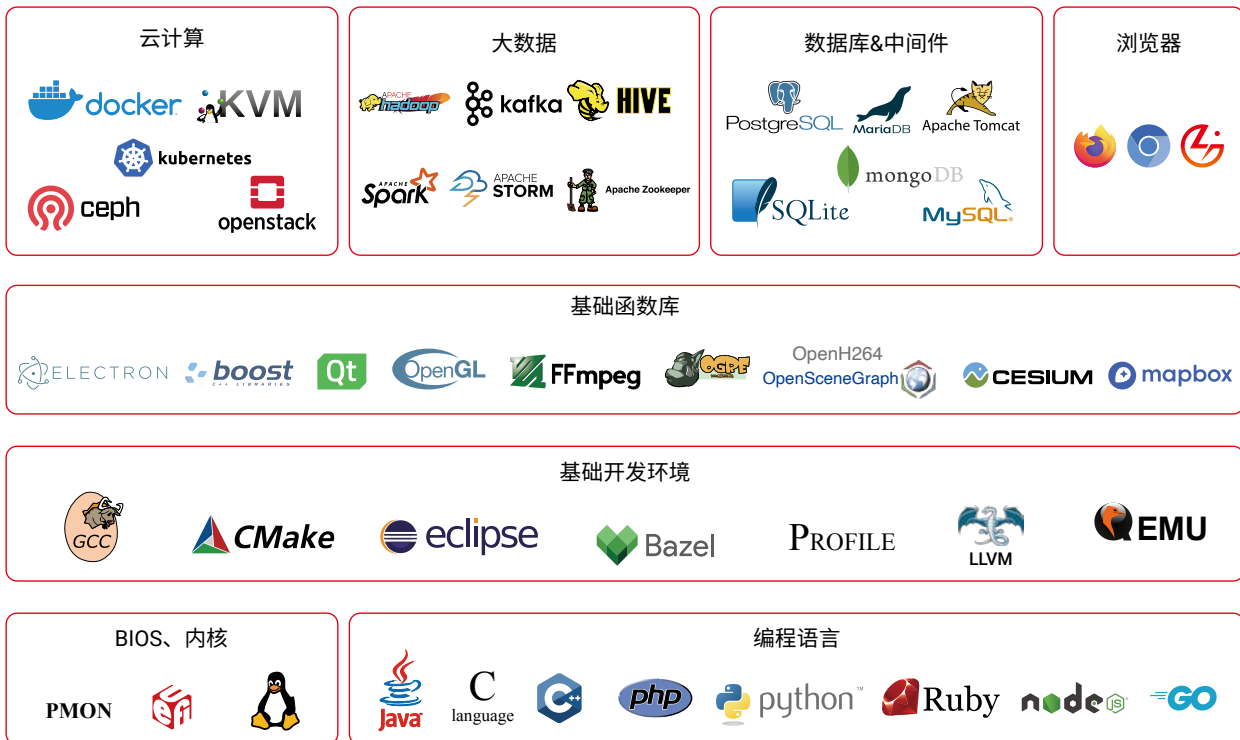


图 1.6 LoongArch 原生支持 Linux 全部主流开源基础软件和应用环境

2022 年社区工作的其它代表性成果如下：

- QEMU（Quick Emulaor）是业界主流的设备仿真模拟软件。QEMU7.1.0 版本已经实现了对 LoongArch 架构的支持，用户可以灵活的编译运行和调试兼容 LoongArch 的二进制软件。
- Golang 社区的 Go1.19 版本已经实现对 LoongArch 的支持，成为 Golang 社区与 X86、ARM 指令系统并列的指令系统之一。
- 国际开源社区 .NET 是跨平台的开源开发平台，目前，基于 .NET 平台的软件可以原生移植

到 LoongArch 平台上。

龙芯 Loongnix 社区版集成上述软件成果，提供免费授权，开放底层技术，对内核、BIOS、编译器、虚拟机、云技术、国密技术等提供源代码级别的开放支持。

四、国内开发者成为有影响力的主体

国际开源软件项目中，LoongArch 分支的维护者（Maintainer）以龙芯中科员工为主，大幅提高了我国在上游开源社区的发言权。

五、LoongArch 得到国内基础软件企业广泛认可

2022 年国内主要的操作系统厂商均提供对 LoongArch 的支持，并已经逐渐展开国际合作。2022 年典型成果如下：

- 欧拉、龙蜥等操作系统开放社区，以及统信、麒麟等商业操作系统都已经原生支持 LoongArch。
- 开源物联网操作系统 OpenHarmony 与 LoongArch 开发板完成适配验证。
- 开源固件社区 OpenKunlun 支持 LoongArch。
- 工控领域操作系统 RT-Thread 是面向关键信息基础设施领域的高安全实时操作系统，实现了对 LoongArch 的全面支持，可广泛应用于电力、轨交、车载、工业控制、新能源等国家重要领域。
- 工业实时操作系统 SylixOS 是各个领域智能装备的基础核心软件，RealEvo-IDE 已加入 LoongArch 的编译器。
- CODESYS 是来自德国遍布全球的控制系统软件标准，已支持 LoongArch 架构，可以灵活开发融合人工智能的自主可控的工业智能控制器。
- 常用办公软件（WPS、微信、钉钉等）也完成 LoongArch 原生适配。

六、龙芯中科针对国内行业需求，研发新型技术以完善 LoongArch 应用生态

多年以来，Linux 在桌面办公电脑的应用生态薄弱，基于 X86、ARM 的 Linux 桌面生态在全球没有建立规模化的成功案例。

龙芯中科在掌握生态建设能力的基础上，主动研发新型技术来解决用户需求痛点。

- 龙芯中科通过二进制翻译技术（LAT），能够在 LoongArch 平台上运行 Windows 应用程序，在浏览器中运行对 IE 插件有特殊要求的网页，运行打印机的 Windows 驱动程序以实现设备利旧。
- 龙芯中科推出应用兼容框架（LCF）以支持跨 Linux 版本的应用兼容，在 LoongArch 平台上开发的 Linux 应用程序可以只使用一个软件安装包、在不同的 OS 发行版中使用。

基于 LoongArch 的 Linux 桌面办公生态处于国内第一阵营，龙芯通过不断自主创新已局部超过 X86 和 ARM 的桌面办公生态水平。

1.8 LoongArch 生态发展水平

2022 年是全面开展 LoongArch 生态和产业建设的一年。LoongArch 开发者秉持“生态是做出来的而不是跟出来的”这一理念，涌现出多项突出成果。

一、LoongArch 打造好用的 Linux 桌面与应用生态

龙芯桌面电脑通过跨平台的二进制翻译系统支持 X86 平台应用软件，已在操作系统应用商店上架 100 款。常用软件均已支持，包括社交软件（微信、腾讯通、腾讯会议、QQ）、设计软件（Photoshop CS6、Visual C++、Dreamwaver）、日常工具（WinRAR 压缩包管理器、jZip 压缩文件处理工具、迅读 PDF 大师）和游戏等等。

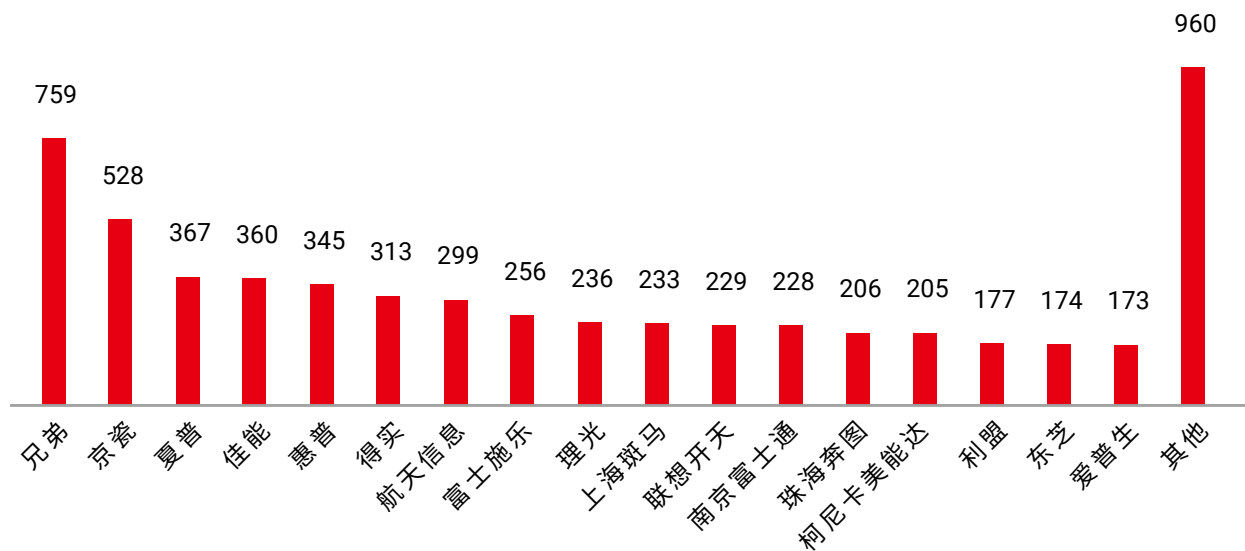


图 1.7 龙芯支持打印机利旧种类和数量

龙芯桌面电脑支持国内外主流打印机型，打印机利旧通过率超过 95%。已覆盖大部分常用打印机型，惠普、佳能、联想、奔图等几十个品牌，6000 多个打印机型号。“龙芯打印驱动引擎”已在统信和麒麟商店上架。

龙芯浏览器兼容 IE 插件方案，支持网上银行等主要功能实现。龙芯浏览器可以在很大程度上消除 Web 网站迁移适配工作量，在公安、电力、金融领域广泛应用。

通过生态兼容与创新工作，龙芯在 Linux 桌面办公生态上已开始超过 X86 和 ARM，形成局部优势。

二、整机产品性价比全面提升

自主 CPU 必须通过性价比和软件生态优势取得市场认可。历史上 Intel 和 ARM 公司都是通过自主研发技术以形成新的性价比和软件生态优势。2022 年起的 2 至 3 年是龙芯把自主研发的优势转化为性价比和软件生态优势的重要转折点。

龙芯 3C5000 服务器以 16 核心单芯片达到 UnixBench 分值 9500 以上，双精度计算能力达 560GFlops，16 核处理器浮点峰值性能与典型 ARM 64 核处理器相当，并支持最高 16 路互连。搭配新一代龙芯 7A2000 桥片，PCIe 吞吐带宽比上一代提升 400% 以上。该处理器内置芯片级 SE 安全模块，可为等保 2.0、可信计算、国密算法替代、网络安全漏洞防护等提供 CPU 级内生支持。可以全面满足通用计算、大型数据中心、云计算中心的计算需求。

龙芯 7A2000 独显桥片包含自研 3D GPU，支持 OpenGL2.1，支持 1GB 及以上独立显存容量。构成桌面电脑、服务器、工控设备时无需再增加外插显卡，降低成本。

龙芯中科推动上下游产业链，联合控制成本，联合合作伙伴搭建多种购买渠道。龙芯生态产品官方京东自营旗舰店已经开通，面向开发者提供低成本原型机，方便开发者体验试用。

通过上述工作，龙芯生态产品将在 2-3 年内形成开放市场性价比优势。

三、行业应用软件加速丰富

2022 年有更多数量的国内企业认同基于自主指令系统构建独立于 Wintel 体系和 AA 体系的开放信息技术体系，参与到 LoongArch 生态建设阵营。

龙芯中科已有合作厂商超过 3000 家，下游开发人员达到数十万人。

2022年9月2日，“2022年龙芯工业生态大会”在苏州太湖之畔隆重召开。会上，龙芯中科联合生态伙伴重磅发布了基于自主指令系统（LoongArch）“龙架构”的29款自主工业系列产品，覆盖工业计算机及工业服务器、工业控制与网络通讯设备、工业软件与安全等多个领域，展示了龙芯在建设自主工业生态体系过程中丰富的产品和解决方案。

11月3日，第二届工控中国大会在苏州举办。龙芯中科获得“2022 ICSC 风云企业”奖、龙芯2号产品荣获“2022年度‘工控中国’卓越影响力产品”奖。龙芯中科等公司联合启动工控生态链合作伙伴计划暨苏州工控产业生态基地建设。龙芯中科发布基于“龙架构”平台的工业总线板卡、工业网关、工业控制器、PLC、DCS主控、工控安全自主等产品和方案，以及工业自主人才培养方案。

11月9日，2022年世界互联网大会乌镇峰会开幕。在同期举行的“世界互联网领先科技成果发布活动”中，基于龙架构（LoongArch）平台的龙芯中科最新一代CPU产品——龙芯3A5000/3C5000从全球近300项优秀成果中脱颖而出，获选15项代表世界领先水平的互联网科技成果之一。龙芯中科作为国内唯一CPU厂商获此殊荣，充分表明龙芯中科前沿性原创性科技攻关和生态建设在全球网络空间命运共同体构建中发挥的引领性作用。

11月16日，2022年信息技术自主创新高峰论坛在南京成功召开，生态伙伴重磅发布了基于LoongArch的68款软硬件新品及解决方案。产品采用龙芯3A5000/3C5000平台，搭配最新的龙芯7A2000独显桥片，将为电子政务、电信、交通、金融、能源、网安、医疗等各领域数字化转型，云网融合一体建设，提供自主可控、高性能、低成本的解决方案。

11月29日，国内顶级学术交流活动“2022中国工业计算机大会”在山城重庆隆重举行。龙芯中科获得“年度先锋企业”称号，龙芯2K1500处理器荣获“年度优秀创新产品”，基于工业互联网技术的智慧风场解决方案、基于国产PLC的秦二厂智慧水务解决方案荣获“年度优秀解决方案”。

2022年龙芯创业者支持计划参与单位有近百家企业，形成的LoongArch产品研发项目涵盖网络安全、电子政务、教育、金融、能源、交通、人工智能、存储等各领域。

LoongArch是国内六大CPU厂商中唯一拥有自主架构并可以对外进行CPU架构与IP授权的企业。“百芯计划”支持下游企业基于龙芯IP定制芯片，满足多样化、差异化应用需求。例如，

苏州雄立科技基于龙芯 LoongArch 架构 CPU IP 研发 SoC 交换芯片以及网络处理器 NPU 芯片、智能网卡 DPU 芯片。量子芯云公司基于龙芯 LoongArch 架构 CPU IP 研发 SSD 固态硬盘控制器。



图 1.8 2022 年 LoongArch 生态重点成果

中国共产党第二十次全国代表大会上的报告中提到的“关键核心技术实现突破，战略性新兴产业发展壮大”的标志性重大成果中，龙芯 CPU 在其中多项发挥重要作用。

信息技术应用创新面临着 CPU 性能、供应链和软件生态三大问题。龙芯中科坚持自主研发 IP 核及自主指令系统，通过设计优化提升性能，摆脱对境外先进工艺的依赖，并持续完善软件生态，成为国产集成电路产业中性能高、成本低、生态好、供应稳定的代表。

龙芯中科坚持自主创新，掌握处理器核及相关 IP 核设计的核心技术。龙芯 CPU 中 IP 核均自主研发，2020 年起龙芯新研的 CPU 均支持 LoongArch 架构。

第二章 龙芯 CPU 及配套芯片

2.1 龙芯中科介绍

龙芯中科是来自中国科学院计算技术产业的传承，于 2001 年开始研发龙芯 CPU，是我国最早研制通用 CPU 的队伍，具备雄厚的技术积累。2010 年公司开始市场化运作，对龙芯处理器研发成果进行产业化。

龙芯中科是国内唯一坚持基于自主指令系统构建独立于 Wintel (Windows-Intel) 体系和 AA (Android-ARM) 体系的开放性信息技术体系和产业生态的 CPU 企业。经过长期积累，形成了自主 CPU 研发和软件生态建设的体系化关键核心技术积累。

- 与国内多数集成电路设计企业购买商业 IP 进行芯片设计不同，龙芯中科坚持自主研发核心 IP，形成了系列化 CPU IP 核、GPU IP 核、内存控制器及 PHY、高速总线控制器及 PHY 等上百种 IP 核。
- 与国内多数 CPU 企业主要基于 ARM 或者 X86 指令系统融入已有的国外信息技术体系不同，龙芯中科推出了自主指令系统 LoongArch，并基于 LoongArch 迁移或研发了操作系统的核心模块，包括内核、三大编译器（GCC、LLVM、Golang）、三大虚拟机（Java、JavaScript、.NET）、浏览器、媒体播放器、KVM 虚拟机等。形成了面向信息化应用的基础版操作系统 Loongnix 和面向工控类应用的基础版操作系统 LoongOS。
- 与国内多数 CPU 设计企业主要依靠先进工艺提升性能不同，龙芯中科通过设计优化和先进工艺提升性能，摆脱对最先进工艺的依赖。通过自主设计 IP 核，克服境内工艺 IP 核不足的短板。

龙芯中科基于信息系统和工控系统两条主线开展产业生态建设，面向网络安全、办公与业务信息化、工控及物联网等领域与合作伙伴保持全面的市场合作，系列产品在电子政务、能源、交通、金融、电信、教育等行业领域已获得广泛应用。

2.2 核心 IP

龙芯中科坚持自主创新，掌握处理器核及相关 IP 核设计的核心技术。龙芯 CPU 中 IP 核均自主研发，如表 2.1 所示。

2020 年起龙芯新研的 CPU 均支持 LoongArch 架构。

表 2.1 龙芯中科处理器核及相关 IP 核

CPU	LA664, LA464, LA364, LA264, LA132
GPU	LG100, LG200
高速接口	HT1、HT3, PCIe3.0、PCIe4.0
片内互联总线	AXI, AHB, APB; XBAR、RING、BUS
内存控制器	DDR4, DDR3, DDR2, SDRAM, SRAM
打通各类接口	<ul style="list-style-type: none"> 存储接口：SPI, SDIO, NAND Flash, NOR Flash 音视频接口：HDA, AC97, I2S, CAMERA, LCD, HDMI 网络接口：TSN 工业接口：UART, I2C, PWM, CAN, LIO, LPC, TSensor, VPWM, RTC, ACPI, ADC; PPC, PCM, OC; JBIG, LSU
多种定制模块	各种规格寄存器堆, PLL, DDR2/3/4-PHY, HT-PHY, PCIe-PHY, COMBO-PHY

龙芯物理设计团队承担了龙芯全部芯片的物理设计和实现工作，包括 CPU（3 号）、SoC（2 号）和 MCU（1 号）等多种设计类型，实现了多款芯片的商业化规模量产和应用验证，并针对高性能 / 频率、低功耗、低成本 / 面积等多个维度进行了卓有成效的物理设计优化和探索。

2.2.1 CPU IP

龙芯中科基于 LoongArch 研发了 LA132、LA264、LA364、LA464 和 LA664 五大系列处理器核。

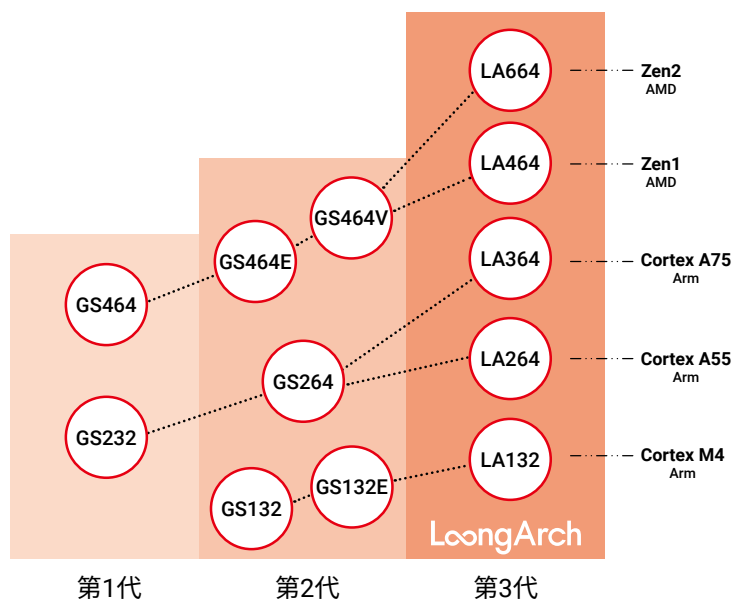


图 2.2 龙芯系列处理器 IP 核演进过程

· LA132 为单发射 32 位结构，采用静态流水线。在龙芯 1C102、1C103 等 MCU 中使用，并

作为 3A5000 等处理器的调试核使用。

- LA264 为双发射 32/64 位结构，采用动态流水线，有 32 位和 64 位版本，综合性能与 ARM Cortex-A53 性能相当。在龙芯 2K0500、2K1000LA、2K1500 等 SoC 中使用。
- LA364 为三发射 64 位结构，采用动态流水线，综合性能与 ARM Cortex-A73 性能相当。在龙芯 2K2000、2K3000 等 SoC 中使用。
- LA464 为四发射 64 位结构，采用动态流水线，SPEC CPU 2006 分值为 10–12 分/GHz。双访存、四定点、双向量、128 项重排序缓存。在龙芯 3A5000、3C5000 等 CPU 中使用。
- LA664 为六发射 64 位结构，采用动态流水线，SPEC CPU 2006 分值为 14–16 分 /GHz。四访存、四定点、四向量、两路同时多线程（SMT2）、256 项重排序缓存。在龙芯 3A6000、3C6000 等 CPU 中使用。

2.2.2 GPU IP

龙芯中科自主研发了 GPU 核。第一代 GPU 核 LG100 支持 OpenGL 2.1，在 7A2000、2K2000 中使用。第二代 GPU 核 LG200 将支持更高版本的 OpenGL 以及通用计算架构，在 2K3000 中使用。

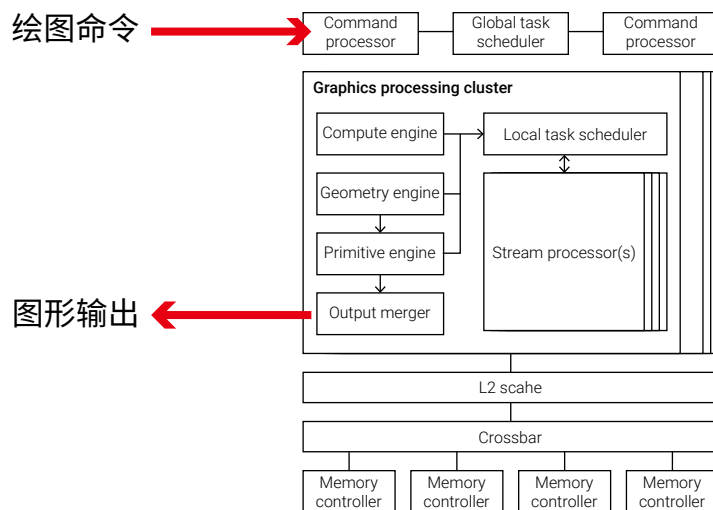


图 2.3 龙芯图形 IP 核 (LG100)

龙芯 7A2000 桥片首次集成龙芯自主研发统一渲染架构的 GPU 模块 LG100，GPU 核心频率达到

400-500Mhz，基于 OpenGL 2.1 和 OpenGL ES 2.0 规范实现，集成 DDR4 显存控制器，显存频率达到 2000Mhz-2400Mhz，最大支持 16GB；支持两路显示，典型分辨率 1920×1080@60Hz 最高支持 2560×1440@30Hz，glmark2 性能超过 300 fps，glxgears 性能超过 1800 fps。

桥片中的 GPU 模块搭配独立显存，可形成独显方案，显著提高龙芯计算机的性价比。

2.2.3 互联及接口 IP

龙芯中科研发了多种互连及接口 IP。包括片内互连总线模块、内存接口、HT (HyperTransport) 接口、PCIe 接口、TSN 网络接口、HDA/AC97 音频接口、显示控制器 DC、HDMI、NAND、SPI、LPC、GPIO、SDIO、PWM、I2C、I2S、CAN、UART、1553B、SpaceWire 等。

内存接口支持 DDR2、DDR3、DDR4 协议，16、32、64 位宽，ECC 校验、镜像容错等；支持 65nm、40nm、28nm、12nm 等工艺节点；支持速率从 DDR2-800 至 DDR4-3200 不等；支持包括颗粒、UDIMM、RDIMM、LR-DIMM 等类型。

HT 接口支持 HT1.0、HT3.0 协议，8、16 位宽，IO、互连扩展等特性；支持 40nm、28nm、12nm 等工艺节点；支持速率从 400Mbps 至 8Gbps 不等。HT 接口可以作为 CPU 与桥片的互连接口或 CPU 与 CPU 之间的互连接口使用。

PCIe 接口支持 PCIe1.0、PCIe2.0、PCIe3.0、PCIe4.0 协议，1、2、4、8、16 位宽；PCIe3.0 支持 28nm 工艺节点，最高速率 8Gbps；PCIe4.0 支持 12nm 工艺节点，最高速率 16Gbps。

其它 IO 接口根据不同需求在各 SoC 芯片集成时选用。

2.2.4 IP 授权

龙芯是国内唯一自主掌握高性能 CPU IP 知识产权、具备系列化 CPU IP 核授权条件的企业。

- 龙芯 LA132 及 LA264 系列 CPU 核将开放给合作伙伴。
- LA364 核可以用于对战略客户的 IP 授权及 SoC 设计服务。
- LA464、LA664 系列 CPU 核限于自用。

2.3 芯片产品系列

龙芯中科研制的芯片包括龙芯 1 号、龙芯 2 号、龙芯 3 号三大系列处理器芯片及桥片等配套芯片。各系列主流产品型号及适用场景见图 2.4。

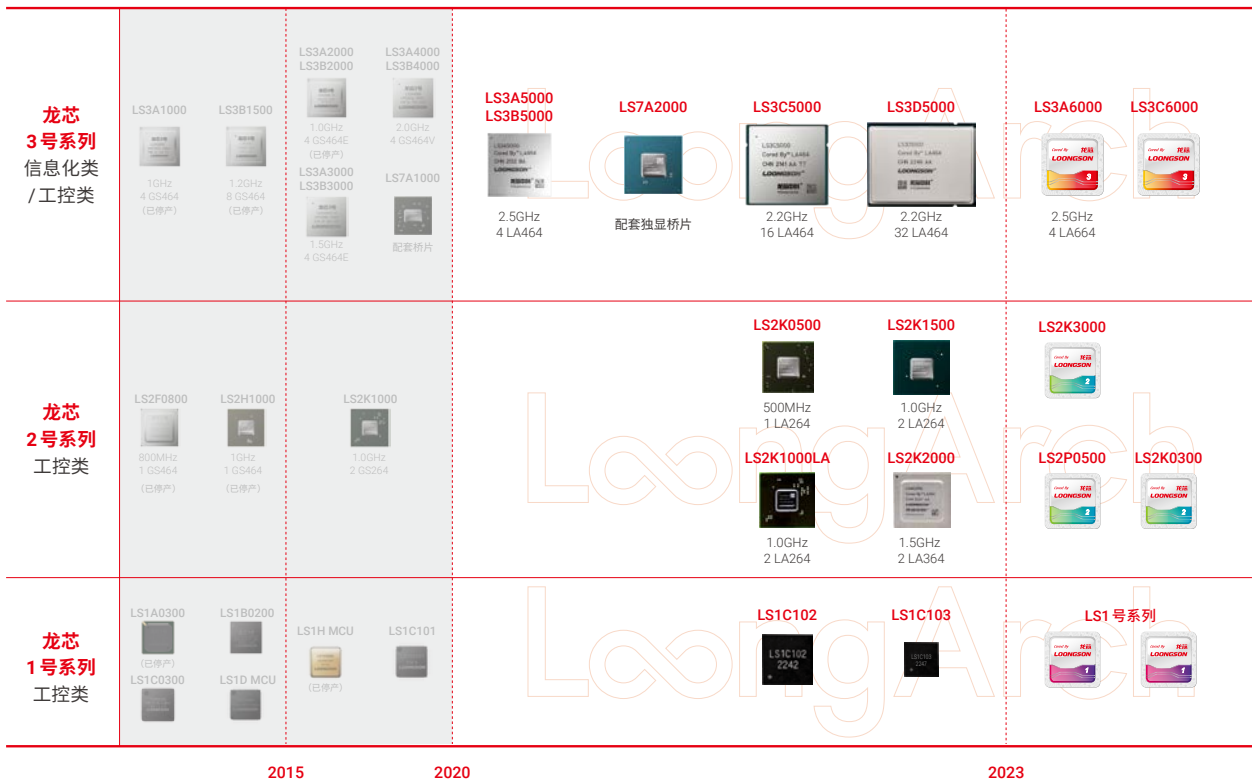


图 2.4 龙芯中科芯片产品系列

龙芯 3 号系列为通用处理器，面向桌面和服务器等信息化领域以及高端工控类应用；龙芯 2 号系列为低功耗通用处理器，面向工业控制与终端等领域的 SoC 芯片，用于工控设备、网络设备、行业终端、智能装备等；龙芯 1 号系列为根据应用需求定制的专用芯片，面向低功耗、低成本的 MCU（微控制器），用于物联网终端、仪器仪表设备、数据采集设备等。

配套芯片包括以龙芯 7A2000 为代表的接口芯片。

2.4 LoongArch 架构的 CPU 新品

2.4.1 龙芯 3A5000

龙芯 3A5000 是面向个人计算机、服务器等信息化领域的通用处理器，桌面性能达到国内领先。采用龙架构（LoongArch）的 LA464 处理器核，并进一步提升频率，降低功耗，优化性能。在与龙芯 3A4000 处理器保持引脚兼容的基础上，频率提升至 2.5GHz，功耗降低 30% 以上，性能提升 50% 以上。



- 基于全新 LoongArch 龙架构
- 单核 SPEC CPU 2006 Base 实测性能超过 26 分，为性能效率强劲的国产处理器核心 CPU
- 高带宽内存接口：支持 DDR4-3200，实测带宽超过 25GB/s
- 统一生态兼容：支持不同架构应用程序实时翻译执行
- 精细功耗管理：内置功耗控制核心动态调频调压
- 支持自主 GPU：搭配新一代独显桥片 7A2000，该桥片采用自主设计 3D GPU

2.4.2 龙芯 3C5000

龙芯 3C5000 是龙芯中科面向服务器领域的通用处理器，片上集成 16 个高性能 LA464 处理器核，服务器性能达到业内主流水平。采用全新的龙架构（LoongArch），在兼容龙芯 3C5000L 主板设计的基础上，调整优化了封装形式，保持了系统和应用软件的兼容性。



- 全新指令系统：基于龙架构（LoongArch），优化指令效率
- 高端多路：支持高达 16 路 256 核互连结构，全局 CC-NUMA
- 高系统性能：单处理器 UnixBench 超 9000 分
- 高效虚拟化：KVM 虚拟机计算效率 95% 以上
- 高速互连：多级 Cache 一致性协议，高效支持本地和跨片访问

- 高内存带宽：内存通道灵活配置，提供充足带宽
- 扩展 IO 支持：搭配新一代桥片，大幅提升 PCIe 有效带宽

2.4.3 龙芯 2K0500



龙芯 2K0500 是一款高集成度处理器芯片，主要面向工控互联网应用、打印终端、BMC 等应用场景。片内集成 64 位 LA264 处理器核、32 位 DDR3 控制器、2D GPU、DVO 显示接口、两路 PCIe2.0、两路 SATA2.0、四路 USB2.0、一路 USB3.0、两路 GMAC、PCI 总线、彩色黑白打印接口、HDA 及其它常用接口。

此外，芯片实现 ACPI、DVFS/DPM 动态电源功耗管理等低功耗技术，支持多种电源级别和唤醒方式，可根据具体应用场景对芯片部分功能和高速接口进行动态时钟、电源开关控制，满足工控、网络安全、机框管理（BMC）等应用领域低功耗应用需求。

2.4.4 龙芯 2K1000LA



龙芯 2K1000 系列是面向工业控制与终端等领域的低功耗通用处理器。

2022 年 4 月底，龙芯 2K1000 处理器完成了改版芯片（代号龙芯 2K1000LA）的功能和性能测试。

龙芯 2K1000LA 处理器主要面向于网络应用，兼顾平板应用及工控领域应用。片内集成 2 个 LA264 处理器核，主频 1GHz，64 位 DDR3 控制器。芯片外围接口包括两路 PCIe2.0、一路 SATA2.0、4 路 USB2.0、两路 DVO 及其它多种接口。集成动态功耗控制模块。

龙芯 2K1000LA 在硬件接口完全兼容 2K1000 的基础上，替换了处理器核并通过调整设计进行了性能和功耗优化，可广泛应用于电力、轨交、石油石化、新能源、智能制造、工业互联网、工业网络安全等行业和领域。

龙芯 2K1000LA 处理器的推出标志着继 2021 年下半年龙芯信息化业务已经转向龙架构 LoongArch 之后，龙芯工控业务也全面转向龙架构 LoongArch。

2.4.5 龙芯 2K1500

2023 年 1 月，龙芯中科面向电力、轨交、智能制造、工业网络安全等行业工控应用定制的芯片产品——龙芯 2K1500 流片成功。

- 龙架构平台：龙芯 2K1500 内部集成 2 个 LA264 核，主频 1.0GHz
- 接口丰富：在接口与功能方面，龙芯 2K1500 集成了 DDR3、PCIe 3.0 和 SATA 3.0 接口，PCIe 接口具备 EP 模式和 DMA 功能，提供数量丰富的 SPI、CAN、I2C、PWM 等小接口和 USB 接口，支持 eMMC 功能
- 超低功耗：龙芯 2K1500 塑封版本采用 FC-BGA 封装，由于制程工艺的提升和低功耗设计方法的运用，其典型工作场景下功耗低于 2.8W，可有效满足低功耗场景下的工控需求

龙芯 2K1500 处理器的流片成功标志着龙芯中科在定制芯片方面的技术趋于成熟，再次丰富了龙芯工控领域产品线。

2.4.6 龙芯 2K2000

2022 年 12 月，龙芯 2K2000 完成初步功能调试及性能测试。

- 龙架构平台：龙芯 2K2000 芯片中集成两个 LA364 处理器核，2MB 共享二级缓存，典型工作频率 1.5GHz。在 1.5GHz 时 SPEC2006-INT (base) 单核定 / 浮点分值达到 13.5/14.9 分
- 集成自研 GPU 核：龙芯 2K2000 芯片集成了龙芯自主研发的 LG120 GPU 核，进一步优化了图形算法和性能
- 接口丰富：龙芯 2K2000 芯片集成了丰富的 I/O 接口：72 位 DDR4-2400（支持 ECC）、PCIe3.0、SATA3.0、USB3.0/2.0、



HDMI 及 DVO 显示接口 (HDMI+DVO)、GNET 及 GMAC 网络接口、音频接口、SDIO 及 eMMC 等接口

· 特色模块及接口：龙芯 2K2000 还集成了安全可信模块，Rapid IO、TSN、CAN 等特色工业接口

· 封装及功耗：龙芯 2K2000 的塑封版本采用 FC-BGA883 封装，芯片尺寸为 27×27mm，同时支持高等级封装。得益于片内丰富的低功耗控制方法，龙芯 2K2000 功耗的可伸缩性良好，初步测试结果显示：龙芯 2K2000 的功耗在高性能模式下约为 9W，平衡性能模式下约为 4W，可满足多种应用场景的需求

龙芯 2K2000 的推出，标志着基于龙芯自主指令系统 LoongArch（简称龙架构）的 CPU 形成了由龙芯 1C102、1C103，2K0500、2K1000LA、2K1500、2K2000，3A5000、3C5000、3D5000 等组成的性能从低到高的完整系列。

龙芯中科将在龙芯 2K2000 设计平台的基础上，开发一系列针对不同细分领域的 SOC 芯片，更精准地服务客户需求。

2.4.7 龙芯 1C102

2022 年 12 月，龙芯物联网主控芯片龙芯 1C102 流片成功。

龙芯 1C102 主要面向智能家居以及其他物联网设备。

龙芯 1C102 采用龙芯 LA132 处理器核心，是一款面向嵌入式领域定制的芯片产品，该芯片集成 Flash、SPI、UART、I2C、RTC、TSENSOR、VPWN、ADC 等功能模块，在满足低功耗要求的同时，大幅减少板级成本，可广泛应用于各种智能设备和物联网相关产品中，具有高稳定、高安全、低成本等特点。

产品主要应用领域为智能门锁类产品、电动助力车、跑步机等。

2.4.8 龙芯 1C103

2022 年 12 月，龙芯物联网主控芯片龙芯 1C103 流片成功。



龙芯 1C103 主要面向电机驱动类 IOT 产品。

龙芯 1C103 以龙芯 LA132 处理器为计算核心，是针对电机驱动应用而设计的微控制器芯片。该芯片集成片上 Flash、ATIM、GTIM、ADC、SPI、I2C、UART、RTC 等功能模块，可输出带有死区的互补 PWM 信号，具备驱动舵机、有刷电机、无刷电机的原生支持，同时具备常见的通讯模块。

龙芯 1C103 采用 QFN32 封装形式，芯片尺寸 4.0×4.0mm，主频可达到 32MHz 以上。芯片尺寸小，各引脚可根据需求进行复用，应用场景灵活，可以满足高性价比的常见电机应用。

