

教育部工程研究中心年度报告

(2023年1月——2023年12月)

工程中心名称：嵌入式系统

所属技术领域：信息与电子工程

工程中心主任：陈耀武

工程中心联系人/联系电话：田翔/13588302794

依托单位名称：浙江大学

2025 年 3 月 15 日填报

一、技术攻关与创新情况

浙江大学嵌入式系统教育部工程研究中心在2023年持续致力于“高性能嵌入式计算”、“嵌入式处理器和系统芯片设计”、“嵌入式多媒体实时处理”三个核心领域的深入研究，取得了显著的技术攻关进展，涌现出多项代表性成果。以下是2023年度的重要进展和突破性创新成果：

在高性能嵌入式计算领域，中心对相控阵成像声呐超分辨率实时成像技术进行了深入的理论研究，创新性地使用概率映射的复数域快速软阈值迭代算法，有效缓解了传统声学图像处理中旁瓣噪声的问题。中心将高性能嵌入式计算技术应用于生物医学工程与神经工程学科交叉研究中，在国家自然科学基金重大科研仪器项目结题成果以及科技创新2030“脑科学与类脑研究”重大项目子课题“脑机融合研究神经采集模块研发”的基础上，中心进一步完善设备的测试验证和优化，并推广在动物实验中的应用，加速了在脑科学领域的探索与布局，为未来的研究奠定了坚实的基础。同时，中心与多家临床医疗机构展开合作研究，提出了一种新型定量光学弹性（QME）准静态压缩位移计算方法，并建立可GPU加速的位移矢量模型，显著缩短了组织弹性模型的计算时间，为研发基于QEM成像技术的浅层生物组织快速成像仪器打下了坚实的基础。

在嵌入式处理器和系统芯片设计领域，中心在嵌入式处理器、办公打印、能源电力、生物医疗、数模混合、国防军工等方面产出了一批科学前沿研究成果，在国家重大战略需求与重大应用方面发挥着越来越重要的作用。在嵌入式处理器方面，中心继续助力平头哥实现玄铁处理器全新升级和产业化应用推广。在打印芯片方面，自主研制的系列国产黑白激光打印机核心SoC芯片应用规模实现大幅提升，跻身国内外市场前列。在此基础上，依托国家重点研发计划项目研制的国产彩色打印机主控芯片已完成流片并装机。在电力芯片方面，自主研制的“国之重器”——伏羲系列国产电力专用芯片国产替代规模持续扩大。更进一步地，中心开展了电力细分领域的芯片关键技术研发并取得了实质性进展：其中，国家重点研发计划“电力专用边缘计算芯片研究与设计”项目获得高分验收评价（等级优，项目组最高分），芯片成果已在广东、贵州多个示范工程可靠运行；电能质量芯片及电力边缘计算芯片MPW试制项目均已完成项目验收；物联控制芯片关键技术研究及其工程化量产项目均在有序开展中。在生物医疗方面，研制了系列低功耗通信与传感芯片，与目前国际同类产品相比，均达到领先水平，发表ISSCC 2篇，JSSC 2篇。在数模混合芯片方面，研发了一款数字麦克风接口芯片，一种双路径混合电源管理芯片、一种高动态范围噪声整形电流型ADC及系列数字隔离芯片，性能可对标国际先进水平，逐步开展量产应用中，发表ISSCC 1篇，JSSC 1篇，TCAS 1篇。国防军工方面，研制的GF芯片应用于总参、HJJ、14所、30所、公安部1所等单位，实现弹载舰载和保密芯片安全自主；承担军委项目“芯粒设计流程研究”，助力浙江大学进入军口chiplet设计规范制定9家成员单位之一。

在嵌入式多媒体实时处理领域，中心联合日本富士电机公司，针对嘈杂实地工业生产现场的设备异常检测需求，提出了基于频谱重排和特征检索的无监督异常声音检测算法，在公开数据集和日本富士电机公司提供的私有数据集上均达到了领先水平。中心承担了国家重点研发计划项目“基于行为学智能分析的老年人失能能力状态评价关键技术研发”，采用智能分析技术对老年人的不同功能维度进行分级评估，提出了智能化失能风险评估技术，针对家庭场景和社区场景，根据场景实际条件限制，具有针对性的老年人对失能风险进行系统性评估。同时，中心融合多媒体信息处理、脑科学、认知科学与人工智能领域的研究手段，探究人脑及人工智能系统如何理解语言和语音，一方面，中心团队利用大语言模型建模、分析了对自然篇章阅读过程中的眼动数据的分析，发现语言序列的统计信息以及大模型中的注意权重均可以解释人类的阅读注视时间；另一方面，中心团队研究了复杂场景下语音识别的脑机制，回声可以极大削弱语音中特定频率的调制谱信息，团队依据回声语音进行了脑磁图(MEG)实验，表明人类听觉系统通过听觉场景分析机制，实现了语音和回声的分析，从而实现了语音的稳定神经编码，这些研究成果将对人脑语言、语音机制的研究产生了巨大推动作用。

