**天开高教科创园企业研发专项项目**

**申报书**

项目类别：天开高教科创园企业研发专项项目

项目名称：渲染-显示分离的商显RISC-V处理器SoC芯片原型及系统关键技术研究

申报单位：（公章） 天津宇翼开鸿智能科技有限公司

项目申报人： 罗秋明

项目联系人： 魏轩 联系电话： 18622272617

申请日期： 2023-10-27

天津市科学技术局制

二〇二三年

填写说明

1. 本申报书参照《[天津市科技计划项目管理办法》（津科规〔2022〕7号）](https://kxjs.tj.gov.cn/managecol/ZCWJ0923/kjjzcwj09233/202210/t20221010_6005194.html)、《[天津市科技计划项目经费管理办法》（津财教〔2022〕57号）](https://xmgl.kxjs.tj.gov.cn/m)等有关文件编制。

2. 本申报书是项目评审和签订任务合同书的重要依据。申报单位对申报材料的真实性、完整性负责。经批准立项的项目，签订任务合同书时不得降低申报书中的考核指标，并应按照任务合同书要求，按时报送年度执行报告、科技报告, 按期完成结项验收。

3. 项目信息表中申报单位最近3个月的资产总额、资产负债率、主营业务收入、利润总额等，企业应根据实际情况如实填写。

4. 《天开高教科创园企业研发专项项目》统一用A4纸双面打印或复印，左侧装订成册。申请书及附件必须在一册内装订完成。请直接使用申报书首页作为封面，不得采用胶圈、文件夹等带有突出棱边的装订方式。报送的纸质申报书中，必须至少一份为相关人亲笔签名并加盖红色或蓝色印章的原件，以便存档。申报书的内容包括：

（1）项目信息表；

（2）项目经费预算书；

（3）附件（含：发明专利证书、小试成果报告、科技查新报告、样品检测报告以及其它能说明项目技术水平和来源、知识产权归属、申报单位和项目组成员资质、水平等的证明材料等）；

（4）项目实施方案；

（5）《天开高教科创园企业研发专项项目申报单位诚信承诺书》和《天开高教科创园企业研发专项项目申报人诚信承诺书》。

一、项目信息表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目基本情况 | 项目名称 | | | 渲染-显示分离的RISC-V处理器SoC芯片原型及系统关键技术研究 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 项目类别 | | | 天开高教科创园企业研发专项项目 | | | | | | | | | | 重点领域 | | |  | | | |
| 现处阶段 | | | 原型概念验证 | | | | | | | | | | 起止时间 | | | 2024/01~2025/12 | | | |
| 技术领域 | | | 处理器、操作系统、芯片 | | | | | | | | | | 技术来源 | | | 自主开发 | | | |
| 应用产业领域 | | | 移动设备、物联网、嵌入式系统 | | | | | | | | | | 社会经济目标 | | |  | | | |
| 成果形式 | | | 专利、软件著作权 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 前期科研成果是否获得中央财政科技计划立项支持 | | | | | | | | | | | | | 否 | | | | | | |
| 项目组成员情况 | 项目申报人 | 姓名 | | 罗秋明 | | | | 性别 | | | 男 | | | 证件号码 | | 610113197410242110 | | | | |
| 学历 | | 博士 | | | | 职称 | | | 副教授 | | | 工作单位 | | 深圳大学 | | | | |
| 留学国别 | |  | | | | 专业 | | | 计算机系统结构 | | | 电子邮箱 | | lqm@szu.edu.cn | | | | |
| 电话 | | 0755-26925370 | | | | 手机 | | | 13538086006 | | |  | | | | | | |
| 其他主要成员 | 姓名 | | 性别 | | | 工作单位 | | | | | | | 证件号码 | | | | | 学位 | 职称 |
| 魏轩 | | 男 | | | 天津宇翼开鸿智能科技有限公司 | | | | | | | 372523197902190018 | | | | | 本科 |  |
| 刘强强 | | 男 | | | 天津宇翼开鸿智能科技有限公司 | | | | | | | 371422198902171919 | | | | | 本科 |  |
| 张丹林 | | 男 | | | 天津宇翼开鸿智能科技有限公司 | | | | | | | 130727199907070014 | | | | | 本科 |  |
| 王军 | | 男 | | | 天津大学 | | | | | | | 370682198009166216 | | | | | 硕士研究生 | 实验师 |
| 刘森宏 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 441481199808201715 | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
|  | 黄进科 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 440582199605300917 | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
|  | 吴坤忠 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 44528120011007373X | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
|  | 雷焰明 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 421182200103223772 | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
|  | 钟毅文 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 42100420010306421X | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
|  | 马溪 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 421083199908246512 | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
|  | 莫鹏 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 430703200007038815 | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
|  | 曾滔 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 441622200101282570 | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
|  | 唐立鑫 | | 男 | | | 深圳大学计算机与软件学院 | | | | | | | 440582200108095436 | | | | | 硕士研究生 | 研究生 |
| 总人数 | | 留学回国 | | | 正高级 | | | 副高级 | | | 中级 | 研究生 | | 大学 | 大专 | | | 博士 | 硕士 |
| 13 | | 0 | | | 0 | | | 1 | | | 1 | 9 | | 3 | 0 | | | 1 | 7 |
| 项目申报单位情况 | 单位名称 | | | 天津宇翼开鸿智能科技有限公司 | | | | | | | | | | 社会统一信用代码 | | | | 91120104MACM2RY268 | | |
| 开户行 | | | 中国农业银行股份有限公司天津熙汇支行 | | | | | | | | | | 法定代表人 | | | | 魏轩 | | |
| 账户名称 | | | 天津宇翼开鸿智能科技有限公司 | | | | | | | | | | 注册资金（万元） | | | | 1000 | | |
| 银行账号 | | | 02191101040009263 | | | | | | | | | | 从业人员 | | | | 18人 | | |
| 最近3个月指标 | | | 资产总额 | | | | | | 资产负债率 | | | 主营业务收入 | | | | 利润总额 | | | |
| 7月 | | | 0 | | | | | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | |
| 8月 | | | 3000000 | | | | | | 0.62% | | | 0 | | | | -18671.77 | | | |
| 9月 | | | 3742774.88 | | | | | | 21.88% | | | 0 | | | | -57443.12 | | | |
| 主要承担研究任务 | | | 本项目SoC原型系统整体架构设计、兼容性测试、GPU驱动算法设计 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 科研助理情况 | | 科研助理共 1 人，其中科研财务助理 1 人。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 科研财务助理信息 | | | 姓名 | | | | | 所在单位 | | | | | | | 证件号码 | | | |
| 唐云 | | | | | 天津宇翼开鸿智能科技有限公司 | | | | | | | 130683200002153342 | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **项目简介** | |
| 目的与必要性 | 当前基于ARM架构的SoC芯片在移动设备、嵌入式设备等领域应用广泛，年出货量达300亿颗，占SoC芯片市场的90%以上。由于世界格局的变化以及中美在高科技领域竞争激烈，ARM架构的芯片具有一定的局限性。基于渲染与显示分离思想设计，采用RISC-V指令集的专用SoC产品，具有显著的商业价值和战略意义。  首先，渲染和显示的任务性质差异明显。渲染涉及大量的图形计算、动态效果处理和资源调度，对计算能力和响应速度要求较高；而显示则主要关注稳定性、色彩准确性和低延迟。传统的通用处理器集成方案往往在这两者之间取得妥协，但难以满足高端应用的性能需求。独立的专用芯片可以为渲染和显示各自提供优化的硬件环境，在降低成本的前提下，进一步提升系统的整体性能。  其次，分离的架构带来了更大的灵活性。在云计算和边缘计算盛行的今天，渲染任务可以远程执行，利用云端强大的计算能力为用户提供丰富的动态内容。而显示终端则只需专注于高质量、低延迟的展示，大大减轻了前端设备的计算负担。这不仅降低了显示设备的功耗和成本，还为实现轻量化、薄型化提供了可能。  再者，随着AI和深度学习技术的发展，对商业显示内容的个性化和智能化需求日益增长。渲染-显示分离的芯片和系统可以更方便地嵌入AI模块，对内容进行智能分析和处理，如智能广告推荐、场景识别等，从而提供更具吸引力和互动性的展示效果。  此外，安全性在分离的架构下，RISC-V指令集可以保证自主可控，商业敏感信息和用户数据可以在云端进行加密处理，能有效防止数据泄露和恶意篡改。最后，随着IoT和5G技术的普及，依赖传统的集成方案已不再适用。渲染-显示分离的专用芯片和系统可以为显示器提供更高的可扩展性和兼容性，助力其融入未来的智能生态。 |
| 工作基础及已具备条件 | 项目组在商业显示和RISC-V处理器领域已有深厚的积累。  1 团队成员在商业显示系统领域深耕多年，尤其是系统集成和软件开发方面，拥有丰富的经验和深厚的技术积累。基于瑞芯微RK系列处理器SoC硬件平台，开发了在Android平台上的多款商用显示系统。具体包括叫号机、广告机等多种形态，成功应用于银行、教育、交通等多个行业领域。  2 团队成员在RISC-V系统和数据流计算计算上也有丰富的积累。其中所设计的RISC-V数据流处理器的Chisel设计已经在Github上公开，一种RISC-V上的数据准备条件检测加速部件已经发表相关论文。在数据流处理器加速部件、数据流语言和运行库和数据流可视化等方向也已经有自己的特色和优势，发表了相关论文和获得了若干授权的发明专利。  3 团队成员在操作系统领域也有深耕，为上述专用处理器SoC进行Linux/OpenHarmony等操作系统和其他系统软件的移植和适配。团队成员是开放原子基金会“OpenHarmony”高校俱乐部成员， 包含深圳大学OpenHarmony 俱乐部的指导老师、主席、核心成员。已经成功在RK3399上移植了Openharmony 3.2系统，正在准备通过兼容性测试。并且在RT-thread、freeRTOS的实时操作系统上也有丰富的项目经验。在国内xv6操作系统的教学也是中坚力量，完成了国内第一本关于xv6操作系统分析和实验的教材《操作系统原型-XV6分析与实验》。 |
| 总体目标 | 本研究项目具有以下三个总体目标：  1 完成“RISC-V指令集显示专用SoC芯片”的原理验证。  本项目的SoC将去除大量无关外设，使得芯片本身造价下降,价格上超越使用通用处理器SoC的方案；精简板级硬件设计从而降低硬件PCB设计、调试和生产制造成本；规范的“运-端”接口和统一的系统组件形式，降低应用软件和运行系统的设计和维护成本。  2 完成“RISC-V指令集显示专用SoC芯片”操作系统开发。  开发出在“RISC-V指令集显示专用SoC芯片”之上运行的操作系统，便于第三方设计软件模块提供增值服务；在操作系统中实现AI接口，为用户动作识别和内容的自动生成提供基础架构；便于用户在云端更改AI模型，灵活适用不同的场合并提供不同的服务。  3 实现一套终端开发环境SDK。  在“RISC-V指令集显示专用SoC芯片”设备上使用基于数据流的显示任务计算模式，完成一套开发环境SDK，让端设备软件的设计过程可以使用图形化拖拽形式进行设计开发，达到将需求分析和设计环节融合，降低开发者编程难度和编码工作量的目标。 |
| 主要内容 | 1 研发低成本的商业显示器芯片的原型系统。  参考开源的RISC-V处理器核（包括RocketChip、SiFive和国内的香山、蜂鸟等），研发适用于商显系统的处理器核的架构；研究基于AXI总线等处理器系统互联技术，扩展外设形成SoC框架；研究显示（VGA/HDMI等）、音频、存储、网络等必须的功能部件的结构和实现技术；设计和实现数据流加速硬件和相应指令集的扩展。  2 研发“普适智能商业显示器”系统框架。  为该处理器SoC研发必要的操作系统，尝试移植类Linux操作系统或OpenHarmony Lite\_a/m操作系统，研发相应的音视频驱动程序；设计和实现商业显示器设备端的软件框架，包括自身的节目的播放模块、通信交互控制接口、内容交互接口；AI模块的交互机制。  3 研究一种数据流编程模式的商业显示器终端开发环境。  分析商业显示器终端任务的特性，研究专用于商业显示器系统的数据流执行库中的任务表达、多线程并行执行机制和数据驱动机制；基于DFCPP数据流运行库之上进行扩展和开发；研发一个提供图形化的拖拽式编程环境，实现低代码开发。 |
| 主要创新点 | 本项目主要创新点包括以下几个：  1渲染-显示分离的专用商业显示SoC芯片结构创新。  渲染-显示分离的“瘦-Pad”思想来源于瘦客户机的启发，在商业显示器系统的领域属于首次尝试，现在的商业显示器系统开发厂商仍停留在以重量级的通用SoC配合上Android系统来开发应用的水平。同质性很高，都还没有形成核心的竞争力。“瘦-Pad”将对SoC芯片成本、主板PCB设计制造和软件等多个环节都具有价格优势，定制化的SoC可以将显示、音频等核心功能部件进行强化，以相同的价格提供更高的性能配置。因此有可能在商业显示器领域占据主导地位。  2适用于专用商业显示SoC芯片的操作系统架构创新。  明确云端和设备的接口功能划分和规范，并且明确数据分析和报告模块，以及AI推理模块。为了适应不同的应用场合和用户需求，特别容纳了模型切换机制。特别是在OpenHarmony标准系统上虽然已经有DLLite-Micro是一个轻量级的AI推理框架，但是仍未有成熟的模型切换机制。  3专用商业显示SoC芯片使用数据流计算技术的创新。  数据流计算在高度并发的场景中由于传统的控制流编程模型。而商业显示器系统并发任务多、而且任务依赖关系明确，特别适用与DAG方式来描述其任务。项目引入数据流计算技术，将降低设备的开发难度、提供较高的编程质量，以较低的硬件配置（较低的价格）获得更高的运行性能，从而为产品提高竞争力 |