产品主要应用领域为筋膜枪、修枝机、电锯、电扳手、跳绳机、风扇、汽车电子等。



2.5 配套芯片：龙芯 7A2000

龙芯桥片正式命名为龙芯 7 号系列。

龙芯 7A2000 是面向服务器及个人计算机领域的第二代龙芯 3 号系列处理器配套独显桥片，在第一代桥片龙芯 7A1000 的基础上进行了优化升级。

- 片内首次集成了自研 GPU，采用统一渲染架构，搭配 32 位 DDR4 显存接口，最大支持 16GB 显存容量
- PCIe、USB 和 SATA 均升级为 3.0
- 显示接口升级为 2 路 HDMI 和 1 路 VGA，可直连显示器
- 内置一个网络 PHY，直接提供网络端口输出，降低板级成本的同时消除了对国外网络 PHY 芯片的依赖，进一步提升自主化程度

龙芯 7A2000 自带独显 GPU 的整机产品，性价比显著提升，图形性能满足各类办公应用需求。独显方案无需再使用外插显卡，降低了整机成本，同时增强稳定性。



2.6 安全特性

信息安全是创新发展的重要保障，CPU 是构建网络信息系统安全防护体系的起点和根基。龙芯 CPU 芯片级内生安全体系融合了“自主设计”和“安全可信”两方面优势，在自主设计的基础上增加从可信根开始的可信机制与安全保密机制。

龙芯 3 号在 CPU 芯片内集成了漏洞防范设计、硬件国密算法、安全可信模块与安全访问控制机制，初步实现“自主设计”和“安全可信”的深度融合。



图 2.5 龙芯中科获得商用密码产品认证证书（二级）

- 龙芯掌握 CPU 核心设计能力，芯片设计源代码全部自主研发，在设计过程中主动防范芯片漏洞、消除后门隐患。2016 年发现的“熔断”和“幽灵”漏洞影响全球大量 Intel、ARM 处理器。“熔断”和“幽灵”漏洞属于芯片硬件设计缺陷，无法通过软件打补丁或者操作系统升级的方法彻底修复。到 2022 年，市场上在售的多款引进 ARM 处理器型号仍然存在幽灵漏洞。龙芯采用自研 CPU 技术路线，看得懂、改得动，能够从流水线、缓存、转移猜测等关键机理上分析漏洞、规避问题，从原理上实现对“熔断”和“幽灵”漏洞免疫。龙芯通过硬件的方式防范漏洞，性能没有明显降低。龙芯 3 号 3A5000 已通过第三方安全漏洞测试，未发现系统漏洞。
- 龙芯 CPU 内置安全模块，已获得国家商密二级型号认证证书。龙芯内置安全模块，集成硬

件加解密算法。安全模块独立于处理器核工作，提供硬件密码引擎、密钥管理、安全存储与随机数发生等功能。安全模块支持国密算法 SM2/SM3/SM4，可以取代外置密码卡。相比于使用软件进行加解密的方式，CPU 硬件的加解密性能有数量级的提高，3A5000 实际加解密性能可达 5Gbps。

· 安全可信是国家网络安全法律、战略和等保制度的明确要求。龙芯 3 号集成安全可信管理功能，可以在硬件层面实现基于国密算法进行可信计算，取代外置可信芯片。龙芯支持可信管理功能内置于 CPU 芯片的整机设备，操作系统层部署可信软件基，由可信节点和可信管理中心共同组建可信系统。基于龙芯 CPU 芯片的可信计算解决方案，已经在桌面电脑、服务器、工业控制等领域构建了实际解决方案和广泛案例。

基于龙芯芯片级的内生安全机制，建立起上层的安全生态。龙芯联合安全固件、网安 / 密码设备、安全操作系统、安全浏览器、等级保护等产品厂商共同研发解决方案，可以全面满足等级保护 2.0 要求。

龙芯中科积极参与国家工业控制系统与产品安全质量监督检验中心的系统安全漏洞测试验证，基于龙芯 3A5000+Loongnix 操作系统环境的 60 项测试全部通过。龙芯中科入选首批“信创政务产品安全漏洞专业库”（简称：CITIVD）技术支撑单位。



图 2.6 龙芯中科入选首批信创政务产品安全漏洞专业库技术支撑单位

龙芯基础软件生态依托 LoongArch 指令系统，
分别从标准规范体系、国际开源软件社区、基
础操作系统、平台特色软件等方面展开建设。

第三章 龙芯基础软件

3.1 龙芯平台标准规范体系

龙芯平台已支持硬件兼容的统一系统架构，支持软件应用兼容的二进制接口。

3.1.1 统一系统架构标准

龙芯 CPU 统一系统架构规范是在通用 PC、服务器、嵌入式领域的龙芯产品开发指导标准。通过规范整机设计、固件开发、内核开发的技术要求，定义了整机、固件、系统的兼容性标准，既可保证同一整机对不同操作系统的兼容，又可保证同一操作系统对于不同整机的兼容，还可实现操作系统对 CPU 的代际兼容。

龙芯 CPU 统一系统架构规范，主要以 UEFI (Unified Extensible Firmware Interface) 规范（最新 2.10 版本已经支持 LoongArch 架构）、ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) 规范（最新 6.5 版本已经支持 LoongArch 架构）、SMBIOS (System Management BIOS) 规范（最新 3.6.0 版本已经支持 LoongArch 架构）、FDT (Flattened Device Tree) 为基础，融入了龙芯 CPU 特定的启动技术要求、龙芯 CPU 及芯片组软硬件设计技术要求、内置显卡软硬件设计技术要求以及 VBIOS (Video BIOS) 传参约定，是一整套针对龙芯 CPU 和芯片组的开发指导规范。

通用 PC、服务器系列规范主要以 ACPI 规范为基础实现整机差异化设计，已经发布了兼容开源 Linux 6.1 的 V4.0 版本，整机厂商和操作系统厂商已经开始基于 V4.0 规范构建通用 PC、服务器领域的产品。嵌入式领域的规范主要以 FDT 为基础实现整机差异化设计，龙芯中科正在积极与上游 Linux 社区协同工作，持续完善和发布龙芯平台嵌入式领域的标准。

3.1.2 二进制接口 ABI 标准

二进制接口 (Application Binary Interface, ABI) 是应用程序二进制的静态表示和动态运行时所需要遵循的 CPU 架构级标准，包括寄存器分配使用、内存与栈布局、传参方式、调用接口、编译符号类型的表示处理、系统调用约定等方面的规定。

根据 LoongArch 指令特点，龙芯中科制定了《LoongArch 架构二进制接口规范》，并不断优化完善，目前已发布到 2.0 版本。遵循该规范，LoongArch 二进制目标代码可在兼容的 ABI 系统中交叉调用和正常运行。

3.2 国际开源软件社区广泛支持 LoongArch 生态

在国际开源软件社区，LoongArch 架构已得到业界广泛认可与支持，正在成为与 X86、ARM 并列的顶层开源生态系统。

经国际开源软件界管理“软件指令集架构标识符”的权威机构 GNU 组织的分配，LoongArch 架构获得了编号为 258 的专属指令集架构标识（即 ELF 可执行文件的 ELF Machine 编号，用于标识软件所基于的指令集架构）。



图 3.1 国际开源软件社区的 LoongArch 架构生态

截至 2022 年底，主流国际开源社区，包括 Linux 内核、GCC 编译器、Glibc 库、LLVM 编译器、Go 编译器、QEMU 系统、V8 JavaScript 引擎、.NET 编程框架、FFmpeg 视频加速库等大量重要基础软件社区都已经发布了支持 LoongArch 架构的正式版本，或者在其主干源码库中实现了对 LoongArch 架构的支持。

国际开源软件社区中，原生支持 LoongArch 架构的软件项目已超过 100 个。

3.2.1 Linux 内核

内核作为 Linux 操作系统最核心最基础的组件，内核社区的原生支持将为 LoongArch 软件生态体系的持续发展与完善奠定坚实的基础。

经过龙芯中科与 Linux 内核社区的紧密合作，2022 年 8 月发布的 Linux 内核 5.19 版本正式实现了对 LoongArch 架构的基本支持，包括寄存器定义、启动管理、异常 / 中断处理、进程管理、内存管理、系统调用、信号处理、模块支持、SMP 支持、NUMA 支持等功能。

随后在 Linux 内核 6.0 版新增了对 LoongArch 中断控制器支持、PCI 控制器支持、VDSO 优化、堆栈回溯支持等。到 Linux 内核 6.1 版，进一步实现了对 LoongArch 架构 EFISTUB 启动、新重定位 (ABI2.0) 支持、Qspinlock 支持、PerfEvents 支持、KEXEC/KDUMP 支持、BPF JIT 支持、ACPI 平台驱动支持等。

2022 年底，LoongArch 架构在 Linux 内核版本中的功能支持已经比较完备，龙芯各系列 CPU 和桥片都得到了 Linux 内核社区比较完整的原生支持，可将最新社区内核版本作为基线用于龙芯平台操作系统的研发。

3.2.2 固件

在固件领域，龙芯的开源生态建设沿着标准制定与软件开发两条主线展开。

在固件标准规范方面，LoongArch 在 2021 年得到了 PE/COFF 标准支持，获得了 LoongArch 架构专属的 PE Machine 编号以及 ABI 架构重定向类型编号。在 UEFI 论坛于 2022 年 8 月发布的 UEFI 规范 V2.10 和 ACPI 规范 V6.5 中，实现了对调用约定、运行时服务约定、启动时服务约定、异常上下文保存、中断控制器模型等 LoongArch 特性支持。

DMTF 组织于 2022 年 6 月发布了 SMBIOS 3.6.0 版本，实现了对 LoongArch 架构处理器

类型编号、龙芯 1-3 号处理器家族编号的支持。

- 在维护 EDK II 开源 UEFI 固件的 TianoCore 社区方面，到 2022 年底，基础工具、基础库、自动化测试、常用驱动等主要模块对 LoongArch64 架构的支持已经到位，并且实现了对 LoongArch 架构虚拟机的支持。基于社区 edk2 和 edk2-platforms 的代码仓库，可以构建出完整的 LoongArch 虚拟机固件并在 Qemu 仿真平台上运行。
- 在管理 Linux 系统引导功能的 GRUB 社区方面，已经实现了 LoongArch 架构重定向、内核及二次引导镜像加载、自测模块等主要功能。预计 2023 年新发布的 GRUB V2.12 版本将实现对 LoongArch 的完整支持。

3.2.3 GCC 工具链

GCC 是开源软件世界应用最广泛的编译器，也是开源软件领域最基础的支撑工具。

经过龙芯中科与 GCC 社区的紧密合作，2022 年 5 月发布的 GCC12.1 版本中正式实现了对 LoongArch 架构的支持，可以通过 GCC 标准选项“-march=”和“-mtune=”选项提供 LoongArch 结构级和微结构级的编译支持。随后的 GCC13 版本进一步丰富了对 LoongArch 架构非宏指令的符号装载指令序、static pie 等功能的支持。

在二进制工具领域，Binutils 2.38 版本中首次实现了对 LoongArch 架构的支持，汇编器（gas），链接器（ld），调试器（GDB），二进制工具（objdump, readelf 等）在 LoongArch 架构上都可正常使用。随后的 Binutils 2.39、2.40 版本对 LoongArch 的 ABI、重定位功能进行了完善。

GLIBC 作为 Linux 系统最底层的基础库，在 2022 年 8 月发布的 2.36 版本中首次实现了对 LoongArch 架构的支持。Glibc 2.36 版本 LoongArch 特性包括后端编译基础架构支持、lp64d ABI 硬浮点支持、系统接口支持、TLS 支持、原子操作支持、setjmp/longjmp 指针加密功能支持。随后的 Glibc 2.37 版本进一步增加了对软浮点 lp64s ABI 支持、静态 PIE 支持、后端常用数学函数硬件浮点指令支持。

到 2022 年底，GCC、Binutils、Glibc 库社区版本已经可以作为基础编译工具支撑 LoongArch 架构操作系统的研发构建。

3.2.4 LLVM

LLVM 是国际上最重要的编译器和编译器开发框架之一，它不仅提供了主流的 C/C++ 编译器前端 clang，也为许多其他编程语言提供了编译框架支持。

龙芯中科积极参与 LoongArch 架构在 LLVM 开源社区的生态建设。

到 2022 年底，龙芯团队累计向 LLVM 社区贡献 5 万多行源代码，先后在 LLVM 15 版本（已于 2022 年 9 月发布）和 LLVM 16 版本（预计于 2023 年初发布）中完成了对 LoongArch 架构的初步原生支持，可用于编译构建 LoongArch Linux 内核和 Chromium 等大型系统和应用软件。此外，包括 compiler-rt/lld/lldb/openmp 等在内的基础子项目对 LoongArch 的功能支持代码已经被 LLVM 社区接受，按计划会在 LLVM16 正式版本中发布。

在 LLVM 16 版本中，LoongArch 将与 X86/ARM 等架构一样成为 LLVM 编译器中正式支持的指令集架构。

3.2.5 Golang

Go（又称 Golang）语言是一种静态强类型、编译型、并发型并具有垃圾回收功能的新兴编程语言，很多重要的开源项目如 Kubernetes、etcd、Docker 和 Prometheus 等都使用 Go 语言开发。

2022 年 8 月 Golang 社区发布了 Go1.19 版本，正式实现了对 LoongArch 架构的支持。

今后 LoongArch 架构生态会随着 Go 社区同步发展，为 LoongArch 平台支持各类云原生、微服务架构、DevOps 等技术提供基础支撑。

除 Golang 编译器外，Golang 社区的重要子项目 net、sys、tool 也都已实现了对 LoongArch 架构的支持，可以完整支持基于 Go 开发的各类软件项目。

龙芯中科将持续积极参与 Golang 社区建设工作，不断丰富完善 LoongArch 的生态支持。

3.2.6 .NET

.NET 是国际上最流行的编程语言和开发框架之一。

龙芯中科持续积极参与 .NET 社区建设, 不断完善 LoongArch 架构在 .NET 社区版本的支持。

在 2022 年 4 月, .NET 社区正式合入了对 LoongArch 的架构支持, 这是 .NET 社区继 X86 和 ARM 之后第 3 个支持的 CPU 架构。龙芯平台的 .NET SDK 产品版本可以通过龙芯开源网站进行下载。

在 Mono 社区, 支持 LoongArch 架构的工作正在有序推进中。预计在 2023 年 Mono 社区将原生支持 LoongArch 架构, 届时将实现解释和 JIT 两种模式。供用户评估使用的 Mono/LA 版本可以通过技术支持渠道获取。

3.2.7 Chromium

Chromium 是目前最具影响力的开源浏览器项目。

龙芯中科与 Chromium 社区紧密合作, 于 2021 年 8 月在 V8 JavaScript 引擎项目中首次实现了对 LoongArch 架构的支持。针对与 CPU 架构紧密相关的 ninja、gn、depot_tools、skia、PartitionAlloc、Process 等基础模块, breakpad 等调测相关模块, livbpx、FFmpeg 等第三方模块, 龙芯中科开展了架构支持和性能优化工作, 相关成果已经陆续被社区接受。

2023 年, 基于 Chromium 项目社区源码, 将可以直接构建出 LoongArch 架构的高性能浏览器版本。

3.2.8 Mozilla Firefox

Firefox 是一个历史悠久的开源浏览器, 由 Mozilla 基金会发起, 采用 Gecko 排版引擎和 SpiderMonkey JS 引擎。

龙芯中科与社区紧密合作, 开展了 Firefox 项目对 LoongArch 架构的支持工作。核心的 SpiderMonkey 库的架构支持代码在 Firefox99 版本时已被上游社区合并。Build 编译构建、NSPR、MFBT、XPCOM 等组件以及 icu、libwebrtc、nss、rust 等第三方库对 LoongArch 架构的支持, 也已经或正在被 Mozilla 社区接收。

2023 年, 基于 Firefox 社区项目源码, 可以直接构建出 LoongArch 上的高性能浏览器版本。

3.2.9 Node.js

Node.js 是能够在服务器端运行 JavaScript 的跨平台执行环境。Node.js 采用 Google 开发的 V8 执行代码，使用事件驱动、非阻塞和异步输入输出模型等技术来提高性能，可优化应用程序的传输量和规模。Node.js 在各种开发中应用广泛，也在各大 Linux 发行板中默认集成和安装，是操作系统中重要组成部分。

Node.js 社区在 2022 年初发布的 v17.5.0 版本中正式合并了 LoongArch 架构支持代码，从该版本开始，使用上游社区 Node.js 源码即可在 LoongArch 平台构建 JavaScript 运行环境。

3.2.10 音视频库

龙芯积极参与音视频软件开源社区的生态建设，在音视频编解码、音视频开发框架、流媒体传输等社区持续贡献代码。

- FFmpeg 社区从 5.0 版本开始，集成了对 LoongArch 架构全系列芯片的支持和优化，MPEG4、H264、H265、VP8、VP9、WMV3 等格式解码性能得到大幅提升。
- 流媒体服务器项目 SRS 从 5.0.19 版本开始支持全系列龙芯处理器。
- 其他单一格式编解码库 libvpx、OpenH264、uavs3e，以及常用的像素格式转换和缩放渲染库 libyuv 和 SDL2 也已经集成了对 LoongArch 架构的支持和优化，开发者可以通过下载社区最新代码获取。
- OpenCV 社区于 2022 年 9 月在社区开发分支中合并了对 LoongArch 架构的支持与优化，预计在 4.6.1 版本中发布。

截至 2022 年底，主要的音视频相关基础软件社区都已经实现了对 LoongArch 架构的原生支持和性能优化，可以支撑 4K 视频播放、高清录屏、高清视频会议、高清直播等音视频应用需求。

3.2.11 调测工具

Linux 系统中的 eBPF、kdump、ftrace、strace、libunwind、GDB、lldb 等主要的调测工具社区目前都已经实现了对 LoongArch 的支持。kprobe、ltrace、breakpad、crashpad 等社区对 LoongArch 的支持正在开展中，预计 2023 年可完成对 LoongArch 的支持。

eBPF 允许在内核中运行用户编写的程序，无需修改内核源码或者加载内核模块，eBPF JIT 的 LoongArch 支持已经合入上游 Linux 内核 6.1 版本，用户态工具 bcc 的 LoongArch 支持也已经合入上游社区 0.25.0 版本。kdump 是一种基于 kexec 快速重启的内核崩溃转储机制，内核态 kexec 和 kdump 功能的 LoongArch 支持已经合入上游 Linux 内核 6.1 版本，用户态 kexec-tools 和 makedumpfile 工具的 LoongArch 支持也已经合入上游社区。ftrace 是一种调试框架，帮助开发人员了解 Linux 内核的运行行为，以便进行故障调试或性能分析，ftrace 的 LoongArch 支持已经合入上游社区，预计在 Linux 内核 6.2 版本发布。strace 能够记录进程执行时的系统调用以及进程接收的信号，strace 的 LoongArch 支持已经合入上游社区 5.17 版本。libunwind 库为基于 64 位 CPU 和操作系统的程序提供了基本的堆栈回溯功能，libunwind 的 LoongArch 支持已经合入上游社区。GDB 是用户态程序使用最为广泛的调试工具，GDB 的 LoongArch 支持已经合入上游社区 12.1 版本。lldb 是 llvm 项目的调试器组件，lldb 的 LoongArch 支持已经合入上游社区，预计在 llvm16 版本发布。

3.2.12 QEMU

QEMU (Quick Emulator) 是业界主流的设备仿真模拟软件，可以在一种架构的物理机上运行支持其它架构的操作系统和程序，从而让软件无感知运行在不同硬件平台上。

龙芯中科积极推进 QEMU 社区对 LoongArch 架构支持。

在 2022 年 8 月发布的 QEMU7.1 版本中原生支持 LoongArch 架构。目前 QEMU 社区支持 LoongArch 架构用户态程序仿真和全系统仿真。

- 用户态程序仿真可以在 X86 等主流架构下运行调试 LoongArch 架构的用户态程序。
- 全系统仿真支持仿真龙芯 3A5000 虚拟机单板，可以运行社区内核，调试社区内核和驱动程序，进行 CI 测试等。

QEMU 实现对 LoongArch 架构的支持后，用户可以在 QEMU 虚拟的主机上，编译运行和调试 LoongArch 架构的二进制软件。对于软件开发者，QEMU 可提供不同硬件架构下系统执行的平台，以及软件跨架构集成测试环境，提高软件开发效率和成熟度。

3.2.13 DPDK

DPDK (Data Plane Development Kit) 是 Linux 基金会下托管的开源项目, 它提供了一系列数据平面的代码库和基于轮询模式的网卡驱动。DPDK 能够加速网络性能, 在提升网络吞吐量和降低网络延时方面具有重要的作用。

龙芯中科技术团队实现了 DPDK 软件对 LoongArch 架构的支持, 并与社区紧密配合。

在 2022 年发布的 DPDK 22.11 版本正式原生支持 LoongArch 架构。用户可以在 LoongArch 架构平台上设计和开发基于 DPDK 应用的系统。

3.2.14 基础数学库

在基础数学库方面, 龙芯是 OpenBLAS 社区的重要贡献者之一, 持续在 OpenBLAS 社区维护对龙芯架构的支持。

OpenBLAS 从 0.3.20 版本开始就已经实现对 LoongArch 架构的支持。

目前, 龙芯中科还与 fftw、eigen 等开源数学库社区紧密合作, 推动 LoongArch 生态的繁荣。

3.2.15 加解密 / 解压缩

SSL (Secure Sockets Layer, 全套接层协议) 是互联网加密通讯的工业标准, OpenSSL 是国际开源组织基于 SSL 协议开发的开源加解密软件。

目前支持 LoongArch 架构及 AES 加解密向量指令优化补丁已经合入 OpenSSL 社区仓库主分支, 并将于 OpenSSL-3.1 版本正式发布。

3.2.16 LibreOffice

在开源办公套件中, LibreOffice 是 Linux 用户中最流行的办公套件之一, 在各大 Linux 发行板中默认集成和安装, 是操作系统中重要组成部分。

LibreOffice 套件包括 Writer (文字处理)、Calc (电子表格)、Impress (演示文稿)、Draw (矢量绘图)、Base (数据库管理)、Math (公式编辑) 六个办公组件。

目前 LibreOffice 社区已将 LoongArch 架构支持代码合入到 LibreOffice 主线代码中, 预计在 7.5 版本发布中将正式支持 LoongArch, 进一步丰富 LoongArch 平台文档办公的生态。

3.3 丰富的编程语言与应用框架的支持

前一节中介绍了国际开源社区已接收的 LoongArch 分支，本节介绍 LoongArch 平台支持的其他编程语言和应用框架。



图 3.2 LoongArch 平台支持的其他编程语言和应用框架

3.3.1 Java

龙芯中科基于 OpenJDK 研制并发布了龙芯平台 Java 环境。

目前，龙芯平台 Java 环境已经发布了包括 17、11 和 8 在内的 3 个长期支持（Long-Term Support, LTS）版本，龙芯中科对这些 LTS 版本提供安全更新、问题修复和持续优化。除了多版本支持以外，龙芯平台 Java 环境还具有符合 Java SE 标准，开源，免费，支持 C1/C2 即时编译器和向量加速等优化，支持 ZGC 和 Shenandoah GC 等先进垃圾收集器（Garbage Collection, GC），支持向量 API（Vector API）、虚拟线程（Virtual Threads）和外部函数和内存 API（Foreign Function & Memory API）等 Java 社区前沿特性等特点。

龙芯平台 Java 环境具体情况如下：

- 通过 JCK 测试，符合 Java SE，新应用程序和现有应用程序无需修改即可运行
- 使用 GPLv2（with Classpath Exception）开源，可以免费下载、使用和重新发布
- 跟进社区最新版本，获取及时的安全更新和问题修复
- 支持解释器：Template Interpreter（模板表解释器）
- 支持 JIT 即时编译器：包括 Client Compiler（C1），Server Compiler（C2）和 Tiered

Compilation（分层编译）

- 支持多种垃圾收集器：包括 Serial GC, Parallel GC, G1 GC, ZGC (JDK17) , Shenandoah GC (JDK17) 和 CMS GC (JDK8、11)
- 支持多种 Linux 操作系统：包括 Loongnix、UOS、麒麟等 64 位操作系统
- 支持多版本：包括 17、11 和 8 在内的所有 LTS 版本
- 支持 JavaFX (OpenJFX)
- 支持 Java Web Start (IcedTea-Web)
- 支持 JNA (Java Native Access)

主要的服务器和桌面 Java 应用均可在龙芯平台上适配，并在龙芯客户中经过了长期、大量的实践验证，这些软件包括但不限于：

- Apache Tomcat;
- Apache Hadoop;
- Apache Kafka;
- Apache Eclipse IDE;
- NetBeans IDE;
- Apache Cassandra;
- Jenkins;
- Coremail;
- 东方通、金蝶等主要国产中间件;
- 永中 Office;
- 泛微 e-cology OA 平台等。

3.3.2 C#

龙芯 LoongArch 平台可以完善支持基于 C# 语言的 .NET 编程框架，且已有众多客户的产品项目完成在 LoongArch 平台落地部署。

LoongArch 架构的 .NET/SDK 版本有 3.1 版本，6.0 版本，7.0 版本等。由于社区 3.1 版本维护生命周期已经在 2022 年 12 月结束，推荐使用 SDK6.0-LTS 版本进行产品开发。LoongArch 架构 .NET/SDK 版本会持续在龙芯开源网站上进行升级发布。

LoongArch 平台可原生支持 .NET 控制台类程序、ASP.Core、Avalonia-UI、WTM 等开发框架。关于 Avalonia-UI 开发框架在 LoongArch64 平台的使用，可以在龙芯开源社区网站进行用户手册的在线查阅。

龙芯中科将持续对 .NET/SDK 开展性能优化，支持 AOT/NativeAOT 和 Intrinsic/SIMD 等特性。此外，LoongArch64 架构的 Mono-6.13-ea1 版本已经可以提供用户试用，预计在 2023 年发布 Mono-6.13 正式版本。

3.3.3 JavaScript

JavaScript 是最流行的开发语言之一，支撑其运行的 JavaScript 虚拟机（也称 JS 引擎）主要有 Chromium V8 引擎和 Mozilla SpiderMonkey 引擎。经过龙芯中科与两大社区的努力，V8 和 SpiderMonkey 都已经实现了对 LoongArch 的支持。未来，龙芯中科将继续和社区紧密合作，保证社区每个新版本在 LoongArch 上都能高效运行。

LoongArch 平台的 JS 引擎对 ECMA、WASM 等标准支持完善，并经过了深度的性能优化、对安全漏洞进行了及时修复，以保证龙芯平台 JavaScript 程序的高效、稳定、安全运行。在龙芯开源社区的 NPM 仓库站点中提供了大量第三方组件下载，可以支撑基于 Node.js 开发的 Web 服务端程序的运行。目前和 JS 引擎密切相关的浏览器、Node.js 服务程序、VSCode 等桌面程序等在 LoongArch 平台都得到了完善支持。

3.3.4 Electron/CEF/NW.js

Electron/CEF/NW.js 都是基于 Chromium 内核的 Web browser 模式应用程序开发组件，能够复用现有的 Web 开发框架和技术，极大的提高开发速度。Atom、Skype、VSCode、钉钉、企业微信等应用软件相关版本也都采用了 Electron 或者 CEF 框架来开发。

多个 Electron 版本基于 LoongArch 平台已完成移植，并完成了在 Loongnix，麒麟，UOS 等操作系统上的适配，支持了微信，QQ，百度云等多个软件的开发和应用。此外，对 Electron 所依赖的 npm 包也完成了相关移植；完成了 CEF90、CEF98、CEF99 等版本的移植，完成了 NW.js 0.59.2、NW.js 0.60.1、NW.js 0.61.1 等版本的移植，可满足客户各类需求。

目前源码在 github/loongson 相关仓库中维护并开源，后续将继续跟踪主线版本的升级及移植，实现 LoongArch 架构在上游社区的原生支持。

3.3.5 Python

Python 是一种具有简洁性、易读性以及可扩展性的解释型编程语言，广泛应用于 Web 开发、

人工智能、数据分析等领域。Python 生态主要包括 Python 解释器、第三方库及集成开发环境等。

目前 Python2.7、3.5、3.6、3.7、3.8 及 3.9, CPython、NumPy、greenlet、uvloop、TensorFlow、PyTorch、OpenCV-Python 等关键软件包已移植到 LoongArch 架构, 并在 Loongnix 社区开通了龙芯 Python 仓库: <https://pypi.loongnix.cn/>, 提供 373 个项目、816 个软件版本、共 1517 个 whl 二进制包的下载。

3.3.6 Ruby

Ruby 是一种简单快捷的面向对象脚本语言, 遵守 GPL 协议和 Ruby License。其随着 Rails 框架的普及而被广大开发者接受, 主要应用于 Web 开发、安全等领域。

Ruby 生态主要包括 ruby 解释器, 第三方库及集成开发环境。Loongnix 社区开通了龙芯 Ruby 仓库: <https://rubygems.loongnix.cn/> 作为上游 Ruby 仓库的补充。持续为 Ruby 开发者们提供支持。

3.3.7 LuaJit

Lua 是一种功能强大、动态、轻量级的编程语言, 它可以被嵌入或用作通用的独立语言。LuaJit 是 Lua 语言的即时编译器 (JIT), LuaJIT 已成功用作游戏、网络和图形应用、数值模拟、交易平台和许多其他特殊应用程序中的脚本中间件。

目前龙芯已经完成 LoongArch 架构在 LuaJit 官方社区 v2.1 分支和 OpenResty 社区 v2.1 分支移植开发工作, 在功能完备度、稳定性和测试通过率等方面都已具备较高水平。Loongnix、UOS 等操作系统已经集成了 LoongArch 架构的 LuaJit deb/rpm 包。

3.3.8 Rust

Rust 是一门专注于程序安全且支持函数式和命令式以及泛型等编程范式的系统编程语言, 有自己一套完整的生态系统, 包括: 项目管理配置、工具链、库以及存储 rust 相关依赖项目的 crate.io 源和二进制包的 rustup 源等。

目前在 LoongArch 架构平台, 完成了 Rust、libc、object-testfiles、object、compiletest-rs、rustup 等第三方库和工具的移植, 并在 Loongnix 社区开通了 Rust 源站点: <https://>

crates.loongnix.cn 及 Rustup 源站点: <https://rust-lang.loongnix.cn>。供 LoongArch 架构开发者下载使用。

龙芯中科还在与 Rust 上游社区紧密合作, 开展社区版本对 LoongArch 架构的原生支持工作, 预计 2023 年 Rust 和重要的第三方库社区都会实现对 LoongArch 架构的支持。

3.3.9 Pascal

Free Pascal 是由国际组织开发的 pascal 语言编译器, 目前 Free Pascal-3.3.1、lazarus-2.2 桌面开发环境已经完成 LoongArch 架构支持, 集成到了 Loongnix-20 系统源: <http://pkg.loongnix.cn>; 龙芯中科还在与 Free Pascal 社区紧密合作, 在社区的下一个版本中实现对 LoongArch 架构的原生支持。

3.3.10 第三方软件包的阶段性补充发布站点

开源软件领域的编程语言与开发框架众多, 在每个编程开发领域都会发展出大量第三方软件包, 进而形成了该领域第三方软件包的集中发布站点, 如 Python 领域的 pypi 站点, JavaScript 领域的 npm 包站点。

龙芯中科与国内外的合作伙伴一起积极在这些第三方软件包社区建设 LoongArch 生态, 由于时效原因, npm 等集中发布站点仓库中存在个别软件包暂时不支持 LoongArch 架构。

对此, 龙芯中科补充了 LoongArch 架构的支持, 建设了第三方软件包的阶段性补充发布站点, 供 LoongArch 架构的开发者下载使用。待上游集中发布站点实现对这些软件包的 LoongArch 支持与下载后, 龙芯中科将同步从补充发布站点仓库中移除相关内容。

目前建设完成的补充发布站点有:

- 容器镜像 (cr.loongnix.cn)
- Python 包站点 (pypi.loongnix.cn)
- .NET 包站点 (nuget.loongnix.cn)
- rust 工具站点 (rust-lang.loongnix.cn)
- nodejs/npm 包站点 (registry.loongnix.cn)

上述补充发布站点已累计提供超过千种软件包或镜像的下载。

3.4 龙芯的操作系统生态

龙芯中科拥有面向桌面与服务器应用的 Loongnix 及面向终端与控制类应用的 LoongOS 两大基础版操作系统，并对商业品牌操作系统提供技术支撑。

操作系统有两种典型的商业模式，一是微软的 Windows 闭源授权模式，二是谷歌的 Android 开源基础版模式。

龙芯中科采用开源基础版模式，研制并提供基于 LoongArch 的基础版操作系统 Loongnix，支持包括统信、麒麟在内的专业操作系统企业推出品牌操作系统，同时支持整机或系统企业基于 Loongnix 定制操作系统。

Loongnix 操作系统分为面向终端型应用的 Loongnix_Desktop 以及面向服务器应用的 Loongnix_Server。龙芯中科基于 Loongnix 平台开展操作系统核心模块的迁移适配、研发和优化，支持硬件兼容的统一系统架构，支持应用兼容的统一编程框架。

3.4.1 龙芯基础版本操作系统

一、Loongnix 是应用于桌面、服务器、云计算等通用信息化领域的 Linux 操作系统发行版

Loongnix 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，另一方面支持云厂商、OEM 等企业根据需求研发其定制版操作系统。

Loongnix 包括 Loongnix-Server、Loongnix-Desktop 两个产品系列，分别面向服务器、桌面终端。

Loongnix 的发展采用了“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。

龙芯中科制定了《龙芯统一系统架构规范》标准体系，发布支持 ACPI 标准的 UEFI 固件和系统，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。龙芯中科制定了 API 兼容技术标准体系，将实现应用在不同操作系统、不同版本操作系统的兼容，消除应用软件需要反复适配的“组合爆炸”问题。

在云计算方面，龙芯平台完备支持 OpenStack/KVM、Docker/K8s 等典型云计算方案；在 Docker Hub 和龙芯开源社区网站上发布龙芯各类基础软件容器镜像，用户可以直接下载使用。随 Loongnix 还推出面向装备应用的三维地球显控中间件 LoongEarth，性能大幅优于已有三维地球显控软件。

二、LoongOS 是具备精简、高效、实时特征的终端操作系统，面向控制领域的应用

LoongOS 利用 RT-Linux 技术实现实时性。

LoongOS 简化了复杂的传统 X 桌面图形系统，支持 FrameBuffer、EGL、Wayland 三种图形应用模式，其中 FrameBuffer（二维）和 EGL（三维）都是单窗口应用全屏模式，具备系统轻量、启动迅速、开发便捷等特点；Wayland 模式可以支持多窗口应用，实现了全功能的三维 OpenGL/OpenGLES2.0 驱动和编程接口，具备简洁的桌面图形环境。LoongOS 三种图形模式都支持 Qt 编程开发和应用环境，支持兼容 VxWorks 的 RT API 编程接口。

针对嵌入式系统的需求，LoongOS 实现了文件系统加固、掉电保护、分区保护、安全隔离等功能，还可以使用配套的集成开发环境 LDK 根据需求灵活定制专用系统，并提供 QEMU 虚拟调试环境。

3.4.2 龙蜥、欧拉、统信、麒麟原生支持 LoongArch

龙蜥社区版操作系统（openAnolis OS）是由社区推出的完全开源、中立、开放的发行版，它支持多计算架构，也面向云端场景优化，兼容 CentOS 软件生态。自 2021 年 2 月开始，龙蜥社区版操作系统开始支持 LoongArch 架构，在龙芯与各社区合作伙伴的协作下，2021 年 10 月 12 日首个支持 LoongArch 架构的 Anolis OS 8.4 LoongArch 预览版发布，2022 年 1 月 27 日 Anolis OS 8.4 LoongArch 正式版发布。目前龙芯正与社区伙伴一起移植 Anolis OS LoongArch 8.6、8.7 版本。

欧拉社区版本操作系统（openEuler OS）是由社区推出的面向数字基础设施的开源操作系统。2021 年 11 月 9 日，龙芯签署 CLA（贡献者许可协议），正式加入欧拉开源社区，并牵头创建 SIG-LoongArch 组，推进 openEuler 支持 LoongArch 架构工作；2022 年 6 月 17 日，龙芯成为欧拉社区理事会成员单位。目前龙芯正与社区伙伴一起移植 openEuler-2203 LTS LoongArch 版本。

统信操作系统（UOS）是由统信软件推出的商业操作系统，面向桌面及服务器等领域。在龙芯与统信等生态伙伴的合作努力下，统信桌面与服务器操作系统版本完成了多款龙芯 3A5000、3C5000/3C5000L、7A1000 及 7A2000 硬件平台的适配工作；移植适配了大量开源原生应用，还通过 wine 技术移植了大量 Windows 应用，可以覆盖用户基本的办公、通讯、音视频播放及图像处理等场景。分别于 2021 年 12 月 30 日、2022 年 3 月 31 日发布了 V20 1043、1050 专业版本，2022 年 5 月 30 日、2022 年 8 月 4 日及 2022 年 10 月 26 日发布了 1050 Update1/2/3 专业版；基于 Anolis OS 8 社区版二次商业发行的统信服务器操作系统 V20（1050a）LoongArch 版本于 2022 年 3 月 11 日正式发布，V20（1050U1）LoongArch 版本于 2022 年 9 月 5 日正式发布。