二、成果转化与行业贡献

1. 总体情况

在国防军工领域，中心积极与相关研究所和企业合作，致力于关键技术研发，提升国家安全防护能力。在三维成像声呐领域，中心与中科院深海所共同研发出了高精度超分辨率声学成像算法，进行了嵌入式端侧设备的实时性优化，并将相关技术搭载到深海勇士号载人深潜器上，成功完成了1500米级深海测试；在惯性测量与导航技术方面，中心强化了三轴一体高精度加速度计产品的可靠性与稳定性研究，开展了大量的验证实验并作出多项改进，实现了产品的质量体系扩项，完成了初样阶段产品的交付任务；在微弱信号探测研究方面，中心完成了两次大型外场试验，取得较好的效果，为后续发展打下了基础。

在国产芯片和处理器领域，中心面向国家重大战略需求，坚持自主研发道路并积极推进国产化嵌入式CPU和SoC技术成果在多个行业领域的应用，打破特定领域核心芯片依赖海外进口困境，维护国家信息安全。中心不断助力平头哥研发更高性能的自主化玄铁处理器为各类场景提供计算核心，截至目前玄铁处理器累计授权芯片出货数量超30亿颗；中心与国家电网、南方电网、智芯微等电力行业龙头企业不断深入合作，致力于研发覆盖多元电力场景、多类电力终端/边缘设备，具有自主可控、安全可靠、智能高效等特点的系列国产电力专用CPU芯片，助力电网可控安全防护能力提升，促进电网数字化转型升级；中心与极海、奔图在打印机芯片自主研发与产业化应用道路上始终携手同行，联合研制的国产黑白激光打印机系列核心SoC芯片量产规模快速增长，截至目前累计出货超10亿颗，支撑奔图打印机市场占有率国际前四、国内前二，支撑极海耗材市场占有率全球第一，突破了国内打

印主控芯片长期依赖海外进口的困局，推动我国打印产业跻身世界前列。在此基础上，中心与合作伙伴依托国家重点研发计划，志在补足国产彩色打印机芯片关键技术短板，目前该项目已完成流片并装机。

在国民医疗健康领域，中心与多家医院开展紧密合作，采集了超过2000例老年人行为数据进行分析，并基于机器视觉对老年人的行为、面部表情和情绪等信息进行识别，综合判断老年人失能风险，可以有效缩短失能评估时间，降低评估成本，对于家庭场景下老年人的智能监护项目落地有重要意义。此外，中心还对于“根治性切除术”中是否有残余肿瘤的临床问题进行了深入研究，并开展了基于定量光学弹性成像技术的肿瘤切缘检测仪器研发工作，目前已经完成医疗器械分类界定，并联合多家临床机构开展了进一步的临床研究。

2. 工程化案例

1) 相控阵成像声呐超分辨实时成像技术

近年来，随着国家海洋战略的需求升级，水下声学成像系统在水下考古、海洋资源开发、潜器避障和近海安防等领域有广泛的应用。为了提高声学图像的分辨率，声呐阵列需要更大的孔径和换能器数量，导致声呐系统的成本、功耗和计算量显著增加。

中心联合中国科学院深海科学与工程研究所，承担“深海/深渊智能技术及海底原位科学实验站”子课题，开展三维实时成像声呐系统研制，深入开展理论与工程研发。

2023年度，中心开展了超分辨率声学成像算法研究，采用概率映射的复数域快速软阈值迭代算法显著抑制了声学图像中的旁瓣噪声，针对实时计算需求进行算法优化，设计了基于卷积神经网络的快速软阈值迭代算法。研究成果在三维实时成像声呐系统样机中进行验证，系统样机随探索2号科考船参与TS2-28-1航次，部署于深海勇士号载人深潜器，完成1500m级深海试验。深海试验中完成了实际场景的三维实时声学成像，验证了系统样机的有效探测范围、探测精度等关键技术指标。