|  |  |
| --- | --- |
| 进度安排 | 简要介绍。（500字以内）  项目进度安排为4个阶段，各自为半年时间：  1）2024/01~2024/06: 完成处理器核的设计、通过AXI总线整合基本的I2C、I2S、DDR接口，整合VGA或HDMI接口，可以运行RISC-V代码并进行图形显示。撰写专利申请书1项。  2）2024/07~2024/12: 完成XV6、Linux或OpenHarmony Lite-OS的移植；完成数据流硬件加速部件的设计和验证；完成显示驱动、音频驱动，实现多媒体展示基本功能。撰写专利申请1项，申请软著1项。  3）2025/01~2025/06: 完成数据流运行库，测试验证数据流加速对客户端任务的加速效果；完成端设备的数据流图形化开发环境。申请软著1项，撰写学术论文2篇，并完成投稿。  4）2025/07~2025/12: 完成系统原型功能的验证，测试FPGA硬件的工作频率，推测产品的最终性能和价格。进行第三方测试获得相关测试报告，撰写项目结题报告。 |
| 主要考核指标 | 考核指标需明确，有量化内容。指相应成果的数量指标、技术指标、质量指标、应用指标和产业化指标等，其中，数量指标可以为专利、产品等的数量；论文代表作应注重质量，不以数量作为评价标准；技术指标可以为关键技术、产品的性能参数等；质量指标可以为产品的耐震动、高低温、无故障运行时间等；应用指标可以为成果应用的对象、范围和效果等；产业化指标可以为成果产业化的数量、经济效益等。同时，对各项考核指标需填写立项时已有的指标值/状态以及项目完成时要到达的指标值/状态。同时，考核指标也应包括支撑和服务其他重大科研、经济、社会发展、生态环境、科学普及需求等方面的直接和间接效益。如对国家重大工程、社会民生发展等提供了关键技术支撑，成果转让并带动了环境改善、实现了销售收入等。  项目结题时的考核指标如下：  数量指标：FPGA原型系统1个，SCI/EI论文2篇，专利申请数2，软件著作权数2；  技术指标： 1处理器核心支持的RISC-V指令集涵盖：RV32I、RV32I、RV64I，扩展指令集支持M（乘法扩展）A（原子扩展）F和D（浮点扩展），以及我们扩展的数据流指令集RVDF。  2 FPGA原型验证系统支持I2S、I2C音频接口；  3 原型支持VGA或HDMI图像显示；  质量指标：原型系统暂不设质量指标；  应用指标：构建轻量级“瘦-Pad”商业显示器系统的标准处理器构件，形成产业参考模型。 |
| 成果应用后可取得的成效 | 简要介绍。（500字以内）  本项目自行设计专用的商显RISC-V处理器不仅是对国内处理器设计技术的一次重大推进，也是对整个芯片设计行业的一种促进。为国内企业和研究机构提供了一个在全球竞争中赶超的机会。在商业显示产业方面，这种专用RISC-V处理器能够满足高性能、低功耗的需求，推动显示技术的发展，提升产品竞争力，为用户带来更优质的视觉体验。同时，这种自主设计的处理器也是自主可控技术发展的一个重要方向，它有助于减少对外部技术的依赖，增强国家在关键技术领域的话语权，对提升民族自信心和实现技术自主具有深远的意义。 |
| 其它说明 |  |

二、项目经费预算书

**说 明**

一、项目预算由收入预算与支出预算构成。项目承担单位应采用支出预算和收入预算同时编制的方法编制项目预算，平衡公式为：资金支出预算合计＝资金收入预算合计。项目预算期间应与项目实施周期一致。

（1）收入预算包括市级财政资金和其他来源资金。其他来源资金包括中央财政资金、区级财政资金、单位自筹资金和从其他渠道获得的资金。当其他来源资金为中央财政资金、区级财政资金、从其他渠道获得的资金时，应能够提供资金提供方为本项目出资的承诺或证明文件，并在任务合同书中进行说明。不得使用货币资金之外的资产或其他市级财政资金作为经费来源。

（2）支出预算应当按照经费开支范围编列，并对各项支出的主要用途和测算理由等进行说明。项目承担单位应当按照政策相符性、目标相关性和经济合理性原则，科学、合理、真实地编制预算。对设备费、业务费、劳务费预算应据实编制，不得简单按比例编制。直接费用中除50万元以上的设备费外，其他科目费用只提供基本测算说明，不需要提供明细。

（3）承担单位已形成的工作基础及科研条件等前期投入不得列入项目资金预算。在同一支出内容上，原则上编列一种资金来源。

二、直接费用是指在项目实施过程中发生的与之直接相关的费用。主要包括：

（一）设备费：是指在项目实施过程中购置或试制专用仪器设备，对现有仪器设备进行升级改造，以及租赁外单位仪器设备而发生的费用。计算类仪器设备和软件工具可在设备费科目列支。应当严格控制设备购置，鼓励开放共享、自主研制、租赁专用仪器设备以及对现有仪器设备进行升级改造，避免重复购置。

（二）业务费：是指在项目实施过程中消耗的各种材料、辅助材料等低值易耗品的采购、运输、装卸、整理等费用，发生的测试化验加工、燃料动力、出版/文献/信息传播/知识产权事务、会议/差旅/国际合作交流等费用，以及其他相关支出。具体内容包括：

1.材料支出主要用于在项目实施过程中消耗的各种原材料、辅助材料等低值易耗品的采购及运输、装卸、整理等费用。

2.测试化验加工支出主要用于项目实施过程中支付给外单位（包括承担单位内部独立经济核算单位）的检验、测试、化验及加工等费用。

3.燃料动力支出主要用于在项目实施过程中相关大型仪器设备、专用科学装置等运行发生的可以单独测算的水、电、气、燃料消耗等费用。

4.出版/文献/信息传播/知识产权事务支出主要用于在项目实施过程中，需要支付的出版费、资料费、专用软件购买费、文献检索费、查新费、专业通信费、专利申请及其他知识产权事务等费用。

5.差旅/会议/国际合作与交流支出主要用于在项目实施过程中为组织开展学术研讨、咨询论证，以及协调项目等活动而发生的会议费用；开展科学实验（试验）、科学考察、业务调研、学术交流等所发生外埠的差旅费、市内交通费；研究人员出国及外国专家来华的费用。

6.其他支出主要用于项目实施过程中除上述支出之外的其他业务费支出。

（三）劳务费：是指在项目实施过程中支付给参与项目的研究生、博士后、访问学者和项目聘用的研究人员、科研辅助人员等的劳务性费用，以及支付给临时聘请的咨询专家的费用等。

三、间接费用是指承担单位在组织实施项目过程中发生的无法在直接费用中列支的相关费用。主要包括：承担单位为项目研究提供的房屋占用，日常水、电、气、暖等消耗，有关管理费用的补助支出，以及激励科研人员的绩效支出等。

间接费用实行总额控制，间接费用额度按照不超过项目直接费用扣除设备购置费后的一定比例核定。具体比例如下：

（1）500万元及以下部分为30%；

（2）超过500万元至1000万元的部分为25%；

（3）超过1000万元以上的部分为20%。

（4）对数学等纯理论基础研究项目、软科学研究项目、软件开发项目等项目，间接费用比例进一步提高到不超过60%。

（5）单位自筹资金、其他渠道获得的资金原则上不得编制间接费用预算。

四、项目承担单位应当按照政策相符性、目标相关性和经济合理性原则，科学、合理、真实地编制预算。

（1）政策相符性：项目预算科目的开支范围和开支标准，应符合国家财经法规和《资金管理办法》的相关规定。

（2）目标相关性：项目预算应以其任务目标为依据，预算支出应与项目研究开发任务密切相关，预算的总量、结构等应与设定的项目任务目标、工作内容、工作量及技术路线相符。

（3）经济合理性：项目预算应综合考虑国内外同类研究开发活动的状况以及我国相关产业行业特点等，与同类科研活动支出水平相匹配，并结合项目研究开发的现有基础、前期投入和支撑条件，在考虑技术创新风险和不影响项目任务的前提下进行安排，并提高资金的使用效益。

五、承担单位对项目资金管理使用负有法人责任，按照“谁申报项目、谁承担研究任务、谁管理使用资金”的要求，如法人单位实际承担研究任务且管理使用资金，不应以上级单位的名义申报；如以法人单位名义申报的，应由本单位组织任务实施并管理使用资金，不得将资金转拨给其下级法人单位，如大学的附属医院、集团公司或母公司的全资或控制子公司、科研院及下属的研究所等。