麒麟操作系统（KylinOS）是由麒麟软件推出的商业操作系统，面向桌面及服务器等领域。在龙芯与麒麟等生态伙伴的合作努力下，麒麟桌面与服务器操作系统版本完成了多款龙芯 3A5000、3C5000/3C5000L、7A1000 及 7A2000 硬件平台的适配工作，实现了简单易用、稳定高效、安全可靠的图形化桌面与服务器操作系统产品版本，移植适配了大量桌面办公、音视频处理等应用软件，适配了 KVM 及容器虚拟化组件。2022 年 3 月银河麒麟桌面操作系统 V10 SP1 LoongArch 版本正式发布，2021 年 11 月银河麒麟高级服务器操作系统 V10 LoongArch 版本正式发布。

3.4.3 OpenHarmony 原生支持 LoongArch

2022 年 10 月，OpenHarmony 操作系统与龙芯 2K0500、2K1000LA 开发板完成适配验证。OpenHarmony 是全球开发者共建的开源分布式操作系统，由开放原子开源基金会孵化及运营，国内众多厂商已基于其形成多个跨终端全领域的发行版操作系统。LoongArch 平台对于 OpenHarmony 已形成初步支持。

3.5 图形系统、音视频、数学库、AI

3.5.1 图形系统

龙芯平台上支持完整的开源图形系统软件栈，支持龙芯 GPU、AMD GPU、景嘉微、芯动、摩尔线程等不同品牌型号的显卡产品。

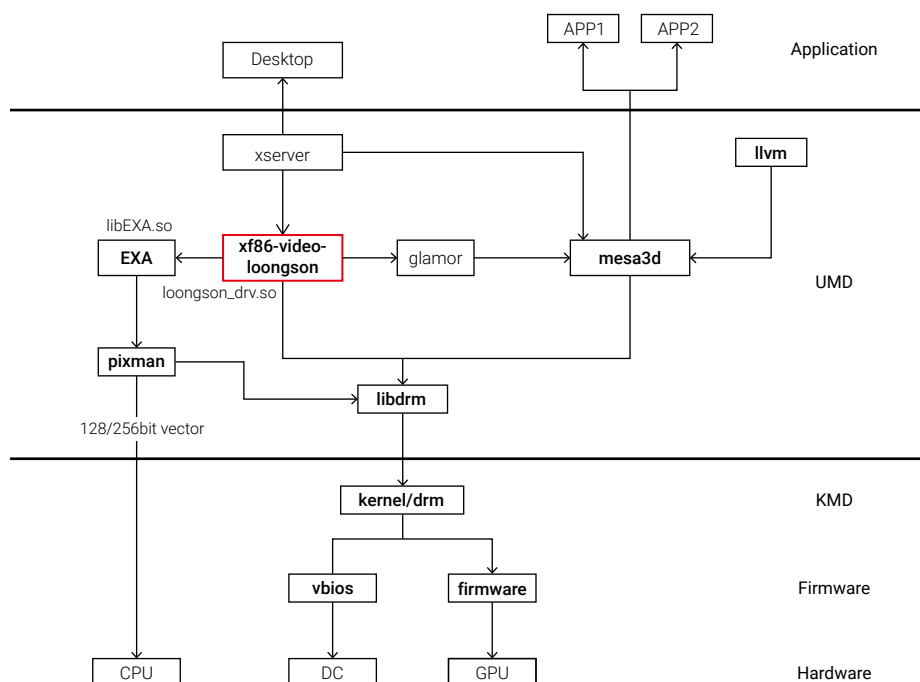


图 3.3 龙芯平台图形系统软件架构

图形软件栈提供面向不同图形应用场景的解决方案，提供最高 OpenGL4.5、OpenGLES 3.2、EGL1.4、GLX 1.3 等丰富的图形应用开发接口。

表 3.4 龙芯平台图形解决方案

多屏高性能解决方案	支持 AMD 的高端独立显卡，支持最高 6 屏 4K 超高清显示。满足大屏拼接显示。
办公台式机解决方案	支持 AMD 中低端独立显卡或龙芯 GPU，满足桌面办公场景，可流畅运行办公软件，浏览器，视频播放，设计软件等等。
办公笔记本解决方案	支持 AMD 中低端独立显卡或龙芯 GPU，满足移动办公场景，可流畅运行办公软件，浏览器，视频播放，设计软件等等。
嵌入式解决方案	支持龙芯 GPU，满足嵌入式场景下的定制需求，如不同尺寸大小的液晶屏，墨水屏。支持嵌入式 Linux 操作系统等等。

3.5.2 音视频

龙芯中科通过对音视频基础库的持续优化，大幅提升了龙芯平台上音视频编解码以及渲染的性能。

截止 2022 年 11 月，LoongArch 生态已经支持 MPEG4、H264、H265、VP8、VP9、AVS3、AV1 等几乎所有主流的视频格式。

以 H264 格式视频为例，3A5000 上 CPU 解码 1080P 3Mbps 视频的平均解码帧率达到 316fps，CPU 编码 H264 main profile 的性能达到 30fps。可以支持基于 3A5000+7A2000 平台纯 CPU 编解码播放 4K 超高清视频，以及 1080P 高清视频会议。

在提升编解码性能的同时，龙芯积极配合广大应用厂商进行了大量商业应用的迁移适配，如腾讯视频会议、网动视频会议、小鱼易连、向日葵、WPS 以及大量云桌面类应用等。

在开源音视频应用方面，如 OBS-Studio、SMPlayer、mpv、Mplayer、VLC、OpenShot、FlameShot、SimpleScreenRecorder、gavcview 等常用的开源音视频应用都已经实现对龙芯平台的支持，可满足用户对视频播放、视频编辑、录屏、截图、推流等使用需求。

3.5.3 数学库

龙芯数学库 LoongML (Loongson Math Library, 简称 LML) 是基于龙芯平台深度优化的高性能数学函数库。龙芯数学库是龙芯基础加速库平台的一个核心组成部分，可以有效地支撑上层科学计算以及人工智能类应用需求。

LML 提供包括线性代数库 BLAS、SPBLAS、稀疏矩阵求解器，以及矢量数学库、FFT、卷积与相关、滤波等在内的核心数学库接口。所有接口由 C 和汇编实现，支持多线程，具有易迁移和高性能的特点。

龙芯计划于 2023 年 6 月发布第一版龙芯数学库，该版本将完成 BLAS、SPBLAS、稀疏矩阵求解器、矢量数学库、FFT、卷积与相关在内的核心数学库的 LoongArch 优化。优化后的数学库性能得到大幅改善。以 BLAS 和 FFT 为例，优化后的 dgemm 接口相比优化前性能可以提升约 5 倍，优化后的一维 C2C 变换相比开源 FFTW3 性能提升约 50%。

3.5.4 AI

围绕自主指令架构 LoongArch，龙芯中科积极投入 AI 平台建设，构建形成了多层级的 AI 软件生态体系和全域异构硬件支撑体系，具有广泛的 AI 应用场景。

· 完善的 AI 软件生态体系

基于 LoongArch 架构，龙芯平台已经支持当前国际国内主流的深度学习编程框架，如：TensorFlow、Pytorch、Caffe、ONNXRuntime、PaddlePaddle、NCNN。常用的计算机视觉和自然语言处理领域的算法模型（如 VGG/ResNet/Inception/MobileNet/YOLO/Bert/ 语义分割等）通过编程框架均能正常在龙芯平台上部署和推理运行。

同时，基于 LoongArch 架构，针对编程框架常用的深度学习算子库（如矩阵库 OpenBLAS、Intel 的 OneDNN 以及 Facebook 的 FBGEMM）均进行了适配，并对各算子库的算子运用 LoongArch 指令集进行了大量的向量优化，累计优化代码量约 10 万行。各算子库算子性能得到显著提升。深度学习编程框架可配置此类算子库来提升模型训练和推理性能。

· 全域异构硬件支撑体系

基于 LoongArch 架构，目前国内多个 AI 加速卡厂商（涉及 GPGPU/ASIC/FPGA 系列），如：天数智芯、登临科技、寒武记、比特大陆、云天励飞等均已经完成了在龙芯平台上的适配工作，其他加速卡厂商也在陆续开展对龙芯平台进行适配，为龙芯平台 AI 应用方案构建了全域异构硬件支撑体系。

· 广泛的 AI 应用场景

将龙芯平台结合不同加速卡方案进行部署和实施，可满足不同的 AI 应用场景（服务器端 / 边缘端 / 终端）对算力的需求。

龙芯平台 AI 应用广泛，基础应用包括智能语音技术，计算机视觉和自然语言处理等领域；行业应用包括安防、交通、教育、能源、数据中心等领域。基于龙芯平台的人工智能技术正成为人工智能的国产化发展趋势。

3.6 云平台

云平台是一套以云操作系统为核心的 IT 技术体系，实现了按需分配网络、计算、存储等资源，帮助企业在数字化时代，以应用为中心，有效应对业务需求快速变化、业务系统日趋复杂、对 IT 资源的弹性需求等不确定性因素带来的问题。

龙芯云平台已经涵盖了 CNCF/ 云原生的 7 层 21 类 36 个核心项目 K8s, Docker, OpenStack 等以及周边项目的开发，在每个项目发布之前都经过了部署测试，保证项目的质量。同时，为便于客户使用龙芯镜像，在 Loongnix 社区搭建了龙芯云仓库：cr.loongnix.cn，其中存储的镜像将近 450 多个，已广泛服务于浪潮、天翼云和联通等众多厂商，帮助厂商构建了统一的运行环境，并动态根据业务需求进行调整和扩展。

为促进龙芯云平台的建设和发展，在 github 社区搭建了云社区组织，包含了源码、二进制和相关指导文档等资源的存储和维护，并积极帮助客户、开源工作者解决构建、使用等相关问题，给客户提供优质的服务和保障。

3.7 龙芯二进制翻译器

二进制翻译技术是将一种指令集的软件翻译到另一种指令集并实现高效运行的技术。随着处理器性能的逐步提升，通过二进制翻译技术运行其他架构的软件在商业上具备一定的成熟度，在业界上已经有不少的应用案例。

LoongArch 架构在设计之初就充分考虑生态兼容需求，把实现将异构平台现有应用软件平滑迁移到龙芯平台作为设计目标，除基础指令、虚拟机扩展指令等指令外，LoongArch 还包含二进制翻译扩展指令，以支持龙芯二进制翻译系统对其他架构下二进制指令的高效翻译。

表 3.5 龙芯二进制翻译架构

LoongArch Linux apps	X86 Windows/Linux apps	ARM Android apps
	LAT from X86	LAT from ARM
Loongnix on LoongArch		
LoongArch		

龙芯二进制翻译系统作为中间层，通过架构支持与软硬协同算法优化，充分利用本地硬件，最大化提升翻译效率，为上层应用软件提供目标指令集的良好虚拟运行环境。龙芯二进制翻译系

统支持基于 Wine 的 Windows 应用兼容，通过两者结合可实现在不安装 Windows 操作系统的条件下，达到使 X86/Windows 应用在 LoongArch/Linux 平台上运行的目的。

龙芯二进制翻译应用解决方案包含两个翻译系统：

- LATX (LAT from X86)：支持 X86 平台的应用在龙芯平台的安装运行；
- LATA (LAT from ARM)：支持 ARM 平台的应用在龙芯平台的安装运行。

LATX 是将 X86 软件翻译到 LoongArch 的二进制翻译器，SPEC CPU2006 翻译效率平均超过 70%。

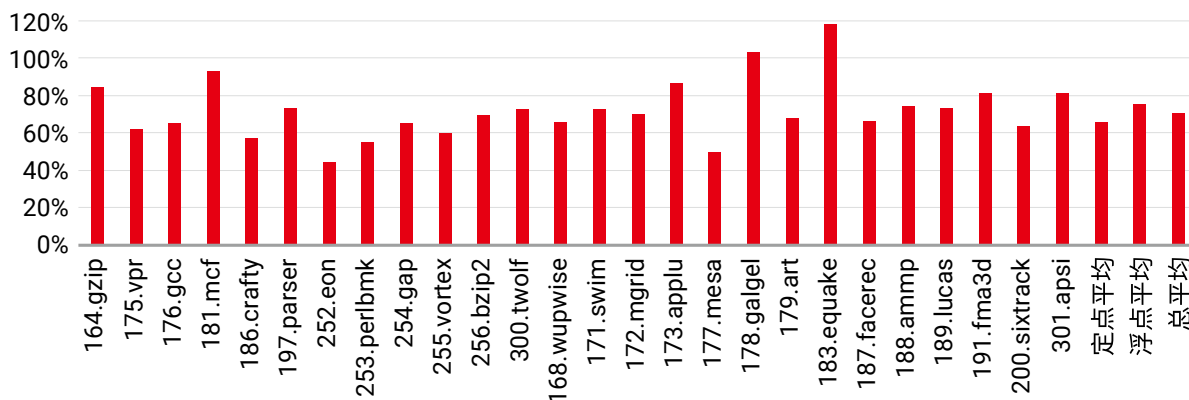


图 3.6 LATX 翻译效率

龙芯二进制翻译器已经支持 100 余款 Windows 应用。2022 年确定了 10 款主流应用，作为复杂软件的典型代表，都已经达到实用水平。

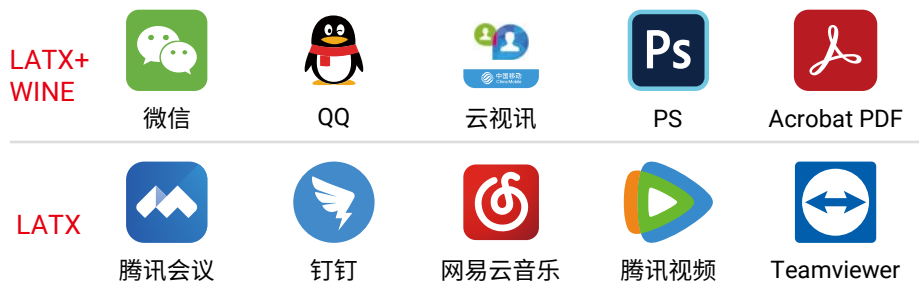


图 3.7 基于二进制翻译的 10 款复杂应用达到实用水平

统信、麒麟等应用商店已经上架 100 余款二进制翻译软件，用户可一键安装。

表 3.8 应用商店上架二进制翻译软件列表

序号	名称	序号	名称	序号	名称	序号	名称
1	微信	27	猫里奥小游戏	53	AcmeCAD	79	大雄机电 CAD
2	Counter Strike 1.6	28	迅捷 CAD 转换器	54	看图啦	80	MindMaster-Linux
3	Crimsonland	29	植物大战僵尸	55	护眼宝	81	快压
4	Notepad++	30	中国象棋大师	56	连连看	82	闪电音频格式转换器
5	Sketchpad	31	CAD 快速看图	57	FileZilla	83	超市管理专家
6	风云图片格式转换器	32	EV 图片浏览器	58	360 压缩	84	万能进销存管理器
7	风云 CAD 转换器	33	汉王 PDF OCR	59	路路通时刻表	85	奥维互动地图浏览器
8	极速看图	34	快手直播伴侣	60	画图	86	爱莫脑图
9	快捷 CAD	35	Visual C++	61	悟空识字	87	Foobar2000
10	扫雷	36	Cool Edit Pro	62	Fly on desktop	88	91 助手
11	腾讯通 RTX	37	驾校一点通	63	打地鼠 (单机桌面版)	89	EV 剪辑
12	万能压缩	38	金山画王	64	俄罗斯方块精简版	90	TeamViewer
13	迅读 PDF 大师	39	开心小闹钟	65	奥托的魔法世界	91	View 图片查看器
14	纸牌	40	屏幕画笔工具	66	愤怒的小鸟	92	爱奇艺
15	Photoshop	41	教育信息交换	67	金山打字通	93	大众计算器
16	SAI2	42	腾讯会议 -Linux 版	68	美女餐厅 2 之紧急援助	94	格式工厂
17	SumatraPDF	43	证联讯	69	咪咪桌面时钟	95	野狐围棋
18	WinRAR	44	Source Insight	70	JPEGView	96	立几画板
19	淘宝网店管理	45	139 邮箱	71	蜘蛛纸牌	97	宝石迷阵 2
20	悦书 PDF	46	EV 录屏	72	Everyone Piano	98	小鸡复仇记
21	CAXA	47	欢乐五子棋	73	PDF 猫压缩	99	达龙云电脑
22	Adobe Dreamwaver 8.0	48	天翼云盘	74	GeoGebra Classic-Linux	100	怪怪水族馆
23	Linux-QQ	49	Double Commander	75	Scratch3	101	亚尔倒计时
24	Alien Shooter 孤胆枪手	50	打豆豆单机版	76	Master PDF Editor 5-Linux		
25	CAD 迷你看图	51	小孩桌面便签	77	鹰眼看图		
26	jZip	52	ebook	78	EdrawProject-Linux		

3.8 龙芯平台原创特色软件

3.8.1 龙芯浏览器兼容 IE 方案

实际业务领域中存在大量 Web 应用只能兼容 X86 处理器 + Windows 系统 + IE 浏览器的组合，使用开源浏览器访问时产生页面错误，阻碍生态建设进程。

龙芯中科开发 IE 兼容浏览器，通过龙芯 LAT 二进制翻译、ActiveX 插件兼容、网页元素语

义识别等关键技术，全面支持基于 IE 浏览器开发的网页应用系统，降低了需要迁移适配的人力物力成本，有效保护已有的建设投资。

IE 兼容浏览器是在龙芯浏览器 V3 (<http://www.loongnix.cn/zh/api/lbrowser/>) 基础上增加了 IE 兼容模块。龙芯浏览器 V3 来源于开源 Chromium 社区，同时龙芯也向 Chromium 社区贡献了大量代码，并一直维护着上游 LoongArch 分支。

- **性能方面：**龙芯浏览器 V3 结合 LoongArch 指令集特性，对 V8、Skia、pixman 基础模块深度优化，大幅提高了相关 Web 应用效率；支持 WebGL 3D 等特性，通过 GPU 加速，提高了页面渲染合成效率；结合 LoongArch 指令集的特性，对 FFmpeg 等底层视音频库进行深度优化，大幅提高 HTML5 video、WebRTC 等音视频应用效率，同时支持视频的硬解码；通过对应用运行在浏览器上的性能表现，分析性能瓶颈，指导应用程序针对性优化，大幅提高应用程序效率。
- **安全方面：**龙芯浏览器 V3 继承了 Chromium 的进程隔离、沙箱等安全特性；会及时修复安全漏洞，避免遭受漏洞攻击；支持国家商用密码算法和 GMSSL 传输协议，支持根证书管理，有效保证网络数据传输的安全；支持落盘数据加密，保护用户隐私信息；支持 DoH 等其他安全特性。
- **功能方面：**龙芯浏览器 V3 支持 NPAPI 协议，保证了大量客户已有的 NPAPI 插件的运行；龙芯浏览器还开发了侧边栏展示、书签同步、英汉互译、代理设置、鼠标手势、设备管理、截图、用户问题反馈等等用户反馈的实用功能；企业版本还支持统一管控、策略下发、访问控制、消息推送等功能。
- **生态建设方面：**龙芯浏览器 V3 已经与 UOS、Kylin 等操作系统厂商，中科江南、电科网安（卫士通）等国密中间件厂商，金山、福昕、数科等插件应用厂商都完成了互认证。

IE 兼容浏览器已经在能源、公安、教育、金融等多个行业得到实践应用。

3.8.2 龙芯打印机驱动兼容方案

Linux 系统应用于桌面办公应用时，长期受到打印机驱动支持匮乏的影响，大量常见打印机都缺乏对 Linux 系统的驱动支持。

针对这一困扰业界的难题，龙芯中科研发了龙芯打印机驱动引擎，可以在龙芯 Linux 平台上实现对绝大多数打印机的驱动支持。目前支持超过 6000 款打印机，品类涵盖惠普、佳能、联想、奔图等各类厂商产品。

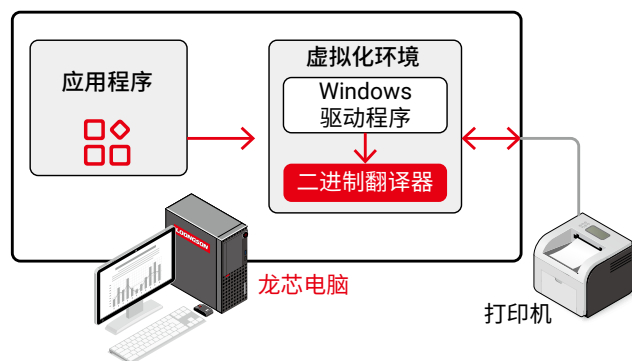


图 3.9 龙芯打印机驱动兼容方案

龙芯打印机驱动引擎具备打印机探测识别、自动安装驱动和自动添加打印机等功能，提供了常用的打印功能，包括多页、多份、彩色、整理等功能，实现了即插即用，方便易用。引擎具有较高的响应速度和稳定性，兼容 UOS、KylinOS 和 Loongnix 等龙芯平台各类操作系统，在各操作系统的应用商店当中都已提供了引擎的下载，获取方便。

3.8.3 龙芯应用兼容框架 LCF

Linux 操作系统跨发行版间的应用兼容是全世界普遍存在的问题，不同类操作系统发行版之间、同类操作系统不同发行版本之间均存在着严重的应用兼容问题，应用厂商不得不针对发行版反复进行适配，造成资源浪费。

在充分吸收国际开源 snap、flatpag、AppImage 等应用兼容技术优点的基础上，龙芯提出了基于自主打包格式和层次化容器的应用兼容框架 (LCF, Loongson Container FrameWork) 解决方案，支持图形应用类、服务类、后台类、资源类、命令类等应用程序兼容规范，支持基于源码及二进制的兼容打包，实现了“一次适配、到处使用”的兼容目标。

目前 LCF 已在 Loongnix 社区发布 RC1 版本：<http://www.loongnix.cn/zh/api/lcf/>，提供了 LCF 应用兼容框架套件、用户手册、开发手册等文档，支持了大量 Loongnix、UOS 及 Kylin 等桌面操作系统 LoongArch 架构应用程序的跨操作系统发行版二进制兼容。

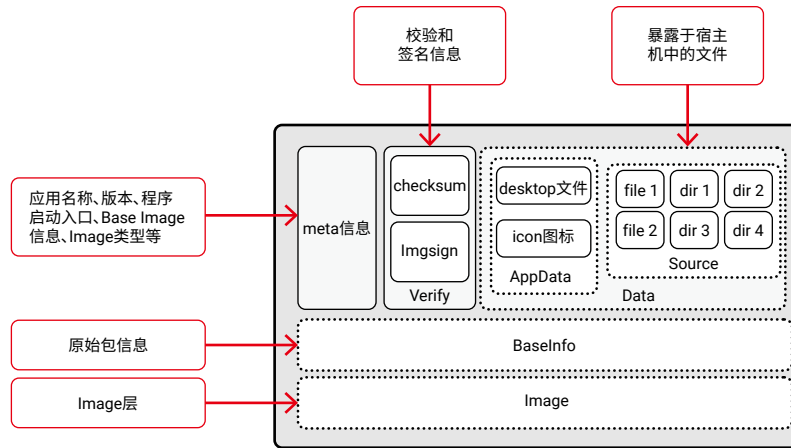


图 3.10 LCF 应用兼容框架结构

3.8.4 龙芯视频剪辑软件

LoongMedia 是龙芯中科在 LoongArch 平台上原创开发的视频剪辑软件。产品针对中国用户使用习惯优化界面设计，在易用性上明显超过现有的 Linux 开源视频剪辑软件，应用场景针对教学视频、影视混剪、电子相册、动画短片等制作领域。

LoongMedia 集视频剪辑、调色、动画生成等专业后期制作功能于一身。支持视频剪切、合并、删除、裁剪、旋转，多轨道同时剪辑，视频画面一键裁剪，音频自动生成字幕。拥有不断更新的云端素材库，包含音频、特效、转场、滤镜、贴纸等素材。LoongMedia 让零基础的用户也可以享受专业级的流畅剪辑体验，拓展了龙芯 CPU 在视频处理行业的使用范围。



图 3.11 龙芯视频剪辑软件

3.8.5 三维显控解决方案

龙芯显控中间件是由龙芯中科开发的一套空天地一体化数据展示平台。

该中间件是面向基于龙芯平台的具有高效数据显示需求的综合显示应用系统，主要解决应用系统中二维、三维快速可视化的难题；该中间件由龙芯中科负责运营、维护、升级以及技术支持等相关工作，支持二次应用开发，能够最大效率的发挥龙芯软硬件性能。

方案具有以下特点：

- **平台化：**同一套代码同时支持三大平台（Qt、浏览器、虚幻引擎）。Qt 平台满足低配置高性能，浏览器平台满足了客户端免安装，虚幻引擎平台满足了高配置高效果。
- **高性能：**高效渲染算法稳定可靠；拥有高精度数学函数和时间；面向对象设计；分层组织结构；库文件体积小于 10MB 适合嵌入式应用。
- **功能丰富：**2D/3D 一体化；自然环境模拟；背景地理信息显示；高程地形显示；3D Tile 海量三维模型显示；物理材质；图形绘制；标绘信息显示；动态地理空间可视化。
- **开发配套场景：**支持标绘开发，背景地理数据加载，模型加载，态势显示，态势推演，空间分析，仿真分析，制图发布。

3.8.6 嵌入式图形解决方案

龙芯嵌入式图形解决方案是一套包括基础 BSP、二三维图形加速驱动、图形编程环境、扩展插件功能支持、龙架构内核、龙芯编译器等在内的综合开发环境，旨在为龙芯系统开发者提供编程高效、功能完备、性能优异、可快速集成的基础方案平台。

该解决方案特点：

- 支持全系列的龙芯 CPU 以及桥片；
- 支持基于 Qt 和 OpenGL ES 层的两种应用框架开发方式；
- 支持主流的高中低端显卡；
- 支持完备的二维、OpenGL ES 1.1/2.0 三维编程与图形加速功能；

- 支持道系统、天脉 1/3、锐华、翼辉操作系统。

表 3.12 龙芯嵌入式图形解决方案核心功能

使用模式	核心功能
1. 基于 Qt 层 (DKM/RTP) ; 2. 基于 EGL 层的 OpenGL ES (DKM/RTP) 。	1. 支持 GPU 加速 2D、3D 功能; 2. 支持图像转换与缩放 (GPU 加速) ; 3. 支持显卡驱动应用重启、Qt 应用重启; 4. 支持 Qt RTP 多进程 (支持多 3D 进程) ; 5. 支持 Qt 中文输入法、虚拟键盘; 6. 支持多路 Qt 视频播放、视频拉流; 7. 支持 Qt USB 打印; 8. 支持 Qt PDF 文件浏览; 9. 支持 QtWebKit; 10. 支持 Qwt 组件; 11. 支持 DKM 模式下 Qt 库类动态链接功能; 12. 支持高性能 OpenGL ES 中文显示插件; 13. 支持 OpenGL ES 性能优化插件; 14. 支持多路 OpenGL ES 场景同时渲染; 15. 支持 C++11; 16. 支持龙芯 GCC 编译器、龙芯向量指令; 17. 支持 64 位使用模式。
支持硬件平台:	1. 3A3000/4000-7A1000、2K1000; 2. 3A5000-7A1000、2K1000LA、2K0500; 3. 3A3000/4000/5000-7A1000+AMD E6465/E8850。
注:	1. DKM 表示内核态, RTP 表示用户态; 2. EGL 层模式下可支持与 VAPS、SCADER 专业软件完全衔接; 3. 兼容支持道、锐华、天脉 1/3、翼辉操作系统; 4. 2023 年支持龙芯自研 GPU。

国内整机一线品牌与龙芯中科合作，
共同推出上千款整机产品。

第四章 基于龙芯 CPU 的整机软硬件产品

4.1 桌面终端

龙芯桌面终端包括台式机、笔记本、一体机、云终端等形态，支持主流 Linux 操作系统、3D 显示及 4K 高清播放，支持国密及可信应用，适合于政企信息化应用。



图 4.1 基于龙芯 3A5000+7A2000 的桌面产品

龙芯 3A5000 处理器是 2021 年推出的成熟产品，基于完全自主的 LoongArch 龙芯指令系统，单核 SPEC CPU2006 定点 base 分值 26 分以上，峰值性能 30 分以上，树立了自主性好、性能强的标杆。

2022 年龙芯中科最新推出了 7A2000 独显桥片，该芯片全面升级各类主要接口速率，高速 IO 接口达到市场主流水平，并内置自研 GPU 核心，Gmark2 3D 分值达到 600 分以上，支持 4K@30Hz 双屏显示，可形成内置独显方案，满足日常使用需求，极大的降低了桌面方案的系统成本。

4.2 工作站



图 4.2 龙芯 3C5000+7A2000 工作站

2022 年龙芯中科推出 16 核龙芯 3C5000 高性能处理器。单核 SPEC CPU2006 定点 base 分

值大于 10 分 /GHz，单芯片 SPEC 分值能够达到 200 分以上，UnixBench 单线程 1700 分以上，多线程大于 9500 分。每核内置 2 个 256 位向量计算部件，双精度浮点峰值计算性能达到 560G Flops。

龙芯 3C5000 搭配 7A2000 可构成 16 核高性能工作站产品。通过外接商业图形显卡以支持复杂行业应用软件。

4.3 服务器

3C5000 高性能处理器可支持 2-16 路互联，搭配龙芯新一代 7A2000 桥片，极大的提升了服务器的 IO 吞吐能力。

现已有多家厂商推出了基于龙芯 3C5000 搭载 7A2000 的通用计算服务器、存储服务器和 AI 服务器等产品。

4.3.1 通用计算服务器

基于龙芯 3C5000 处理器的单路（16 核）、双路（32 核）、四路（64 核）通用计算服务器，有高性能计算、低能耗、易管理等优点。广泛应用于电子政务、企业办公、云计算、大数据等应用场景。



图 4.3 基于龙芯的通用计算服务器

4.3.2 存储服务器

龙芯存储服务器包括高可靠集中式、分布式存储、龙芯备份一体机等。产品内置 3C5000 处理器及 7A2000 桥片，同时兼顾存储、网络、计算及 IO 扩展能力，具有超大容量、超强性能、灵

活扩展、稳定可靠等特征。在同类产品中拥有明显性价比优势。

- **集中式存储：**采用独创的双控冗余技术和集群技术，具有高可靠性，为用户简化组网方式，利用合作伙伴自主设计 ASIC 级别的引擎加速技术，为用户提供安全可靠、性能优异的存储系统。
- **分布式存储：**产品基于 Ceph 分布式框架，支持存储集群的快照、EC 纠删码、跨存储池缓存等。分布式存储在高性能计算、大数据视频云及大数据分析等应用场景中有着广泛的应用。
- **ODB 备份一体机：**采用独创的控制技术和集群技术，具有高可靠性，为用户简化组网方式。产品可支持多种备份典型应用场景：操作系统备份、数据库备份、虚拟化备份、文件备份、应用软件备份。

龙芯存储服务器主要包含两款产品形态“2U 12 盘位存储服务器”及“4U 24/36 盘位存储服务器”，应用场景包括大数据存储、云存储、备份归档等温 / 冷数据存储。



图 4.4 基于龙芯的存储服务器

4.3.3 AI 服务器

基于龙芯 3C5000 搭配 AI 计算卡，可拓展出包括 AI 算力池、存算一体以及 AI 训练服务器。产品用于机构级边缘计算、中小型计算中心以及云计算中心等场景。

- **AI 推理场景：**基于龙芯 3C5000 的服务器，适配业界多款 AI 推理卡（通常半高半长单宽，功耗最大 75W），用于视频结构化、图片解析、人脸识别、行为分析、特征搜索等。服务器类型：2U8/12 盘 AI 算力池服务器和 4U36 盘 AI 存算一体机。应用场景：城市大脑、雪亮工程、智慧交通、安全生产等。

- **AI 训练场景：**基于龙芯 3C5000 的服务器，适配业界主流 GPU 卡（通常全高全长双宽，功耗最大 300W），用于深度学习、模型训练等。服务器类型：4U10 卡 Balance 拓扑服务器、4U8 卡 Cascade 拓扑服务器等。应用场景：基因测序、天气预报、模型仿真等。



类型	AI 算力池服务器	AI 存算一体机	AI 训练服务器
机型	2U2P 机架服务器	4U2P 机架服务器	4U2P 机架服务器
硬盘	8/12 盘位, 3.5 寸	36 盘位, 3.5 寸	4 盘位, 3.5 寸
内存插槽	8 个	8 个	8 个
PCIe 3.0 插槽	主板 5 个插槽	主板 5 个插槽	主板 5 个插槽, 扩展卡 10 个插槽
AI 数量和种类	5 个半高半长单宽 AI 卡	5 个半高半长单宽 AI 卡	10 个全高全长双宽 AI 卡

图 4.5 基于龙芯的 AI 服务器

龙芯 3C5000 AI 服务器已适配完成国内多家 GPGPU 卡，例如登临科技、算能、天数智芯、寒武纪、百度昆仑芯、灵汐科技，GPGPU 生态不断完善中。

龙芯 3C5000 AI 服务器采用异构形式。按照一般算法的算力消耗情况，单张加速卡能够支持全流程 48 路的智能分析业务。单台服务器搭配 5 张算丰智算卡 SC5+ 支持 240 路全流程解析算力。针对适用范围：

- **云计算中心**（视频分析路数 ≥ 1000 路）。如市级以上公安云计算中心、道路交通管理中心、城市大脑计算中心。
- **中小型计算中心**（ $300 \leq$ 视频分析路数 < 1000 ）。如区县级公安（或分局）计算中心、大型企业安全生产监管。
- **机构级边缘计算**（ $100 \leq$ 视频分析路数 < 300 ）。如中小型企业生产园区、医院或学校、局部

重点布控区域。

龙芯 AI 训练服务器在高校计算机学院已有案例，单机插 6 张天垓 100 训练卡，搭载龙芯分布式存储技术，可以实现 24 小时算力资源的分配使用，师生可以全天候进行训练、推理，满足科研工作需要。

在 GPU 算力虚拟化方面，算力分配最小颗粒为 1 张卡的 1/100，内存分配最小颗粒为 1 张卡（32G）的 1/128，即 256M。针对多台 AI 服务器组成的集群，通过算法将任务请求平均分配到集群的各个服务器中，从而避免一台服务器因为负载太高而出现故障，当集群中某台服务器出现故障，负载均衡会进行自动规避选择，让用户相关业务不受影响。

4.4 信息化一体机

基于龙芯 CPU 的各类行业应用一体机，基于 LoongArch 指令系统，对外观结构、外设接口、操作系统、业务应用进行灵活定制。



图 4.6 基于龙芯的信息化一体机

部分信息化一体机的技术指标如下：

· **自助终端：**采用 3A5000+7A2000，操作系统可基于 Loongnix 进行裁剪定制，32 寸以上显示屏（电容触摸），支持电子医保卡、二代身份证，支持微信、支付宝，支持热敏式打印机。支持有线、无线（Wi-Fi、4G）网络。可扩展银行卡、指纹识别、摄像头、USB 口、串口等

多种模块。

- **信息发布终端**：采用 3A5000+7A2000，操作系统可基于 Loongnix 进行裁剪定制，55 寸以上显示屏。支持多格式 1080P 60fps 视频解码（H.265、H.264、VC-1、MPEG-1/2/4、VP8）。支持 U 盘升级、远程升级。
- **智慧黑板** 采用 3A5000+7A2000，操作系统可基于 Loongnix 进行裁剪定制，55 寸以上显示屏。支持白板软件、触控互动、语音识别、手写识别、粉笔书写，支持外接摄像头进行 OCR 识别。

4.5 网络通信设备

4.5.1 交换机

基于龙芯 2 号系列的交换机产品，包括自主可控交换机、工业以太网交换机等，可满足子网内的高性能和低延时交换需求，广泛应用于电子、交通、煤矿、石油石化、工业自动化等领域。



图 4.7 基于龙芯的交换机

4.5.2 路由器

基于龙芯的路由器产品，以龙芯处理器高效的算力保障了网络通信和数据处理 / 转发服务的稳定运行、互联网接入和 Wi-Fi 覆盖能力的有效释放。

产品使用的内存、Flash 均采用国产器件，全面支持 IPv4、IPv6、OSPF、BGP、MPLS 等网络协议；支持访问控制、攻击检测、国密算法等安全特性；支持千兆光 / 电、E1/CE1、155M