2) 脑机融合研究神经采集模块验证

2023年，中心在脑机融合研究神经采集模块研制的基础上，进行了各设备的测试验证以及优化，初步完成了两例动物实验验证。主要工作进展如下：

在小型化无线神经信号采集设备研制方面，中心测试了原理样机的功能和性能，并结合动物实验平台，初步完成了两例动物实验验证。

a. 啮齿类动物脑机接口实验平台实验验证

中心首先在实验大鼠运动皮层植入32通道电极以采集Spike信号。小型化无线神经信号采集设备通过接口与电极相连，完成神经信号预处理之后通过低功耗蓝牙传输到上位机显示软件。

b. 非人灵长类动物脑机接口实验平台实验验证

中心在非人灵长类动物脑机接口实验平台初步验证了小型化无线神经信号采集设备的多通

道采集能力和稳定性。实验中完成了猕猴64通道无线神经信号采集、Spike检测以及聚类实验。实验过程中，设备无线传输较为稳定，未发生丢包现象。

3) 国产电力专用SoC系列芯片研发

为打破国内电力芯片高度依赖海外进口局面，应对电网数字化、网络化发展下的精准测控控制需求，中心开展国产电力专用SoC系列芯片研制工作，覆盖电力系统变电、输电、配电、计量、新能源领域等多类终端装置以及电网边缘侧装置，提供电力工业级计算性能、安全功能和可靠性水平。相关芯片成果被鉴定为国际领先水平，已批量应用于国家重点工程并出口至10余个国家，获评央企国之十大重器，荣获了省部级科技进步一等奖5项，产生了显著的经济社会效益。在此基础上，中心继续围绕国家及产业发展重大战略需求，开展电力细分领域的芯片关键技术研发。本年度，中心学术带头人黄凯老师承担的电力边缘计算芯片国重项目获得了高分验收评价（等级优秀，项目组最高分），基于该成果芯片研发的电力边缘计算控制装置已在广东、贵州多个示范工程可靠运行，推动了数字电网边缘计算场景元件、装备与应用的升级换代。此外，电能质量芯片及电力边缘计算芯片MPW试制项目均已完成项目验收；物联控制芯片关键技术研究及其工程化量产项目均在有序开展中。国产电力专用SoC系列芯片的成功研制将为我国能源电力实现自主可控、安全可靠、智能高效提供有力支撑。

4) 国产办公打印核心SoC系列芯片

为了满足我国办公网络安全需求，中心的黄凯老师团队研制了系列国产黑白激光打印机核心SoC芯片，填补了国内空白，保障了国家打印信息安全。该成果芯片具备实时高效、安全自主等创新特点，两次被鉴定为国际领先水平，已批量应用于国产奔图打印机及多家国际主流品牌耗材中，截止目前累计出货超10亿颗，社会经济效益显著。该成果两次荣获中国电子学会科技进步一等奖，九次获工信部“中国芯”最佳市场表现奖/重大创新产品奖/特别成就奖等。基于该成果芯片，研发了首台国产奔图激光打印机，随着国产核心SoC的成功批量导入，奔图打印机的国内外市场占有率实现了质的飞越。据统计，目前主控系列SoC芯片支撑奔图打印机市场占有率国际第四、国内第二（仅次于惠普）、信创领域第一；耗材系列SoC芯片应用在奔图和国际主流品牌打印机，全球市场占有率第一。在国产黑白激光打印机核心SoC芯片成果的基础上，中心进一步聚焦突破彩色打印机芯片技术的瓶颈问题，开展彩色激光打印成像机理和色彩再现技术、异构多核体系架构、PUF(物理不可克隆技术)等关键技术研究，本年度依托国家重点研发计划项目研制的国产彩色打印机主控芯片已通过中期考核，完成了流片并装机。

5) 超高速数码喷印数据实时处理技术

近年来，纺织印刷市场呈现出不断上升的定制化和专业化需求趋势，这推动了数码喷印技术在该领域的广泛应用。数码喷印技术已成为纺织服装企业提升生产质量的关键支撑。为了应对市场需求的不断演变，纺织印刷企业对喷印系统在喷印效率、颜色管理精度、图像大小和分辨率等性能方面提出了更高的要求。在这一背景下，中心与合作伙伴杭州宏华数码科技股份有限公司在2023年度继续开展深度合作，在喷印缺陷在线检测和精准对位印花技术两方面均获得了显著成果。

a. 数码喷印缺陷在线检测技术

通过对数码喷印控制系统软硬件的深入研究和开发，中心进一步提升和完善了超高速印花缺陷检测系统的功能。该系统新增了对喷染缺陷和堵头等类型缺陷的检测，极大地提升了纺织印刷过程中的质量控制水平。除了功能上的增强，中心还通过采用更智能的算法和优化工艺流程，强化了数码喷印系统的自动化程度，减少了人工干预，有效提高了生产效率和准确性。该技术为纺织印刷行业提供了更加创新和高效的印花解决方案，使企业能够更好地满足市场需求并保持竞争优势。

b. 精准对位印花技术

精准对位印花技术是杭州宏华数码科技股份有限公司的核心技术之一。近来，市场对精准对位印花的需求以及应用场景不断增加，如刮印、双面仿蜡染印花、标签机器定位等，新的应用对识别的精度和速度提出了更高的要求。