六、预算填写资金单位为“万元”，保留两位小数点。

**表一、项目资金预算总表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **资金收入预算** | | **收入小计** | **其中** | | | | |
| **2023年** | **2024年** | **2025年** | **2026年** | **2027年** |
| 市财政资金 | | 100 | 100 | ／ | ／ | ／ | ／ |
| 其他来源资金 | 中央财政资金 | 0 | 0 |  |  | ／ | ／ |
| 区级财政资金 | 0 | 0 |  |  | ／ | ／ |
| 单位自筹资金 | 229 | 20 | 120 | 89 | ／ | ／ |
| 其他渠道资金 | 0 | 0 |  |  | ／ | ／ |
| **收入合计** | | 329 | 120 | 120 | 89 | ／ | ／ |
| **资金支出预算** | | **支出小计** | **市财政**  **资金** | **中央财政资金** | **区级财政资金** | **单位自筹资金** | **其他渠道资金** |
| **直接费用合计** | | 329 | 100 |  |  | 229 |  |
| **设备费** | | 140 | 30 |  |  | 110 |  |
| **其中：设备购置费** | | 55 | 15 |  |  | 40 |  |
| **业务费** | | 65 | 20 |  |  | 45 |  |
| **劳务费** | | 124 | 50 |  |  | 74 |  |
| **间接费用支出预算** | | 0 | 0 |  |  | 0 |  |
| **支出合计** | | 329 | 100 |  |  | 229 |  |
| **其他来源资金说明：**  无 | | | | | | | |

**表二、市级财政资金购置/试制单价50万元（不含）以上设备预算明细表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 设备  分类 | 功能和技术指标 | 单价 | 数量 | 金额 | 购置或试制单位 | 安置单位 | 购置设备类型 | 主要生产厂家及国别 | 规格型号 |
| （1） | （2） | （3） | （4） | （5） | （6） | （7） | （8） | （9） | （10） | （11） |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 单价50万元以上购置设备小计 | | | | | 0 | 0 | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ |
| 单价50万元以上试制设备小计 | | | | | 0 | 0 | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ |
| 合计 | | | | | 0 | 0 | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ |

说明：

1.本表只填写市级财政资金购置（试制）的设备。单价50万元（含）以下的设备不需要填写此表。

2.设备分类：购置、试制。购置设备类型：通用、专用。

3.试制设备不需填列本表（9）列、（10）列、（11）列。

4.设备单价的单位为万元/台套，设备数量的单位为台套。

**表三、项目支出预算测算说明表**

**一、市级财政资金**

| **支出科目** | | **测算说明** | **金额** |
| --- | --- | --- | --- |
| （一）设备费 | | 设备费小计 | 30 |
| 1.设备购置 | （1）购置50万元以上设备 | 见市级财政资金购置/试制单价50万元（不含）以上设备预算明细表 |  |
| （2）购置50万元（含）以下设备 | FPGA开发板5万，逻辑分析仪10万 | 15 |
| 2.设备试制 | （1）试制50万元以上设备 | 见市级财政资金购置/试制单价50万元（不含）以上设备预算明细表 |  |
| （2）试制50万元（含）以下设备 | FPGA配套逻辑电路板贴片试制 | 15 |
| 3.设备升级改造 | |  |  |
| 4.设备租赁 | |  |  |
| （二）业务费 | | 业务费小计 | 20 |
| 1.材料支出 | | 硬件开发辅材 | 1 |
| 2.测试化验加工支出 | |  |  |
| 3.燃料动力支出 | |  |  |
| 4.出版/文献/信息传播/知识产权事务支出 | | 专利4个，每个8000，计3.2万；软著4个，每个1000，计4000；查新等图书信息服务1.4万 | 5 |
| 5.差旅/会议/国际合作与交流支出 | （1）差旅类 | 两年预计16人次，每次5000元，计8万 | 8 |
| （2）会议类 | 参加学术会议6人次，注册费5000元，计3万 | 3 |
| （3）国际合作类 | 参加国际交流2人次，每次1.5万，计3万 | 3 |
| （4）其他类 |  |  |
| 6.其他支出 | |  |  |
| （三）劳务费 | | 劳务费小计 | 50 |
| 1.研究生、博士后劳务费支出 | | 每人月0.2，8人\*20月\*0.2=32 | 32 |
| 2.访问学者劳务费支出 | | 访问学者2人\*5万=10 | 10 |
| 3.项目聘用的研究人员劳务费支出 | | 研究人员2人\*3万=6 | 6 |
| 4.科研辅助人员（操作员、实验员、临时聘用人员、科研助理、财务助理等）劳务费支出 | | 临聘人员2人\*10月\*0.1万=2 | 2 |
| 5.专家咨询支出 | |  |  |
| 直接费用合计 | | | 100 |
| （四）间接费用 | | 市级财政资金中申请间接费用 |  |
| **本项目共申请市级财政资金合计** | | |  |

**二、其他来源资金**

对其他来源资金主要用途、支出预算做简要说明。支出预算应当按照《天津市科技计划项目经费管理办法》（津财教〔2022〕57号）中确定的支出科目编列，并与项目研究开发任务密切相关。每种资金来源的资金主要用途、支出预算做简要说明。

**（一）自筹资金**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **支出科目** | **支出用途简要说明** | **金额** |
| （一）设备费 | 设备费小计 | 110 |
| 1.设备购置 | 训练用显卡及配套计算机2台、FPGA开发板10万，逻及分析仪20万 | 40 |
| 2.设备试制 | 电路板试制设计及贴片试生产 | 60 |
| 3.设备升级改造 |  |  |
| 4.设备租赁 | 人工智能算力租赁费 | 10 |
| （二）业务费 | 业务费小计 | 45 |
| 1.材料支出 |  |  |
| 2.测试化验加工支出 | 委托第三方完成RISC-V指令集逻辑测试验证 | 35 |
| 3.燃料动力支出 |  |  |
| 4.出版/文献/信息传播/知识产权事务支出 | 著作权、专利申请撰写4万 | 4 |
| 5.差旅/会议/国际合作与交流支出 | 2年预计3000\*20人次 | 6 |
| 6.其他支出 |  |  |
| （三）劳务费 | 劳务费小计 | 74 |
| 1.研究生、博士后劳务费支出 | 3人\*18个月\*10000元/月 | 54 |
| 2.访问学者劳务费支出 |  |  |
| 3.项目聘用的研究人员劳务费支出 | 2人\*10个月\*5000元/月 | 10 |
| 4.科研辅助人员（操作员、实验员、临时聘用人员、科研助理、财务助理等）劳务费支出 | 1人\*20个月\*5000元/月 | 10 |
| 5.专家咨询支出 |  |  |
| 本项目单位自筹资金支出合计 | | 229 |

**（二）中央财政资金**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **支出科目** | **支出用途简要说明** | **金额** |
| （一）设备费 | 设备费小计 | 0 |
| 1.设备购置 |  |  |
| 2.设备试制 |  |  |
| 3.设备升级改造 |  |  |
| 4.设备租赁 |  |  |
| （二）业务费 | 业务费小计 | 0 |
| 1.材料支出 |  |  |
| 2.测试化验加工支出 |  |  |
| 3.燃料动力支出 |  |  |
| 4.出版/文献/信息传播/知识产权事务支出 |  |  |
| 5.差旅/会议/国际合作与交流支出 |  |  |
| 6.其他支出 |  |  |
| （三）劳务费 | 劳务费小计 | 0 |
| 1.研究生、博士后劳务费支出 |  |  |
| 2.访问学者劳务费支出 |  |  |
| 3.项目聘用的研究人员劳务费支出 |  |  |
| 4.科研辅助人员（操作员、实验员、临时聘用人员、科研助理、财务助理等）劳务费支出 |  |  |
| 5.专家咨询支出 |  |  |
| 直接费用合计 | | 0 |
| （四）间接费用 | 中央财政资金中申请间接费用 |  |
| 本项目共申请中央财政资金合计 | | 0 |

**（三）区级财政资金**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **支出科目** | **支出用途简要说明** | **金额** |
| （一）设备费 | 设备费小计 | 0 |
| 1.设备购置 |  |  |
| 2.设备试制 |  |  |
| 3.设备升级改造 |  |  |
| 4.设备租赁 |  |  |
| （二）业务费 | 业务费小计 | 0 |
| 1.材料支出 |  |  |
| 2.测试化验加工支出 |  |  |
| 3.燃料动力支出 |  |  |
| 4.出版/文献/信息传播/知识产权事务支出 |  |  |
| 5.差旅/会议/国际合作与交流支出 |  |  |
| 6.其他支出 |  |  |
| （三）劳务费 | 劳务费小计 | 0 |
| 1.研究生、博士后劳务费支出 |  |  |
| 2.访问学者劳务费支出 |  |  |
| 3.项目聘用的研究人员劳务费支出 |  |  |
| 4.科研辅助人员（操作员、实验员、临时聘用人员、科研助理、财务助理等）劳务费支出 |  |  |
| 5.专家咨询支出 |  |  |
| 直接费用合计 | | 0 |
| （四）间接费用 | 区级财政资金中申请间接费用 |  |
| 本项目共申请区级财政资金合计 | | 0 |

**（四）从其他渠道获得的资金**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **支出科目** | **支出用途简要说明** | **金额** |
| （一）设备费 | 设备费小计 | 0 |
| 1.设备购置 |  |  |
| 2.设备试制 |  |  |
| 3.设备升级改造 |  |  |
| 4.设备租赁 |  |  |
| （二）业务费 | 业务费小计 | 0 |
| 1.材料支出 |  |  |
| 2.测试化验加工支出 |  |  |
| 3.燃料动力支出 |  |  |
| 4.出版/文献/信息传播/知识产权事务支出 |  |  |
| 5.差旅/会议/国际合作与交流支出 |  |  |
| 6.其他支出 |  |  |
| （三）劳务费 | 劳务费小计 | 0 |
| 1.研究生、博士后劳务费支出 |  |  |
| 2.访问学者劳务费支出 |  |  |
| 3.项目聘用的研究人员劳务费支出 |  |  |
| 4.科研辅助人员（操作员、实验员、临时聘用人员、科研助理、财务助理等）劳务费支出 |  |  |
| 5.专家咨询支出 |  |  |
| 本项目从其他渠道获得的资金合计 | | 0 |

三、附件明细表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **附件类型** | **页数** |
| 1 | 最近3个月的资产负债表、损益表和现金流量表 |  |
| 2 | 项目投资来源的证明文件 |  |
| 3 | 项目申报单位诚信承诺书 |  |
| 4 | 项目申报人诚信承诺书 |  |
| 5 | 企业营业执照（法人证书） |  |
| 6 | 项目申报人身份证（复印件） |  |
| 7 | 其他证明材料：含：发明专利证书、小试成果报告、科技查新报告、样品检测报告以及其它能说明项目技术水平和来源、知识产权归属、申报单位和项目组成员资质、水平等的证明材料和动物伦理审查等其他材料） |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

四、项目实施方案

1. 研究目的、意义和必要性（包括项目提出的背景和必要性，国内外现状和技术发展趋势、市场需求分析，本项目在产业链发展中的地位与作用，说明项目产业化前景以及对相关技术与产品及其产业的带动作用等）

## 1.1背景和必要性

商业显示器多媒体展示芯片是显示器内部的重要部件，它直接影响显示器的性能和图像质量。显示器芯片的主要任务是处理系统输入的视频信号，并将其转换为能够被显示器识别的信号。这些信号包括图像的分辨率、色彩和亮度等信息，而显示器芯片的作用就是将这些信息进行处理和转换，最终将它们呈现为图像。随着数字技术的迅猛发展，传统的信息、广告形式已逐渐被数字化的、动态的和交互式的广告方式所取代。其中，广告机等商业显示产品因其独特的展示效果、实时更新和定位精准的优势，正逐渐在商场、酒店、地铁站、机场和其他公共场所得到广泛应用。商业显示产品不仅作为一个基础产品服务于人们生活，更由于其分布之广、影响之大，具有极大的社会影响力——甚至已经和广播、电视、互联网媒体等信息传播途径具有相当的影响力。而显示芯片作为其核心部件，会直接影响商业显示器的制造成本、制造效率、功能性、稳定性、安全性等等一系列关键因素，因此，一款完全国产化的、安全自主可控的专用商业显示器多媒体展示芯片的研发就尤为重要。