POS、高速串口等丰富的接口类型；采用先进的多核转发技术，在性能以及功能上达到国内外同档次设备的水平。

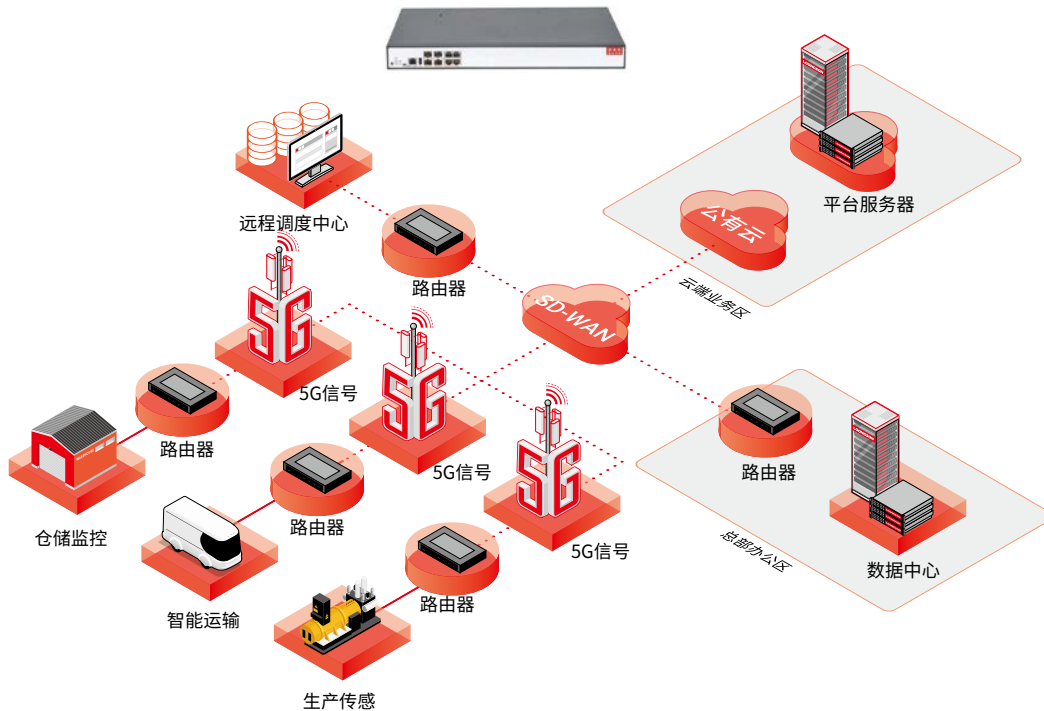


图 4.8 基于龙芯的路由器及组网场景

4.5.3 网关

龙芯网关类产品包括工业网关、边缘计算网关、安全网关、工业物联网网关等。

- **工业网关：**采用龙芯 2 号低功耗工控芯片，采用工业级的技术设计，集成丰富的外设接口，支持无线和 5G 网络，支持 7*24 小时连续运行、较宽的工作温度，可满足严苛的工作环境要求，可应用于工业控制、边缘计算、智能终端、物联网、网络安全等多领域的应用场景。
- **边缘计算网关：**采用龙芯 2 号处理器，是工业数据协议 + 视频一体化边缘计算网关。产品主板元器件国产化率大于 97%、兼容全国产化平台方案。直接与云端系统对接，直连主流厂家前端视频设备，实现处理、上传与控制；数据 + 视频的联动报警录像、OSD 打码及其它边缘计算功能；具备 IEC61131 编程语言能力。产品可满足电力、轨交、石油石化、工业企业、水利水务等行业智慧应用对网关和边缘计算能力的迫切需求。

- **安全网关：**龙芯 3A5000VPN 综合安全网关内置高速密码模块，采用 SM1、SM2、SM3、SM4、SM9 密码算法，支持 IPV6 互联网协议，集成 IPsec VPN、SSL VPN 和身份认证功能，内置轻量级 CA 中心和防火墙；兼容麒麟、统信、Windows、Linux 等国内外主流操作系统以及 Android 等移动平台的安全接入，可为用户提供可信认证服务和传输加密服务。
- **工业物联网网关：**基于龙芯 2K0500 处理器，实现工业物联网现场数据的实时采集、分析处理、逻辑控制以及数据回传功能。产品接口类型多样、支持协议丰富，可靠高，环境适应能力强，能作为大型物联网系统的数据接入节点完成 PLC、传感器、智能装备、自动化系统运行状态信息的实时采集、边缘控制以及数据回传等功能，广泛应用于智能工厂、智慧城市、智能交通、石油石化等多种工业物联网应用场景。



图 4.9 基于龙芯的网关产品

4.5.4 5G 专网设备

基于龙芯 3A5000 处理器和 5G 创新技术，实现 10Gbps+ 超级下行和 3Gbps+ 超级上行的超高性能和超安全的国产化 5G 工业网络。主要特点有：高度国产化、完全自主指令集、芯片级的安全算法的龙芯平台；高度集成化、快速部署、易维护、超高性能。



图 4.10 基于龙芯的工业 5G 基站

4.6 网络安全设备

龙芯与国内信息安全领域主流厂商开展合作，通过“自主指令集 + 自主 CPU 核源代码 + 自主芯片设计 + 软件生态”强力支撑网络安全产品芯片级供应链安全。推出了网络安全硬件平台、防火墙、网闸、入侵检测系统、入侵防御系统、堡垒机等网络安全产品。



图 4.11 基于龙芯处理器的网络安全产品

4.6.1 网络安全硬件平台

基于龙芯 3C5000+7A2000、3A5000+7A2000、2K1000LA 开发的网络安全硬件平台，形成高、中、低三档搭配，全面覆盖百兆到万兆网安产品。

适用于防火墙、网络负载均衡、加密机、UTM、VPN、IPS、IDS、物理隔离网闸、上网行为管理、微隔离交换防火墙等产品。



图 4.12 基于龙芯的网络安全硬件平台

基于龙芯推出 VPN 综合安全网关、SSL VPN 安全网关、IPSec+VPN 安全网关等 VPN 产品。内置高速密码模块，采用 SM1、SM2、SM3、SM4、SM9 密码算法，支持 IPV6 互联网协议，集成 IPSec VPN、SSL VPN 和身份认证功能，内置轻量级 CA 中心和防火墙；兼容麒麟、统信、Linux 等国内外主流操作系统以及 Android 等移动平台的安全接入，可为用户提供可信认证服务和传输加密服务。



图 4.13 龙芯系列 VPN 产品

4.6.2 工业信息安全产品

龙芯 CPU 在工控系统各个层级支持安全防护手段。现场控制层有可信 PLC、可信 DCS 保障工业数据来源安全可靠；监控层和管理层有防火墙、隔离、审计、漏洞扫描、入侵检测以及态势感知，保障工业信息安全体系化建设。



图 4.14 龙芯助力工业信息安全

面对工业企业边缘侧和工业云平台的安全风险不断增多的问题，工业互联网的安全防护需要一种新的信任模型，即基于“永不信任、持续认证、最小特权”的零信任网络安全模型。

基于龙芯平台的零信任安全系统主要由基于龙芯 3C5000 处理器的零信任访问控制系统、基于龙芯 3A5000 处理器的零信任应用安全网关、基于龙芯 2K1000 处理器的零信任边缘安全网关组成。



图 4.15 基于龙芯平台的零信任安全系统

4.7 密码产品

龙芯自主 CPU 与商用密码融合，在 CPU 核内部嵌入 SE 安全模块，将密码计算和通用计算技术进行芯片级一体化融合设计，使其具有硬件级的密码算法处理能力和芯片级的安全防护能力。

基于安全 SE 平台的产品，为基础软件、应用软件、应用系统提供安全、合规和标准化的密码支撑能力。

4.7.1 安全 SE 平台

安全 SE 平台由两部分组成：

- **内嵌在龙芯 CPU 中的安全 IP 核。**安全 SE 模块以 IP 核方式挂载到处理器内部总线，实现硬件级的密码运算、安全存储、密钥管理和真随机数发生功能。
- **内嵌在操作系统中的安全 SDK。**安全 SDK 提供密码服务 SDK 和可信计算 SDK。密码服务 SDK 遵循《GM/T 0018-2012 密码设备应用接口规范》。可信计算 SDK 遵循《GM/T 0012-2021 可信计算 可信密码模块接口规范》。

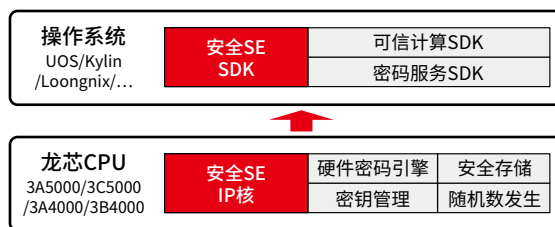


图 4.16 基于龙芯的安全 SE 平台

龙芯安全 SE CPU 模块通过了国家商密二级型号鉴定，具备等保三级和商用密码应用三级的内生安全优势，便于用户在龙芯设备上直接构建安全体系和完善相关安全认证，实现了自主可控与安全机制的有机结合。

4.7.2 密码机

2022 年推出新品包括基于 3C5000L 的服务器密码机、基于 3A5000 的服务器密码机、基于 3A5000 的工业数据加密机。



图 4.17 龙芯系列密码产品

- **服务器密码机 (3C5000L)**：基于龙芯 3C5000L 和 Loongnix-Server 开发，集成密钥生成、高速签名验签、数据加密解密等密码服务，支持 SM1、SM2、SM3、SM4 国密算法，可广泛应用于电子政务、电子商务等领域。
- **服务器密码机 (3A5000)**：基于龙芯 3A5000，支持 SM1、SM2、SM3、SM4、SM9 等国密标准算法以及国际算法，兼容适配 Linux、麒麟、统信等操作系统，功能和性能优越。能够为各类业务系统提供数据加解密、数字签名 / 验签、消息验证以及密钥管理等高性能密码服务。

4.7.3 国密云平台

龙芯国密云可以从云端调用芯片中的安全能力，形成云端一体化的安全防护体系。

龙芯国密云合理运用国家商用密码技术在云计算领域的技术研究，创新性研发出国密云产品，覆盖应用层、云管平台、虚拟化层、容器层，及网络设备、存储设备、服务器等环节，解决云计

算环境中，云平台游离在国密保护环境之外的问题，有效保障业务系统运行环境和数据支撑环境安全。



图 4.18 基于龙芯的国密云平台

- 基于龙芯 3C5000 内置 SE 模块，以硬件算法执行 SM2、SM3、SM4 计算。
- 服务器支持计算节点、存储节点、网络交换节点。
- 基础设施资源支持容器、虚拟化、文件存储等模块的国密保护。
- 运行在云平台上的中间件、数据库均可调用密码服务接口 SDK 以获取国密保护能力。

4.8 工业设备

4.8.1 工业控制类

龙芯处理器全面助力企业数字化转型。基于龙芯处理器的控制类设备包括工业边缘控制器、PLC、AGV 机器人控制器、工业通用控制器等，已经广泛应用于工控、能源、轨交、水利等领域。



图 4.19 龙芯系列工业控制类产品

- **工业边缘控制器**：采用龙芯 3A5000+7A1000 芯片组，宽压供电，支持主流操作系统，拥有 72 位双通道高频内存，支持 ECC 和 Non ECC，可将系统盘和数据盘分开存储，多通道隔离 IO 功能，支持多种视频传输协议和工业现场总线协议，双千兆网口，被动散热设计，高达 90% 的高国产化率物料，适用于高速公路收费、轨道交通售检票和电力自动化等行业。
- **可编程逻辑控制器 PLC**：基于龙芯 2K1000LA 芯片，支持主流国产操作系统，支持多种工控总线协议，支持 CODESYS V3 编程平台，兼容 IEC61131-3 编程语言标准，宽温运行，支持 PLC 功能和运动控制器功能（4-8 根轴），集成远程调试、数据上传功能，适用于工业控制、运动控制等场景。
- **AGV 机器人控制器**：基于龙芯 2K1000LA 处理器自主研发，采用模块化、线束化设计，使用国产导航传感器、国产驱动器、国产 5G 通信终端、国产安全雷达、国产 HMI 等众多国产器件，实现了关键器件的自主可控，可广泛应用于产线、仓储、分拣等物料自动搬运环节。
- **工业通用控制器**：基于龙芯 2K 处理器，软件采用合作伙伴自研的自主可控嵌入式实时操作系统，从底层硬件到上层软件开发平台实现全自主，从根源上保证了核心控制系统的安全可靠。产品主要特点：工业级无风扇设计，符合 EMC 三级，-40~70℃宽温运行；模组化设计，灵活拼接模块；实现软件定义控制；支持双机热备冗余。应用于电力、高铁、工业制造等重要设施的工业现场。

4.8.2 工业计算类

工业计算类设备包括 IPC 工控机、工业计算机、工业笔记本、工业服务器等。龙芯 2 号、3 号系列 CPU 处理器，可提供工业级芯片，适用于宽温、高可靠等设备，具有接口丰富、功耗低、生态丰富的特点，支持 Loongnix、麒麟、UOS 等国产操作系统。产品应用于电力、轨交、工控自动化、石油石化、油气管线、水利水务、安防监控、动环监控、智能楼宇、智慧园区、工矿企业等场景的应用。



嵌入式工控机 (2K1000LA)



国产工控机 (3A5000)



2U 工控整机平台 (3A5000+7A1000)



工控硬件平台 (3A5000)



工业显控一体机 (2K1000LA)



3C5000 双路工业服务器



3C5000+7A2000 2U 工控服务器平台



3A5000 企业级服务器



3C5000L 2U 工业双路通用服务器

图 4.20 龙芯系列工业计算类产品

4.9 服务器 BMC 方案

2022 年龙芯中科推出服务器 BMC 方案。

服务器的 BMC（Baseboard Management Controller，基板管理控制器）系统，是部署于服务器的具有独立供电、独立 I/O 接口的控制单元，实现对服务器的运行状况进行监控，可执行获取服务器详细运行信息、软硬件资源控制、网络配置、软件部署、用户管理、安全管理等功能和控制操作。



图 4.21 基于龙芯 2K0500 的服务器 BMC 方案

BMC 包括硬件（BMC 芯片）和软件（BMC 固件）两个部分。长期以来，BMC 系统技术一直被境外的少数几个厂商所垄断。2016 年国内企业研发出具有自主知识产权的 BMC 固件。2022 年，国内企业共同推出基于龙芯 2K0500 的 BMC 系统软件硬件整体解决方案。

BMC 系统具有对服务器系统极高的管理权限，一旦 BMC 系统被攻破，攻击者就可以利用 BMC 系统获得的权限进行非法操作，包括获得磁盘原始访问权限、引入后门程序、窃取数据等等，引发严重的安全后果。本方案实现国内服务器 BMC 系统自主一体化，满足高安全领域服务器系统的应用需求。

4.10 打印机专用芯片方案

2022 年龙芯中科推出打印机专用芯片方案。

龙芯 2K0500 芯片集成一个打印机接口控制器，主要包括 LSU 机芯控制和 JBIG85 解码模块。其中，LSU 机芯控制模块同时支持 8 路机芯控制，可实现同时打印青、粉、黄、黑四种颜色打功能；JBIG85 解码模块可实现对由 JBIG85 压缩算法压缩过的图片数据进行解码处理，可负责同时对青、粉、黄、黑四个颜色进行对应数据的解码工作。

方案支持单功能黑白、红黑和彩色激光打印机产品，支持 Wi-Fi、USB 线缆和有线网络连接，单色单面打印可支撑 40 页 / 分钟高速打印，单色双面打印可支撑 20 页 / 分钟打印，支持高效的功耗管理模式，满足国家能效标准要求。

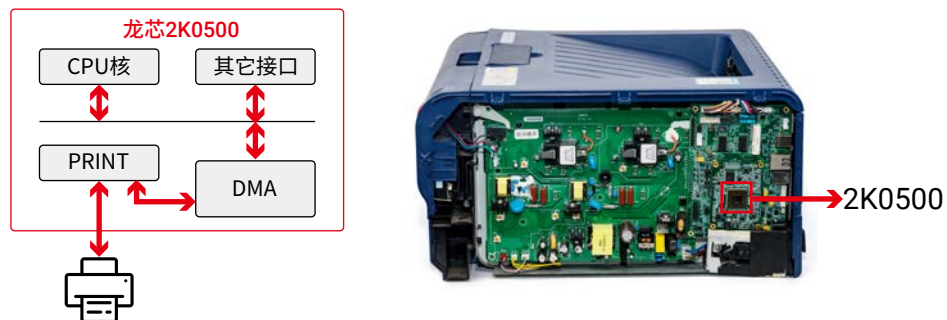


图 4.22 基于龙芯 2K0500 的打印机专用芯片方案

电子政务 企业信息化 教育行业

能源行业 通信行业 金融行业

交通行业 医疗行业 物联网和消费电子

第五章 基于龙芯 CPU 的行业实践案例

龙芯中科
LOONGSON TECHNOLOGY

5.1 电子政务

龙芯在电子政务领域具有成熟的应用方案，硬件基于龙芯桌面电脑、服务器构建。典型的电子政务网络提供公文交换、内部门户、安全邮件、机关事务、绩效考核、电子凭证库等业务，可以应用于数字办公、治安综合管理、智慧乡村、智慧档案馆、智慧运维等场景中。

基于龙芯的电子政务系统在办公系统、浏览器、操作系统、外设适配、安全应用等全面展开，提升了电子政务办公效率，并且从芯片、云计算、应用等方面进行安全性保护。



图 5.1 基于龙芯的电子政务方案示意图

目前基于龙芯 CPU 的电子政务办公应用覆盖全国各省市以及国家部委系统，每年销售上百万颗。

5.1.1 新一代数字办公安全创新方案

2022 年 7 月 29 日，龙芯中科深度参与的《新一代数字办公安全创新方案》在“2022 全球数字经济大会基础软件创新发展论坛”重磅发布。

北京通明湖信息技术应用创新中心联合北京市信创骨干企业，围绕数字办公典型应用场景，打造北京“根”体系、中国“新”方案，形成从指令集、CPU、操作系统、办公协同、业务处理等全栈式自主创新方案体系。



图 5.2 新一代数字办公安全创新方案体系

方案具有四方面特点：

- **自主开源创新底座。**方案基于自主开源指令集架构以及自主开源操作系统社区。龙芯 3A5000 桌面电脑开机速度优化到 14 秒以内，大文件打开速度、浏览器启动速度、1080P 视频播放性能都已经优于 Intel i5 九代 +Windows 10+Office。
- **密码安全创新体系。**深入贯彻落实《中华人民共和国密码法》，打造基于密码安全的全链路数字办公安全体系。从 CPU 内置高性能密码模块到操作系统的一体化算法服务能力，从浏览器的国密认证到云平台的商密云支持，通过自主设计与安全设计的充分融合，为数据安全与网络安全提供全链路数字办公安全体系。
- **应用兼容创新方案。**通过指令集动态翻译、操作系统虚拟化、AI 等前沿技术成果，实现创新方案对跨指令系统、跨操作系统的多平台应用支持、AI 融合赋能产业，通过 Windows 应用程序兼容，外设驱动兼容、浏览器 IE 兼容等创新成果，打造数字办公应用兼容创新方案。
- **办公协同创新生态。**针对在线协作、即时通讯、视频会议、智能连接等场景不断提升用户体验，持续开展产业链协同与定制化开发，打造深度“好用”的办公协同新生态。各地政务通系统如“京办”“一网通办”“浙政钉”“粤省事”等都已经支持龙芯平台。

5.1.2 智慧乡村云服务平台解决方案

智慧乡村云服务平台解决方案实现了 1+1+N（一个数据中心，一个支撑平台，N 个服务）的框架布局，结合生态伙伴多年来三农信息化服务经验，依托中国农科院顶级专家研究成果，面向乡村基层组织、政府部门、城乡居民和市场主体等服务对象，建立业务协同模型，构建覆盖乡村规划、乡村经营、乡村环境、乡村服务和乡村治理五大领域的“数字乡村一张图”“产业一张图”“经济一张图”。立足乡村治理管理高效化、服务在线化、应用便捷化、产业数字化。



图 5.3 基于龙芯平台的智慧乡村云服务平台总体架构

智慧乡村云服务平台集成的服务包含了一表通、积分通、村站、小微权力清单、乡村信息官、党建等。平台铺设已初具规模，后续还将持续扩展乡村治理相关服务模块，旨在打造一款全国领先的乡村治理数字化云平台，推动乡村振兴。依据信息安全的国家战略，从满足党政机关运用安全可靠、自主可控产品的长期趋势出发，满足《数字乡村 2.0 建设指南》要求，并在领域内推广基于信创原则的全国性乡村治理数字化云平台。

5.1.3 智慧档案馆综合管理平台解决方案

智慧档案馆综合管理平台作为智慧档案馆建设的核心系统，承载了档案收集、档案管理、档案存储、档案利用等各项业务的监测、配置与控制工作。作为智慧档案馆的大脑，为档案管理工作的“产、收、管、存、用”全流程提供业务与技术支持。

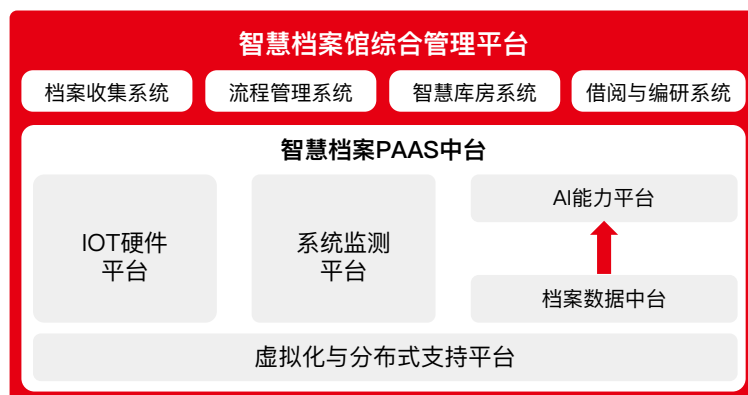


图 5.4 智慧档案馆综合管理平台总体架构

平台提供档案实体库、电子档案库、档案接收、立卷归档、数据管理、档案统计、报表输出、档案鉴定、档案发布、档案编研、档案销毁，以及档案检索、浏览、借阅、下载、打印等完整而强大的档案管理业务功能。平台同时还提供档案数字信息的存储、数据与网络机房管理、档案与业务数据长期备份等数字化支撑功能。

智慧档案馆综合管理平台通过搭载智慧库房硬件，如智慧安防设备、环境控制设备、视频监控设备、门禁管理设备、RFID 管理设备，实现 3D 化库房管理。平台支持高速扫描仪、高拍仪外设，能够实现实体档案的快速数字化处理。利用磁光电混合存储设备，实现档案信息的自动和定期进行磁介质和光介质双备份，同时实现高效存储、同城异地备份。平台的建设实施能够全面推进档案治理体系和档案资源体系、档案利用体系、档案安全体系的建设，深化档案信息化战略转型，强化科技和人才支撑，着力推动档案工作走向依法治理、开放、现代化。

5.1.4 电子凭证库解决方案

电子凭证库是基于 PKI/CA 安全体系，为实现电子凭证的电子签名（章）、传输验签功能而建设的安全支撑控件，可以实现财政、人民银行、商业银行等机构间的数据交互，及传输过程中重要原始法律凭证的电子存储，提升业务办理效率，保障数据安全，支持标准化管理、链条式管理、最小化开发和分布式存储。目前许多政府、金融、运营商用户已进行电子凭证库适配工作。



图 5.5 基于龙芯平台的电子凭证库架构

服务端为龙芯 3C5000，适配电子签章系统、签名服务器、消息中间件、数据库等组成电子凭证库服务器，保持现有业务系统数据完整性并通过与电子凭证库衔接，实现电子单据的电子签章和验章，形成电子凭证。通过使用电子化凭证取代原有纸质凭证传递，大大提高支付和清算的工作效率以及数据安全性。

基于龙芯服务器搭建的信创软硬件环境，可以使重要原始法律凭证等信息进行数据存储和管理，电子凭证库提供数字签名、数字信封等技术，能够适应各行业中涉及数据交互、数据安全存储的场景，实现电子化和无纸化，提高数据处理的安全性、可靠性和合规性，有效提升业务办理效率。

5.1.5 治安综合管理一体化平台解决方案

社会治安防控体系建设是推进平安中国建设的基础性工程、是实现国家治理体系和治理能力现代化的战略性工程，也是提高公安机关驾驭复杂局面和应对各种突发事件能力的一项根本性、全局性、长远性工程。治安综合管理一体化平台解决方案坚持科技引领、创新驱动，按照支撑环境集约化、数据采集规范化、信息资源一体化、应用系统集成化和信息服务智能化的总要求，从而搭建治安综合信息化系统。



图 5.6 基于龙芯平台的治安综合管理一体化平台总体架构

治安综合管理一体化平台采用“三横三纵”体系架构，横向包括基础支撑层、数据资源层、业务管理和综合应用层，纵向包括标准规范、运维管理、信息安全体系。基础支撑层包括公安云平台、移动警务支撑环境和社会服务网络支撑环境。数据资源层包括治安管理业务数据和治安信息综合应用数据，形成治安管理信息资源体系。业务管理和综合应用层集成基础应用、治安业务

应用、社会应用服务、治安信息应用服务等功能模块，通过治安综合业务管理应用门户、移动警务应用、互联网治安政务服务为全省治安民警、社会公众和企事业单位提供服务。以物联感知为核心的智能化、自动化信息采集手段是治安综合管理一体化平台建设的重要基础。治安综合管理一体化平台作为社会治安防控体系建设的有机组成部分，为构建立体化、信息化社会治安防控体系提供智力支撑。



图 5.7 治安综合设备端示意图

治安综合管理一体化平台在服务端基于龙芯 3C5000 服务器、龙芯 3C5000 存储设备、龙芯网络与安全设备和龙芯云平台部署，在终端基于龙芯电脑及一体机运用龙芯浏览器和龙芯二进制翻译技术，有效兼容并利旧指纹仪、读卡器、高拍仪、评价器、打印机、UKEY、擦写机、加密狗、人像采集设备等治安外设设备，并结合视频监控、电子围栏、RFID 射频识别设备、门禁系统、水表监测等传感器设备，实现治安大数据的汇聚整合、联通共享公安专业数据、政府部门管理数据、公共服务机构业务数据和互联网数据，健全完善治安要素信息资源体系，在保障信创可行的同时实现降本增效，为治安系统的全面信创奠定坚实基础。治安综合管理一体化平台建设有助于积极推进警务机制改革与现代科技应用深度融合，推动智慧警务应用，全面提升治安管理工作智能感知、立体防控、快速处置、精准打击和便捷服务能力，全面提升对各类风险隐患的自动识别、敏锐感知和预测预警预防能力，为构建立体化、信息化社会治安防控体系提供有力支撑，努力开创新时代治安管理工作新局面。

5.1.6 智能监控运维解决方案

智能监控运维解决方案，是从新一代的 IT 信息化管理需求出发，面向业务和客户，跨越复杂异构的 IT 架构环境，集资产管理与资源监控于一体的 IT 综合运维服务管理解决方案。通过及时解决 IT 资源故障，提高了故障处理效率，降低了运维成本，从而有效提升了用户业务系统的可用性和连续性。

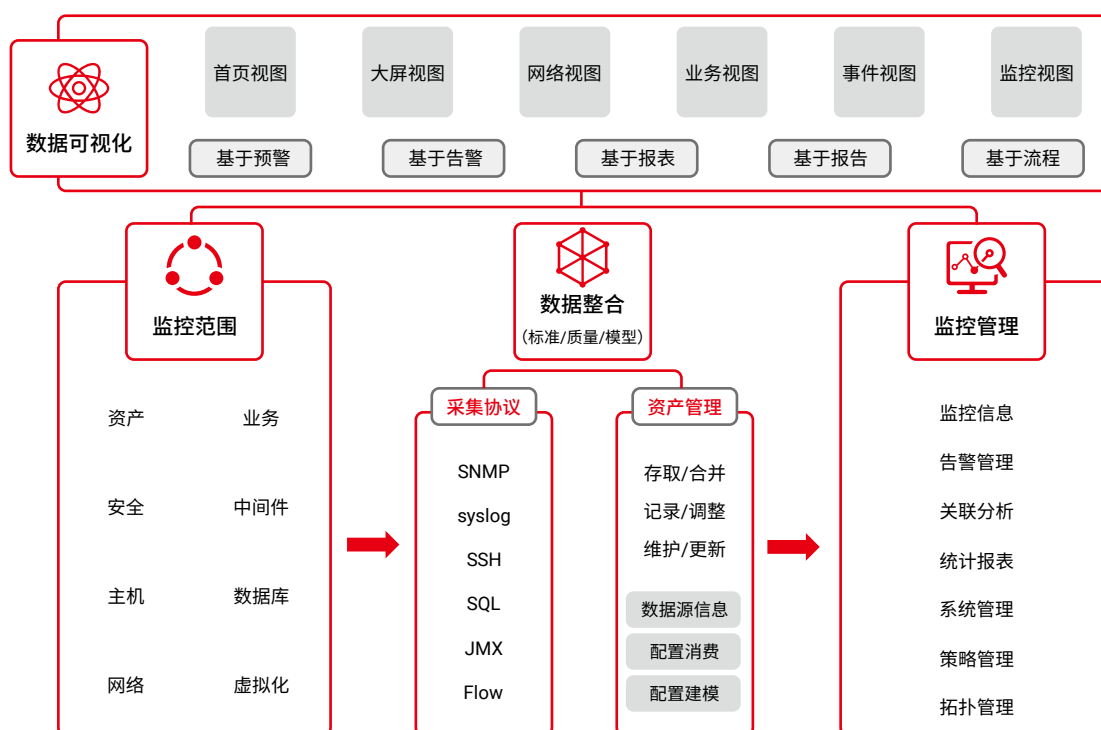


图 5.8 基于龙芯平台的智能监控运维一体机方案架构

智能监控运维一体机解决方案以搭载龙芯 3C5000L CPU 的智能监控运维一体机为核心，结合监控运维管理系统，可对 IT 系统涉及到的终端电脑、网络设备、服务器、数据库、中间件等软硬件进行一体化监控与运维，能及时准确上报告警，快速定位故障，并支持根据运维数据，分析给出结论和建议，为后续运维和系统升级提供依据，从而有效解决客户实际需求，解决面向国产信息化环境的运维难题。

智能监控运维解决方案基于龙芯 3C5000L 芯片研制，全面适配国产信息化环境，支持信息技术应用创新环境全监控、X86 环境的全监控、终端监控，支持集中式部署、分布式部署、级联部署多种部署方式，全面满足多地域、大规模信息化场景运维需求。

5.1.7 政务服务中心

2022年6月，广州市政务服务中心完成基于龙芯 3A5000 平台的政务大厅智慧升级改造。



图 5.9 广州市政务服务中心政务大厅采用龙芯设备

项目采用基于龙芯 3A5000 的超级柜台自助服务终端和电脑终端。生态企业共同完成龙芯 3A5000 终端上办公软件以及业务系统的联调工作。



图 5.10 基于龙芯 3A5000 的超级柜台自助服务终端

龙芯团队还利用兼容 IE 的龙芯浏览器解决方案，有效解决了 OA 业务系统在其他国产浏览器上无法在线打印以及视频播放的问题。



图 5.11 龙芯浏览器（兼容 IE）登录 OA 业务系统

5.2 企业信息化

企业在信息化建设中可以采用全栈基于龙芯的软硬件产品，基于龙芯系列处理器和 LoongArch 指令系统进行迁移适配。



图 5.12 企业信息化与业务应用

以龙芯产品为基础，在日常业务中已经采用下列产品和解决方案：

- 员工办公使用龙芯桌面终端，日常办公使用浏览器、即时通信、媒体播放、在线交易等软件。
- 使用龙芯服务器架设公司官网、内部信息化系统。后台服务器使用龙芯四路服务器，使用 Java 虚拟机运行中间件和 Web 应用，运行开源 Mysql 等数据库，运行 OA 等业务系统。
- 使用龙芯服务器架设 ERP 系统。2022 年，以金蝶云·星瀚为代表的 ERP 已完成 LoongArch 平台适配迁移并投入实际运行。
- 龙芯终端和服务器支持视频会议系统，支持在线办公、在线会议和远程协同，包括 点对点会议、多点会议、会议直播、视频录制、视频监控等功能。
- 可以采用基于龙芯 CPU 的智慧电子黑板进行在线会议、教学培训。
- 可以采用基于龙芯 CPU 的视频监控系统楼宇监控。

- 可以采用基于龙芯 CPU 的网络设备产品，例如路由器、交换机、负载均衡等产品。
- 可以采用基于龙芯 CPU 的网络安全产品，例如防火墙、交换机等。
- 可以使用龙芯生态的存储产品，例如分布式存储、集中式存储等。
- 可以使用龙芯生态的安全设备，例如基于龙芯 2 号的闸机控制器。
- 可以使用龙芯生态的打印设备。
- 可以使用龙芯生态的网盘产品进行文件共享和交换。
- 可以使用龙芯生态的物联网设备产品，例如基于龙芯 1C102 芯片物联网控制器。

5.3 教育行业

龙芯 CPU 在教育行业的应用范围广泛，包括教育电脑、智慧教室、创客教室、教学机器人、信创教学方案等。

5.3.1 龙芯智慧教室解决方案

国产化信息技术智慧教室解决方案核心部分是龙芯教育电脑和智慧系统组成的教学环境。教学过程将由一台教师机、若干学生机、服务器、专用教育软件及相关课件资源共同完成。



图 5.13 龙芯智慧教室

- **龙芯智慧黑板。**采用 86 英寸以上超高清 LED 液晶屏，电容触摸屏最高支持 10 点，具备防眩光效果，集书写、音视频播放、教学交互软件等于一身。内置各学科的教学工具：白板软件、数学公式、汉字学习、化学元素周期表、音标学习等。
- **龙芯教育电脑。**采用龙芯 CPU 的国产教育电脑（台式机、一体机、笔记本），包含教师机和学生机，采用龙芯操作系统教育版。教师机提供给教师使用，可以连接大屏幕，方便学生

观看老师的演示，负责对整个教室环境的控制管理和课堂教育；学生机提供给学生使用。



图 5.14 龙芯教育电脑

· **信息技术教材。**江苏省中小学教学研究室编著、凤凰科学技术出版社出版的新版龙芯中学、小学《江苏省信息技术教材（龙芯版）》已经问世。教材除了常规的软件应用介绍以外，还新增了机器人、图形化编程、物联网等知识，进一步增强了中小生动手实践的环节。

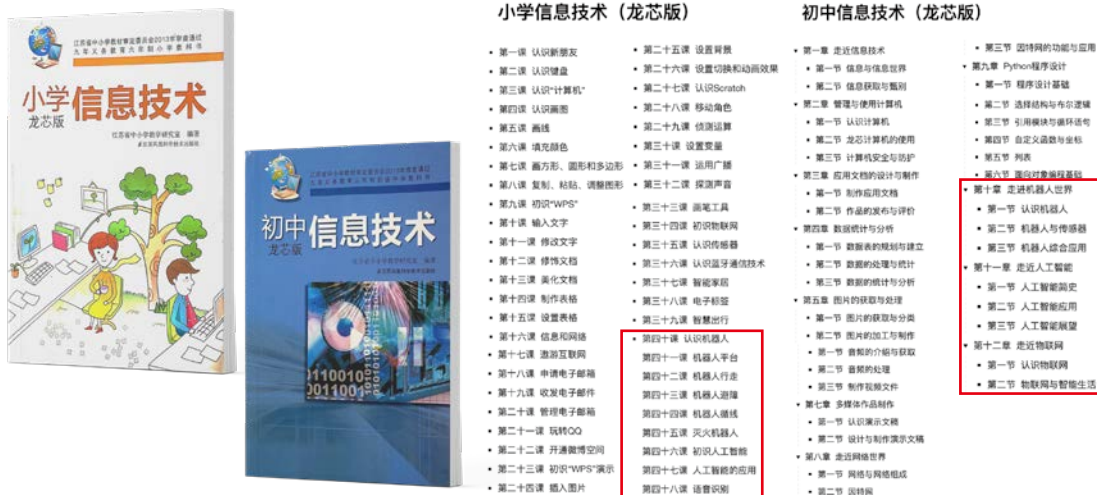


图 5.15 江苏省信息技术教材（龙芯版）

· **电子教室多媒体教学系统。**龙芯电脑支持极域多媒体教学系统，帮助教师进行灵活高效的课堂教学，轻松展示多媒体教学内容。该系统提供多种师生互动方式，可帮助老师及时深入了解每位学生的学习情况，实现个性化教学。

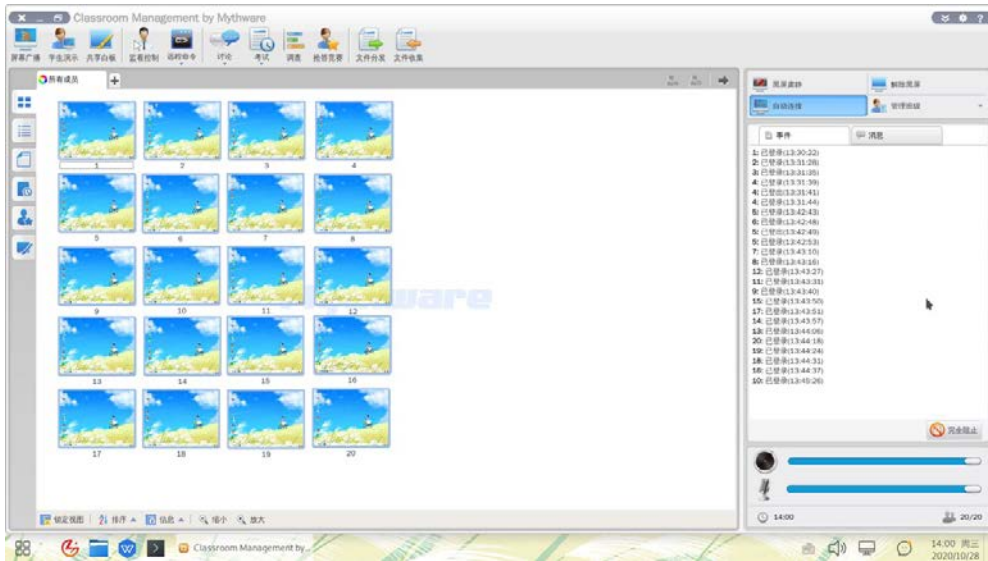


图 5.16 多媒体教学系统（龙芯版）

· **电子教室智能运维管理系统。**龙芯电脑支持极域计算机教室智能运维管理系统，专门为部署多台机器、电子教室、教学实验室等公共机房环境设计。主要包括：智能网络同传、单机系统还原两大模块。提供多点还原、网络对拷、本地硬盘复制等功能，远程监控、文件夹锁定可对客户端实现实时管控。