新型的单遍（OnePass）打印机，打印幅宽2米，打印速度为每分钟60米，需要精准对位算法每秒完成132MB像素数据内1500个特征点的匹配，而现有的主流算法每秒只能适应每小时100米的打印速度。中心在已有成果的基础上对精准对位印花算法进行了GPU加速和长直线特征点匹配优化，整体运行效率提升了36倍，使之能够满足OnePass超高速打印机的应用需求，并且适应更复杂多样的打印花样。测试表明，当前的算法能够精准地实现目标特征点对位和图像配准，处理包含约180个特征点的单扫描（Pass）图像平均耗时仅为50ms，能够满足绝大多数应用场景的需求。

6) 基于定量光学弹性成像技术的肿瘤切缘检测仪器研发

精准的术中成像与检测仪器具有临床价值和市场前景。本中心团队针对“根治性切除术”是否存在残余肿瘤的临床问题，开展了基于定量光学弹性成像（Quantitative Optical Elastic Imaging, QME）技术的浅层生物组织快速成像仪器研发，取得了如下进展：

1. 研制了一种高信噪比光强调制模块，并优化了力学激发匹配方案，光学相干断层（Optical Coherence Tomography, OCT）扫描速率大幅提升。开发一种参考光强可调的OCT共享光路，增强了单点A扫的信噪比。在保证QME准静态压缩模型有效性的前提下，优化了光学-力学子系统匹配方案，全面提升了大视场扫描拼接过程的OCT B-Scan速率；

2. 提出了一种QME准静态压缩位移的计算方法，建立了基于GPU加速的位移矢量处理模型，进一步缩减组织弹性模量的计算时间；

3. 研发了QME自动扫描专家系统，缩短了包括成像准备、操作校正的时间，降低了成像仪器的操作门槛，提升外科医生在术中使用的接受度。

基于以上核心技术研制的肿瘤切缘检测仪器及其成像耗材，已经完成医疗器械分类界定，正在浙江省肿瘤医院、浙江大学医学院附属第一医院等多个医疗研究中心开展临床研究，可推广到病理科、乳腺外科等多个临床科室应用。

7) 无监督电机异常声音检测算法研究

信息化程度的提高极大推动了智能制造产业的发展，而其中机械异常检测是工业生产信息化的重要部分。机器的异常状况往往对应着异常的工作声音，可以通过对机器工作声音的录制与检测，发现可能存在的机器故障或其他异常事件，能够有效保障工业生产的可靠与安全。同时异常声音检测的输入来源简单，成本低廉，较为适用于各种工业现场。

2023年度，中心继续联合日本富士电机公司，在上一年度的基础上，针对嘈杂实地工业生产现场的设备异常检测需求，研发了基于频谱重排与特征检索的无监督异常声音检测算法。实地生产现场录制的声音中往往包含很多无规律的噪声，算法首先根据数据特点进行了相关预处理，再仅利用已知的正常声音数据进行了模型开发。同时考虑到实际应用场景中缺乏数据来源标签的问题，中心创新性地提出了频谱重排的方法进行模型训练，较好解决了数据仅含单一标签或不含标签的问题。该方法在公开数据集MIMII的高噪数据平均AUC达到0.90以上，部分类型数据平均AUC达0.95以上，具有较好的检测效果。在日本富士电机公司的实际场景数据中，提出的算法可以达到90%的准确率，符合企业的预期目标，同时该成果也为基于声音的工业异常检测领域带来了新的解决方案，具有重大实用意义。

8) 磁致伸缩位移传感器迟滞补偿技术

针对全国有近万个千吨以上的大型油罐需要的计量级高精度(0.01%F.S.)、长量程(24米)、高可靠性液位计长期依赖进口的局面，中心团队联合企业建立了多物理场耦合条件下磁-声能量转换模型，提出了一种基于Preisach模型的磁致伸缩位移传感器迟滞补偿方法，传感器迟滞误差降低至原来的1/3左右，通过自增益模块软硬件设计解决了长量程由于波导丝衰减导致无法检测的问题，实现了24米超长量程、示值误差0.003% F.S.的高精度磁致伸缩液位传感器。项目成果获得了2023年度中国石油和化工自动化协会技术发明一等奖。