## 1.2技术现状和发展趋势

### 1.2.1现状——主要基于“通用ARM SoC + Android”

商业显示多媒体展示终端的基础软硬件平台类型有多种，具体的选择取决于设备的应用和需求。当前**并未有专用的商业显示器多媒体展示芯片**，主流产品通常使用通用ARM SoC为硬件平台，加上通用操作系统（主要使用Android）而构建，常见的基础软硬件平台类型包括嵌入式系统、PC（个人计算机）平台、Android平台、iOS平台、Web平台、自定义平台等。基于“通用ARM SoC + Android”的显示设备虽然能满足大多数情况要求，但当前并没有专用处理器SoC针对商业显示器应用进行深度优化。因此仍然有大量问题与挑战，仍有许多可以提升的空间：

一是当前商业显示器端设备具备边缘计算能力，但其高性能的处理器核、GPU和NPU通常性能过剩且利用率低，成本高。与此同时，其GPU和NPU的性能也远不及服务器端，无法匹敌服务器性能。

二是提供商业显示器端设备的应用程序承载了主要的功能，因此功能和服务发生变化时，需要对大量的商业显示器端设备进行更新维护，工作量巨大，缺少灵活性和可扩展性。

三是并未充分利用已经开始应用5G的网络技术和带宽。播放相同节目的终端上重复利用GPU进行渲染计算，不仅让设备端的处理器造价高昂，重复计算也浪费了大量的电力能量。

### 1.2.2 发展趋势——拥抱智能化、动态性和定制化

商业显示器系统除了基础功能外，逐渐向智能化、动态性和定制化方向发展

具体包括以下趋势：一是数字化互动：越来越多的广告机和叫号机等商业显示器采用数字互动技术，包括触摸屏、手势识别和语音识别，以提供更丰富的用户体验。二是数据分析和智能化：通过分析观众数据，利用人工智能技术实现个性化内容推荐和精准广告定位，同时移动设备与广告机和叫号机之间的互动越来越普遍。三是可持续性和绿色技术：设备制造商和运营商越来越关注环保和可持续性，包括能源效率和可再生能源的使用。这些问题和发展方向反映了广告机和叫号机市场的动态性，厂商需要不断关注市场趋势并调整策略以适应不断变化的需求。但是传统的系统在显示端承载了过多的业务和功能，并不便于灵活的切换功能以及不便于升级更新。

### 1.2.3技术出路——支持“渲染-显示分离”的“瘦-Pad”专用芯片

将商业显示器的渲染和显示分离基于“薄客户端”或“零客户端”技术，将大部分处理和渲染任务放在一个中央服务器或云端，而在终端设备（例如显示器）仅执行简单的显示或解码任务。其主要特点和优势包括：（1）分级的集中式管理：内容和应用可在云端中央服务器集中管理，减少现场维护，云端服务器具有优越的渲染和AI能力，通过5G网络将高质量渲染结果发送到终端设备进行解码显示，便于升级和利用云端的AI能力。这符合显示终端较低计算需求的特点，避免了边缘计算的复杂性。（2）简化硬件：终端设备简单、成本低、故障率低，同时易于扩展，简化了每个新设备的配置。（3）动态内容分发：中心化管理便于定向广告或信息的更改和分发，支持定制化，同时节省带宽和资源，符合绿色环保的发展趋势。

## 1.2 市场需求分析

中国芯片市场的需求在过去几年里一直保持着迅猛的增长势头，这主要得益于国内电子产业的快速发展，以及政府对半导体产业的重视和支持。特别是在处理器SoC（System on Chip，系统级芯片）这一领域，需求增长尤为显著。

根据平安证券研究所发布的行业研究报告显示，从2016年开始，国内商业显示行业进入了快速发展期，2016年国内商业显示产品市场规模约为364亿元，预计至2024年市场规模将上升至1106亿元，芯片成本约占商业显示器的10%至15%计算，商显芯片的市场规模在100至150亿之间。而目前国内尚未有商业显示行业专用芯片，可以想象，本项目若成功研发，即使以3%的市场占有率保守预计，本项目顺利研发将能够创造3至4.5亿的经济效益。

总体来说，商业显示器芯片是一个市场增长迅速，潜力巨大的百亿级市场，当下的重要难点在于专用芯片的研发以及当产品成功开发后的市场教育和推广。

## 1.3 本项目的地位和作用

### 1.3.1 国内首个商业显示器专用芯片

首个专为商业显示设计的专用芯片，是基于RISC-V处理器核心打造的，其架构旨在为商业显示应用提供强大且灵活的硬件支持。该芯片不仅整合了必须的显示和音频组件，确保了优质的视听体验，还包括了音视频解码部件，支持各种格式的媒体内容播放，满足商业展示对高清内容的需求。

与此同时，这款芯片还借鉴了“瘦-Pad”这一概念，即将部分计算密集型的任务，如图像渲染和AI加速等功能转移至云端服务器上进行处理，不仅能够有效减轻终端设备的硬件负担，降低成本，还能够根据需要动态调配云端资源，提升处理效率和灵活性。

这款专用芯片的推出标志着商业显示器芯片市场从依赖通用芯片向形成细分市场和机器生态的重要转变，促使行业更专业、更高效发展。它为制造商和开发者提供了新的硬件平台，以开发更丰富、创新的商业显示器解决方案，满足市场多样化需求，推动技术创新和商业显示器产业的健康发展。

### 1.3.2 夯实商业显示器产品的基础，构建该行业的基石

由于当前并未有专用的商业显示器芯片，商业显示器的系统的设计和实现采用通用计算机模式，深度定制和优化还没完善，行业特色未明确，技术框架也未与通用计算区分开来，导致后续系统的开发效率不高，仍有巨大优化空间。而商业显示器芯片的成功研发，将能为商业显示器系统的开发奠定基石，在降低成本的同时还可以提升商业显示器系统的开发效率。

### 1.3.3 提升产品安全性

自主研发的商显芯片，可以实现源代码和设计的完全可控，这意味着可以从根本上消除潜在的后门和安全漏洞，增强其抵抗攻击和侵入的能力。在验证与修复方面，国产芯片允许对其安全性进行独立的验证和审计，在发现安全漏洞时，能快速地响应并推出修复措施。

### 1.3.4提升供应链稳定性

完全自主研发的商显芯片，可以减少对外国供应商的依赖，降低因地缘政治问题、贸易争端等外部因素导致的供货中断风险，提升整体的供应链稳定性和效率，保证行业内芯片供应的稳定性，免遭技术禁运等风险。由于“瘦-Pad”并不在设备端进行复杂的渲染和AI加速，因此并没有过高的芯片工艺要求，可以在低于手机处理器芯片的工艺下实现，利用国内的芯片生产线即可满足要求。

总的来说，自行开发的国产芯片在安全性和稳定供货方面具有明显的优势，通过不断的投入和努力，提升技术水平，拓宽应用领域，形成竞争优势，保证行业的安全。

1. 研究目标（包括总体目标，可取得的成果，产品技术性能指标、国内外相对水平，学术论文，可提交的技术报告种类、份数和时间节点，能形成的知识产权情况等项目实施的结果）

## 2.1总体目标

本项目研究渲染-显示分离的商业显示器RISC-V处理器SoC原型芯片及系统关键技术，用于验证“瘦-Pad”思想的可行性。

通过实现商业显示器终端基础平台将由国产软硬件构成，取代进口ARM+Android的常见系统组合，达到各个组件/部件国产化情况以及自主可控情况的目标。

在开发过程中发现技术瓶颈，提炼产品竞争力和优势，形成新的细分市场和技术生态，促进产业发展和就业。

### 2.1.1具体目标

为了实现项目的整体目标，项目研究可以分成以下三个具体的、逐步实现的目标。首先需要有一个专用的定制商业显示器SoC设计方案和FPGA原型实现，然后在其基础之上提供支持数据流计算的系统软件（含操作系统），使得应用程序可以使用相应的音视频硬件，最后需要利用数据流计算特性，研发具有特色的数据流开发工具，进一步形成产品的特色和竞争力。

### 2.1.2目标1：支持RISC-V指令集和数据流加速的SoC

为了实现国产自主可控的商业显示器专用SoC设计，首先需要实现支持RISC-V指令集的处理器核，然后要有充分且必要的外设，最后还要加上数据流加速部件，从而形成我们的最终SoC，系统将以FPGA原型验证系统的形式呈现。

指令集支撑程度

具体到指令集的支持，本项目的设计目标要求支持以下指令集：

1 RV32I： 这是RISC-V的基本整数指令集，包括32位整数运算和基本的控制流操作。

2 RV64I： 这是RISC-V的基本64位整数指令集，扩展了RV32I以支持64位整数运算。

除了基本整数指令集之外，Rocketchip还可以根据配置支持以下RISC-V指令集扩展：

1 M（乘法扩展）： 用于支持整数乘法和除法操作的扩展，如RV32M和RV64M。

2 A（原子扩展）： 用于支持原子操作的扩展，如RV32A和RV64A。

3 F和D（浮点扩展）： 用于支持单精度浮点（32位）和双精度浮点（64位）运算的扩展，如RV32F、RV32D、RV64F和RV64D。

4 C（压缩扩展）： 尽量实现用于支持指令压缩的扩展，如RV32C。

至于CSR版本，项目将根据需要在开发过程中选择所支持RISC-V标准中定义的CSR版本。RISC-V标准定义了一组基本的CSR（Control and Status Register）以及一些可选的CSR。具体支持哪些CSR版本可能会根据应用而有所取舍。

精简的外设支撑

为了只使用最简单的外设从而降低SoC造价，复用服务器云端的渲染和推理能力，RISC-V的SoC将通过AXI扩展最少的必要外设，不增设无用的接口，具体要求支持：

1）DDR接口，2）Flash存储接口SPI接口；3）VGA或HDMI用于视频显示；4）I2S和I2C总线用于音频；5）网络接口。

数据流加速部件

为了支持在设备端进行数据流计算模式的应用开发，我们在RISC-V处理器上增加数据流加速部件提高任务流图DAG中任务准备条件的检测速度和任务的激活速度，从而加快DAG任务的计算推进过程。

### 2.1.3目标2：兼容Linux或OpenHarmony的支持数据流库

系统软件层面的关键技术包括两个：1）操作系统，2）数据流运行库，分别用于提供软件基础环境和支持上层数据流应用开发模式。

在完成了前面的处理器SoC的FPGA原型系统后，还需要进行操作系统的移植和适配，具体目标是实现类Linux内核（包括XV6操作系统，或支持2.6版本Linux）+Busybox系统，或者OpenHarmony （Liteos-m或Liteos-a）。

构建或者移植数据流运行库支持数据流任务的构建和运行，具体目标包括：

1）基本静态构图和动态任务DAG构图能力；

2）任务DAG图通过线程池并发执行；

3）支持NUMA架构,感知NUMA架构的任务调度框架；

4）节点之间传递10000次512字节数据达到160ms以内；

5）在相同平台和测试程序下，DFCPP能够取得与其它流式处理框架如TBB，taskflow, DARTS相同或者更佳的性能；对于具有二叉树结构的DAG图，在节点处理的数据块大小为4096个字节时，DFCPP 优于 TBB 10%，比 taskflow 快 10%，比 DARTS 快 10%；