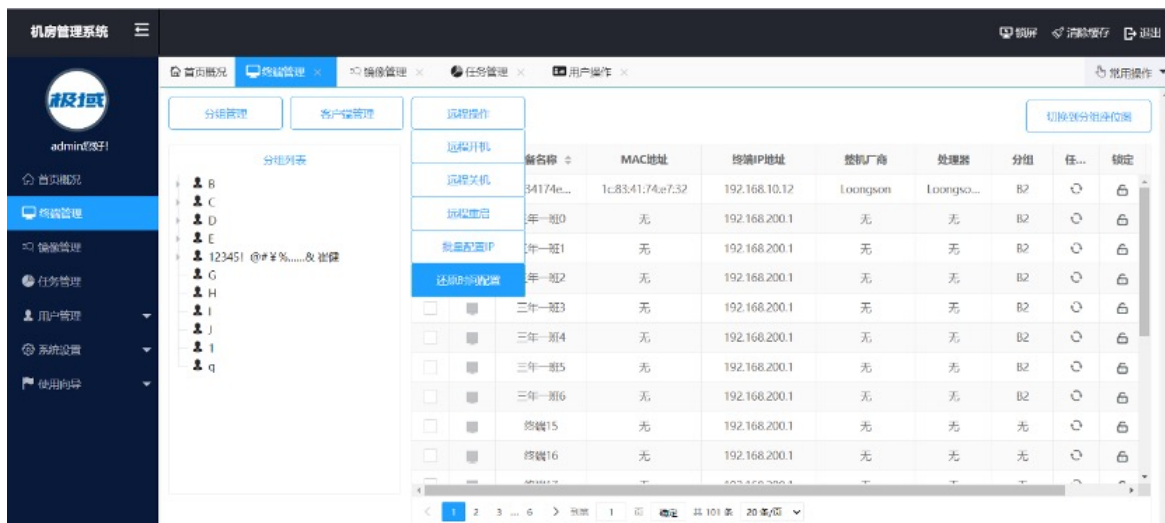


图 5.17 计算机教室智能运维管理系统（龙芯版）

5.3.2 龙芯创客教室解决方案

龙芯创客教室解决方案被评为工信部“2021 年数字技术融合创新应用典型解决方案”。主要针对公共机房和各学科专业机房，基于龙芯硬件平台，使用龙芯教育版操作系统和课堂管理软件，打造符合教学需求的信息化空间。



图 5.18 龙芯创客教室架构图

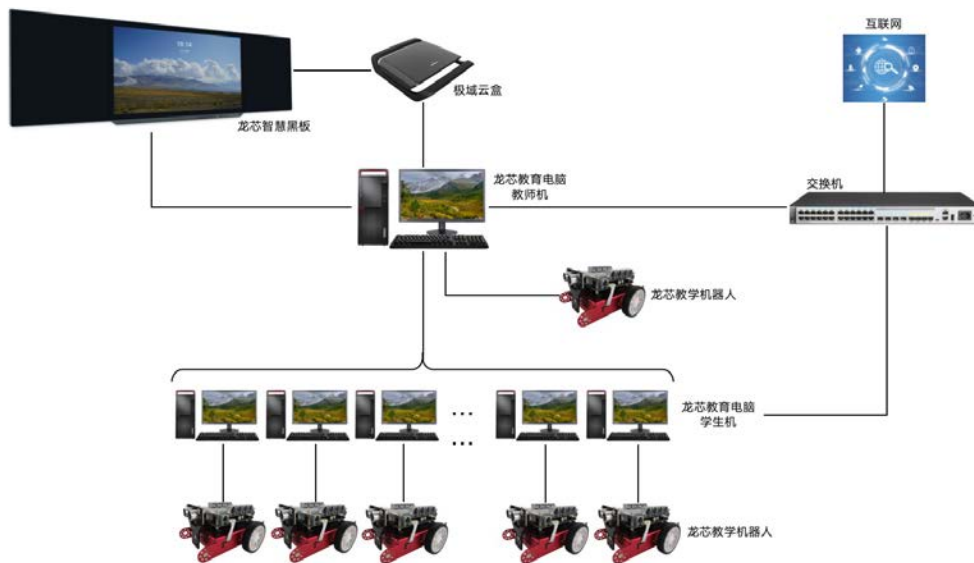


图 5.19 龙芯创客教室拓扑图

方案以龙芯教育电脑和龙芯教学机器人为核心打造出简易、实用的常态课堂互动教学系统，构建出高效率、科学化及人性化的多功能教室。

方案整体架构分为四层：CPU、产品、OS 及软件、资源及赛事。核心部分是由上位机（龙芯教育电脑）和下位机（龙芯教学机器人）组成的教育学习环境。教学过程通过教师机、学生机、龙芯智慧黑板、专用教育软件、机器人及相关课件资源来完成。利用先进的教育手段，教师能直观、有效地进行上课、培训及考试，使信息技术及创客课程的内容和形式更为丰富多彩。

龙芯创客教室解决方案落地案例近百例。江苏省内落地案例有淮安车桥中心小学、常熟市石梅小学、常熟市一中等，均取得了较高的客户满意度，同时在金华金义小学、金东二小也设立了信创教学模范基地。

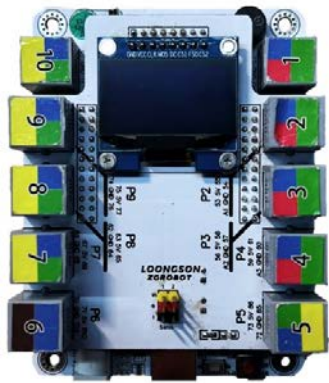
5.3.3 龙芯教学机器人解决方案

龙芯教学机器人是龙芯教育致力于打造中国 STEAM 教育平台推出的 K12 教育阶段机器人教学的智能产品。



图 5.20 龙芯教学机器人

产品基于龙芯机器人主控板（搭载龙芯 1 号芯片），配合外围模块可实现巡线、避障、语音识别、人工智能、自动抓取等功能。产品列于江苏省龙芯版中小学信息技术教材中，并且设有赛事考级体系。



项目	配置	描述
基础版	龙芯 1 号	核心芯片
	K4S510832D	32M SDRAM
	RJ25*8	8 个 GPIO 接口, 带 VCC, 用于模块拓展
	电机接口	用于驱动电机
	舵机接口	用于驱动舵机
Pro 版	龙芯 1 号	核心芯片
	K4S511632B	64M SDRAM
	K9F1G08UOC	128M NandFlash
	网口	拓展网口
	SD 卡槽	预留 SD 卡接口
	USB 接口	可用于外接 USB 设备
	RJ25*8	8 个 GPIO 接口, 带 VCC, 用于模块拓展
	电机接口	用于驱动电机
舵机接口	用于驱动舵机	

图 5.21 龙芯教学机器人主控板

产品支持 LoongBlock 编程环境。LoongBlock 青少年编程平台是一款主要面向 16 岁以下青少年的图形化编程工具。可以用于软件程序编程, 如交互式游戏、动画、音乐、计算程序等; 又能用于智能硬件编程, 如智能小车、机器人等, 并支持硬件代码生成、编译及下载。

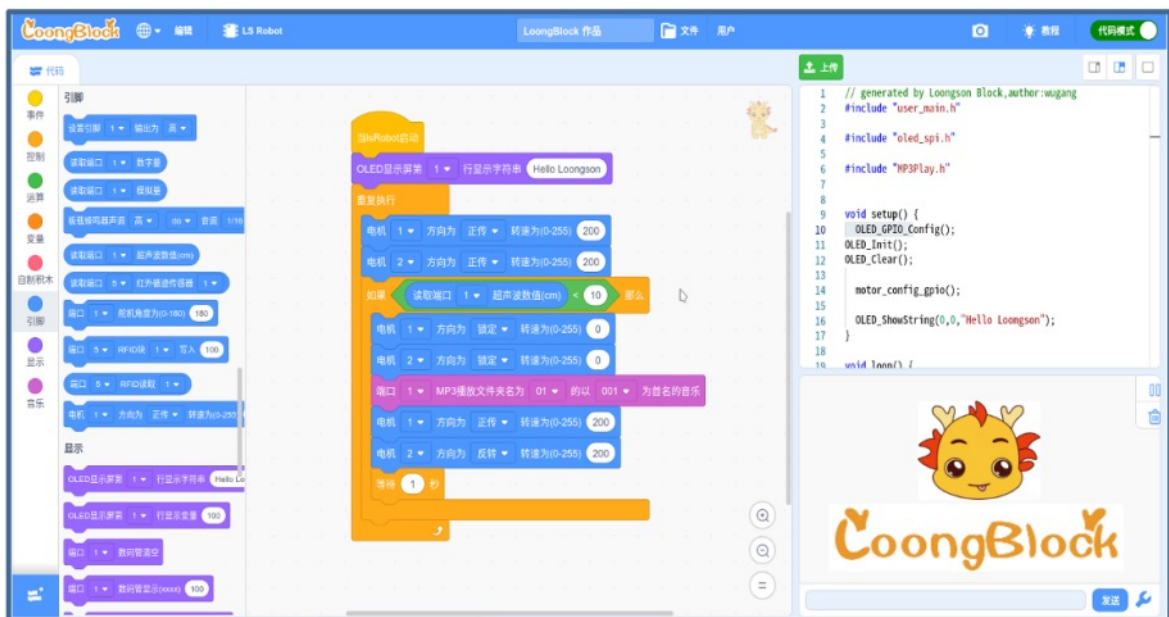


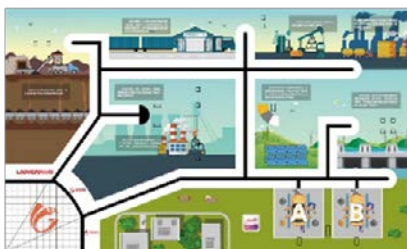
图 5.22 LoongBlock 主界面

产品包含创客教材和课程。海量龙芯机器人课程，难度覆盖初级、中级、高级、赛事。《中小学信息技术人工智能教辅》教材聚焦于机器人教学，教授学生如何利用多功能模块搭建出应用于不同场景的机器人。



图 5.23 龙芯创客课程和教材

龙芯教学机器人参加过“领航杯”江苏省中小学生信息素养提升实践活动、江苏省中小学生金钥匙科技竞赛青少年编程创客挑战赛等多场赛事。



“领航杯”江苏省中小学电脑制作活动



江苏省中小学生金钥匙科技竞赛

图 5.24 龙芯教学机器人赛事活动

5.3.4 龙芯信创教育一体化方案



图 5.25 龙芯信创教育一体化方案技术架构

龙芯信创教育一体化方案是支持本、专科高校在信创领域输出应用型、技能型人才的有力抓手。方案依托智能化教学管理平台和产业级实验环境，促进学科交叉融合，实现高校数字化转型，数字资产积累，推动专业建设内涵式发展，引入工信部认证及企业认证证书提升人才培养质量和就业率，输出符合信创标准的产业需求人才。

方案预期以培养高校信息类人才为基础，辐射和带动区域内一批企业在职人员、政府公务人员等精英人才进行信创培育，形成技术技能型人才、应用创新型人才、精英科研人才等多层次、立体化的信创人才培养架构，打造区域“人才蓄水池”，在信创产业发展与人才培养速度不相配的背景下，全方位支撑信创产业用人需求，以人才的聚集带动区域内产业发展。



图 5.26 龙芯信创教育一体化方案

方案以龙芯 3C5000 服务器为平台和资源载体，以龙芯云终端或龙芯 3A5000 台式机作为学生终端，使用 B/S 架构在学生终端呈现教学资源及实训资源。

方案资源端的龙芯信创教学实训平台是一款便捷且功能强大的教学辅助平台，全面落实“产、学、研、用”一体化的思想，针对信创环境下的计算机类专业教学实验场景，开发信创相关课程教学资源，量身定制实验开发调试环境、实验运行管理以及教学管理等功能。平台结合 OMO 模式，以能力培养为核心，全程追踪学生学习记录，提升学生就业竞争力。

5.3.5 龙芯教学平台与实验箱

龙芯中科面向 CPU 设计与体系结构教学提供实验平台。

- **CPU 设计与体系结构教学实验平台**

设备由定制开发的 FPGA 主板和配套软件、代码及教材组成。可提供高效率的龙芯 CPU 核，进行高级体系结构教学。实验平台提供软件代码，包括运行于 CPU 之上的 BIOS 及内核，以及包含了所有 IO 接口的驱动，配套编译器等软件。

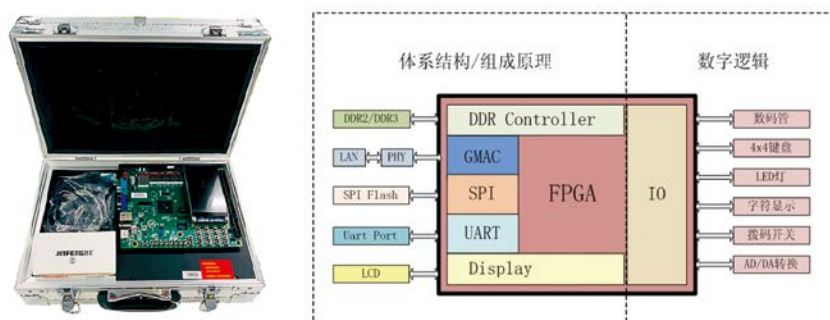


图 5.27 CPU 设计与体系结构教学实验平台

该教学实验平台可应用于计算机体系结构设计、操作系统内核设计、开发与验证环境，包括《数字逻辑》《计算机组成原理》《计算机体系结构》《操作系统》等课程实验教学，弥补与补充其硬件实验环境的不足。促使学生达到巩固提高、融会贯通、能力训练、知识创新的学习效果。

表 5.28 CPU 设计与体系结构教学内容

课程名称	数字逻辑	计算机组成原理	系统结构	操作系统
实验内容	基本门电路与 FPGA 环境熟悉	硬件平台入门	在 CPU 中添加运算类指令	Linux 下 Shell 脚本编程实验
	组合逻辑电路实验	软件平台入门	在 CPU 中添加转移和访存指令	Makefile 文件的编写
	锁存器、时钟与触发器电路实验	数据运算：定点加法	在 CPU 中添加 AXI 总线接口	Linux 内核模块编程实验
	时序逻辑电路实验	数据运算：乘法器	CPU 实现例外和中断	增加系统调用实验
	存储器实验	寄存器堆实现	在 CPU 中设 TLB MMU	获取进程管理与调度信息实验
	数字逻辑综合实验（数字时钟）	ALU 模块实现	在 CPU 中添加 Cache	工作队列实验
		存储器	用 CPU 搭建 SoC 跑小型操作系统	定时器实验
		单周期 CPU 实现		Linux 驱动程序实验
	多周期 CPU 实现		进程同步实验	

• 处理器设计全流程教学实验平台

龙芯“百芯计划”处理器芯片全流程设计，包括：IP 核结构设计、SoC 芯片结构设计、芯片后端物理设计、芯片流片封装、硅后系统验证、应用系统开发。

提供 CPU 参考代码，兼容 LoongArch 指令集的自主知识产权的高端 CPU 核，包括 OpenLA500 处理器核、OpenLA1000 处理器核。



图 5.29 处理器设计全流程教学实验平台

• 计算机系统能力培养远程教学平台

远程教学平台可以提供丰富的远程实验功能，并可为学生提供与线下实验高度一致的实验过程和实验结果。计算机系统能力远程教学平台由 20 个实验板、一个机箱和一个服务器组成。实验板由载板和子板组成，载板主要起到网络交换功能。

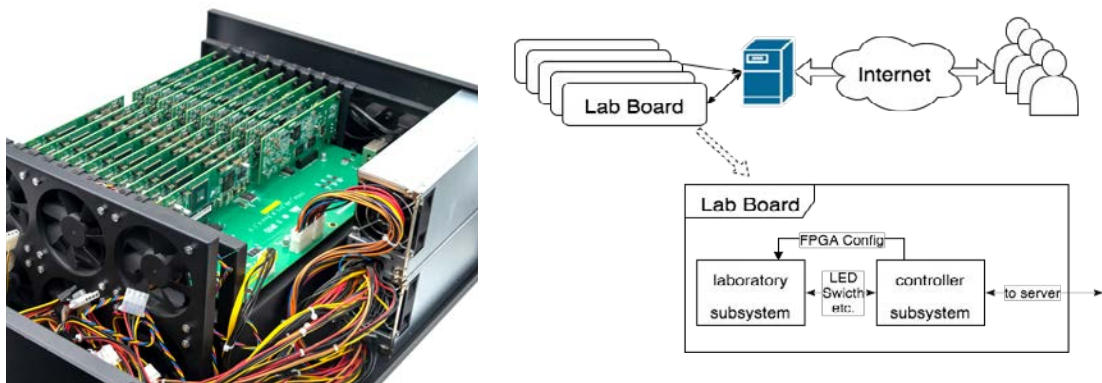


图 5.30 计算机系统能力培养远程教学平台

• **多功能操作系统教学实验平台**

操作系统教学实验平台可应用于计算机操作系统设计与验证环境，如《计算机操作系统》《Linux 内核系统》《Ucore 操作系统》等课程实验教学。本实验系统基于龙芯多核 CPU 平台，并对基于 BIOS/BootLoader、标准 Linux 内核以及定制教学内核（如 MIT XV6）进行源码开放，适用于多种教学层次的需求；基于该 CPU 平台可运行标准 Linux 操作系统，形成一台功能完整的全国产平台计算机。



图 5.31 多功能操作系统教学实验平台

• **高性能并行计算教学实验平台**

高性能并行计算教学实验平台是根据高等院校计算机、软件工程等本科及研究生专业开设的《并行计算》《并行算法实践》《并程序序设计》《计算机体系结构》（含并行）和《计算机操作系统》（含并行）等课程的实验教学需要，采用龙芯芯片、Linux 操作系统平台的集成实验开发平台环境。由四片四核龙芯 3A 处理器构成 16 核的 CC-NUMA 结构。



应用程序	并行计算应用实验
编译器&并行环境	基础软件实验
Linux内核与集群文件系统	系统软件实验
BIOS	软硬结合实验
四路可配置处理器板	控制板
	硬件实验

图 5.32 高性能并行计算教学实验平台

• 龙芯 1+X 嵌入式边缘计算学习平台

龙芯 1+X 嵌入式边缘计算学习平台是基于龙芯微处理器开发，配套龙芯国产 LoongIDE 集成开发环境的自主安全可控软硬件学习平台，实现龙芯处理器的裸机 /RTOS（RT-Thread/FreeRTOS/uCOS/RTEMS）项目的编程、编译和在线调试，并模拟和实现各种自动化、工业控制、数据采集、物联传感等教学应用场景，平台支持包括 GPIO、PWM、CAN、UART、SPI、I2C、GMAC、USB、ACD、DAC、RGB LCD、EJTAG 等在内基本 IO 接口操作及场景化开发实训。

龙芯 1+X 嵌入式边缘计算学习平台是龙芯 1+X 证书“嵌入式边缘计算软硬件开发”职业技能等级证书的学习、考证平台，适用于职业院校的龙芯 1+X 教考中心建设；也适用于《嵌入式系统》、《嵌入式应用开发》等课程的实验教学需要，支持本科院校进行国产嵌入式相关课程改革。目前，配套开发的课程资源已经应用于多所学校的嵌入式系统应用等课程教学。



图 5.33 龙芯 1+X 嵌入式边缘计算学习平台

5.4 能源行业

龙芯中科深度参与能源行业重大技术及装备的国产化。

5.4.1 电力系统

电力是国民经济的基础，关系到国民经济的发展和社会的稳定。电力安全与能源保障领域采用龙芯 CPU 形成一体化解决方案。

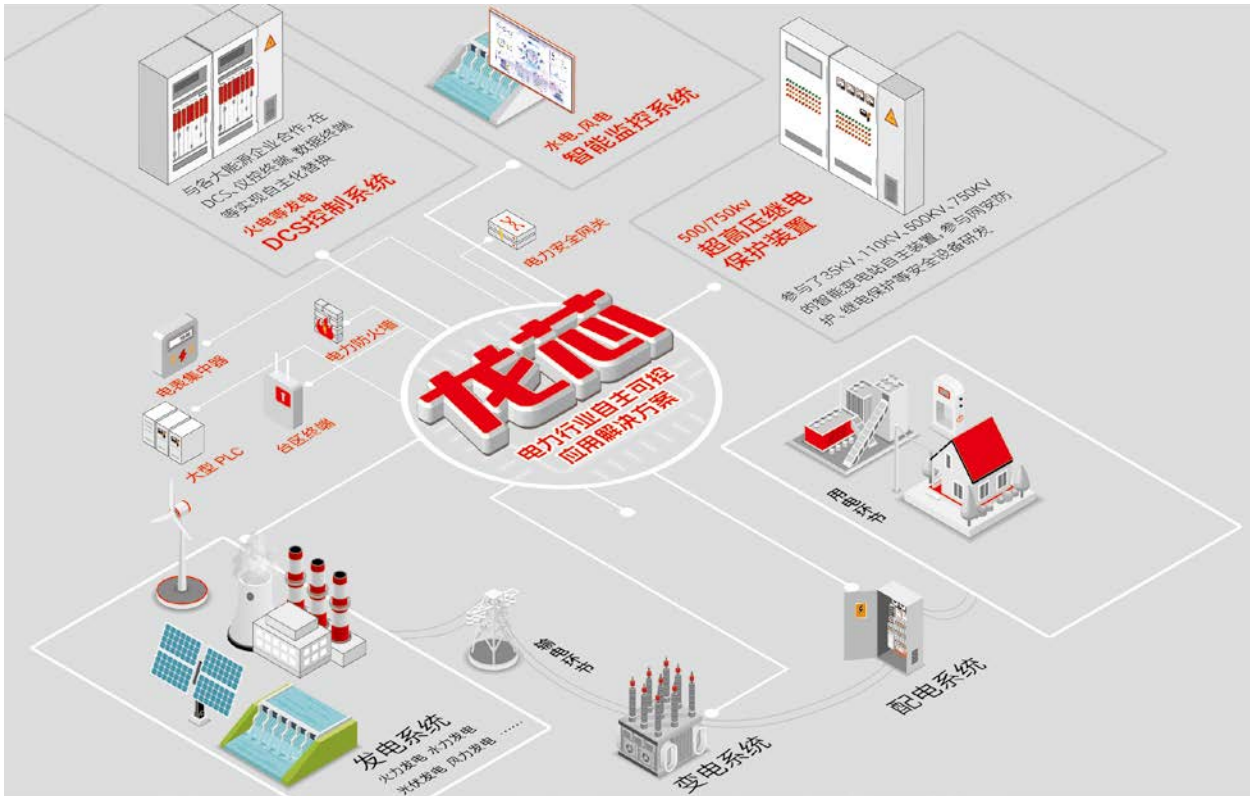


图 5.34 基于龙芯的电力行业解决方案

一、电力调度自动化系统

龙芯中科配合电力行业伙伴，研制出多款基于龙芯系列处理器的电力产品，初步构建了自主可控的电力调度系统解决方案。

- **在厂站系统层面：**开发了基于龙芯处理器的 RTU 远端测控单元装置，对现场信号、工业设备进行数据采集和状态监测，接收调度系统的操作指令，控制末端执行机构的动作；在电力保护方面，研制了基于龙芯处理器的全套继保装置，保障电力安全；另外还开发了时间同步装置、电力监测装置等辅助设备。
- **在网络通信层面：**基于龙芯处理器的路由器、通信服务器、核心交换机、电力防火墙、电力安全网关已经批量应用，保障电网调度系统的畅通运行和安全运行。
- **在主站系统层面：**基于龙芯处理器的 SCADA 系统、调度员工作站等各种业务工作站正在测试验证，即将批量应用。

二、电力控制系统 (DCS)

自动化控制技术广泛应用于电力系统中，其中最重要的系统是 DCS 分布式控制系统，它是发电厂的“大脑”，对安全生产起决定性作用，是确保电力稳定供应的关键。

龙芯中科携手生态伙伴，完成全自主国产 DCS 系统研制，并在多个电厂成功实现商业化运行。硬件全部采用自主芯片和自主核心元器件。软件方面，采用自主操作系统和数据库，控制软件也完全自主开发。

- 现场控制站是 DCS 的核心，现场控制站是基于龙芯 2K 系列高性能双核工控处理器开发的主控制板，其丰富的 I/O 接口、高可靠性、低功耗，能满足现场各种终端数据的计算和控制处理要求。
- 工程师站、操作员站由龙芯 3A 系列处理器，配合自主实时操作系统，提供自主可控的解决方案。
- 系统网络由龙芯交换机 / 路由器、2K 系列网关机、2K 系列网安监控设备、2K 系列继保装置、3A 系列防火墙、3C5000 服务器等设备提供安全的数据传输、存储和信号通信解决方案。

三、电力保护与监控系统

电力监控系统用于监视和控制电力生产和供应过程，是电力安全稳定运行的支撑系统。根据电力二次系统的特点，划分为生产控制大区和管理信息大区。生产控制大区分为控制区（安全区 I）和非控制区（安全区 II）。信息管理大区分为生产管理区（安全区 III）和管理信息区（安全区 IV）。

龙芯中科携手合作伙伴，在电力系统安全方面提供全方位的解决方案。在生产控制大区（安全 I 区、安全 II 区）与管理信息大区（安全 III 区、安全 IV 区）之间提供自主安全的横向隔离装置；在厂站与调度中心之间提供纵向加密认证装置；在厂站安全方面，提供厂站安全监控、门禁系统、继电保护装置等方案，并且继电保护覆盖全类型和设备系统的齐套化应用；在信息安全和网络安全方面，电力网关、电力交换机、电力路由器、电力防火墙、电力网闸、可信终端等全部实现批量应用。

四、配电自动化系统

配电自动化系统是配电系统的整体数字自动化与能源管理系统，对配电用户的用电情况进行集中监视、优化运行控制与管理。传统的配电自动化系统标准结构为三层分布式结构：配电主站、

配电子站、配电终端。

龙芯在配电自动化方面，为用户提供从底层终端、中层通信，到上层应用的系统性解决方案。

- 在终端层，为用户提供智能配变终端 TTU、数据传输单元 DTU、馈线终端 FTU、智能电表、信息采集终端等基础智能硬件；
- 在站层，龙芯的电能质量在线检测设备、动画检测设备 FSU、电力监控分析系统态势感知装置、数据存储、服务器等正在发挥重要作用，为从站层实现故障的监测、隔离以及恢复等功能提供支持；
- 一系列的业务工作站（SCADA 工作站、GIS 工作站等）、配电管理系统等软硬件解决方案正在测试中，很快将应用在配电自动化系统中。

5.4.2 风力发电系统

风电系统中，机械系统基本已经实现国产，但风机主控系统仍然基本是倍福、巴合曼、米塔等国外品牌，在产品安全性、供应链上存在着安全隐患。风机主控系统由塔底主控系统、机舱偏航控制系统、叶轮变桨控制系统组成，在风机中占据主要控制作用，相当于人的大脑，其安全稳定至关重要。

基于龙芯 CPU 的风电系统在西部多个风场成功运行。针对 MW 级的风力发电机主控系统（风机主控系统控制器）、偏航控制系统（柔性偏航、主动偏航辅助系统等）、通讯网关产品（主控变桨通讯、主控变流通讯、振动风速等传感器采集）、风机辅控系统（高速采集、智能监控、边缘计算）以及风电系统数字化软件（SCADA、能管、智慧风场、一次调频）均实现了基于龙架构的自主化替代应用。

风机主控系统控制器和边缘侧的边控系统控制器基于龙芯 2 系列芯片和龙芯 Loongnix+RT+CODESYS IEC61131-3/IEC61499+ 风电智能 AI 算法，实现风电控制系统一体化解决方案；基于龙芯 3 系列机架式服务器打造智慧风场运营平台，以实现智能感知、无人值守、智慧运营。

龙芯与合作伙伴的智慧风场解决方案荣获“创新应用十大优秀案例”“年度优秀解决方案”等殊荣。

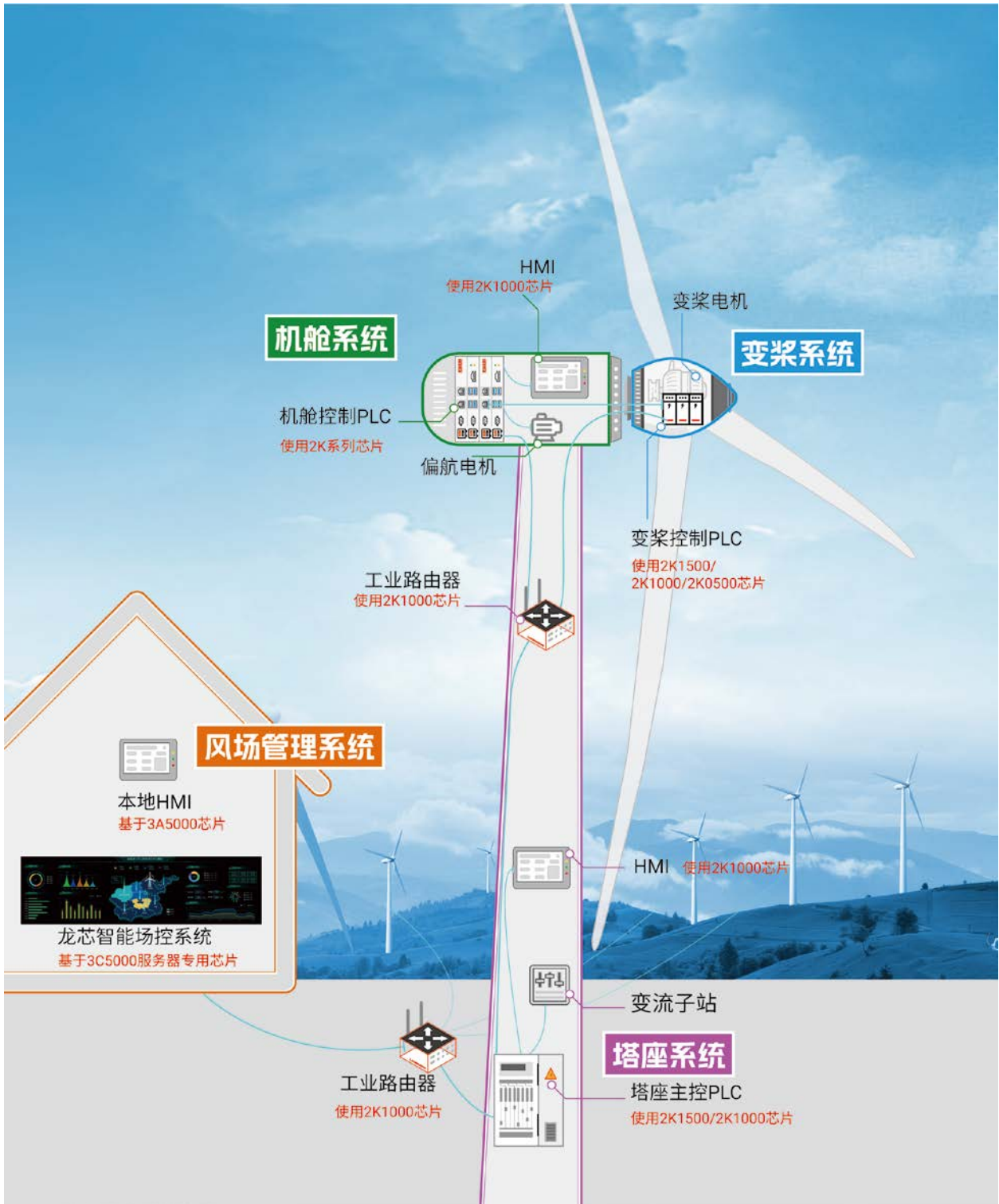


图 5.35 基于龙芯的风电系统解决方案

5.4.3 石油石化系统

龙芯 CPU 在石油石化领域提供从芯片、板卡，到核心硬件和关键软件系统。



图 5.36 基于龙芯的石油石化领域解决方案

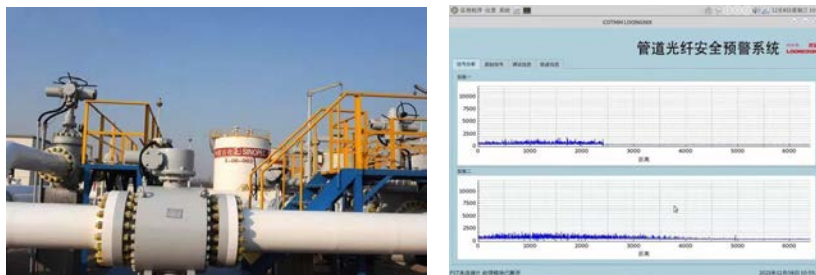


图 5.37 龙芯在石油石化领域应用

- 全自主可控龙芯 PLC 控制系统在某成品油管道正式投运，系统具有高可靠性、全网络化、自主可控。
- 石油管道光纤安全预警分析采用人工智能及边缘计算技术，基于龙架构服务器开发“AI+ 预警系统”，能够准确识别类型并进行事件威胁度分析。
- 全自主 DCS 控制系统在某石化装置实现成功投运，从工作站软件、操作系统，到工作站、服务器、时钟同步、交换机、继电器、控制器、通讯模块、IO 模块均实现 100% 国产。
- 成品油管道全国产自主 SCADA 系统实现应用，自主工业芯片、数据库、操作系统、工业软