9) 基于智能分析技术的老年人失能风险评估系统

2023年度，中心周泓教授团队承担国家重点研发计划项目课题《基于行为学智能分析的老年

年人失能能力状态评价关键技术研发》的研发工作。课题基于《国际功能、残疾和健康分类》（International Classification of Functioning, Disability and Health, ICF）框架，采用智能分析技术对老年人的运动、情绪、认知、视觉、听觉、言语等不同功能维度进行分级评估，提出智能化失能风险评估技术，针对家庭场景和社区场景，根据场景实际条件限制，具有针对性的老年人失能风险评估方案和综合评估系统。中心通过与首都医科大学宣武医院、北京康复医院、中国疾病预防控制中心和浙江大学医学院附属第一医院等多家单位紧密合作，已经完成超过2000例老年人数据采集与初步分析。目前主要取得了如下成果：

1. 提出基于深度学习开展了对老年人失能智能早筛评估的系统性研究，对于老年人的步态平衡，采用机器视觉的方式进行骨骼关节信息的收集与分析，老人只需要完成特定的动作即可，计算机会自动进行采样和推理计算，最终得出老年人平衡能力的跌倒风险的参考指数。
 2. 提出基于机器学习和深度学习的方法，结合图像处理、计算机视觉等技术，尝试对患者的面部表情进行量化分析，进而给出认知障碍程度评分，该评分所给出的结果与医生的专业判断一致率初步已经达到70%，后续有望提高至80%以上。
 3. 收集真实的老年人中文语音数据并进行划分和标注，创立以不同情绪为分类标准的老年人中文数据集，进一步进行模型训练、精准度提升等工作。在基于中文数据集训练的情绪识别模型上测试老年人中文数据集，并达到90%以上的准确率。
- 中心设计的智能化失能风险评估系统可以大幅缩短失能评估时间，降低评估成本，继而实现老年人普筛的场景落地。目前该项目申请了2件国际专利和7件国内发明专利，发表了3篇国际顶级期刊论文和4篇国际顶级会议论文。

3. 行业服务情况

浙江大学嵌入式系统教育部工程研究中心在行业服务方面积极开展了多项活动，与企业展开了合作技术开发，并为企业提供技术咨询，促进了校企之间的交流与合作。

2023年度，中心与多家国内外领军企业进行了紧密合作，共同开展了一系列技术研发项目。通过与企业深度合作，中心团队在嵌入式人工智能、智能制造等领域取得了显著进展，推动了相关技术的应用与推广。中心与我国数码印花行业领军企业杭州宏华数码科技股份有限公司继续就实时在线印花缺陷检测技术和精准对位印花技术展开了深入的合作，进一步提升了缺陷检测的算法的准确率和印花关键点匹配算法的运行效率，极大地提升了数码印花流水线的生产速度。中心联合石油化工企业建立了多物理场耦合条件下磁-声能量转换模型，基于Preisach模型提出了磁致伸缩位移传感器迟滞补偿方法，显著提升了传感器的量程和测量精度，并获得了中国石油和化工自动化协会技术发明一等奖，得到了行业的认可。中心与日本富士电机公司继续就“无监督电机声音异常检测算法”研究展开深入合作，开创性地提出了一种基于特征重排的自监督异常检测算法，算法性能达到了行业领

先水平，目前已经具备一定的实用价值，可进一步推广到更加具体的实地场景加以应用。中心与国内外众多科研机构积极开展了包括组织有影响力的集成电路领域的国际会议、在顶级国际会议/IEEE各学会/各 Council 的执委会任职、在各大国际会议作报告、与世界一流大学或科研机构实质性合作、指导研究生赴海外交流等多种形式的国际学术交流。如赵博老师负责组织ICTA TPC国际会议；研究所高翔老师受邀参加AACD2023会议，并受邀到米兰比可卡大学进行技术交流；郑飞君老师受邀参加IEEE CICC会议，并参观斯坦福大学、谷歌、Intel等高校及名企，与半导体专家进行技术交流；郑飞君老师受邀考察欧洲电子领域知名高校（KU Leuven及 IMEC）并进行国际创新和STEM协会内部人才交流；朱晓雷老师受邀到瑞典查尔姆斯理工大学及德国德累斯顿工业大学进行访问交流；屈万园老师赴德国汉诺威参加学术交流并做会议报告等。

此外，中心还参与了行业标准制定工作。2023年度，中心参与《硅基晶圆制造单位产品能源消耗限额》、《磁随机存储芯片可靠性检验规范》和《混合信号工业芯片仿真验证流程规范》等四部行业标准的制定工作，为行业标准的制定提供了专业的技术支持和行业经验。这些标准的制定将有助于规范行业内的技术与操作，提高产品质量和服务水平，推动行业的健康发展。