6）对于具有随机依赖关系结构的DAG图，在节点处理的数据块大小为4096个字节时，DFCPP比taskflow快10%，比 DARTS快5%。

### 2.1.4目标3：“瘦-Pad”上的数据流任务开发环境

建立数据流系统开发工具软件，达到图形化拖拽方式完成应用程序的开发的目的。达到以下技术指标：

1）DAG图支持层次化的分层设计；

2）支持任务节点和连接关系的拖拽化开发；

3）支持可视化编程和文本编程相结合；

4）支持动态扩展数据流图；

5）每层支持节点数量>10000;

6)DAG图总边数支持>20000;

7）在十层二叉树任务，负载为10000的条件下，整体的数据流任务占开销的30%，小于10%的时间花费在等待任务中。

## 2.2 知识产权产出

国内首个支持数据流加速的RISC-V商业显示器SoC系统1个，也是首个支持“瘦-Pad”概念的商业显示器系统；

2024下半年提交处理器架构方向专利申请1个，2025年上半年提交系统软件方向架构专利申请1个；

2025年下半年，在商业显示器任务的数据流应用软件和开发环境方向，提交2个软件著作权申请；

2025年下半年，完成SCI/EI学术论文2篇。

1. 主要研究开发内容（必须清晰地叙述研究开发的具体内容及其要点）

本项目研究工作包括三个方面，1）专用RISC-V处理器SoC芯片设计；2）RISC-V处理器上的数据流加速部件的设计；3）支持媒体展示的数据流支撑环境。

## 3.1 基于RISC-V指令集架构的多媒体SoC

专用RISC-V处理器SoC芯片设计包括处理器核心和外围设备两部分工作，此部分研究工作以工程实现为主，编码设计等工作量巨大。芯片作为基本多媒体SoC，将包含基本的音频、视频接口，以及交互用的网络、触摸屏等外设接口，其结构和功能示意图如图 1所示。

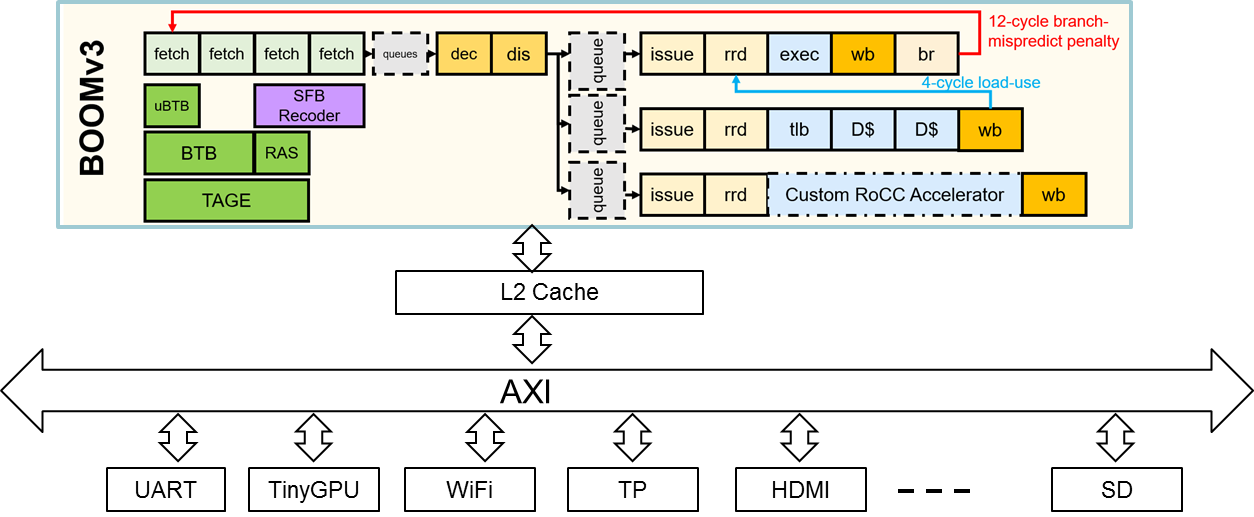


图 1 DFRV-1 结构功能示意图

具体研究工作包括：

1. 顺序执行/乱序执行的处理器核。

本项目旨在参考当前的开源RISC-V处理器核，研发一个高效、稳定的顺序执行处理器核或乱序执行的处理器。将专注于优化指令流水线的设计，确保每个阶段的处理时间最小化，从而提高处理器的整体性能。此外，我们将研究如何减少分支预测错误的影响，并探索提高缓存命中率的策略。

1. SoC的互联总线。

本项目致力于研发一个符合ARM AMBA规范的高性能AXI总线，以提供一种灵活且可扩展的接口，用于连接不同的处理器核、存储器和外设。我们将遵循AXI协议的五个通道（读地址、读数据、写地址、写数据和写响应）的设计规范，确保数据传输的高效和可靠。我们的目标是优化总线的带宽利用率和延迟性能，同时提供足够的灵活性以支持未来的扩展和升级。

我们将采用模块化的设计方法，确保各个组件能够独立开发和测试，从而加速开发周期并降低错误率。我们还计划实现一套全面的验证和测试框架，以确保AXI总线的每个组件都能满足性能和可靠性的要求。

1. 必要的外设接口实现。

本项目旨在研发一个集成了多种通信和显示接口的SoC，通过标准的AXI接口实现SPI、I2C、I2S、VGA和HDMI的功能。我们将遵循各个接口的行业标准，确保与广泛的外设和显示设备的兼容性。

对于SPI和I2C，我们将实现一个灵活的通信控制器，支持多种速率和配置选项，以满足不同外设的连接需求。我们将优化数据传输的效率，减少CPU的负担，并提供丰富的错误检测和恢复机制，确保通信的可靠性。

I2S接口将用于高质量音频数据的传输，我们将重点优化其数据吞吐量和同步精度，以满足高保真音频应用的需求。我们还将提供灵活的配置选项，支持多种音频格式和采样率。

对于VGA和HDMI接口，我们将设计一个高性能的视频控制器，支持多种分辨率和颜色深度。我们将优化帧缓冲的管理和数据传输的效率，以提供流畅的视频播放体验。对于HDMI，我们还将实现音频传输和高清内容保护（HDCP）的支持，以满足现代高清视频播放的需求。

通过AXI接口将这些功能集成到SoC中，我们将确保系统的高性能和灵活性，同时简化系统集成和扩展。我们将采用一套完整的开发和调试工具，以加速应用开发和系统验证。

## 3.2 数据流加速部件的研究

本项目将研究 RISC-V架构 + xv6操作系统的数据流执行环境，利于数据流的研究探讨。主要工作之一就是设计数据流执行的专用硬件模块，解决商业显示器计算任务中并发的任务计算时——基于多线程的数据流编程所存在的数据就绪信号频繁同步的问题。同时，探索数据流任务在混合架构下的运行，涵盖硬件芯片层面、操作系统层面及其对接交互接口的搭建，具体研究工作内容如下：

1. 在上述RISC-V架构之上，设计数据流存储硬件，用于管理数据就绪信号，并能够发出任务就绪的指示。同时对RISC-V指令集进行必要拓展，负责该硬件部件的读、写操作。它通过单元测试、功能检验，为数据流编程执行提供硬件支持。
2. 进行数据流执行环境的验证以及性能评价。它分别在仿真环境、FPGA开发板上进行验证，以及执行基于多线程的数据流程序来评估数据流专用硬件的加速性能。

上述工作中设计的部件将进入到RISC-V处理器的核内，包括两个硬件表结构的设计和一个数据准备条件记录和判定硬件的设计，具体如图 2所示。

Linux OS

core-0

A表(节点激活)

D表(数据边)

判定

部件

RISC-V

mini-核

core-1

core-N

核间互联

DFC APP

DAG

描述

调度

绑定

DFC runtime

图 2 本项目所涉及研究环节（核内、runtime两大组件）

相对应科学问题包括：

1.在记录数据条件和任务关联信息时需要存储部件，这对于处理器内部来说是比较高的开销，如何在固定的硬件开销前提下容纳更大的DAG子图范围，或者反过来说在容纳特定DAG子图的前提下硬件开销最小化。这是一个最优化问题，并且该问题不能用类似梯度下降的方法来解决，而是一个系统架构设计上的优化问题。

2.在硬件判定完成后，如何与上层操作系统和DFC语言的对接机制问题。传统的硬件信息与应用程序之间的互动都需要进行内核态/系统态的运行级别切换，内核代码通知并调度应用程序则需要推迟到更晚的时候，这些开销如果比例过大将完全削弱硬件加速效果。

## 3.3 支持媒体展示的数据流支撑环境系统软件研发

在上述RISC-V处理器上设计并实现一个通用计算平台上的数据流编程库及其接口，以支撑设备端的应用程序所需的数据流开发能力。

具体研究内容：

根据现有数据流语言要素和数据流计算框架的核心功能，提取数据流底层支撑所需的服务，形成数据流计算API接口，列出所提供的服务函数及其功能描述，以及这些服务之间如何配合共同提供数据流计算中的节点任务描述、节点间的偏序描述。在上述基本的数据流计算描述要求之上，还要满足数据流计算的性能调优、功能调试，一共三个互相关联的三个功能。

所涉及的科学问题：

解决DAG图上的动态表达能力。数据流任务中的普通计算，可以轻易地通过DAG图进行描述，但是关于其中的循环任务（例如相当于for或while的计算）无法直接用DAG图进行表述，其循环次数无法在编译时进行确认——也就无法通过循环展开的方法形成静态的DAG图。因此如何动态性表达这类问题就是数据流编程接口的核心问题，它涉及数据流编程接口的普适性问题，否则只能作为专用语言而无法与MPI和OpenMP那样作为通用并行编程接口。

1. 项目创新点及拟解决的关键技术问题（包括主要技术特点、创新点，需要解决的技术问题等）

本项目主要创新点和特色包括以下几个：

（1）渲染-显示分离的专用商业显示SoC芯片结构创新。

渲染-显示分离的“瘦-Pad”思想来源于瘦客户机的启发，在商业显示器系统的领域属于首次尝试，现在的商业显示器系统开发厂商仍停留在以重量级的通用SoC配合上Android系统来开发应用的水平。同质性很高，都还没有形成核心的竞争力。因此有可能在商业显示器领域占据主导地位。

（2） 适用于专用商业显示SoC芯片的操作系统架构创新。

基于“瘦-Pad”思想，明确云端和设备的接口功能划分和规范，并且明确渲染和AI推理模块，以及数据分析和报告模块。为了适应不同的应用场合和用户需求，特别容纳了模型切换机制。

（3）专用商业显示SoC芯片使用数据流计算技术的创新。

数据流计算在高度并发的场景中优于传统的控制流编程模型。而商业显示器系统并发任务多、而且任务依赖关系明确，特别适用与DAG方式来描述其任务。项目引入数据流计算技术，将降低设备的开发难度、提供较高的编程质量，以较低的硬件配置（较低的价格）获得更高的运行性能，从而为产品提高竞争力。

本项目拟解决关键技术问题包括：

（1）处理器核心和显示、音频等部件成功整合过程中的接口匹配、数据带宽问题：

在利用RISC-V处理器核和AXI总线整合多个音视频外设的项目中，关键技术问题主要包括实现处理器总线和设备接口实现匹配、保证数据带宽和低延迟传输。同时伴随的关键技术问题如何实现高效的数据缓冲和同步机制。