件全面实现国产，应用于成品油管线控制的 PAC 系统及信息安全防护，实现了自主、高效、安全、可信的目标，对保障国家能源安全具有重要意义。

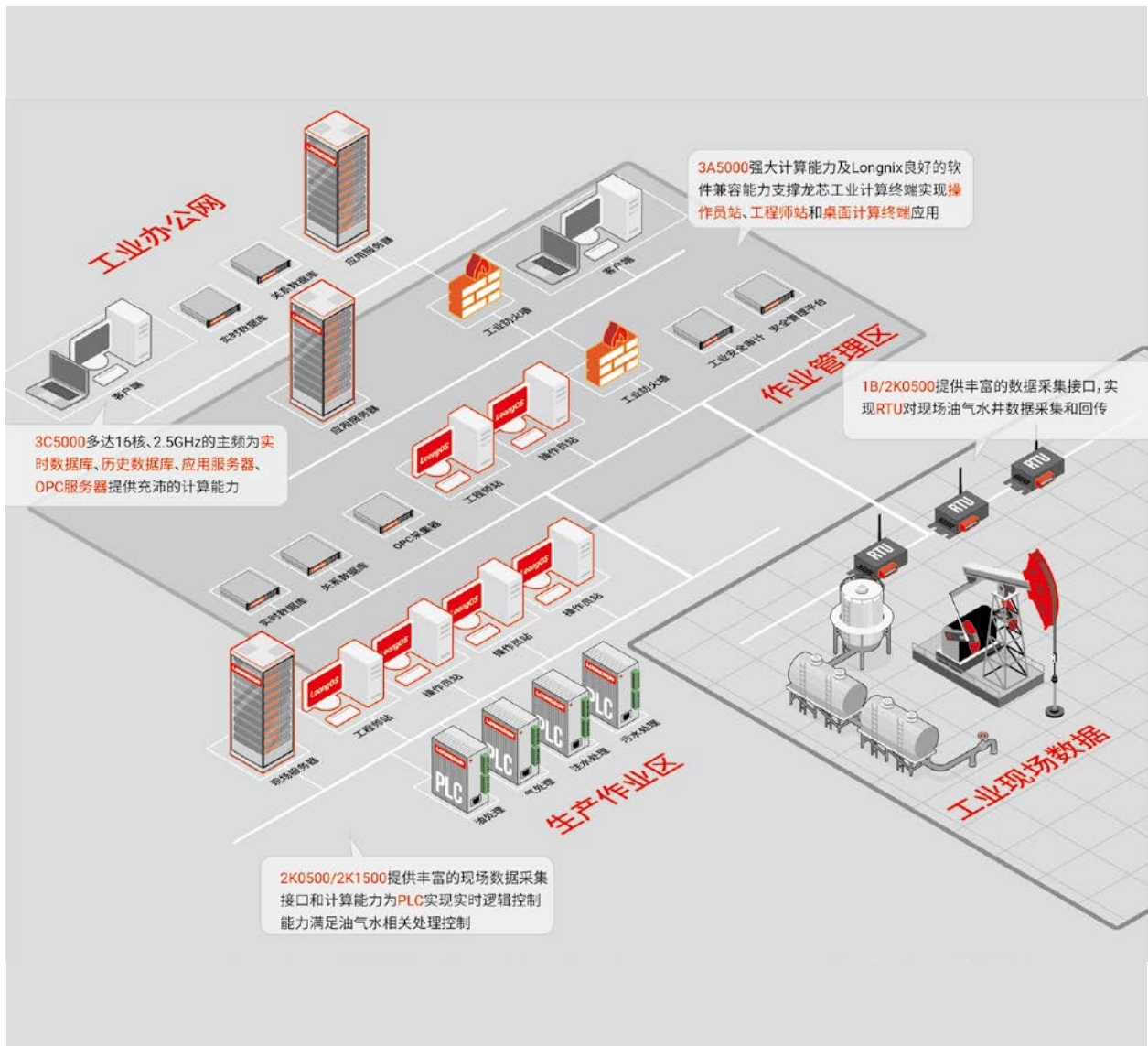


图 5.38 基于龙芯的数字化油田应用解决方案

5.5 通信行业

5.5.1 面向基础通信设施的信创云

龙芯中科与中国电信、中国联通等机构合作建设信创云。

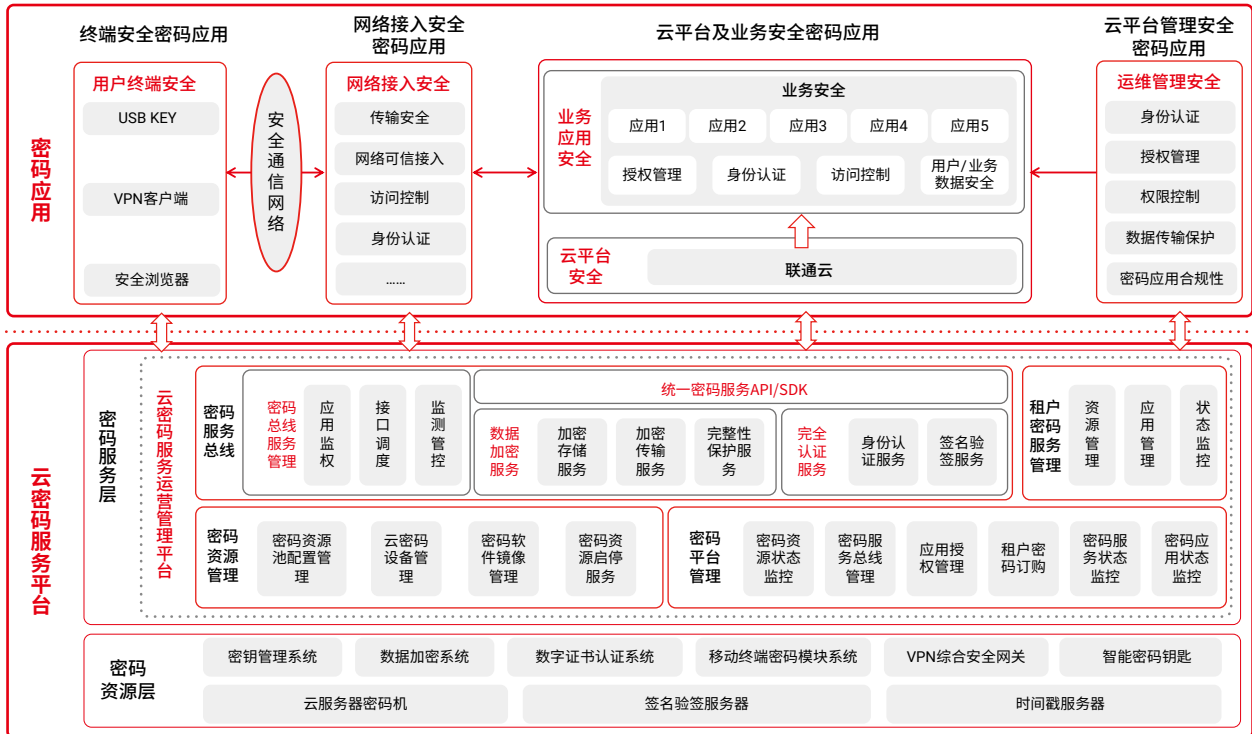


图 5.39 基于龙芯服务器的通信行业信创云

· **中国电信天翼信创云：** 中国电信基于天翼云 4.0，发布信创专属云、信创私有云、信创云电脑等云产品。龙芯 CPU 完成与天翼信创云主推产品的兼容适配，包括天翼云管、天翼虚拟化、容器云、云桌面、关系型数据库、高可用关系型数据及分布式存储等。基于龙芯服务器构建的信创资源池，天翼信创云面向政务、金融、工业、交通、能源等行业提供云服务，有政务云、国资云、行业云及容灾备份等典型合作项目。



图 5.40 龙芯 3C5000 服务器与天翼云适配互认证证书

- **中国联通自主可控云：**自主可控云是联通云面向党政机关、物流、金融、交通、电力等行业提供的安全可靠国产化云平台，龙芯 3C5000 服务器完成了联通云虚拟化、云原生两大平台兼容适配，支撑联通云实现全栈自主可控、一云多芯、安全稳定，在国家部委和众多地方政府以及国企中得到了广泛的应用。
- **电信行业冷存储服务器定制：**通信运营商采购龙芯冷存储定制化服务器面向客户提供容灾备份业务，上线项目中实际使用的龙芯定制服务器的吞吐量（带宽、IOPS）指标可达到电信级服务标准。龙芯中科提供的定制化服务包括：软件定制——对服务器节点或共享架构下服务器管理软件进行定制，如功耗管理、BIOS、监控管理等软件；能力扩展——增加支持特定功能的芯片或板卡；增加服务器 CPU 核数或主频、内容容量、硬盘容量和网卡数量等。整体优化——从软件和硬件两个层面可提供整体优化服务，例如以满足散热和电磁辐射特性需求，机箱设计以最小数量风扇获得最大的气流。机箱定制——机箱可配置企业或用户 Logo、资产标签等。
- **行业密评云服务：**龙芯服务器基于内生安全能力帮助某通信运营商构建密码资源池，面向各行业提供密评云服务，包括供终端安全密码应用、网络接入安全密码应用、云平台及业务安全密码应用、云平台管理安全密码应用等服务。服务器平台由密码应用和云密码服务平台两部分构成，龙芯加载 SE 加密模块服务器可支持云服务器密码机、签名验证服务器和时间戳服务器信创替代，SE 模块提供国密算法、密钥管理基础接口及能力。

5.5.2 面向通信行业的信创营业厅

2022 年，龙芯终端（笔记本、台式机、云终端）入围三家通信运营商（中国移动、中国电信、中国联通）办公及生产用终端集采模型，并与 B 域（业务支撑）、M 域（管理信息化）、O 域（网管支撑）三大领域系统及常用软件完成适配，应用于办公、营业厅、网管、呼叫中心等场景。

基于龙芯平台已完成中国移动、中国联通生产系统、关键外设及常用软件基信创终端适配工作，实现了使用联通 cBSS 业务场景及移动 CRM 业务场景的 100% 覆盖，可支撑营业厅常用业务场景受理工作，协助浙江移动、北京移动、北京联通打造信创示范厅。

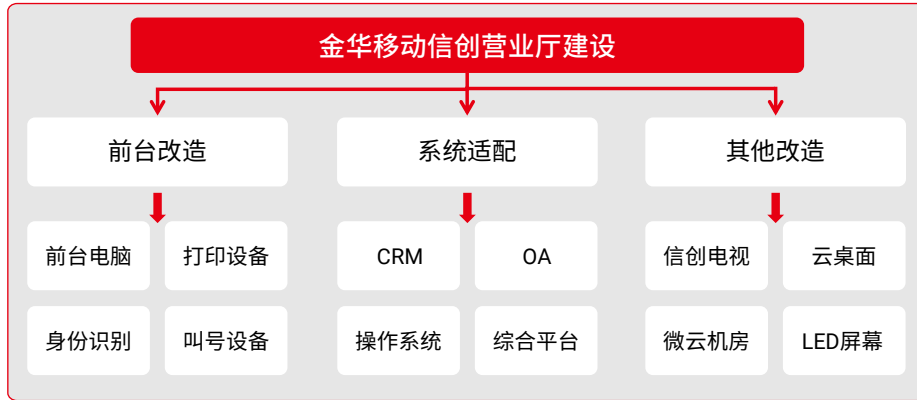


图 5.41 基于龙芯的电信行业信创营业厅

5.6 金融行业

龙芯中科目前已与全国 50 余家金融机构开展业务合作, 产品涵盖台式终端、笔记本、柜面终端、金融机具、服务器等。服务的金融用户包含国有大行、股份制银行、城商行、农信社、保险、证券等金融机构。

5.6.1 金融信创体系



图 5.42 金融信创应用体系

5.6.2 核心业务系统场景

龙芯金融信创实验室已部署的核心业务系统模拟测试银行，整体采用分布式架构技术，可进行云化部署。

内置统一的数据库访问中间件 DBIO，保证了核心系统可以动态适配目前比较主流的信创数据库产品及开源数据库产品。目前系统主要采用虚拟化 Kubernetes、虚拟化容器 Docker、分布式协调 Zookeeper、开源数据库 PostGre 等一系列技术组件。

通过实验室仿真压测工具专业测试，针对“活期支取、查询交易”等场景进行混合压测，采用 7*24 小时业务模拟交易，累计交易笔数 >7000w 笔，TPS>2500 笔，响应时间 <300ms，CPU 使用率 <80%。

实验室压测结果初步表明，基于龙芯环境的核心系统整体可满足省级农信及城商、农商的 7*24 小时核心业务系统日常运营需求。

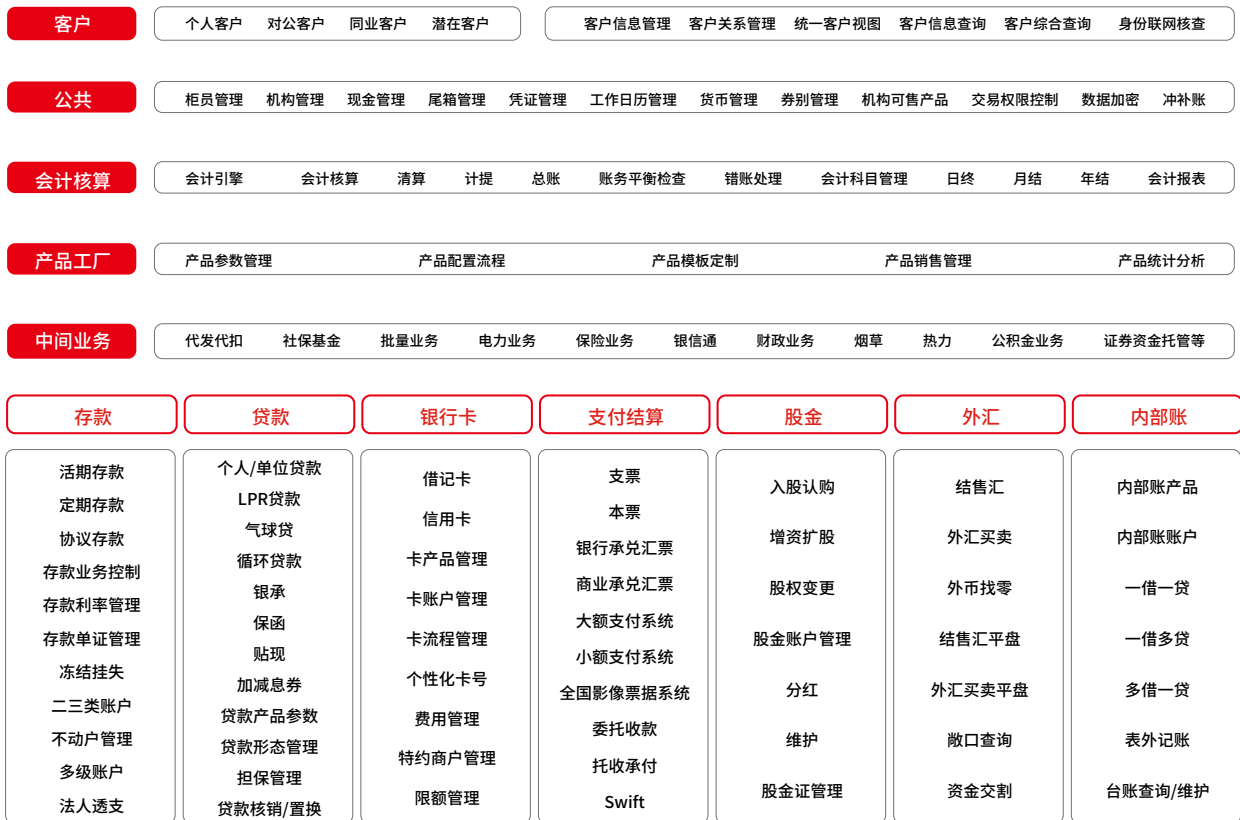


图 5.44 基于龙芯的金融核心业务系统

5.6.3 自助机具场景

基于龙芯 CPU 的自助设备包括现金类、非现金类、自助一体机等产品，种类齐全、模块丰富完整。



图 5.45 基于龙芯的金融自助设备

金融机具需要大量外设模块的支持，已支持的外设包括电磁电容一体屏、密码键盘、指纹仪、双目摄像头、全景摄像头、二维码阅读器、接触式读卡器、非接触式 IC 卡读卡器、信号指示灯、人体感应、电话、凭条打印机、二代身份证阅读器、存折刷卡器、音箱、激光打印机、存折补登机、对公扫描仪、U 盾 / 令牌发放模块、电动发卡器、表单回收、UPS 等。

5.6.4 柜面业务场景

基于龙芯的柜面办公专用设备针对多串口、多并口及多 USB 口需求，与各类柜面办公外设完成适配。软件系统完成了相应的跨平台迁移，满足用户柜面办公需求。



图 5.46 基于龙芯的金融柜面终端

5.6.5 金融云场景

龙芯金融信创云生态解决方案是龙芯云化的最新探索和落地实践。

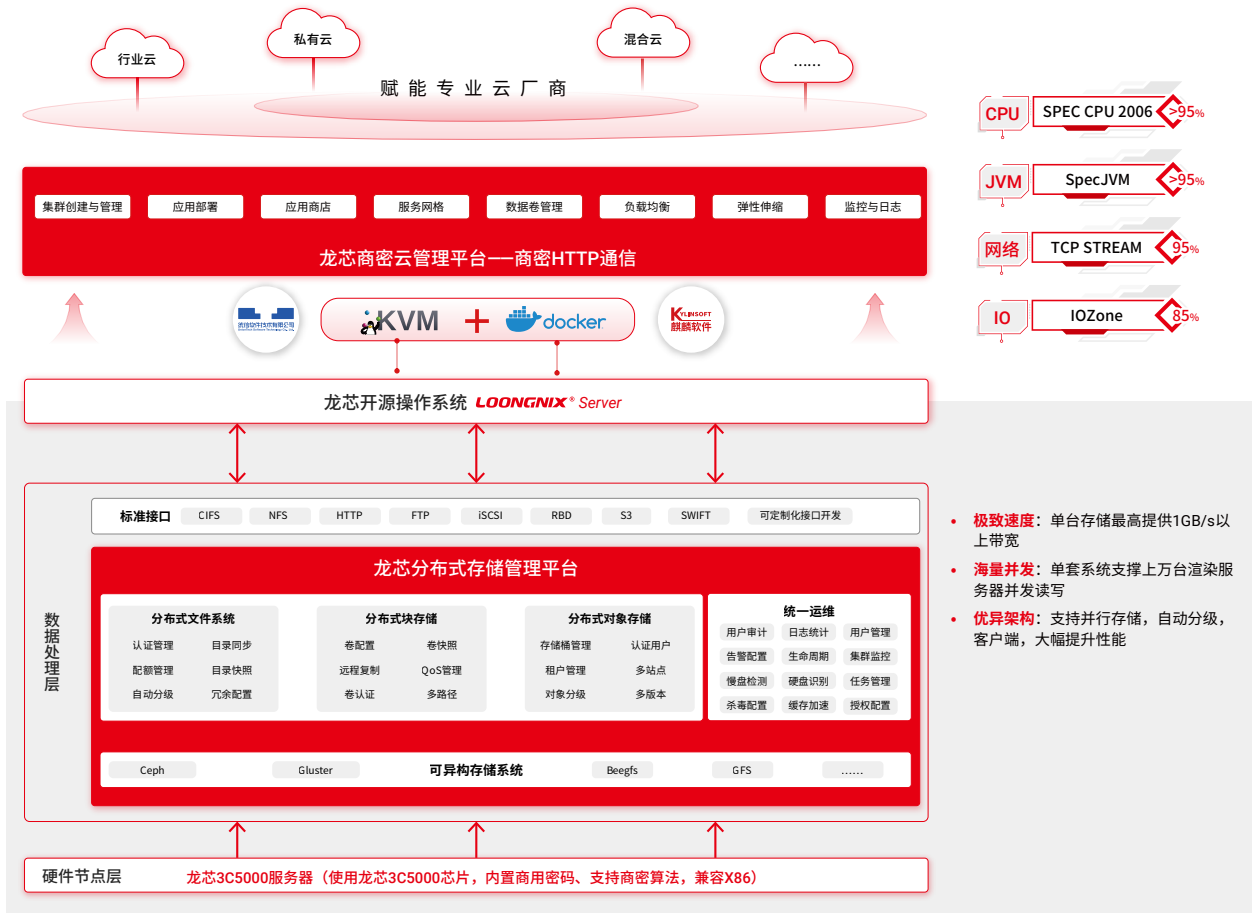


图 5.47 基于龙芯的金融信创云

该方案基于龙芯 3C5000 服务器及龙芯开源操作系统 Loongnix Server 与专业云厂商进行深度融合，为云企业提供安全稳固的底层支撑，支持云企业提供商业级云平台解决方案。同时，龙芯云平台率先完成国密化改造，提供国密接口，云端一体形成龙芯国密应用生态体系。

5.6.6 龙芯金融案例介绍

案例一：智能运维—金融安全监测平台

某银行原监测平台采用传统 Hadoop (X86) 架构，为信创转型，采用全龙芯架构信创改造方案，用分布式架构替换原架构中的存储单元，在 30 万日活、数据保留 1 年的条件下实现同等功能。

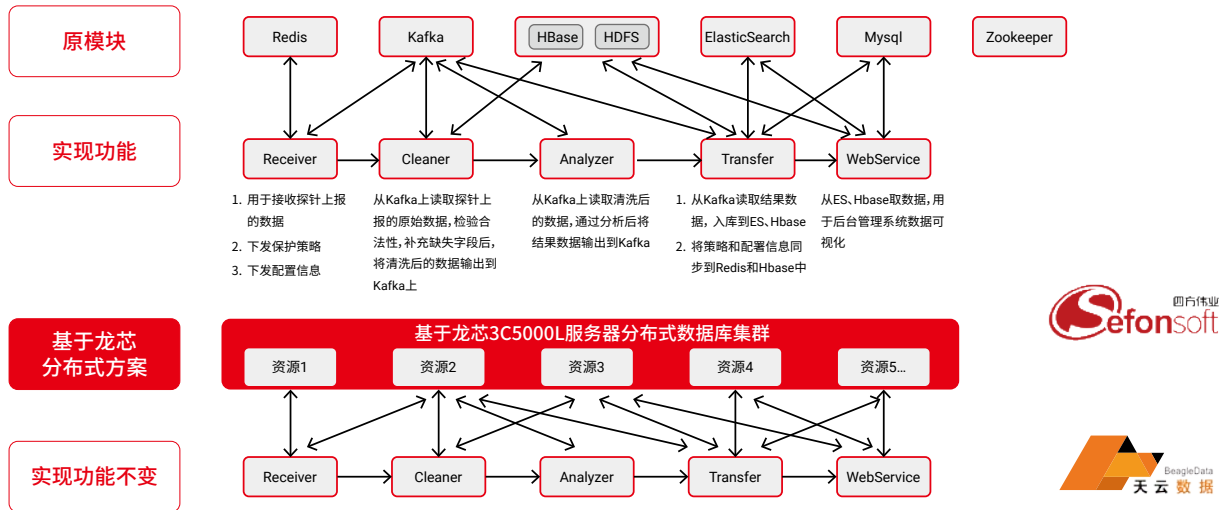


图 5.48 基于龙芯的金融安全监测平台

案例二：TA 登记系统

注册登记结算系统采用全龙芯技术路线。基于龙芯硬件平台, 搭配国产操作系统+国产数据库。TA 系统功能涵盖了基金交易业务的各个环节, 包括账户业务处理, 日常交易业务处理, 分红业务处理等。通过客户严格业务跑批测试, 满足客户 200+ 万条数据结算需求。



图 5.49 基于龙芯的基金登记结算系统

案例三：业务上云

某用户采用龙芯 3C5000L 服务器，安装云宏 CNware 虚拟化平台，将多架构平台设备进行统一纳管，形成一云多芯一致管控。上层建立麒麟操作系统环境，提供给业务研发人员用于生产及开发测试。

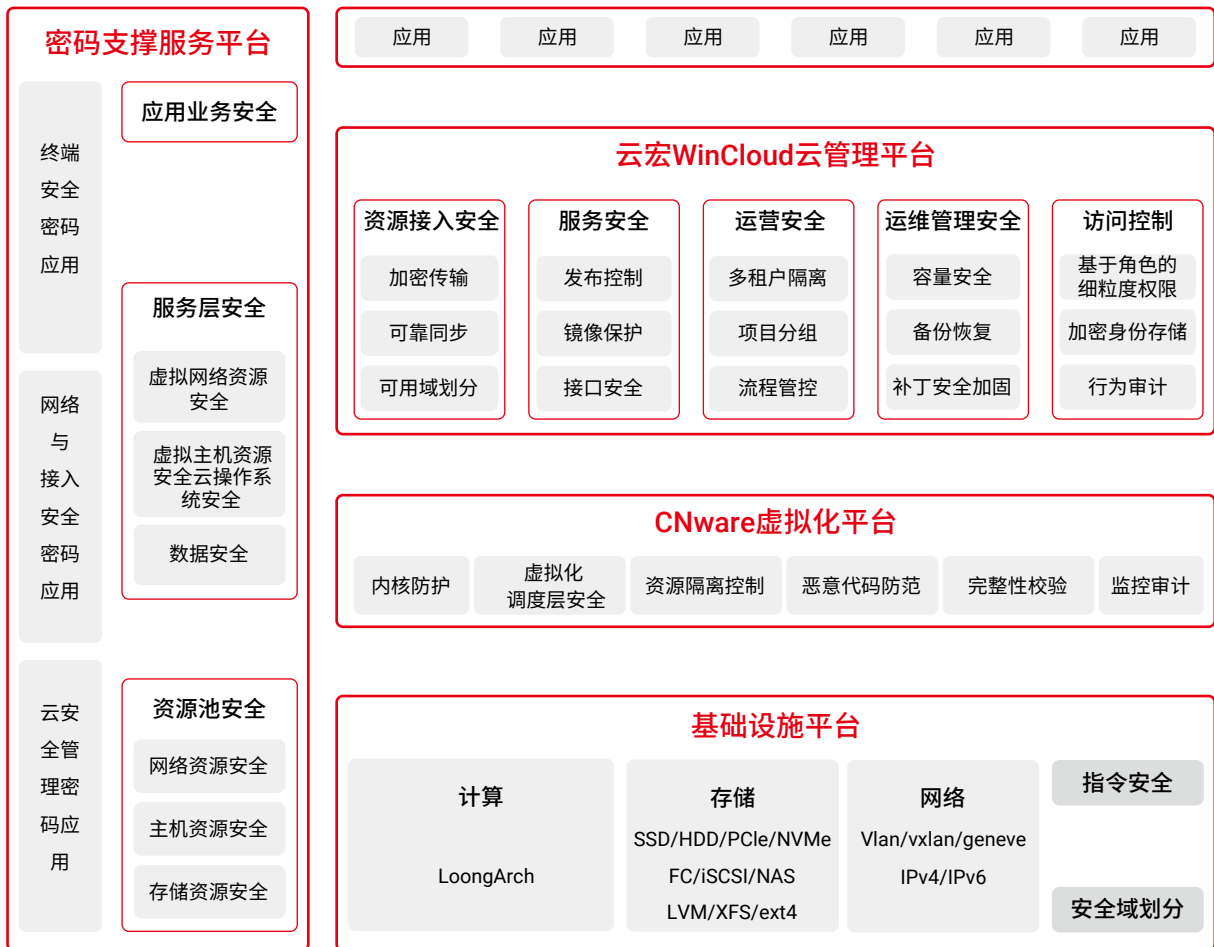


图 5.50 基于龙芯的金融云平台

案例四：灾备管理系统

某城商行灾备自动切换解决方案。该方案对容灾演练及应急数据进行深入挖掘分析，以动态容灾系统视角进行关联分析及感知、灾难恢复能力持续性评估、系统短板动态改进、递进式提升灾难恢复能力，达到动态防控的效果。同时可以自动锁定事件应急方案，按事件等级启动对应决策流程，主动迭代事件场景形成日常防御重点，提前进行数字化预案。



图 5.51 基于龙芯的灾备管理系统

案例五：普惠金融业务



图 5.52 基于龙芯的普惠金融系统

为实现普惠金融“批量化、线上化、智能化”，推动普惠业务数字化而打造的农商银行小额

标准贷营销管理系统。该系统基于龙芯 3C5000 芯片和 3C5000 双路服务器，结合 Loongnix 操作系统建立信 E 贷平台，帮助银行管理个人贷款和普惠小微业务的快捷、安全、稳定运行。

案例六：软硬一体存储方案

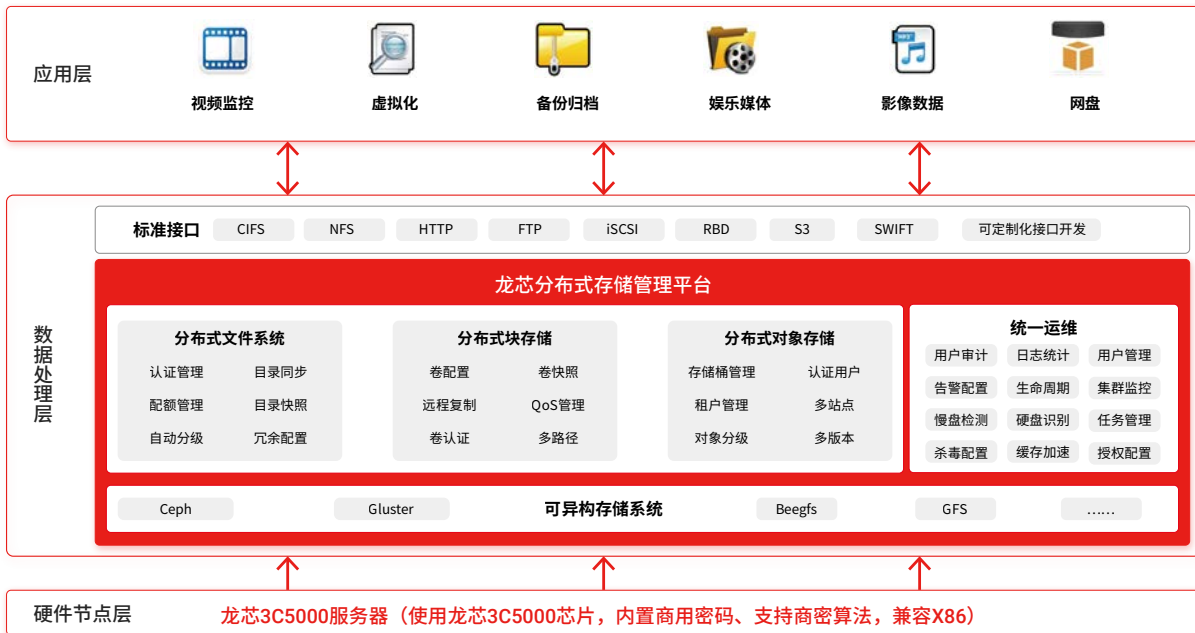


图 5.53 基于龙芯的软硬一体存储解决方案

某城商行存储解决方案。该方案采用龙芯 3C5000L 芯片 + 龙芯操作系统的全国产化软硬配置，结合自主研发的分布式存储架构，打造全国产化存储平台。

5.6.7 龙芯金融信创实验室

为推动我国金融行业实现全面国产化和数字化转型，龙芯联合众多合作企业，在北京市亦庄经开区搭建龙芯金融信创实验室，展示龙芯在金融行业的全栈式国产化解决方案。



图 5.54 龙芯金融信创实验室现场

实验室实现了从前端柜面、机具，到后端核心系统、数据库、应用系统及服务器等在龙芯平台上的稳定运行，形成了全面基于龙芯的金融行业“端到端”运行级实验室。

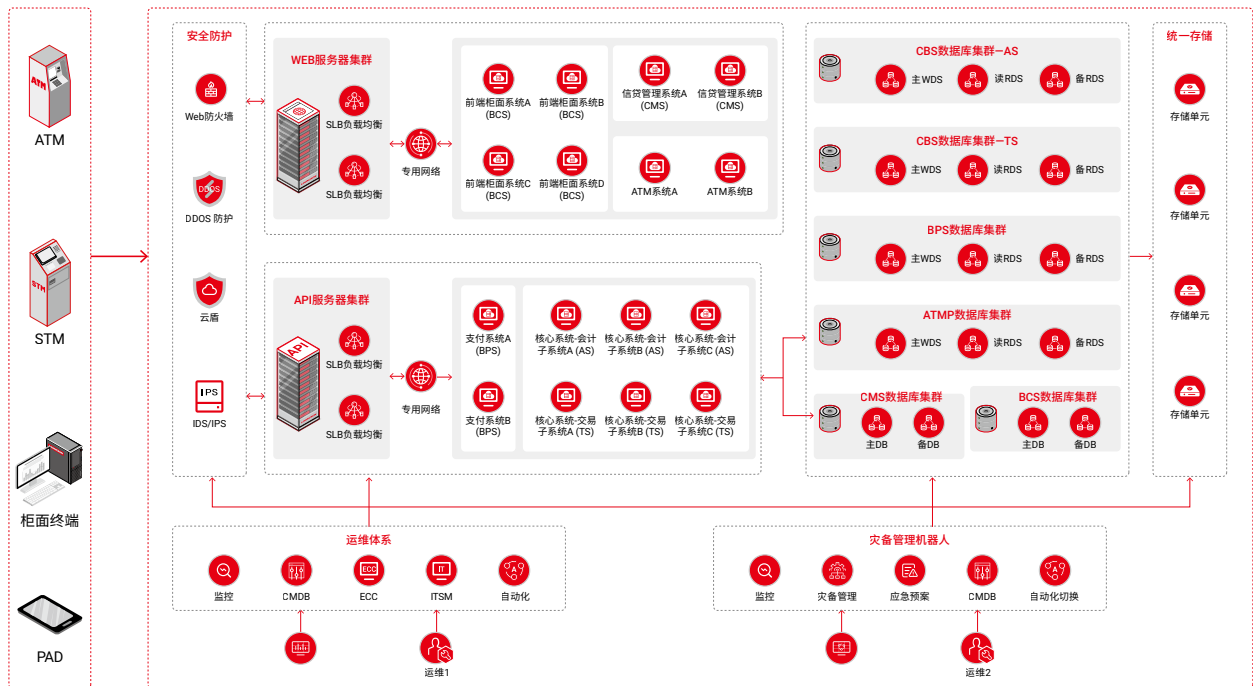


图 5.55 龙芯金融信创实验室

实验室已经部署系统包括：核心系统、柜面系统、互联网银行、支付系统、信贷系统、智能运维平台、灾备管理系统。

5.7 交通行业

龙芯 CPU 在涉及交通装备的关键系统中广泛使用，在高铁、地铁、公路交通等领域已经开展了系列国产化工作。

2022 年龙芯中科深度参与高铁、地铁轨交列控系统。轨道交通三大核心要素是“一车、二路、三系统”，其中“系统”即指列车运行控制系统（简称列控系统），是轨道交通的“大脑和中枢神经”，是保障列车准点发车、安全运行、高效有序运营的大国重器。

- **高铁领域**，龙芯与行业龙头单位开展国产设备应用。在车地通讯、车车通讯、地面联锁安全计算机、车载存储、车载网关、DMI 人机交互设备、车载安全计算机、全自主高铁地面系统、多网口设备、多串口设备和信息安全设备等方面开始批量应用。

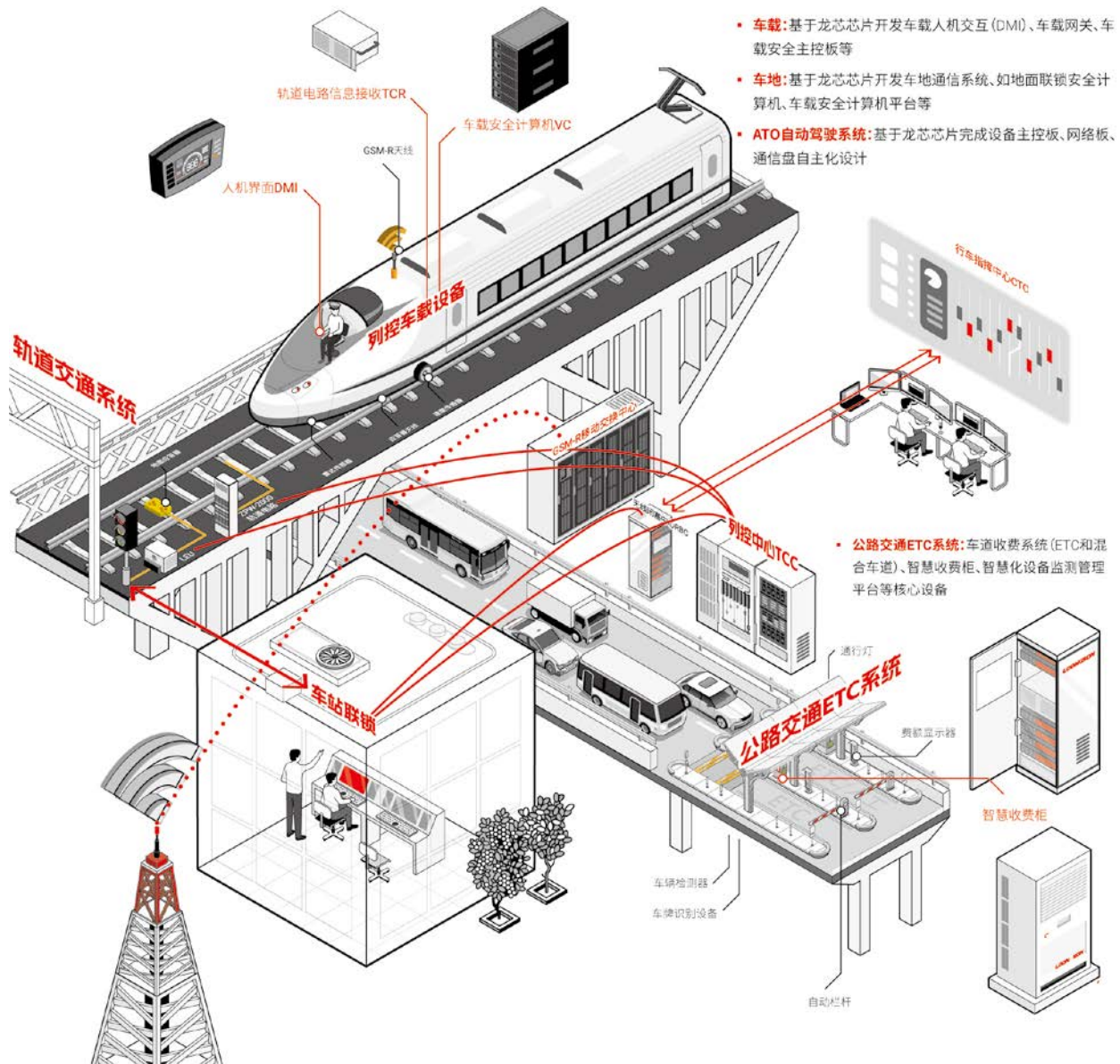


图 5.56 基于龙芯的交通系统解决方案

- **地铁领域**，基于龙芯处理器开发的控制设备在 BAS 系统实现国产应用、基于龙芯处理器开发的主控设备、网络设备在 ATO 自动驾驶系统实现国产应用。基于龙架构的列控车载计算机和嵌入式联锁安全计算机均通过了设备的安全完整性最高等级 SIL4 认证。
- **公路领域**，基于龙芯 2K1000LA 双核处理器的车道控制器、基于龙芯 3A5000 的 ETC 收费系统工控机，已经完成试点应用。



图 5.57 龙芯交通行业应用

5.8 医疗行业

5.8.1 信创试点卫生院

2022 年，龙芯中科建设卫生院级医疗信创解决方案。

2022 年 11 月，全国首家信创试点卫生院在浙江省金华市金东区多湖卫生院完成建设。项目联合医疗信息化生态企业东软软件、浙江思翔等单位，重点解决了卫生健康领域三个场景的国产化替代应用：

- 一是实现与卫生健康业务系统适配。适配范围不仅包括于金东卫生健康局和卫生院日常行政办公区域高频使用的业务系统，还包括国家卫生健康委垂直下发 2 个的业务系统和省卫生健康委统建的 18 个垂直业务系统。
- 二是实现信创医疗自助服务终端落地应用。打造了国内目前基于完全自主指令集 LoongArch 架构上（龙芯 3A5000 CPU）的第一款医疗自助服务终端，并经过多次现场使用验证可以满足患者就诊自助服务的应用需求。
- 三是实现金华基层卫生院在用的核心云 HIS 系统基于信创终端的部署实施。通过龙芯 CPU 底层的二进制翻译和龙芯浏览器 IE 兼容模式，解决了金华市本级卫生院在用云 HIS 系统在龙芯 3A5000（CPU）+ 麒麟 OS 的终端部署应用的问题。