三、学科发展与人才培养

1. 支撑学科发展情况

浙江大学嵌入式系统教育部工程研究中心紧密围绕仪器科学与技术、电子科学技术和计算机科学与计算三个一级学科，聚焦于高性能嵌入式计算、嵌入式处理器与系统芯片设计、嵌入式多媒体实时处理等前沿领域。在2023年度，中心持续推动创新，积极探索关键技术，以促进相关学科发展，共发表或录用了45篇SCI/EI论文，新申请国家发明专利29项；新授权国家发明专利23项、国际发明专利3项。在项目承担方面，中心2023年新增项目30余项，项目到账总经费5310.00万元，为学科发展提供了充足的实践平台和资金支持。2023年度，中心还参与了中国半导体技术大会（CSTIC）2023，并投稿录用了4篇科研论文。CSTIC是中国规模最大、最全面的年度半导体技术盛会，也是亚洲最大的世界级半导体技术研讨会，汇聚了国内外的众多专家学者和行业精英，被录用的几篇论文彰显了中心团队在芯片半导体技术行业的研究实力，也为学科的进一步发展做出了贡献。此外，本年度中心还获得了中国石油和化工自动化协会技术发明一等奖、中国电力科学技术进步奖二等奖和中国产学研合作创新成果奖等科研奖励。

中心积极推动学科交叉与新兴学科的发展。在与生物医学工程、神经工程学科交叉研究方面，中心参与了科技创新2030“脑科学与类脑研究”重大项目子课题“脑机融合研究伸进采集模块研发”，并在2023年进行了初步动物实验，加速在脑科学领域的探索与布局；研制了一种高信噪比光强调制模块，加快了OCT扫描速率，并结合定量光学弹性技术，开展

了浅层生物组织快速成像仪器研发，旨在降低成像仪器操作门槛，缩短成像准备、操作校正时间，便于在外科科室中推广使用；中心面向机器人触觉感知应用，研发了一款具备事件驱动能力的适应性逐/次逼近电容传感器接口芯片，经实验测试，该技术实现了在1.6 μ W的待机功耗下，对48 个容性传感器的实时检测（响应时间 $<22.8 \mu$ s），同时，其事件驱动的工作模式使信号线的数据负载显著降低，单信号线可支持16 个传感器，较现有技术进步了1.87 倍；研发了一种基于 Δ \ Σ 反向散射和片上天线的连续血糖监测芯片，实现了1平方毫米的芯片面积和1cm的供电传输距离。该芯片实现了全集成、无电池、无片外元件，相比于国际上最先进的同类芯片，该芯片面积缩小了49%，血糖检测范围扩大了1倍，该成果发表于JSSC’ 2023。

2. 人才培养情况

人才培养方面，中心骨干成员重视本研基础课程教学任务：2023年度，中心共开设了30余门课程，包含嵌入式系统、电子仪器系统、超大规模集成电路设计基础、CMOS射频集成电路设计等，中心教师共承担了2067课时的本科生教学任务和1024课时的研究生教学任务。本年度中心共培养了16名博士研究生，57余名硕士研究生和一批本科生，为嵌入式系统行业培养了一批专业人才。

2023年度，中心继续通过与国内外学术机构合作交流的方式进行学术交流和人才培养。具体情况如下所示：

序号	合作交流单位	联系人	合作交流内容	交流方式
1	复旦大学	陈映平教授	模拟集成电路/第三代半导体	专家来访
2	Leibniz University	Prof. Bernhard Wicht	The Eighth International Workshop on Power Supply on Chip (PwrSoC)	邀请报告 研讨会
3	亚洲固态电路会议组委会	Prof. Leibo Liu	2023 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference	学术会议
4	德国德累斯顿工业大学	Prof. Akash Kuma	神经拟态芯片设计	线下会议
5	瑞典查尔姆斯大学	Prof. Ergang Wang	面向Chiplet集成的新型基板材料	线下会议
6	浙江大学	Xiaowei Zhang	2023 IEEE 66th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS2023)	学生参会+口头报告
7	香港科技大学/北京大学	Prof. Tim Cheng/ 李萌助理教授	AI应用于EDA领域交流	专家来访+线上交流
8	鲁汶大学	Prof. Michael Kraft	工艺及设计方向合作交流	线下交流+线上交流

中心与阿里巴巴达摩院、南方电网数字电网研究院有限公司、珠海艾派克微电子有限公司、杭州宏华数码科技股份有限公司等行业领军企业建立了稳固的合作伙伴关系。双方根据

行业需求，通过项目合作研发、实习派遣等方式，共同致力于研究生的培养与发展。

3. 研究队伍建设情况

浙江大学嵌入式系统教育部工程研究中心承建单位目前共有固定人员56名，其中教授26名，副教授（副高职称）18名，其他成员包括博士研究生50余名，硕士研究生110余名，人员年龄和知识结构合理，富有活力和创新能力，是一支可持续创新的人才梯队。