（2）操作系统移植开发相关的关键技术

关键技术问题包括确保硬件软件兼容性、完善驱动支持、保证系统稳定性以及开发调试工具。需要验证处理器是否完整实现了RISC-V架构的必要指令集，并通过测试用例确保操作系统在各种条件下的稳定运行。同时，开发调试工具对于问题定位和修复尤为重要。解决这些问题对于操作系统在自制RISC-V处理器上的成功移植和验证至关重要。

（3）数据流部件的数据条件准备识别和记录关键技术

该关键技术问题需要解决部件如何识别数据准备条件，在硬件表中记录数据依赖关系以及和软件线程的绑定关系，解决该问题才能实现加速功能。其次是如何修改处理器数据通路，将该部件结合进处理器架构中。

1. 研究方法和工艺技术路线（尽可能清楚地叙述研究的具体方法和技术路线，包括技术原理、实验方法、工艺路线、技术性能指标以及可行性分析等）

## 5.1 基于“瘦-Pad”商业显示器系统原理

本项目为基于云的“瘦-Pad”商业显示器系统框架结构，系统包括运营和节目开发两个配置。系统运行过程是基于云环境，包括共有云、私有云和微云（简单服务器），以分层分级形式组织，末端的显示端设备为“瘦-Pad”，具体包括以下组件。

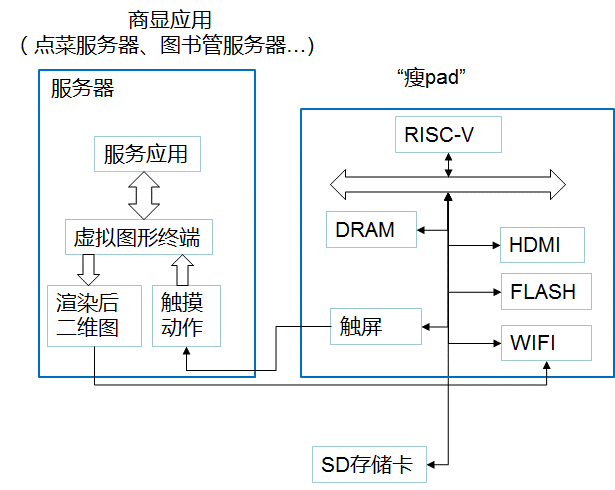


图 3 渲染-显示分离式商业显示系统示意图

运营时由云端服务器完成节目的渲染和相关AI推理，端设备主要负责视频解码和显示，其中端任务任务的执行将用到数据流计算技术。另外，在节目开发过程中用到数据流语言和开发环境。

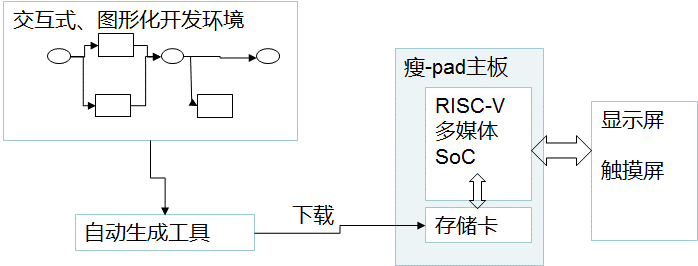


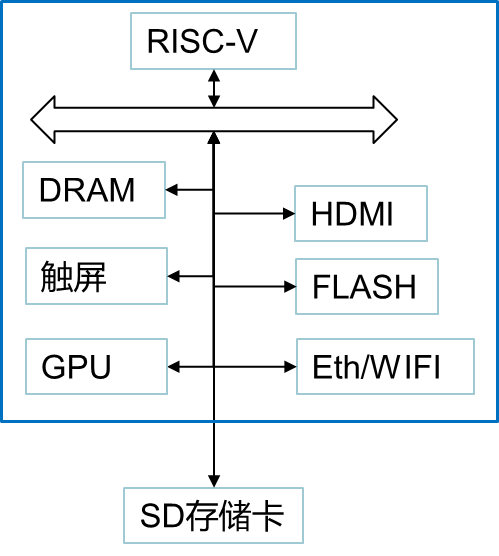
图 4 端设备上的数据流应用开发示意图

## 5.2 实验方法和技术/工艺路线

本项目对“瘦-Pad”概念系统的验证过程分成两个层面，先从芯片SoC的验证开始，然后对整个商业显示器系统（包括云和端）进行验证。

### 5.2.1 “瘦-Pad”概念的验证方法

其中芯片功能验证的全部环节需要我们进行开发，云端验证系统我们基于rk3568/rk3399作为替代（拥有更充分完整的软件栈）。从多个角度讲“瘦-Pad”的关键技术进行开发和验证，为渲染-显示分离的“瘦-Pad”专用芯片的产品化研制提供最重要的支撑。



1芯片SoC

功能验证

2云-端系统

功能验证

渲染-显示分离

“瘦-Pad”概念

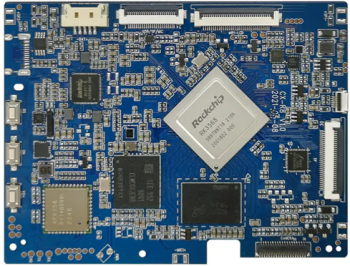
Linux/XV6

（轻量级）

+

通信、显示

验证软件



rk3568/rk3399

开源鸿蒙

OpenHarmony

数据流开发环境

显示播放应用

AI辅助系统

+

服务器操作系统

Linux

管理软件

系统管理

节目编排开发

数据收集和挖掘



云端服务器

图 11 DFRV处理器结构图

### 5.2.2 数据流特性的配套系统软件方案

为了配合多媒体计算任务，本研究设计的方案如图 5所示，图中带有阴影的方框部分为需要设计或研究的内容，具体包括以下内容。

首先设计一个C语言语法扩展方案形成新的DFC语言，用于描述数据流DAG任务。伴随着新的语法，必然需要研究相应的编译工具和运行库，我们采用基于源代码变换的方案，将DFC代码转换成基于DFC运行时runtime库的标准C代码，然后经过GCC编译链接形成可执行文件。其中的runtime运行库和AST变换用的框架代码用于支撑数据流执行模式，包括其中的主动数据管理和任务的调度执行框架性机制。同时需要设计新的Linux线程模型和相应的调度类，用于支撑DFC程序特殊要求和调度算法。然后研究其中的可靠性机制以应对大规模多核系统上可能发生的线程故障；最后研究数据流任务调度问题以获得性能优化，在感知底层NUMA细节的基础之上实现特殊的数据流任务调度算法。本项目通过构建出多核系统上的数据流运行环境的关键性的几个问题：DAG任务描述、DAG运行环境、DAG调度和可靠性问题，从而形成有机的完整的通用数据流执行环境。

DFC语言

扩展语法

XXX.DFC源代码

YYY.DFC源代码

ZZZ.DFC源代码

DFC编译/AST变换

计算任务

DAG图

XXX.C

YYY.C

ZZZ.C

GCC编译/链接

DFC runtime

DFC-ap**p**

DFC线程模型

DFC调度类

Linux内核

底层NUMA架构

感知

图 5 项目整体方案示意图

最底层是一个基于C语言的数据流扩展，为了支持数据流执行模式，主要解决两个问题：

1.数据流任务的DAG图的表示；

2.数据流任务DAG图的执行。

数据流DAG图中的任务依赖关系，可以通过多种方式。我们则采用C扩展代码来描述数据流任务函数内部行为——只需要将C语言普通函数参数的定义进行少量修改，也就是说C语言进行语法扩充来实现数据流DAG图的描述，该工作已经初步完成编译器和运行runtime环境的原型，并已经获得专利授权。

借助于词法分析和语法分析构建出抽象语法树AST的中间表示，然后再输出基于线程的C程序代码——其中还要调用runtime运行时库。DFC系统工作时如图 6所示。

df\_Fun1{…};

df\_Fun2{…};

App\_main(){

…

}

DF-C源代码

DF-C编译器

DF-C可执行文件

DF-C库

main(){

DF\_init(…);

App\_main();

DF\_finish();

}

就绪DF任务

DF工作线程

df\_fun1

df\_fun2

df\_start()

激活

调度

修改数据条件并

判定数据条件

DF函数执行结束前执行DF\_DC\_update()

图 6 DFC工作原理及运行示意图

其中数据流任务线程将基于现有Linux线程扩展而来，我们将修改Linux内核完成以下扩展：1）将进程/线程PCB内容增加数据流中间数据的管理，我们称这些数据为主动数据；增加数据流任务激活运行所需的信息以支持特定的同步；2）在调度机制上增加一个新型调度类DF调度类，与现有的CFS、RT、START、IDEL调度类平行，内部将记录多个DAG以及和线程间的映射关系，支撑后面的数据流调度算法。

## 5.3 可行性分析

### 5.3.1 处理器设计的可行性

开发一个集成了HDMI、I2C和SPI接口的RISC-V处理器在当前技术环境下是完全可行的，因为RISC-V作为一种开源指令集架构，已经拥有了广泛的社区支持和丰富的开发资源。RISC-V的灵活性和可扩展性使得它能够适应各种不同的应用需求，而HDMI、I2C和SPI这些常见的接口标准则提供了与外部设备通信的能力，从而扩展了处理器的应用范围。通过使用成熟的设计工具和IP核（Intellectual Property Core），开发者能够快速实现这些接口的集成，并进行定制化的优化，以满足特定应用的性能和功耗要求。此外，开源社区和商业供应商提供的广泛的文档和技术支持进一步降低了开发难度，加速了产品的上市时间。因此，利用现有的技术资源和社区支持，开发一个集成了HDMI、I2C和SPI接口的RISC-V处理器不仅是可行的，而且可以高效地实现。

团队成员已经在常见的RISC-V处理器上进行了开发和设计，并对数据流计算的某些特性进行了加速设计，成果已经发表在学术期刊上。为项目的正常推进提供了有力的保证

### 5.3.2 操作系统移植的可行性

为RISC-V处理器移植和适配Linux操作系统是完全可行的，这一点已经通过多个成功的实践案例得到了证明。RISC-V架构因其开放性和灵活性，已经吸引了广泛的社区和产业界的关注，形成了一个强大的生态系统。其中，Linux内核已经添加了对RISC-V架构的官方支持，这意味着开发者可以直接在RISC-V处理器上运行Linux操作系统。一些知名的例子包括SiFive公司推出的HiFive Unmatched开发板，它搭载了基于RISC-V架构的处理器，并能够运行完整的Linux操作系统。此外，还有许多开源项目和社区贡献者致力于优化Linux在RISC-V处理器上的性能和稳定性，进一步推动了这一领域的发展。这些案例和资源的丰富性表明，为RISC-V处理器移植和适配Linux操作系统不仅是可行的，而且已经成为了一种成熟和广泛采用的解决方案。

项目组成员在操作系统领域有大量的积累，不仅出版了系列操作系统相关的教材，对Linux内核有详尽的分析。而且在开源鸿蒙OpenHarmony等方向也有丰富经验，是深圳大学鸿蒙俱乐部的组织者和管理者。为项目研发工作中的操作系统移植工作提供了有力的保障。