基于龙芯 CPU 的自助报到终端、自助挂号缴费终端、信息发布终端、自助报告打印终端等设备能够满足医院日常医疗业务使用需求。

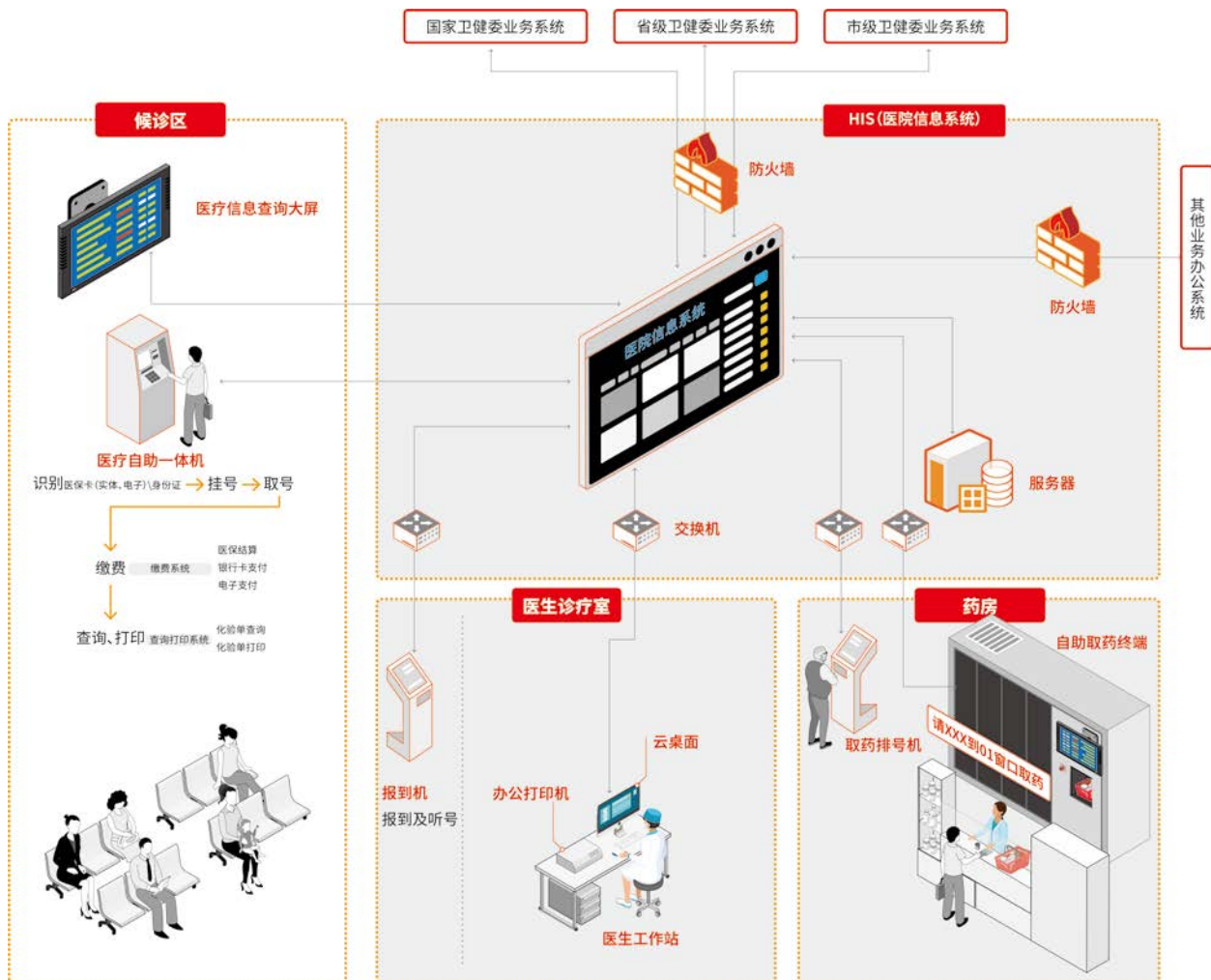


图 5.58 基于龙芯 CPU 的卫生院 HIS 系统解决方案

5.8.2 健康医疗大数据平台

龙芯 3C5000 服务器支持健康医疗大数据平台。

各地在医疗数据互联互通的机制与信息系统方面已经具备了一定的信息化基础，但在数据防泄漏、患者隐私保护、医生快速查阅患者既往病史、检验检查结果互认以及分级诊疗等综合医疗需求下，使用单一传统医疗信息化系统无法满足全部医疗服务场景的要求。通过使用龙芯全栈产

品,可构建一套安全可靠、自主可控,既符合医生阅读习惯又确保数据无泄露的医疗数据共享平台,服务于整个区域医疗体系。



图 5.59 龙芯 3C5000 服务器支持健康医疗大数据平台

5.9 工业数字化与数字孪生

与深圳华龙讯达信息技术股份有限公司联合研发大型开放式控制系统 JIC IPC, 实现全国产化自主设计和制造, 硬件方面以龙芯 3A5000 处理器为底座, 软件方面基于龙芯自主操作系统 LoongOS, 以及华龙讯达自主开发的运行时环境 (JIC RTE)、编程器 (JIC IAP) 和 HMI 构建器, 可以为离散制造领域高端大型设备提供可靠性高、开放性强、安全性高的控制系统解决方案。

JIC IPC 集成自有核心算法，支持多个处理单元并行计算，全面覆盖传统 PLC、DCS 等应用场景，实现软硬件解耦和多语言集成，达到 IT/OT 数据的真正融合。目前，JIC IPC 控制系统已在行业最高控制要求的高速机组中得到成功验证，性能指标可媲美欧美厂商高端 PLC 系列产品，实现高端生产设备控制系统和开发环境的全国产化替代。

基于 JIC IPC 构建了 JIC IPC Cloud 工业数字化平台，兼容国内外主流工业协议，可自动接入生产设备数据，快速构建设备工业控制应用，实现可视化组态和数字孪生场景构建，实现自主可控、开放互联的设备、产线、车间、工厂智能化控制和工业软件开发，为实现基于工业互联网“云边端”协同的数字化转型打造智能控制的技术底座。



图 5.60 JIC IPC Cloud 工业数字化平台及数字孪生系统

在数字孪生领域，华龙讯达研发的木星数字孪生平台（JIC DTP），已经在龙芯 3C5000 平台完成迁移适配，木星数字孪生平台是工信部工业互联网双跨平台。数字孪生实现了实体车间与虚拟车间的双向真实映射与实时交互，全要素、全流程、全业务数据的集成和融合。在数据模型的驱动下，实现车间生产要素管理、生产活动计划、生产过程控制等在实体车间、虚拟车间的镜像运行，从而在满足特定目标和约束的前提下达到车间生产和管控最优的一种生产运行模式。

JIC DTP 是基于物理模型、传感器、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程的数据管理平台，实现产品数据在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程数字，将工厂物理空间的控制、运行、质量、物耗、能耗等数据在虚拟空间中建立实时镜像进行虚拟制造仿真，并将仿真结果作用于物理空间现场，助力企业提升资源优化配置能力、产品质量均质化保障能力、柔性制造能力和敏捷生产能力。

5.10 物联网和消费电子

龙芯 1 号、2 号芯片在各种工业控制、智能仪表、机器人等工业嵌入式互联网领域积累深厚，为消费电子和工业互联网提供高性能、高集成度、超低功耗的系列产品。

2022 年 8 月 21 日，由工业和信息化部、中国科学技术协会、河南省人民政府共同主办的 2022 世界传感器大会在郑州开幕，龙芯中科发布龙芯 2K0500 及其解决方案。

龙芯 2K0500 集成 64 位 LA264 处理器核，可为工控互联网应用、打印终端、BMC 等多种解决方案。



图 5.61 基于龙芯 2K0500 的物联网解决方案

2022 年 10 月，OpenHarmony 操作系统与龙芯 2K0500、2K1000LA 开发板完成适配验证。OpenHarmony 是全球开发者共建的开源分布式操作系统，由开放原子开源基金会孵化及运营，国内众多厂商已基于其形成多个跨终端全领域的发行版操作系统。LoongArch 平台对于 OpenHarmony 已形成初步支持，万物互联的生态体系与龙芯平台即将全面连接。



图 5.62 乘风 1000 开发板（龙芯 2K1000LA）与 OpenHarmony 完成适配

龙芯 1C101/1C102 产品可广泛应用于智能水表、智能气表、智能门锁、健身器材、电动自行车、平衡车、滑板车、智能门禁、物联网网控设备、智慧灯杆等新型智能设备。同时芯片内部的安全特性支持为智能设备提供唯一身份标识、敏感信息不可更改、数据加密等物联网设备安全共功能。



图 5.63 基于龙芯 1C101/1C102 的物联网产品

- 基于龙芯 1C101/1C102 的智能门锁解决方案。1C101/1C102 片内集成触摸、语音控制单元，在满足低功耗的同时提高解决方案可靠性，并大幅降低解决方案总体成本。方案支持指纹解锁、密码解锁、以及卡片解锁（普通 IC 卡、身份证、智能手环、手机 NFC 等）。可选配龙芯安

全数据传输解决方案,可选择蓝牙、NB、4G、Cat1 等通讯形式实现数据通信和智能控制等功能。

- 基于龙芯 1C101/1C102 的电动自行车解决方案。集成电机控制器、仪表控制、仪表显示、BMS、灯光控制、电池锁、防盗报警等功能,形成电动自行车智能系统开发平台。可选配龙芯安全数据传输解决方案,可选择蓝牙、NB、4G、Cat1 等通讯形式实现数据通信和智能控制等功能。
- 基于龙芯 1C101/1C102 跑步机解决方案。1C101/1C102 片内部集成按键、语音控制单元,一颗芯片可完成显示控制、语音控制、按键控制、通信管理、电机控制、数据传输等功能。
- 基于龙芯 1C103 的五金电子解决方案。龙芯 1C103 基于全自主 LA132 处理器核,是针对电机驱动应用而设计的微控制器芯片。该芯片具备驱动舵机、有刷电机、无刷电机 PWM 的原生支持,可实现软件无级调速、换向控制、速度反馈、堵转保护和过载保护等功能,自主开发换相算法,同时具备常见通信模块,可以满足高性价比的常见电机应用。例如在筋膜枪产品中,用 1C103 一颗芯片实现了产品的人机交互控制、电机控制以及充放电控制。



图 5.64 基于龙芯 1C103 的无刷电机有感方案及相关产品

龙芯长期坚持生态可持续发展能力建设，包括龙芯生态伙伴计划、生态适配、技术保障支撑、人才培养四方面。

第六章 龙芯生态培育与发展

6.1 龙芯生态伙伴计划

龙芯生态伙伴计划是由龙芯中科主导发起，面向龙芯生态圈内的创新型中小企业，旨在推动龙芯生态企业基于龙芯平台开发产品及解决方案，丰富龙芯产业生态体系，促进龙芯生态企业的紧密互动，增强龙芯生态企业的创新力和竞争力。

龙芯生态伙伴计划秉承着开放龙芯支撑体系、共建生态伙伴关系、共赢龙芯产业生态的战略宗旨，2022 年对生态企业的培育和赋能工作在原有的基础上进行了新领域的拓展和深入的尝试，使广大中小企业不仅能够参与龙芯产业生态建设，还能够享受到龙芯产业生态红利。

为服务龙芯生态伙伴，龙芯以中小企业为中心打造全过程的龙芯生态伙伴成长体系，打通了生态伙伴企业“认识龙芯、学习龙芯、使用龙芯、联合推广、共同成长”的全过程链条，并配套提供涵盖加速赋能、人才培养、产业支持、技术支持、基金支持等丰富的支持权益体系，提升中小企业群体的创新力和竞争力，推动企业基于龙芯软硬件平台快速开发产品或解决方案，鼓励各企业在龙芯生态内互相链接与协作，形成“立体交叉、网状延伸”的龙芯中小企业发展集群。

龙芯生态伙伴计划自开放报名入口以来，已获得了上千家企业的关注。

表 6.1 龙芯生态合作伙伴权益

资金支持		平台推广	
创新创业支持	可申请	龙芯中小企业产品展示	✓
创新产品奖	可申请	解决方案平台	可申请
市场化推广激励	可申请	上线龙芯应用合作社	可申请
技术支持		产业支持	
技术资料获取	✓	产业链及客户资源对接	可申请
技术专家支持	可申请	行业生态对接会	可申请
适配资源及迁移适配保障	✓	联合研发行业解决方案	可申请
基础版操作系统支持	✓	企业间走访交流	✓
平台产品原理图获取	✓	能力培养	
龙芯工程样机申请	可申请	在线学习	✓
龙芯云空间及算力支持	可申请	产品开发培训	可申请
可靠性实验环境	可申请	龙芯人才培养认证	✓
加速赋能		龙芯技术体系及技术迁移培训	可申请
大企业对接支持	可申请	品牌塑造	
私董会	可申请	授予龙芯生态认证证书	✓
创新创业加速营	✓	龙芯官网 LOGO 墙	✓
品牌赛事	✓	龙芯官方媒体渠道宣传	定向邀约
孵化空间优惠支持	可申请	参加龙芯相关生态活动	定向邀约

6.1.1 龙芯创业者支持计划

龙芯创业者支持计划是龙芯生态伙伴计划内推出的研发支持专题活动，旨在通过资金支持龙芯生态圈内的创新型中小企业研发和推广基于龙芯软硬件平台的产品和解决方案。

2022 龙芯创业者支持计划于 2022 年 4 月开放申报，主动引导龙芯生态伙伴转向基于龙架构（LoongArch）的产品研发和推广，积极拓展开放市场龙芯生态，5 个月内共有近百家企业形成完整的研发项目规划并符合评审条件。经专家组评审，共有 22 个项目获选。

获选企业名称	项目名称	获选企业名称	项目名称
道莅智远	基于龙芯的大 MW 风力发电机国产智能控制系统及风电场群控系统	南京飞鱼星	一款基于龙芯 3C5000 的 HA 存储设备的研制
广州力麒	政务服务应用的安全可信自助终端	南京新动态	基于国产信创平台数据加速一体机
国基科技	通用网络安全加固计算机	乾元大通	基于龙芯平台的银行核心业务系统信创解决方案
国领科技	基于龙芯 3X5000 平台国密算法高速 IPSec 加密网关研发	赛悟科技	基于龙芯处理器的移动式多场景环境监测设备
嗨研科技	基于龙芯 3A5000+7A2000 的国产化网络安全硬件平台	三未信安	基于龙芯的全国产服务器密码机项目
华电园	龙芯安全模块加固的文档一体化管理平台	泰星达	基于龙芯和国产 FPGA 的 VPX 存储计算一体化系统
华物科技	基于龙芯 2K0500 的工业物联网网关开发与产业化	天听电子	基于龙芯统一单双控存储系统及虚拟化产品研发
霍因科技	研发基于龙芯平台数据治理安全系统	文武信息	鸿鹄数据库透明加解密功能
吉斯凯达	基于龙芯 2K1000 的通用边缘计算工控机及应用支撑环境	英赛克	基于龙芯 LoongArch 架构的工业数采防火墙
九煌信息	龙芯 CPU 全国产化网络攻防竞技平台	中景信安	龙御境产品防护展示系统（龙芯 3A5000 访问控制功能）
科玛瑞讯	国产化工业以太网交换机	中科思创	基于龙芯 3C5000L 的通用智能服务器

图 6.2 2022 龙芯创业者支持计划获选企业名单

获选项目涵盖网络安全、电子政务、教育、金融、能源、交通、人工智能、存储等领域，龙芯软硬件平台正在支撑龙芯生态伙伴企业赋能千行百业。

6.1.2 创新创业加速营

为促进龙芯生态圈内伙伴企业的互动和交流，助推中小企业在国产化建设上加速成长，龙芯生态伙伴在 2022 年 9 月举办了“芯生态 新未来”龙芯生态伙伴创新创业加速营。

由来自龙芯的技术总监、信创总监、高级工程师、金牌讲师等组成的专业技术导师团队，全面解析龙芯技术及相关应用和龙芯自主生态建设等内容。由各大高校名师及各机构专家等组成专业企业经营导师团队，就企业管理、财务税收、融资策略、政策解读、市场开拓等企业运营中的难点、

痛点进行了系统性、针对性的培训及辅导。通过线上授课、线下交流，深入了解龙芯和生态企业圈，搭建持续互助交流平台，增加生态企业间的深入了解、商业合作，打通上下游产业链。

本次加速营活动前后共历时 38 天，每周举办一天的线上培训共开设龙芯培训课程 12 场、企业经营类课程 10 场，累计课时约 27 小时，参与学员人数超百人。活动受到龙芯生态伙伴企业的广泛好评，许多企业代表表示基于龙芯开展业务的信心更胜，在课程中收获满满，同时希望与龙芯携手在国产化建设道路上越走越快、越来越强。

活动启动之际举办了开营仪式，汇聚龙芯代表、生态企业和课程导师，为生态企业解读生态伙伴计划的培育方案及相关权益，开拓市场思路。同时借助本次线下交流平台促进龙芯及其生态圈各企业打通上下游关系、增进深入合作洽谈、加速商业市场拓展。



图 6.3 2022 龙芯生态伙伴创新创业加速营开营仪式大合影



图 6.4 2022 龙芯生态伙伴融资私董会第二期活动合影

6.1.3 融资私董会

融资私董会以助力龙芯生态建设为宗旨，围绕龙芯生态企业的融资需求，通过链接生态企业与投资机构、金融机构，搭建深度交流与沟通平台，以“资本”助力龙芯生态企业创新和成长，多维度为企业培育赋能。

第一期融资私董会以线上形式在 7 月举办，经筛选后共有 6 家生态企业参加路演，活动邀请了 22 家金融机构参会。路演企业详细介绍了企业概况及项目构想，并与金融机构进行了深入交流，首期活动顺利举行。

第二期融资私董会以线下形式在 8 月举办，经筛选后共有 4 家生态企业参加路演，分别分布在工控安全、密码、AIoT、异构计算领域。活动现场邀请到 8 家投资、金融机构参与。会上企业与机构代表互动频频，在会后持续跟踪进行了一对一的深入交流，活动平台为企业及各金融机构提供了一次高效、精准的对接机会。

未来，龙芯生态私董会将围绕生态伙伴在成长中遇到的问题，不断开拓支持对接路径，优化升级活动主题和形式，在赋能企业发展、加速企业成长的路上越办越好。

6.1.4 “创客北京 2022” 龙架构专项赛

为发挥行业技术引领和对产业链的带动作用，促进大中小企业创新链、产业链、供应链、数据链、资金链、服务链、人才链全面融通，构建大中小企业相互依存、相互促进的企业发展生态，打造北京市有影响力的双创服务品牌赛事，“创客北京”大赛组委会联合龙芯中科举办的龙架构自主生态专项赛。

本次赛事初赛报名于 6 月、7 月两月进行，共收集报名项目数量 61 个，初赛评审后共筛选出 20 个项目进入复赛。复赛评审于 8 月 22 日完成，经专家组评审，最终共有 18 家企业荣获奖项。

本次获奖项目涵盖网络安全、交通、能源、工控、教育、能源、存储等各领域。随着各企业依托于龙芯平台的技术研发不断地夯实与深化，龙芯将携手越来越多的生态伙伴企业在信息技术产业国产化道路上不断实现技术革新。

表 6.5 “创客北京 2022” 龙架构自主生态专项赛获奖名单

奖项名称	获奖公司名称	项目名称
特别奖	广州市坤龙信息系统有限公司	基于龙芯自主创新的智慧隧道营运一体化解决方案
优胜推荐奖	深圳华龙讯达信息技术股份有限公司	基于龙芯 3A5000 的 JIC IPC 控制系统
优胜推荐奖	道莅智远科技（青岛）有限公司	基于 LoongArch 自主可控的风电控制解决方案
优胜推荐奖	三未信安科技股份有限公司	基于龙芯平台的全国产密码机
优胜奖	北京腾凌科技有限公司	基于 3C5000 系列的高端多控磁盘阵列
优胜奖	北京网动网络科技股份有限公司	网动 LoongArch 架构统一通信平台 V6.0
优胜奖	北京芯安科创信息技术有限公司	基于龙芯平台的农资收银一体机
优胜奖	山西长深科技有限公司	基于龙芯平台国产化教室解决方案
优胜奖	江苏云涌电子科技股份有限公司	基于龙芯 3A5000/3C5000 自主可控服务器
优胜奖	北京小物科技有限公司	基于龙芯技术的自主可控的集散式物联网控制系统
优胜奖	山西晋彤仪表科技股份有限公司	基于 1D 芯片的超声波水表解决方案
优胜奖	泰星达（北京）系统技术有限公司	基于龙芯和国产 FPGA 的 VPX 存储计算一体化系统
优胜奖	天安星控（北京）科技有限责任公司	基于龙芯的数字孪生虚实结合系统
创新奖	汉王科技股份有限公司	支持 LoongArch 平台的汉王手写签名设备及软件
创新奖	飞诺门阵（北京）科技有限公司	基于 LoongArch 的异构云边协同视频分析平台
创新奖	赛芯半导体技术（北京）有限公司	龙芯生态下的国产高性能智能网卡和 DPU 芯片
创新奖	北京普开数据技术有限公司	基于龙芯 CPU 的可扩展型信创实验、实训、适配平台
创新奖	上海金途信息科技有限公司	金途科技信创双网隔离终端云桌面解决方案

6.1.5 龙芯中小企业生态平台

龙芯生态伙伴计划积极响应入选企业需求，通过已加入龙芯生态伙伴计划企业与龙芯的鼎力协作，共同搭建了为龙芯生态圈内中小企业服务的沟通交流平台——龙芯中小企业生态平台 (<http://www.loongeco.cn>)，旨在为入选龙芯生态伙伴计划的企业提供产品、解决方案的展示、推广窗口，以促进各企业紧密互动，形成业务合作。

平台上线以来，已有上百家企业上线，展示了来自信息化、工控、物联网等领域的龙芯平台产品，为企业及产品提供了展示及在线营销机会。



图 6.6 龙芯生态伙伴计划获选企业 logo 墙展示

6.2 生态适配

6.2.1 适配认证业务

龙芯面向信息化及行业特定需求,包括但不限于:计算机(台式机、笔记本、一体机)、服务器、存储、云计算、网络通信安全产品、工控互联网、行业应用等领域。建设开放的龙芯生态圈,与板卡、软件、整机厂商建立紧密的合作关系,为下游企业提供基于龙芯 CPU 的各类参考解决方案、全套适配资源及完善的技术支持与服务。龙芯生态中心(适配认证服务、知识库)网址为 <http://ecology.loongson.cn>。

龙芯兼容适配认证业务主要包括三部分:软件产品认证、硬件产品认证、外设产品认证。

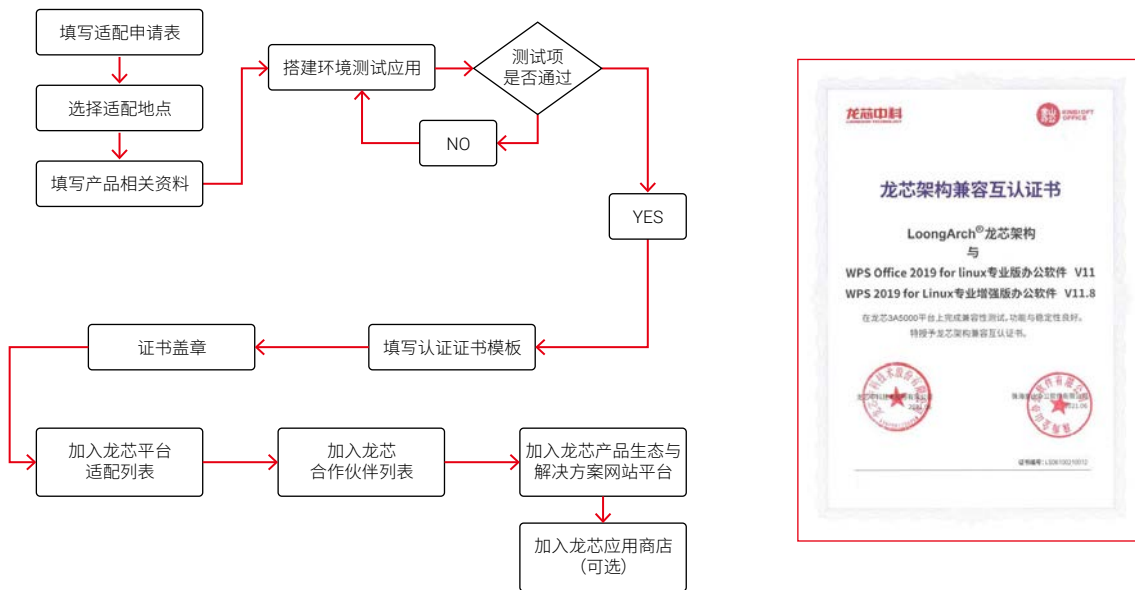


图 6.7 龙芯产品适配认证流程及互认证书

6.2.2 应用软件适配中心

龙芯中科在全国多地建设适配中心,同时以云平台方式提供虚拟机来支持软件开发机构进行远程适配。

适配中心配置典型应用软件开发环境,供软件开发机构完成适配调优工作。具体配置包括 PC 机、服务器、打印机、操作系统、数据库、中间件、办公软件、版式软件等,可以根据软件开发

机构的特定需求提供定制化开发环境。

截至 2022 年，龙芯中科已经在以下省份建设适配中心：北京、辽宁、山西、陕西、四川、湖北、江苏、安徽、浙江、广东。

龙芯生态适配服务产业联盟已经接收 70 余家企业作为成员单位。

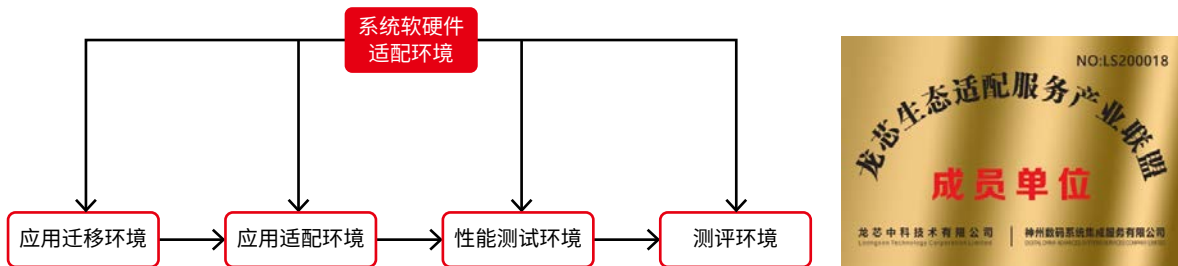


图 6.8 龙芯生态适配中心

6.2.3 龙芯云中心

龙芯云中心 (<http://www.loongsoncloud.cn>) 以云平台方式提供虚拟机，支持软件开发机构进行远程适配。



图 6.9 龙芯云中心

龙芯云中心目前主要用于软件适配虚拟机资源支撑、开源软件移植、开源生态用户体验、环境模拟测试（问题复现）、业务上云、生态培训协作、研发测试等场景。

龙芯云中心的服务器节点硬件采用 LoongArch 架构的 3C5000，支持容器、KVM 两种虚拟机。虚拟机运行的操作系统支持 Loongnix、UOS、Kylin 等桌面 / 服务器操作系统。虚拟机支持远程图形桌面，可以进行完整的图形用户程序开发。

6.2.4 迁移适配支持工具

2022 年，龙芯中科研发标准迁移适配支持工具，自动化分析应用软件对操作系统的平台依赖，匹配龙芯平台现有编程库，为用户提供准确的软件可迁移性评估报告。

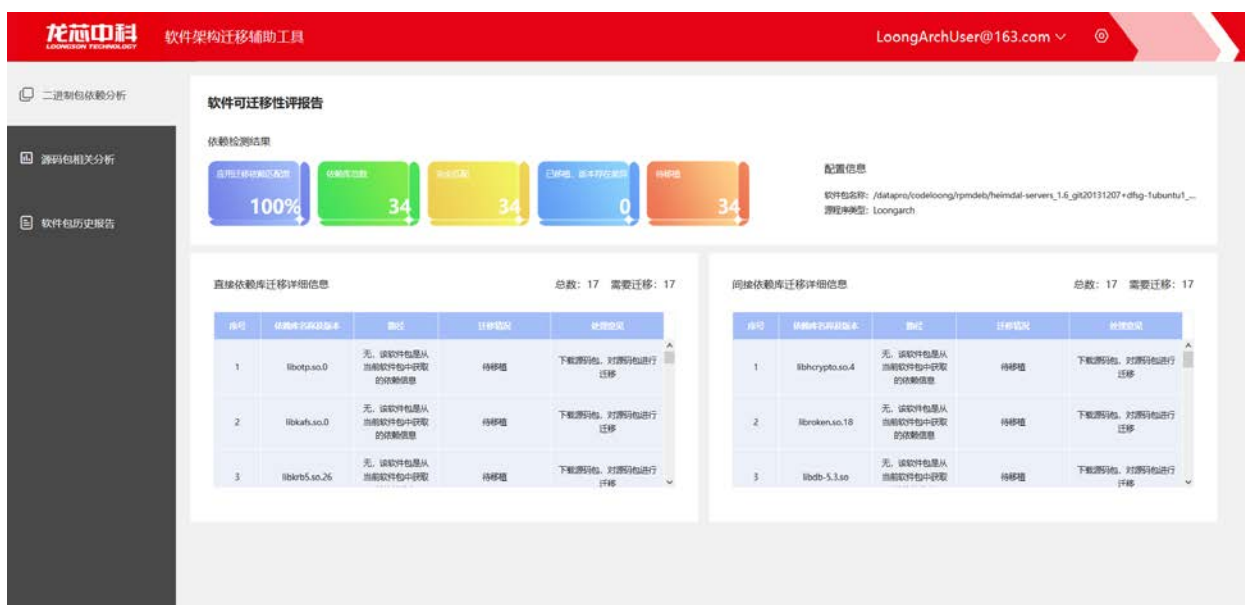


图 6.10 龙芯生态迁移适配支持工具

- 用户无需龙芯架构电脑及系统，即可进行现有软件迁移评估。
- 工具通过自动化递归查找，细化分析软件深层依赖，提供精准评估报告。
- 报告内展示软件依赖版本差异，方便用户评估软件升级优化策略，快速提升业务软件性能。

6.2.5 适配调优服务

在开展行业应用迁移过程中，针对部分行业保密要求、接触权限限制，只能由客户方内部人

员完成相关核心敏感应用的运维管理痛点，龙芯中科可提供适配调优服务，支持行业用户输出迁移适配能力。

- 输出完整基础软硬件环境搭建能力。龙芯中科为客户方提供整套完备适配环境建设方案，为客户相关技术人员搭建完整的运行环境。
- 输出软件适配调优能力。龙芯中科提供技术支持人员，全程参与客户方的适配调优，帮助客户方技术人员积累产品适配经验、培养相应技能，确保后续系统运营中有能力自行开展基本技术保障。

6.3 技术保障支撑

6.3.1 信创项目技术服务和综保支撑

龙芯技术团队长期参与信创项目，在实际应用场景中积累了丰富的服务经验。

序号	申请标题	申请类型	用户单位	紧急程度	芯片型号	当前负责人	创建人	工单管理	创建时间	状态	操作
1	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 11:44:17	待处理	查看详情
2	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 11:39:32	待处理	查看详情
3	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 11:32:07	待处理	查看详情
4	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 11:23:55	待处理	查看详情
5	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 11:20:37	待处理	查看详情
6	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 11:15:14	待处理	查看详情
7	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 11:07:55	待处理	查看详情
8	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 10:58:57	待处理	查看详情
9	信创适配	问题处理	信创	一般	3A5000	尹	尹	内部工单	2022-12-14 10:48:51	待处理	查看详情
10	信创适配	问题处理	信创	一般	3C5000L	吴	吴	内部工单	2022-12-14 10:47:24	待处理	查看详情

图 6.11 信创项目技术服务工单系统

龙芯技术团队针对具体项目建立工单系统，将技术问题分门别类做持续积累，便于各类技术人员高效获取，以期长久提供综合保障支持和技术兜底服务。

工单系统支持对 ([技术问题进行线上分配流转处理和显示，实现技术支持流程透明、规范、可控。

工单系统对参与项目的合作企业开放，从接收工单到分派问题、解决问题的整个流程实现闭环处理。全流程清晰可见，方便项目经理掌握处理进度并追踪处理结果。

系统不仅支持适配过程，还能支持售后技术服务，一方面可管控直接反馈到芯片厂商的技术问题的解决情况，另一方面还可以进一步延伸至集成商售后问题通道，更加快捷的反馈问题至技术根部。

6.3.2 知识库

龙芯中科不断积累多年以来项目服务经验，对技术问题进行总结归纳，建立知识库。知识库网址为 <http://ecology.loongson.cn>。

- 知识库是龙芯生态发展水平的成果汇集平台。知识库涵盖龙芯电脑使用技巧、服务器管理运维、软件迁移适配、生态产品及解决方案、行业案例库等多方向内容，可用于向用户提供咨询服务。
- 知识库是龙芯中科向合作企业赋能的重要平台。知识库以网站形式向核心合伙企业开放，带动合作企业共同提升能力。



图 6.12 龙芯项目技术支持知识库

6.4 人才培养

6.4.1 信创技能标准

2020 年，龙芯中科参与由工业和信息化部中国电子技术标准化研究院牵头组织的《信息技术应用创新专业人员能力要求》编写工作；龙芯中科参与由工业和信息化部教育与考试中心指导编写的《信息技术应用创新人才评价标准》。

2021年，龙芯中科在工信部电标院指导下，策划“系统工程师”培训，联合生态合作伙伴开展培训；同年，龙芯中科协助工业和信息化部中国电子技术标准化研究院成功向人社部申报信创领域（目前唯一）新职业“信息系统适配验证师”。

2022年，龙芯中科作为标准编写组核心成员，深度参与“信息系统适配验证师国家职业技能标准”编写工作。

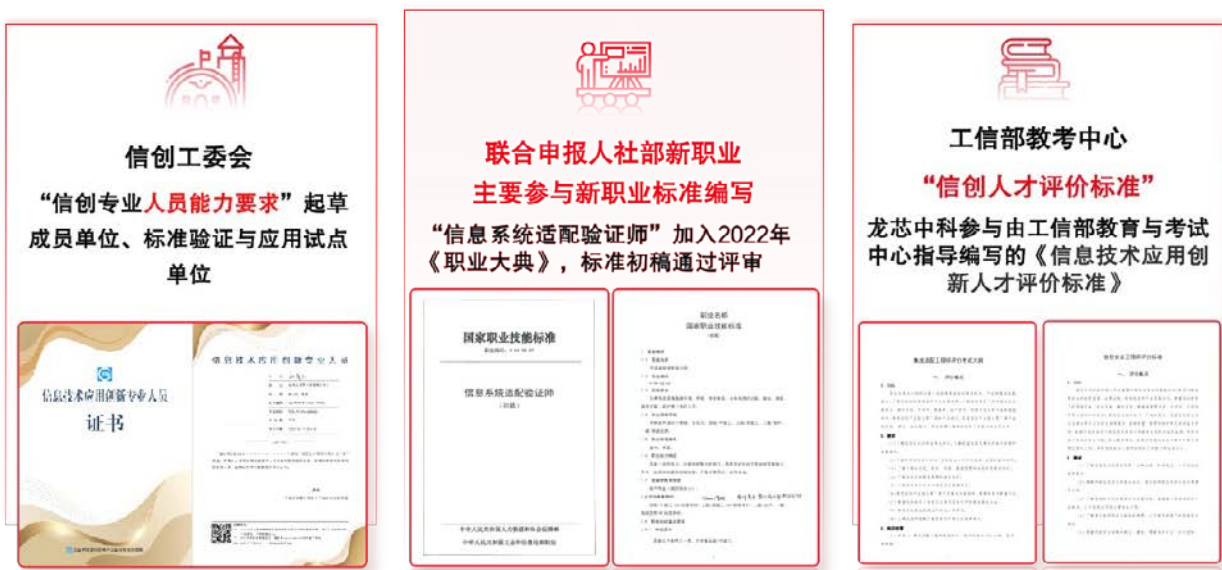


图 6.13 龙芯中科参与工信部、人社部制定标准

6.4.2 职业技能等级认证

2019年，国务院印发《国家职业教育改革实施方案》，教育部会同国家发展改革委、财政部、市场监管总局制定了《关于在院校实施“学历证书+若干职业技能等级证书”制度试点方案》，强调产业与教学融合，通过企业证书标准与课程内容的对接，实现中国职业教育的升级。

龙芯中科提供国内基于国产处理器的嵌入式方向1+X证书。龙芯作为第四批1+X职业技能等级认证评价组织单位，申报批准“嵌入式边缘计算软硬件开发”1+X证书，面向电子信息大类和电子信息交叉专业方向。已有50多所高职和应用型本科完成龙芯“1+X”证书试点申报，双高院校中超过半数申报龙芯1+X证书，区域覆盖21个省份。