本年度中心职称晋升的固定成员共有1名，引进的人才共1名，另有多名人才获得国家人才项目资助，详情见下表：

序号	固定人员姓名	类型	备注
1	唐志峰	职称晋升	教授
2	柯徐刚	人才引进	研究员/百人计划/国家级(海外)优秀青年基金
3	虞小鹏	人才项目	国家领军人才
4	屈万园	人才项目	青年长江学者/小米青年学者/KJW主题专家
5	赵博	人才项目	国家WR领军人才

唐志峰老师，主要从事智能传感与检测方面的教学与科研工作。作为负责人先后承担国家自然科学基金项目、国家重点研发计划项目课题、浙江省重大科技攻关项目、浙江省自然科学基金项目以及企业合作项目等30多个课题的科研工作，在高精度磁声传感与检测领域取得了系列理论和技术创新成果。

柯徐刚老师，曾在美国最大的模拟集成电路研究中心（TxACE Center）从事高性能、高可靠性模拟功率芯片和汽车芯片及功能安全技术和电路的研究。2017年起加入美国硅谷的世界著名半导体公司凌力尔特（Linear Technology）和Analog Devices（ADI），担任事业部高级管理职务，带领团队负责汽车芯片和高性能模拟芯片产品的研发和量产。

虞小鹏老师，曾在杭州摩托罗拉移动通信设备有限公司（杭州），新加坡南洋理工大学任职，2006年浙江大学超大规模集成电路设计研究所工作至今。2003年至今已在国际学术期刊和会议上共发表或者联合发表了超过70篇学术论文，其中超过50篇期刊文章被SCI收录。

屈万园老师，博士毕业于韩国科学技术院（KAIST），2008至2017年就职于韩国LG公司，于2017年起加入浙江大学，长期从事电源管理芯片设计研究工作。领导量产了多款国际领先的电源管理芯片，获授权美国专利9项、中国专利3项，均实现规模化应用。

赵博老师，国家高层次科技创新领军人才，国家海外引进青年人才，达林顿奖获得者。2011年博士毕业于清华大学电子工程系，曾分别在新加坡国立大学、美国加州大学伯克利分校任职，2018年起加入浙江大学。

四、开放与运行管理

1. 主管部门、依托单位支持情况

中心依托单位浙江大学，在多个方面给予了中心充分的支持和运行条件保障。在经费方面，浙江大学每年安排专项经费，用于日常运行、学术交流和材料购置等。在科研场所方面，浙江大学为中心提供了5961.5平方米的科研场地，场所集中，功能齐全，可以满足科学研究的需求。在仪器设备方面，浙江大学搭建了仪器共享服务平台，使中心可以预约其他院系共享的仪器设备，并且开放中心的大型仪器供校内外科研人员使用，提高了仪器设备的利用率；同时浙江大学出台了《浙江大学大型仪器设备开放共享维修基金管理办法》（浙大发设[2022]13号）等政策，给予中心开放共享大型仪器设备维修费补助，进一步支持中心的科研工作。

浙江大学还通过拨付专款支持青年教师开展科研项目，支持学科建设。相关政策如《浙江大学西湖区块预留高层次人才专项房申购和销售管理办法（第二版）》（浙大发总务[2023]2号）、《浙江大学引进人才预留专用房管理办法》（浙大发总务[2023]5号）等，有助于吸引高层次人才加入中心工作。此外，浙江大学还优先保障中心的项目申报、研究生招生指标和人才培养等方面，并积极支持中心的学术交流活动，为中心提供经费和场地支持，为中心的发展和人才引进提供了重要支持。

2. 仪器设备开放共享情况

浙江大学嵌入式系统教育部工程研究中心高度重视仪器设备管理，制定了严格的管理办法和安全制度，并在日常运营中严格执行以确保仪器设备的安全和规范使用。为提高仪器使用效率，中心采取积极措施，将所有大型仪器提交至浙江省大型仪器平台进行共享。中心详细记录所有仪器设备的相关信息，包括型号、用途、存放地点、购买时间、实物照片等，并明确标注是否可共享和是否报废。此外，专人负责记录大型仪器设备的使用情况，包括使用人员、联系电话、使用时间和时长等信息。当向中心外部人员开放共享时，要求技术人员对使用人员进行操作指导，以确保仪器设备的安全和规范使用。