### 5.3.3 数据流系统软件的可行性

在基于Linux的多线程环境中实现一个基于DAG（有向无环图）图的任务调度和运行库是非常可行的，因为Linux提供了强大的多线程和进程管理能力，能够支持复杂的任务调度策略。DAG图是一种常用来表示任务之间依赖关系的数据结构，它能够清晰地展示哪些任务可以并行执行，哪些任务需要等待其他任务完成后才能开始。利用Linux的多线程能力，可以将DAG图中的任务分配到不同的线程上执行，从而实现高效的并行处理。已经有许多成熟的库和框架，如Intel的TBB（Threading Building Blocks）和OpenMP，它们提供了类似的功能，并已经在Linux环境下得到了广泛的应用和验证。此外，Linux的强大的社区支持和丰富的开发资源也为开发和优化基于DAG图的任务调度和运行库提供了有力的保障。因此，这项工作不仅是可行的，而且有望达到高效和稳定的运行效果。

项目组成在数据流计算领域已经拥有多项专利，发表了相关的学术论文，设计数据流计算软件和硬件等多个方面。项目组成功在x86处理器+Linux的系统上实现了数据流编程库。

1. 总经费预算、资金筹措方式及来源（包括项目总投资概算、依据、新增资金筹措及来源、资金使用计划等）

## 6.1项目总体经费预算

本项目总投资预计329万，其中企业自筹资金229万，政府资助资金100万。

## 6.2自筹资金来源

企业自筹资金部分，公司现有储备资金 200 万，其中 150 万将投入到本项目的研发中；另外，企业目前已经具备了开展业务的能力，预计在项目执行期内可以产生 80 万利润，其中 60 万将投入到本项目的研发中；同时，企业也正在积极开展与投资机构、投资人的接洽，预计在明年内可以完成天使轮融资，预计融资金额 500 万元，最后，企业股东可以视情况继续增加对企业的注资。总之，在项目执行期内，企业有足够能力来保障自筹资金的顺利到位。

## 6.3资金使用计划

2023年，总投入预计64万元，其中设备投入30万元，业务投入20万，劳务投入14万元；预期完成主要开发设备的购买，开发环境租赁，初步试制材料的购买；

2024年，总投入预计150万元，其中设备投入70万元，业务投入25万元，劳务投入55万元；预期完成FPGA原型设计及试制，完成核心操作系统代码编写；

2025年，总投入预计115万元，其中设备投入40万元，业务投入20万元，劳务投入55万元；预期完成FPGA原型结构定型，核心操作系统测试及验证，SoC核心性能的优化完善，申请相关知识产权保护以及论文、标准撰写。

1. 项目进度安排（包括实施年限、每半年的工作进度安排等）

项目进度安排为4个阶段，各自为半年时间：

1）2024/01~2024/06: 完成处理器核的设计、通过AXI总线整合基本的I2C、I2S、DDR接口，整合VGA或HDMI接口，可以运行RISC-V代码并进行图形显示。撰写专利申请书1项。

2）2024/07~2024/12: 完成XV6、Linux或OpenHarmony Lite-OS的移植；完成数据流硬件加速部件的设计和验证；完成显示驱动、音频驱动，实现多媒体展示基本功能。撰写专利申请1项，申请软著1项。

3）2025/01~2025/06: 完成数据流运行库，测试验证数据流加速对客户端任务的加速效果；完成端设备的数据流图形化开发环境。申请软著1项，撰写学术论文2篇，并完成投稿。

4）2025/07~2025/12: 完成系统原型功能的验证，测试FPGA硬件的工作频率，推测产品的最终性能和价格。进行第三方测试获得相关测试报告，撰写项目结题报告。

1. 预期的经济、社会效益分析及成果应用、产业化衔接情况（包括产品成本分析、产品单位售价与盈利预测、市场容量和占有率预测、项目投资评价、经济效益指标、社会效益或应用效果、成果转化和产业化安排等）

## 8.1经济效益分析

根据平安证券研究所发布的行业研究报告显示，从2016年开始，国内商业显示行业进入了快速发展期，2016年国内商业显示产品市场规模约为364亿元，预计至2024年市场规模将上升至1106亿元，商显芯片成本约占商业显示器的10%至15%计算，商显芯片的市场规模在100至150亿之间。而目前国内尚未有商业显示行业专用芯片，可以想象，本项目若成功研发，即使以3%的市场占有率保守预计，本项目顺利研发将能够创造3至4.5亿的经济效益。

## 8.2社会效益分析

### 8.2.1对行业的影响

当前，商业显示器行业的竞争主要通过性能堆砌、外观设计、以比拼价格和营销模式来进行，本项目的研发有望成为商业显示器行业的基石，引领行业竞争走向芯片自研的技术竞争模式。

### 8.2.2 提升商业显示器的安全性

本项目核心技术将由项目团队完全自主研发，在操作系统和应用软件方面也将采用国产操作系统和应用软件，以及与国内云服务提供商合作，可以提高自主可控性和数据安全。

### 8.2.3带动就业

商显芯片是商业显示器的重要环节，其上游包括IC设计、晶圆制造及加工、封装及测试环节，下游为商业显示器制造行业，本项目将对上下游行业的就业带来积极影响。

### 8.2.4吸引人才

本项目负责人与承担单位已达成合作意向，将以股东身份带领团队核心技术人才加入承担单位，本项目的成功实施，有望为天津引入数名高端人才。

### 8.2.5推动科技自主创新的发展

科技自主创新是一个国家科技产业发展的重要支撑。承担单位选择自主研发商业显示芯片，无疑是在为中国商业显示产业的自主创新之路进铺垫。这将进一步推动中国商业显示产业的发展，促进国内企业技术水平的提升和创新能力的增强。同时，这也有助于降低对外部技术和市场的依赖，加快自主创新的步伐。

## 8.3产业化衔接情况

本项目的承担单位已经进入商显市场的主板及软件行业，将在项目研发期间将在行业内积极布局，积累产业及客户资源，为项目未来产业化打下良好基础，本项目产业化最终由承担单位衔接。

1. 研究工作基础及条件（包括现有技术和工作基础、已具备的实施条件、国内外的专利情况、研究队伍和产学研合作情况、是否取得前期成果，国家和市财政资金前期资助情况及其与本项目之间的关系等）

## 9.1现有技术和工作基础

项目组在1000+核的华为KunLun 9032昆仑小型机（类Exascale系统）上进行了数据流语言及其运行环境的开发，并用所开发DFC语言在昆仑小型机上进行验证和测试。该工作是大数据国家工程中心的“大数据一体机”子任务之一，相关结果已经发表论文“Z. Du, J. Zhang, S. Sha and Q. Luo, "Implementing the Matrix Multiplication with DFC on Kunlun Small Scale Computer," 2019 20th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT), Gold Coast, Australia, 2019, pp. 115-120.”

## 9.2已具备的实施条件

本项目负责人隶属于深圳大学计算机与软件学院的高性能研究所，该研究所由陈国良院士在 2009 年创立，从事高性能计算领域的研究，经 14 年的建设，已经具备了研发个人高性能计算软硬件的能力和条件，已经成功研制了 SD-1、SD-2 以及 SD-30 龙芯系列个人高性能计算机（PHPC）等，该系列 PHPC 成果已获教育部科技进步二等奖。研究团队所在广东省普及型高性能计算机重点实验室、深圳市应用计算重点实验室，提供了研究所需的场地、设备等必要和充分的研究条件。研究团队还可使用本学院“大数据系统计算技术国家工程实验室”的研究环境，包括使用昆仑小型机——华为KunLun 9032，能够在1000+核数的环境下开展与本课题相关的研究。

## 9.3已申请课题情况

申请人罗秋明，组成的团队长期从事国产高性能计算机研究，涵盖系统软件和硬件架构，具有丰富的科研经历，在龙芯平台、国产OpenPower8平台上开展了软硬件相关研究，近几年主要的科研项目如下：

[1] 通用数据流DFC语言及其执行环境的关键技术研究，深圳市科创委稳定支持项目，30万 上述项目是本项目的基础，提供了数据流语言和运行环境runtime的原型实现，正是基于上述基础，本项目才可能设计和实现一个标准化的DFI数据流编程接口等后续研究。

[2] 基于开放技术的可信多路高端计算系统研发， 深圳市技术攻关研究项目， 160万， 本项目的基于IBM OpenPower8 CAPI技术的硬件加速器研发，所研究的FPGA加速部件与主处理器cache一致性思路，证明该方案是加速部件获得高性能的有效途径，这也是本项目申请底层优化的参考方向。

[3] 云环境中的异构存储资源分配与性能优化研究, 深圳市基础研究项目，30万，

本项目的资源分配属于组合优化问题，与本项目的数据流DAG图的接纳调度上具有类似特点，可以作为间接的技术支撑。

[4] 支持“内存计算”的众核操作系统关键技术研究，深圳市基础研究项目，30万

## 9.4已申请专利情况

团队在比较接近Exascale的计算系统上开发了DFC（DataFlow C）语言及其运行环境的原型，展示了良好的易编程性和可扩展性，也再次验证了关于Exascale计算系统必将转向数据流执行模式的趋势。

相应的DFC语言研究过程中，我们将相关技术申请了专利，其中已获授权专利如下：

[1]一种基于C 语言的语法扩展方法、装置及终端设备，申请号：201811093285.2

[2] 提升数据流机运行效率的方法、装置、设备及存储介质，申请号：201910124995.5

1. 承担单位简介及合作方式（包括承担单位的实力、生产经营状况、财务状况以及合作的具体形式等）

## 10.1承担单位简介

天津宇翼开鸿智能科技有限公司成立于2023年，现有员工18人，是一家专注于移动及嵌入式设备、OpenHarmony操作系统研发、生产、及销售的高新技术企业，公司致力于为广告机行业提供完全国产化的，更加安全、经济、高效的操作系统与芯片解决方案。公司创始人在创立本公司之前，经营有多家行业内科技型企业，年销售额超过千万级别，可以为公司导入大量产业资源及业务资源。

## 10.2生产经营情况

公司自2023年6月成立以来，得益于创始人在行业内的积累，已经完成了团队基本架构的搭建，具备了独立承接业务的能力。目前已经与行业内多家企业达成了意向合作，具备持续造血能力.