图 6.14 龙芯 1+X 职业技能等级认证体系

配合职业技能等级认证体系，龙芯推出了覆盖初、中、高三个层次的考试、实训一体化设备，同时建设了完备的培训、教学、实践、考核体系。



图 6.15 龙芯 1+X 考试实训一体化设备

龙芯中科通过 1+X 认证体系，在多个地方职业院校搭建龙芯技术中心、考试中心和培养中心。



图 6.16 龙芯嵌入式产教融合体系

6.4.3 工信人才证书



图 6.17 龙芯生态专业人才认证证书

从2020年开始,在工业和信息化部人才交流中心的指导下,龙芯中科联合地方政府、生态企业,共同面向信创领域用户、技术人员、院校师生开展龙芯生态信创人才专项培训;同年,龙芯中科与工信部人才交流中心加强合作,共同为学员颁发《龙芯生态专业人才认证证书》。

6.4.4 信创职业教育集团

2022年6月10日,全国信息技术应用创新职业教育集团于武汉成立。全国信创职教集团由国家工业和信息化部、湖北省教育厅、湖北省经济和信息化厅指导,多家院校、企业等组织联合成立。

龙芯中科担任集团副理事长,与武汉职业技术学院、北京信息职业技术学院、常州信息职业技术学院、麒麟软件有限公司等各成员单位共同以校企资源共享、联合培养、产学研合作等方式,搭建信息共享平台,建设信息技术应用创新专业群教学资源库、“双师型”教师培养培训基地,实现校企间专兼职教师互认互聘,开发信息技术应用创新人才培养团体标准、实训室建设团体标准。

6.4.5 百芯计划

龙芯“百芯计划”在高校推动“从零开始做 CPU”的计算机原理教学。参与该项目的高校学生，将使用龙芯处理器核（LoongArch 指令系统）完成处理器芯片全流程设计和流片。

龙芯 CPU 的设计资料和源代码向高校开放，可以让大学生从每一行源代码开始学习 CPU 的设计原理，培养出能够“从零开始造出计算机”的 IT 专业人才。

上千套龙芯教学平台已在超过百所高校的课程教学中得到广泛应用。

6.4.6 高校教学实验室

龙芯中科与高校合作开展基于自主 CPU 的学科教育。在本、专科高校开展的计算机、电子信息类专业教学中，龙芯 CPU 作为重要支撑为整体教学活动提供算力和实训平台支持。

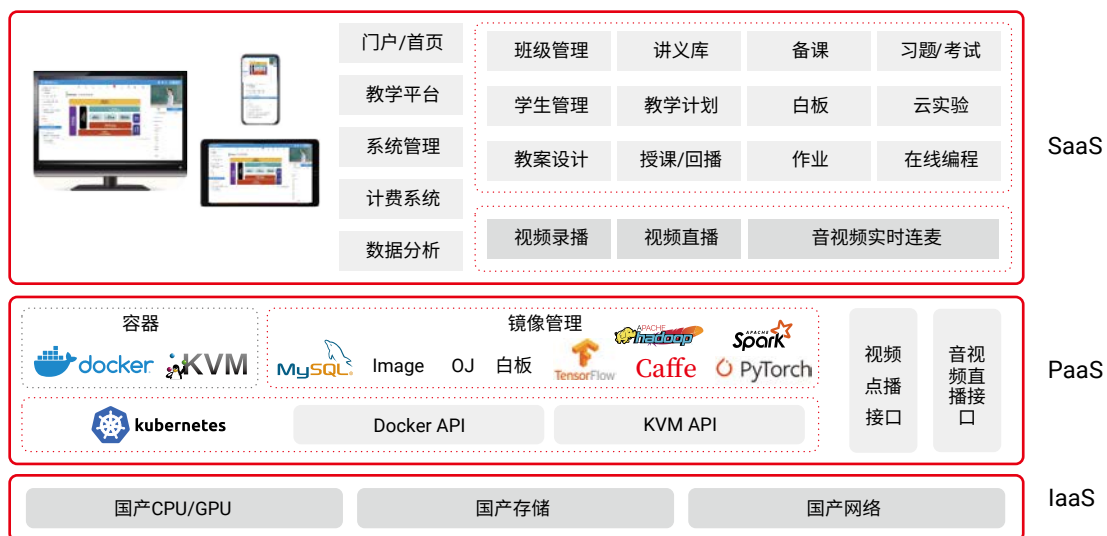


图 6.18 基于龙芯的教学与实训平台

2022 年，高校开设的课程包括：

- **计算机原理**：龙芯 CPU 设计原理，基于龙芯的 Linux 开源操作系统、编译原理、并行计算，Linux 应用软件开发等。
- **LoongArch 技术路线课程**：基于龙芯 CPU 的信创应用课程，包括信创通识课、龙芯生态适配迁移课程等。

- **信创行业应用:** 基于龙架构的国产操作系统及应用软件课程, 包括统信操作系统应用与实战、达梦数据库应用技术、WPS Office 高级应用与设计等。
- **大数据 & 人工智能:** 基于龙芯计 CPU 的大数据与人工智能教学资源及实训资源, 包括 Hadoop 集群安装与维护、数据仓库、数据迁移、深度学习与 TensorFlow 等。
- **网络安全:** 基于龙芯 CPU 的网络安全实训资源, 针对网络攻防、漏洞测试、态势展示、渗透测试、安全靶场等实训内容。

6.4.7 “龙芯杯” 大赛

全国大学生计算机系统能力大赛 (National Student Computer System Capability Challenge, NSCSCC) 是由教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会和系统能力培养研究专家组共同发起, 以学科竞赛推动专业建设和计算机领域创新人才培养体系改革、培育我国高端芯片及核心系统的技术突破与产业化后备人才为目标, 面向高校大学生举办的全国性大赛。

大赛共设置 CPU、操作系统、编译系统三个赛道, “龙芯杯” 全国大学生计算机系统能力培养大赛系全国大学生计算机系统能力大赛 CPU 赛道。

“龙芯杯” 大赛以自主设计 “一个通用 CPU、一个操作系统核心、一个编译系统” 为总体目标。

2022 年为 “龙芯杯” 大赛第六次举办。本届 “龙芯杯” 大赛分为团体赛、个人赛和 LoongArch 挑战赛三项赛事。其中, LoongArch 挑战赛系今年首次举办, 共报名 24 所学校 30 支队伍; 团体赛共报名 54 所学校 146 支队伍; 个人赛共报名 62 所学校 275 人。



图 6.19 第六届 “龙芯杯” 全国大学生计算机系统能力培养大赛

6.4.8 嵌入式应用人才培养

2022 年，龙芯嵌入式软硬件系列课程支撑逐步成型，可以向院校提供教材内容、授课 PPT、课程大纲、实验用例、视频课程等内容。



图 6.20 龙芯嵌入式课程体系

6.4.9 书籍出版

2022 年，基于龙芯 CPU 的书籍出版数量明显增长，是龙芯生态加速发展的标志。书籍数量达到 30 种以上，内容全面覆盖 CPU 原理、科普通识、嵌入式系统设计、操作系统开发、应用软件编程的多方面。

2022 年出版的书籍大部分基于 LoongArch 指令系统。

由龙芯中科与人民邮电出版社共同推出的《中国自主知识产权芯片技术与应用》丛书，在国家出版基金专家评委的一致推荐下，成功入选 2022 年度国家出版基金项目。

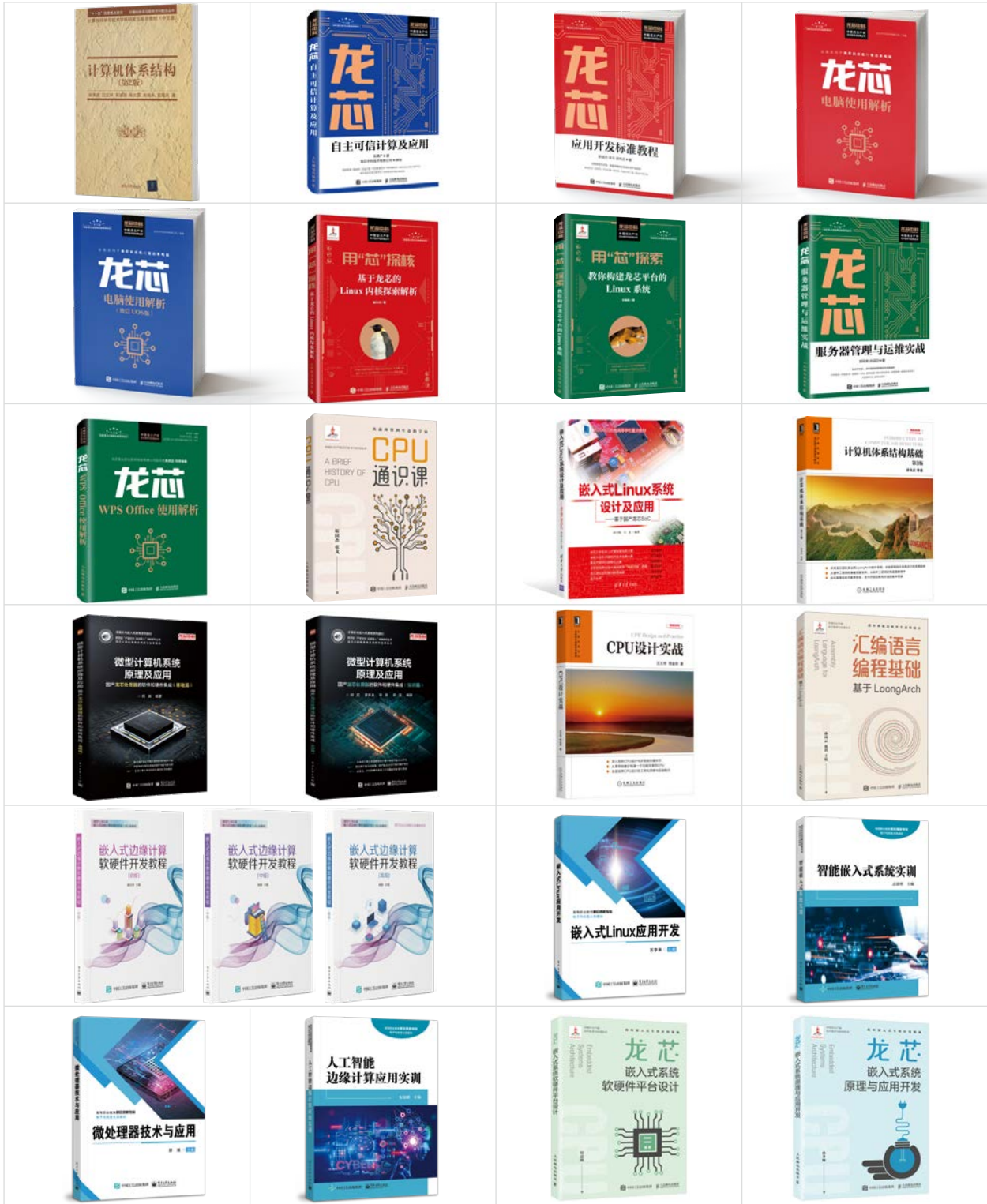


图 6.21 龙芯图书出版系列

表 6.22 龙芯图书出版系列书目列表

类别	书名	出版时间
CPU 原理	计算机体系结构（第 2 版）	2017
理论	龙芯自主可信计算及应用	2018
应用开发	龙芯应用开发标准教程	2018
使用操作	龙芯电脑使用解析（中标 OS 版）	2019
使用操作	龙芯电脑使用解析（统信 UOS 版）	2020
基础软件技术	基于龙芯的 Linux 内核探索解析	2020
操作系统	教你构建龙芯平台的 Linux 系统	2021
使用操作	龙芯服务器管理与运维实战	2021
使用操作	龙芯 WPS Office 使用解析	2021
嵌入式	嵌入式 Linux 系统设计及应用——基于龙芯 SoC	2021
CPU 原理	计算机体系结构基础（第 3 版）	2021
计算机组成原理	微型计算机系统原理及应用	2021
CPU 科普	CPU 通识课	2022
CPU 科普	CPU 设计实战	2022
计算机体系结构	汇编语言编程基础	2022
嵌入式	嵌入式边缘计算软硬件开发教程	2022
嵌入式	嵌入式 Linux 应用开发	2022
嵌入式	智能嵌入式系统实训	2022

CPU 性能达到国际主流水平、软件生态实现超越、
LoongArch 软件生态体系基本建成。

第七章 龙芯生态展望

龙芯生态已经初步形成一个体系，内容包括以下方面：指令系统、标准规范、安全特性、开源社区、解决方案、产品认证、人才培养、书籍出版等。

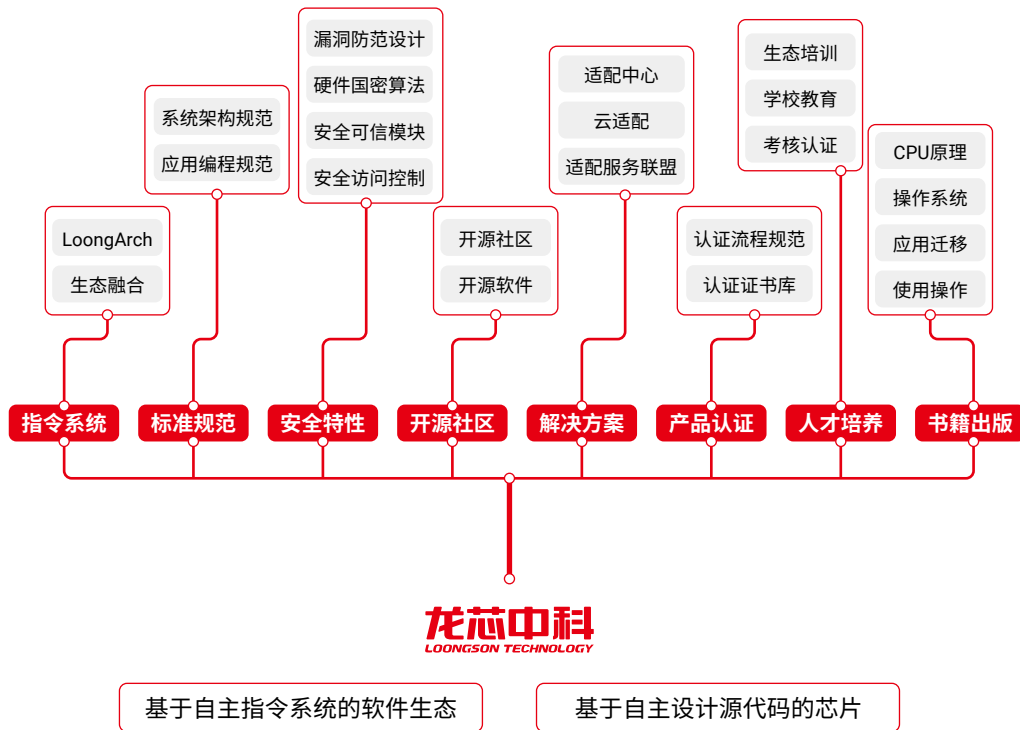


图 7.1 龙芯生态体系

7.1 CPU 性能达到国际主流水平

龙芯中科秉持“将自主进行到底”的坚定信念，用速度和性能迭代增长的事实，不断证明自身发展实力。

未来将继续提升产品本身竞争力，提高性价比。预计在一两年内通过产品的性能、价格等各方面做出公开市场竞争力。

- **桌面 CPU:** 在研四核龙芯 3A6000，性能评估比 3A5000 提升 40%~60%，设计水平可对标 AMD Zen2，硅面积减小 20%。
- **服务器 CPU:** 在研 16 核 3C6000 及 32 核 3D6000，进一步提高 CPU 核性能，提高访存带宽，提升互连及 IO（集成 PCIe）性能。

- **低功耗、低成本**：在研 2K3000 提升到 8 核，性能与 3A5000 相当的同时大幅降低成本和功耗。

7.2 软件生态实现超越

龙芯生态已经进入应用迁移的长期阶段。过去 30 年间，中国信息化生态在 X86 平台上建设，开发的应用系统数量庞大。应用软件向龙芯平台进行适配迁移的工作成为生态推广的重点问题。

龙芯和应用厂商相向而行，共同建设应用生态。龙芯将继续加强推进龙芯平台应用开发、迁移适配及优化的宣传工作，提高适配中心的效率和产出，提升课程、书籍的指导力度，加强与软件厂家的联系和配合，让龙芯平台上的应用系统百花齐放。

7.3 LoongArch 生态体系基本建成

龙芯生态正在经历从跟随发展到超越的转变过程。

- **2022 年龙芯桌面 Linux 生态已局部超过 X86 和 ARM**

龙芯中科全面兼容商业打印机驱动，大量支持与兼容 Windows 应用，推出兼容 IE 的浏览器，有效弥补开源 Linux 生态的短板。

龙芯中科推出原创特色应用，包括三维地球显控 LoongEarth、中小学编程软件 LoongBlock、视频编辑器 LoongMedia、龙芯密码云等。

- **“十四五”期间龙芯桌面 Linux 生态将全面超过 X86 和 ARM，LoongArch 软件生态体系基本建成**

龙芯中科将支持更多的 Windows 应用兼容，完成一轮性能优化，用户体验大幅度提升。新一代 CPU 通过指令系统优化进一步提高二进制翻译效率。

龙芯 CPU 将广泛支持国内各行业的应用软件。

自主编程框架应用逐渐丰富，龙芯平台上出现大量独家原创应用，LoongArch 生态在中国信息化领域中具有不可替代性。



结束语

龙芯面向信息系统、工控系统初步形成完整的软件生态环境，正在向行业应用和开放商业市场延伸，自主生态的溢出效应得到初步显现。

龙芯技术路线符合发展自主技术的初衷。龙芯采用自主知识产权的指令集，具备国内本土培养的 CPU 研发团队，在处理器、桥片、显卡等核心技术方面有清晰的发展战略和蓝图。

龙芯 20 多年来秉承“为人民造 CPU”的信仰。真正的核心技术是买不来、换不来的。只能靠自力更生，才能彻底打破锁链、摆脱发展受制于人的命运。龙芯将继续和 IT 厂商共同前行，共同完成生态建设使命。





附录

- 1 龙芯 CPU 图谱
- 2 龙芯中科 2022 年度大事记
- 3 龙芯中科公司荣誉奖项 2020-2022
- 4 服务与支持



龙芯 CPU 图谱

龙芯 3号系列 信息化类 / 工控类

<p>LS3A1000 LS3B1500</p>  <p>龙芯3号 LS3A1000 1.0GHz 4 GS464 (已停产)</p>  <p>龙芯3号 LS3B1500 1.2GHz 8 GS464 (已停产)</p>	<p>LS3A2000 LS3A4000 LS3B2000 LS3B4000</p>  <p>龙芯3号 LS3A2000 1.0GHz 4 GS464E (已停产)</p>  <p>龙芯3号 LS3A4000 2.0GHz 4 GS464V</p> <p>LS3A3000 LS7A1000 LS3B3000</p>  <p>龙芯3号 LS3A3000 1.5GHz 4 GS464E</p>  <p>配套桥片</p>
---	--

**LS3A5000
LS3B5000**



LS3A5000
Cored By™ LA464
CH-N 2132 BA
LOONGSON®


2.5GHz
4 LA464

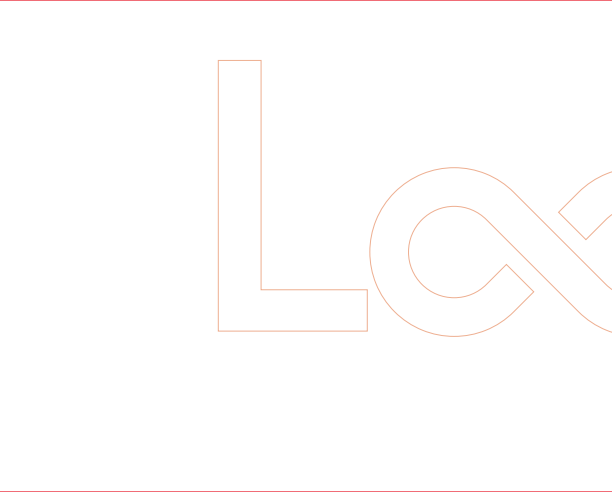
LS7A2000









配套独立桥片

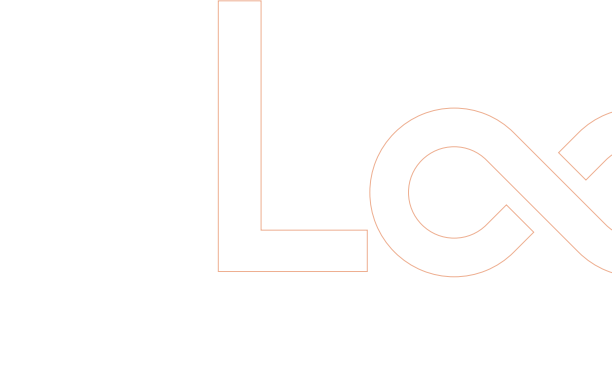
龙芯 2号系列 工控类

<p>LS2F0800 LS2H1000</p>  <p>龙芯2号 LS2F0800 800MHz 1 GS464 (已停产)</p>  <p>龙芯2号 LS2H1000 1GHz 1 GS464 (已停产)</p>	<p>LS2K1000</p>  <p>1.0GHz 2 GS264</p>
---	---



龙芯 1号系列 工控类

<p>LS1A0300 LS1B0200</p>  <p>龙芯1号 LS1A0300 (已停产)</p>  <p>龙芯1号 LS1B0200 (已停产)</p> <p>LS1C0300 LS1D MCU</p>  <p>龙芯1号 LS1C0300 (已停产)</p>  <p>龙芯1号 LS1D MCU (已停产)</p>	<p>LS1H MCU LS1C101</p>  <p>龙芯1号 LS1H MCU (已停产)</p>  <p>龙芯1号 LS1C101 (已停产)</p>
---	---



2015

2020

LS3C5000



2.2GHz
16 LA464

LS3D5000



2.2GHz
32 LA464

LS3A6000



2.5GHz
4 LA664

LS3C6000



LS2K0500



500MHz
1 LA264

LS2K1500



1.0GHz
2 LA264

LS2K3000



LS2K1000LA



1.0GHz
2 LA264

LS2K2000



1.5GHz
2 LA364

LS2P0500



LS2K0300



LS1C102



LS1C103



LS1 号系列



2023

奋髯云起，矫首浪冲 | 龙芯中科 2022 年度大事记

新征程 再出发



龙芯中科登陆上交所科创板，公司发展迈向新征程。

9 款芯片业务引领 龙架构创新驱动

<p>LS3C5000 Cored By™ LA464 CHN 2141 AA TT LOONGSON® 龙芯中科 TFS1442L0008</p>	<p>LS3D5000 Cored By™ LA464 CHN 2246 AA LOONGSON® 龙芯中科 TFS10480008</p>	
<p>面向大型数据中心、云计算中心等高算力领域，龙芯中科正式发布单片 16 核龙芯 3C5000，并完成 32 核龙芯 3D5000 初样芯片验证。</p>		<p>龙芯 2K1000LA 处理器流片成功，自此龙芯业务信息化及工控两大领域全面转向龙架构。</p>
<p>LS1C102 2242</p>	<p>LS1C103 2247</p>	
<p>龙芯中科面向物联网领域研制的主控芯片龙芯 1C102 和龙芯 1C103 流片成功，龙芯 1C102 主要面向智能家居以及其他物联网设备，龙芯 1C103 主要面向电机驱动类 IoT 产品，全部采用龙芯 LA132 处理器核心。</p>		<p>新一代龙芯 3 号系列处理器配套独立显桥片龙芯 7A2000 正式发布，最高支持 4K 显示，大幅提高整机性价比。</p>
<p>LS2K2000 Cored By™ LA364 CHN 2247 AA LOONGSON® 龙芯中科 AM0082K0022</p>	<p>LS2K1500 Cored By™ LA364 CHN 2247 AA LOONGSON® 龙芯中科 AM0082K0022</p>	
<p>龙芯中科通用 SoC 芯片龙芯 2K2000 流片成功，面向工控领域定制的产品龙芯 2K1500 流片成功。</p>		<p>主要面向工控互联网应用、打印终端、BMC 等应用场景的低功耗芯片——龙芯 2K0500 正式发布。</p>

6 大维度 夯实生态建设之基

(1) 开源社区屡获认可，打造 Linux 桌面生态最强体系

LA 架构已得到国际开源软件界广泛认可与支持



内核、编译器、基础库、调测工具等社区都已发布支持 LA 架构的版本



Java, Javascript, C# 等主流编程语言和开发框架都已在 LA 平台得到完善支持



开源社区



云计算、数据库、浏览器、音视频等应用在 LoongArch 平台落地生根

<p>云计算</p> 	<p>数据库&中间件</p> 
<p>大数据</p> 	<p>浏览器&图形音视频</p> 

到 2022 年底，国际开源软件社区中，原生支持 LoongArch 架构的软件项目数 100+。

(2) 构建技术堡垒，保障创新成果

2022 年新增专利数 145 件，总专利数达到 1010 件，其中发明专利 817 件。

(3) 二进制翻译一招鲜

推出兼容 IE 的龙芯浏览器解决方案，全面支持 ActiveX 插件等应用类型。打印机利旧解决方案已支持 6000 多款打印机驱动适配。



(4) 原生适配节节开花，龙架构在多个领域释放无限潜能

信息化领域：

基于龙架构终端电脑已经完全可以满足日常及办公需求。

基础软件



行业基础软件



物联网领域：

OpenHarmony 操作系统与龙芯 2K0500、龙芯 2K1000LA 完成适配，OneOS 操作系统与龙芯 2K0500 开发板完成适配。AIMICS 物联网数据管理平台与龙芯 3C5000L 服务器完成适配。

工业控制领域：

工业实时操作系统 SylixOS、嵌入式操作系统 RT-Thread、PLC 编程软件 CODESYS 分别支持龙架构，爱快路由系统 iKuai OS 与龙芯 3A5000 完成适配。

(5) 生态伙伴支持计划广结硕果，团结中小企业共画同心圆

299 家企业入选 2022 龙芯生态伙伴计划。投入 1000 万元经费，22 个项目获选“2022 创业者支持计划”。



(6) 携手共进，项目签约及落地写就创新合作新篇章

4 个区域政府战略签约，龙芯中科与河南省人民政府签署战略合作框架协议，与郑州市、鹤壁市、许昌市人民政府签署合作协议。

3 个合作伙伴战略签约，与中国联通、中信银行北京分行、电促会达成战略合作。



多个基于龙芯平台的标杆项目中标或落地：

教育

· 龙芯终端电脑凭借 LoongArch 自主优势在各地教育行业纷纷拿下大单：

- 山西长治中标 2.5 万台；
- 浙江金华教育信创 1 万台；
- 河南鹤壁全域深化应用 1.2 万台龙芯路线，其中教育近 9000 台；

- 龙芯教学实验设备完成面向几十所高校的上千套销售；
- 龙芯国产信息化教室在多地投入使用。

通信运营商

· 龙芯存储服务器在某运营商重大项目中得到验证并在其生产系统中大批量投入使用；

· 龙芯中科以 LoongArch 技术路线成功入围某运营商桌面笔记本电脑及台式机电脑产品集中采购项目。

政务

· 雄安新区云计算应用中龙芯入围 70 多台 3C5000 四路服务器，助力雄安新区建设；

· 安徽宣城、辽宁沈抚新区等地陆续建设龙芯 3C5000 国密云中心；

· 广东省政务服务市级标杆大厅——广州市政务服务中心落地使用；

· 辽宁省首个全国产化自助服务专区投入运营。

农业农村

· 参与农业农村部国家乡村振兴“百县千乡万村”振兴示范县信创项目，甘肃省张掖市林泽县被评为首批示范县，预计项目资金 1500 万，硬件全部龙芯技术路线。

能源

· 成功以 LoongArch 技术路线入围中国石化 XC 桌面终端设备框架协议采购；

· 龙芯工控产品在火电、水电、等系统中开始试点应用；在输电、变电、配电领域实现了批量应用。

交通

· 成功以 LoongArch 技术路线入围中交集团国产终端电脑采购框架协议招标项目，占有 50% 采购份额；

· 龙芯嵌入式设备在高铁、地铁、公路交通等领域全面开展应用。

医疗

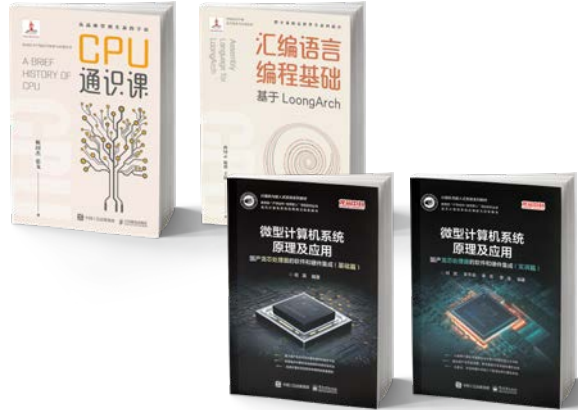
· 全国产化医疗信创项目落地金华市金东区多湖街道社区卫生服务中心。



产学研联合 多措并举走好人才自主培养新模式

发布龙架构相关课题项目 12 个，与生态伙伴开展人才培
训讲座活动 66 场，入选江苏省第一批科教资源课后服务
单位，教育生态产品入选江苏教育装备产品试点名录。

出版发行 4 本图书，《CPU 通识课》《汇编语言编程基础》
《微型计算机系统原理及应用（基础篇）》和《微型计
算机系统原理及应用（实训篇）》。



链接生态伙伴 凝聚产业自主创新力量

成功主办 4 场大型活动，LoongArch 生态创新大会、
2022 年 LoongArch 生态发展暨通明湖创新应用论坛、
龙芯工业生态大会、信息技术自主创新高峰论坛。数百

家生态合作伙伴齐参与，29 款工业生态新品、68 款信息
化新品发布，助力建设自立自强的科技强国。



收获多项殊荣 点亮龙芯高光时刻

龙芯 3A5000/3C5000 获选 15 项代表世界领先水平的互
联网科技成果之一；

龙芯 3C5000 荣获 2022 全球数字经济大会数字经济创新
引领成果；



由龙芯 3A5000 及龙芯 3C5000L 支撑的广东云茂高速“高速公路智能雾区主动安全诱导系统”获得“天工杯”银奖；
龙芯中科与生态合作伙伴道莅智远联合发布的《基于工业互联网技术的智慧风场解决方案》获选“2022 年电力行业工业互联网融合创新应用十大优秀案例”；



入选首批“信创政务产品安全漏洞专业库技术支撑单位”；



获得第二届工控中国大会“2022 ICSC 风云企业”奖、“2022 年度‘工控中国’卓越影响力产品”奖；



龙芯中科与河海大学共同申报的联合办学类案例「水利信创人才培养模式探索与实践」成功入选中国高等教育学会（2021 年度中国高等教育博览会）“校企合作 双百计划”典型案例名单；

中国高等教育学会

关于公布 2021 年度中国高等教育博览会“校企合作 双百计划”典型案例评选结果的通知

获奖名单，详见附件：
附件：2021 年度中国高等教育博览会“校企合作 双百计划”典型案例名单



76	清华大学教育基金会和清华大学共同申报的“清华大学-清华大学教育基金会”	清华大学教育基金会
77	2021 年中法合办应用型人才联合培养项目“中法合办应用型人才联合培养项目”	中法合办应用型人才联合培养项目
78	中国地质大学（北京）与北京中地信通信息技术有限公司共同申报的“中地信通-中国地质大学（北京）”	中国地质大学（北京）
79	2021 年度中国高等教育博览会“校企合作 双百计划”典型案例评选结果	中国高等教育学会
80	2021 年度中国高等教育博览会“校企合作 双百计划”典型案例评选结果	中国高等教育学会
81	2021 年度中国高等教育博览会“校企合作 双百计划”典型案例评选结果	中国高等教育学会
82	水利信创人才培养模式探索与实践	河海大学
83	2021 年度中国高等教育博览会“校企合作 双百计划”典型案例评选结果	中国高等教育学会
84	2021 年度中国高等教育博览会“校企合作 双百计划”典型案例评选结果	中国高等教育学会

由龙芯中科与人民邮电出版社共同推出的《中国自主产权芯片技术与应用》丛书入选 2022 年度国家出版基金项目；

基于 LoongArch 的龙芯系列处理器入选“中国职业技术教育学会推介科技成果”。

科技成果发布推介（共 20 项，排名不分先后）

科技领域	序号	科技成果	成果单位人员	成果单位
智能制造	1	五轴超快激光精密制造装备	刘超	中国科学院西安光学精密机械研究所
	2	高精度运动感知和定位系统	张鹏	中国科学技术大学
	3	深度信息增强与应用	从润民	北京交通大学
新一代移动通信	4	可见光与电力线异构融合通信系统	杨防	清华大学
	5	天地一体化软件仿真平台	贾敬	哈尔滨工业大学
	6	基于时空编码超表面的空分和频分复用无线通信	张磊	东南大学
	7	开放基站平台	袁春经	中国科学院计算技术研究所
微电子技术	8	基于 LoongArch 自主指令集的龙芯系列处理器	杜安利	龙芯中科
	9	智能芯片	王子彦	中科寒武纪
	10	晶圆级光芯片	李帅	上海能鹏光电



践行社会责任 奉献爱“芯”显担当

向河南师范大学软件学院捐赠口罩、消毒液、酒精、洗手液等防疫物资；



组建信创志愿者团队，用“志愿红”守护“健康绿”；



承办“AI 科学”主题活动《新一代“芯”希望》青少年系列科普活动，帮助新一代青少年充分了解我国芯片产业；



深度参与中国社会福利基金会“青少年造芯计划”公益项目，将首批龙芯机器人小车和信创课程送到了偏远山区的孩子们手中；



龙芯爱心基金持续帮扶贫困学生；



龙芯 CPU 三大系列共计 21 款芯片和 24 款龙芯 3A5000 桌面终端等产品作为自主创新成果被 CCF 计算机博物馆收藏。



龙芯中科公司荣誉奖项 2020-2022

2020 年

1. 龙芯中科荣获 2019 “中国网络安全与信息产业金智奖”；
2. 龙芯 3A4000 CPU 获专家推荐委员会中外主任特别推荐成果；
3. 龙芯中科荣获北京金融科技产业联盟 2020 年度“优秀会员单位”；

2021 年

1. 龙芯自主指令系统 LoongArch 获 2021 年世界互联网领先科技成果提名；
2. 龙芯中科荣获信创人才标准验证与标准应用双试点资格；
3. 龙芯中科荣获 ISC 2021 大会《2021 数字生态新创服务商 100 强》称号；
4. 龙芯中科荣获 2020 年度信创“卓越贡献成员单位”；

2022 年

1. 龙芯 3A5000/3C5000 获选 15 项代表世界领先水平的互联网科技成果之一；
2. 2022 全球数字经济大会，龙芯 3C5000 荣获数字经济创新引领成果；
3. 由龙芯 3A5000 及龙芯 3C5000L 提供主要算力支撑的广东云茂高速“高速公路智能雾区主动安全诱导系统”获得银奖；

4. 龙芯中科与河海大学共同申报的联合办学类案例“水利信创人才培养模式探索与实践”成功入选中国高等教育学会（2021 年度中国高等教育博览会）“校企合作双百计划”典型案例名单；
5. 龙芯中科入选首批信创政务产品安全漏洞专业库技术支撑单位；
6. 第二届工控中国大会，龙芯中科荣获“2022 ICSC 风云企业”奖、龙芯 2 号产品荣获“2022 年度‘工控中国’卓越影响力产品”奖；
7. 2022 中国工业计算机大会，龙芯中科荣获“年度先锋企业”称号，龙芯 2K1500 高性能低功耗 SoC 处理器荣获“年度优秀创新产品”，基于工业互联网技术的智慧风场解决方案、基于全国产 PLC 的秦二厂智慧水务解决方案荣获“年度优秀解决方案”；
8. 龙芯中科与生态合作伙伴道莅智远联合发布的《基于工业互联网技术的智慧风场解决方案》获选“2022 年电力行业工业互联网融合创新应用十大优秀案例”；
9. 由龙芯中科与人民邮电出版社共同推出的《中国自主知识产权芯片技术与应用》丛书，成功入选 2022 年度国家出版基金项目；
10. 基于 LoongArch 的龙芯系列处理器入选中国职业技术教育学会推介科技成果。

服务与支持

一、网址

龙芯开源社区

www.loongnix.cn

LoongArch ELF psABI

<https://loongson.github.io/LoongArch-Documentation/LoongArch-ELF-ABI-EN.html>

LoongArch toolchain conventions

<https://loongson.github.io/LoongArch-Documentation/LoongArch-toolchain-conventions-EN.pdf>

龙芯生态中心（适配认证服务、知识库）

<http://ecology.loongson.cn>

龙芯云

<http://www.loongsoncloud.cn/>

服务邮箱

service@loongnix.cn

龙芯中小企业生态平台（龙芯生态伙伴计划平台）

<http://www.loongeco.cn/>

二、公众号二维码



龙芯中科官方
微信公众号



龙芯中科官方
微信服务号

为人民做表率

龙芯中科
LOONGSON TECHNOLOGY

自主决定命运 创新成就未来

龙芯中科技术股份有限公司

股票代码：688047

地址：北京市海淀区地锦路7号院4号楼 | 邮编：100095

座机：010-62546668 | 传真：010-62600826 | 电邮：service@loongson.cn

龙芯子公司：南京 | 亦庄 | 合肥 | 金华 | 山西 | 广州 | 西安 | 武汉 | 成都 | 辽宁 | 鹤壁



龙芯中科官方
微信公众号



龙芯中科官方
微信服务号