## 10.3财务状况

公司2023年7月净资产为0,8月净资产为3000000元，9月净资产为3742774.88元，单月资产增长了12.4%，未来，随着股东的持续注资以及业务开展，仍将保持正增长。

## 10.4合作具体形式

本项目申报人与承担单位已达成合作意向，未来将以股东身份加入承担单位，本项目所有研究成果归属承担单位所有。

1. 项目负责人及主要成员简介（姓名、性别、年龄、学历、学位、技术职称与职务以及与本项目相关的主要工作业绩、获奖、入选国家和市级人才计划情况等）

## 11.1 项目负责人

罗秋明，男，49岁，深圳大学,计算机与软件学院, 副教授。研究方向：高性能计算。主讲课程：计算机体系结构、操作系统。近年参与基于龙芯多核处理器的普及型高性能计算机KD-60、KD-90、SD-1、SD-2和SD-30的研制，获教育部科技进步二等奖。著《OpenMP编译原理及实现技术》、《Linux技术内幕》、《操作系统之编程观察》、《Linux GNU C程序观察》和《操作系统原型——xv6分析与实验》，译《Intel Parallel studio 环境下的并行程序设计》（以上都由清华大学出版社出版）。

教育经历 ：

(1) 1999-9至2003-12, 华中科技大学, 计算机体系结构, 工学博士, 导师: 周敬利

(2) 1996-9至1999-7, 桂林电子工业学院, 通信与信息系统, 工学硕士, 导师: 郭学仁

(3) 1992-9至1996-7, 西安电子科技大学, 电子工程, 工学学士

科研与学术工作经历：

(1) 2004-3至现在, 深圳大学, 计算机与软件学院, 副教授

主持或参加科研项目（课题）：

科技部，国家重点研发计划，（主持）云边协同工业大数据知识迁移技术-子课题，2021YFB3301503，2021-12~2024-11，78万，在研。

深圳市科创委，稳定支持项目，（主持）20200811201536001，通用数据流DFC语言及其执行环境的关键技术研究，30万 2021.1~2022.12 ，在研。

深圳市科创委，技术攻关研究项目，（主持）JSGG20170822110100205，基于开放技术的可信多路高端计算系统研发，2017-2020，160万，已结题。

深圳市科创委，基础研究项目， JCYJ20170302153920897，云环境中的异构存储资源分配与性能优化研究，2017~2019，27万，已结题

深圳市科创委，技术攻关研究项目，（参加）JSGG20170822110100205，基于龙芯集群平台的科学计算关键技术研究，2016~2017，300万，已结题。

代表性研究成果和学术奖励情况

代表性论著

(1) Qiuming Luo; Feng Xiao; Zhong Ming; Hao Li; Jianyong Chen; Jianhua Zhang; Optimizing the Memory Management of a Virtual Machine Monitor on a NUMA

System, IEEE Computer , 2016.夏季, 49(6): 66-74. (期刊论文)

(2) Qiuming Luo; Feng Xiao; Yuanyuan Zhou; Zhong Ming; Performance Profiling of VMs on NUMA Multicore Platform by Inspecting the Uncore Data Flow, 2015 IEEE 17th International Conference on High Performance Computing and Communications, New York, USA, 2015-8-24至2015-8-26. (会议论文)

(3) Qiuming Luo; Yijun Zhang; Chao Guo; Jie Liu; Compression and De-calcification for Memcached, 2016 IEEE 18th International Conference on High Performance Computing and Communications, Sydney，Australia, 2016-12-12至2016-1 2-14. (会议论文)

(4) Luo, Qiuming; Zhu, Cuiping; Liu, Gang; Mao, Rui; WebGlusterFS: A web-based administration tool for GlusterFS with resource assignment for various storage demands, COMPUTERS IN INDUSTRY, 2018.春季, 100: 21-30.

(期刊论文)

1. Luo, Qiuming; Guo, Chao; Zhang, Yi Jun; Cai, Ye; Liu, Gang; Algorithms designed for compressed-gene-data transformation among gene banks with different references, BMC Bioinformatics, 2018, 19(1). (期刊论文)

学术奖励

(1)基于自主龙芯CPU的个人高性能计算机研制及其基础软硬件, 教育部, 科技进步,省部二等奖，2015(陈国良; 张俊霞; 蔡晔; 刘刚; 毛睿; 孙广忠; 张国义; 陈峰;章隆兵; 罗秋明; 徐云; 郑启龙; 立春生; 李会民; 张福新). (科研奖励)

论著之外的代表性研究成果

(1) 罗秋明; 张靖; 一种基于C 语言的语法扩展方法、装置及终端设备, 2019-3-19,中国, 201811093285.2. (专利)

(2) 罗秋明; 张靖; 毛睿; 提升数据流机运行效率的方法、装置、设备及存储介质, 2019-5-10, 中国, 201910124995.5. (专利)

(3) 罗秋明; 刘国强; 毛睿; 刘刚; 基于数据局部性的访存方法, 2018-2-9, 中国, 201510165618.8. (专利)

(4) 罗秋明; 郭超; 张义军; 刘刚; 一种内存分配的方法及装置, 2017-3-29, 中国,201610813881.8. (专利)

(5) 王梅; 罗秋明; 肖正兴; 肖锋; NUMA架构系统在虚拟机环境中的访存优化方法及系统, 2015-6-24, 中国, 201510037275.7.(专利)

## 11.2 项目组其他主要成员

魏轩，男，44岁，1986年天津大学机械电子工程专业毕业，毕业后加入北控集团下属公司从事政务信息化平台研发工作，历任公司研发部经理、技术总监等职务。具有多个省级大型信息化系统研发经验，熟悉政务信息化系统研发的各个环节。 负责过北京市社会保险三险合一系统、山西省税收集中征管系统、天津市建设工程质量监管平台等系统的总体设计及开发工作。2015年至2018年在天津大学管理学院攻读管理学工程硕士课程，发表论文1篇。2016年起自主创业，创立人易宝平台，从事国产化软件及智能硬件研发业务。公司开发的软件产品入选“国家级信息技术应用创新典型解决方案”。拥有著作权、专利近100项。在本项目中负责SoC原型系统整体架构设计。

刘强强，男，35岁，2022年加入天津人易宝智能科技有限公司，期间主要从事国产化智能硬件及软件的研发。任职期间参与Opharmony操作系统的移植适配工作，期间与深圳大学罗教授团队成员交流协作，完成了OpenHarmony 在RK3399、RK3568国产cpu开发板上的移植工作，并验证了GPU、4G模块，wifi等可用性。在本项目中负责wifi、4G模块的移植。2022~2023年迁移智能大厅业务预约系统、仲裁系统两个系统到国产化服务器鲲鹏920和Kylin操作系统，打造基于全国产化底座应用创新解决方案，并获得了华为鲲鹏技术认证书，同期两种方案系统同时荣获华为应用领域天津赛区原生应用和一体机创新方案双三等奖。本项中负责兼容性测试、技术证书认证以及团队比赛。

张丹林，男，24岁，2022年7月毕业于天津中德应用技术大学，21年底加入天津人易宝智能科技有限公司实习，期间从事国产化智能硬件及软件的研发。2022年9月开始了OpenHarmony操作系统的移植、适配。2023年到深圳大学与罗教师团队进行了交流学习，此后期间完成了OpenHarmony 在国产化rk3399、rk3568开发板上的移植，并移植了GPU、4G模块，wifi等功能，也验证了这些功能的可用性，主要担任了GPU、4G模块、wifi的移植，同年与公司同事组成的团队参加鲲鹏2023应用创新大赛，我们团队以智能大厅业务预约系统+Galactic Kylin+鲲鹏硬件设备+OpenHarmony操作系统构成的全栈国产化应用技术创新方案荣获华为应用领域天津赛区原生应用三等级。本项目中主要负责方案的负责兼容性测试以及团队比赛方案的讲解。

王军，男，43岁，2005年7月毕业于北京理工，2005年7月至2016年12月就职于南开大学数学学院，期间致力于大数据与图像相关的人工智能算法，完成高水平文章5篇。2017年1月就职于天津大学数学学院，致力于研究人工智能算法特别是复杂社会系统的研究，期间独立承担横向课题5项，承担国家重点研发项目子课题1项，参与国家自然基金项目4项，完成科研文章8篇，授权专利3个。在本项目中负责GPU驱动算法设计。

刘森宏，男，深圳大学计算机与软件学院研究生，在高性能计算研究所长期从事系统软件研究，对国产开源软件、国产开源鸿蒙有着浓厚的兴趣。长期活跃于鸿蒙社区，如微信社区：“ohos第三方板移植”，“Openharmony开源开发者成长计划”，“SIG-OpenGfxDrv”等。熟悉内核工作原理，项目包括XV6,《操作系统真象还原》。实现的机制包括信号机制，中断下半部分处理机制以及内存管理模块的页迁移和反向映射机制。在开源Linux内核的AsoC板块有过贡献，已经正式纳入Stable版本。

吴坤忠，男，深圳大学计算机与软件学院硕士研究生，本科毕业于深圳大学测控技术与仪器专业，现于深圳大学高性能计算研究所从事系统结构研究，熟悉ARM单片机，Linux操作系统，FPGA，擅长嵌入式开发。项目经历包括：智能垃圾分拣车开发；基于labview和stm32的RFID门禁系统；Soc外设硬件设计，主要项目为基于RISC-V内核的VGA显示系统设计。

唐立鑫，男，深圳大学计算机与软件学院研究生，本科毕业于广州大学电子与通信工程学院。现在高性能计算研究所从事系统软件研究，对系统调度、并行计算等方向有浓厚的兴趣。参加过第九届全国大学生光电设计竞赛，获全国一等奖。熟悉linux环境下编程。

12．风险分析（包括技术、人员、市场、政策和项目承担单位等方面）

## 12.1风险分析

### 12.1.1技术风险

本项目的研发涉及多种复杂的技术，如集成电路设计、软件开发、测试等，这些技术本身就存在风险，如设计缺陷、技术难题等。另外，随着技术的不断进步，新的技术不断涌现，如果企业不能及时掌握新技术，可能会被竞争对手超越。

### 12.1.2 人员风险

本项目需要高素质的人才支持，如果企业缺乏足够的人才储备，可能会影响研发进度和市场推广，人员的稳定性也非常重要，人员流动过大也会对项目研发造成风险。

### 12.1.3市场风险

项目所处市场竞争激烈，企业需要面对来自众多竞争对手的挑战。同时，市场需求变化快速，企业需要密切关注市场动态，不断推出符合市场需求的新产品。

### 12.1.4政策风险

政策稳定性风险：项目研发需要长期投入和持续的技术积累，政策环境的稳定性对于企业的发展至关重要。如果政策环境变化频繁或不稳定，可能会对企业的研发计划和资金投入产生影响，甚至会导致企业的研发失败。

### 12.1.5承担单位的风险

本项目研发需要稳定的资金投入，如果企业资金链出现问题，可能会影响研发进度和市场推广。

## 12.2应对策略

### 12.2.1 技术风险的应对策略

建立完善的技术风险管理体系：通过建立完善的技术风险管理体系，加强对技术的管理和监控，以应对技术风险。

### 12.2.2人员风险的应对策略

建立完善的人才管理及晋升体系，为研发人才提供稳定的工作环境及合适的晋升通道，保障承担单位的人员稳定性。

### 12.2.3市场风险的应对策略

密切关注市场动态和需求变化，及时调整研发方向和产品定位。同时，需要加强市场营销和推广，提高品牌知名度和竞争力。

### 12.2.4政策风险的应对策略

密切关注政策环境的动态，加强与政府部门的沟通和合作，了解和适应政府政策的走向和市场需求的变化。同时，也需要加强内部管理，提高合规意识和风险管理水平，确保企业的研发活动符合相关法规和标准的要求。

### 12.2.5 承担单位风险的应对策略

制定科学的资金计划和管理方案，确保资金的充足和合理使用。同时，需要积极寻求政府支持和投资机构的合作，降低企业的资金压力。

|  |
| --- |
| **项目申报人承诺：**  1. 按照《天津市科技计划项目管理办法》（津科规〔2022〕7号）规定的项目负责人职责进行项目申报和实施；  2. 本申请书提供的材料真实可靠，不存在知识产权争议；  3. 项目信息表中所填内容与资金预算表、项目实施方案等材料完全一致；  4. 其它（请叙述）：  项目申报人签名（亲笔）： |
| **申报单位承诺：**  1.按照《天津市科技计划项目管理办法》（津科规〔2022〕7号）规定的项目第一承担单位职责进行项目申报和管理；  2.申请政府补贴资金额度不能得到完全批准时，差额部分自筹，考核指标不下降；  3.同意市科技局在政务公告和对外宣传中使用本项目的相关信息；  4.其它（请叙述）：  法定代表人签字（盖章）： 财务负责人签字（盖章）：    （单位公章） |