下表是本年度中心部分30万以上大型仪器设备对外服务情况。

设备名称	服务内容	开始时间	结束时间	服务对象	服务描述
开发板	FPGA验证	2020/07/10	2023/07/09	郑丹丹(浙江大学)	FPGA设计验证
视频质量检测仪	测试服务	2023/01/01	2023/09/30	许艳萍(杭电计算机学院)	可解释图像失真分类算法研究
图像分析	测试服务	2023/01/01	2023/04/30	朱尊杰(杭电通信学院)	数字虚拟内容人机协同制作平台设计
高清视频编解码系统	测试服务	2023/01/01	2023/04/30	周晓飞(杭电自动化学院)	数字虚拟内容中的高效三维建模技术研究

3. 学风建设情况

本年度，中心在加强学风建设方面采取了多项举措，取得了显著成果。

首先，中心承办并参与了一系列学术讲座和专题讲座，邀请了国内外知名专家学者来中心进行学术交流和分享。这些讲座涵盖了领域内的前沿研究方向、新兴技术趋势、学科发展方向以及一些交叉学科前沿研究，为中心师生提供了宝贵的学习机会，激发了大家的学术热情。

其次，中心依托各学院平台组织开展了如青年学术沙龙等各类学术研讨会和论坛活动，促进了师生之间的学术交流合作。通过与其他学术机构和行业企业的合作举办学术活动，中心扩展了交流平台，增进了与外部专家和机构的合作关系，推动了学术研究的深入发展。此外，中心注重学术文化的培养，鼓励师生积极投稿学术刊和参与学术会议，提升学术研究水平和中心的学术影响力。同时，中心重视对师生学术道德的教育和监督，推动师生树立正确的学术观念和价值观。

最后，在思想政治教育方面，中心多名成员兼任了浙江大学本科生班主任和研究生德育导师。他们通过不定期举办主题班会、讲座和沙龙等形式，推进生涯发展教育，引导学生制定科学的人生发展规划。同时，中心积极参与了浙江大学课程思政建设工作，充分发挥课堂教育的作用，使专业课程和思想政治理论课程相辅相成。在专业素质教育方面，中心着重引导本科生参与大学生科研训练计划（SRTP），帮助他们早日接触科研实践，将理论知识应用于实践，培养专业素养和创新能力。此外，中心还积极组织学生参观、实地考察行业内知名企业，帮助他们深入了解行业发展动态，激励他们解决行业难题。通过这些举措，中心努力培养学生的思想品德和专业素养，培育他们成为具有社会责任感和创新意识的优秀人才。

4. 技术委员会工作情况

2023年12月，中心按照规程召开了年度技术委员会工作会议。议的焦点主要集中在中心的技术发展方向和策略上。与会委员们深入分析了当前中心技术研究的进展情况，并就未来的研究方向和工作重点展开了热烈讨论。技术委员会在会议中强调了中心需要加强理论研究，力争在学术上取得更多一流成果的重要性。同时，委员们也提出了进一步加强人才培养和引进力度的建议，以确保中心在队伍建设方面有更加扎实的基础。

五、下一年度工作计划

2023年度，浙江大学嵌入式系统教育部工程研究中心在技术研发、成果转化、人才培养、

团队建设和制度优化方面保持了往年的优势，然而中心仍然存在一些问题需要进一步改进。2024年，中心将积极响应政府工作报告中的相关部署，将“推动高水平科技自立自强”、“以科技创新推动产业创新”等重要指示融入到下一年度的工作计划中。现结合中心自身情况，制定2024年工作计划如下：

1. 技术研发方面：在技术研发方面，中心将以更加积极的态度投入到前沿技术的深入探索中，不断挑战关键技术难题，探索新的研究方向，并加强理论与实践相结合的实验验证工作，争取能够在高性能嵌入式计算、嵌入式处理器和系统芯片设计、嵌入式多媒体实时处理等方向取得更多的突破性进展，为科技创新发展贡献更多的力量。2024年度，中心期待能够发表高水平论文20篇以上，取得国内外专利授权25项以上，并在技术领域取得更多具有重大影响力的科研成果，为推动行业发展和社会进步做出更大的贡献。

2. 成果转化方面：中心将继续围绕国家重大工程和GFJG应用需求，将先进的嵌入式系统技术应用与我国的高精尖WQ和装备研制中；同时，中心将致力于将科研成果有效地转化为实际应用，推动技术创新成果更快速地投入到生产生活中。中心将进一步加强与行业企业的合作交流，深入了解市场需求，针对行业痛点，推动项目成果与市场需求对接，促进科技成果的产业化和商业化。

3. 人才培养发面：中心将持续加强对本科生和研究生的培养工作。中心进一步优化课程内容，注重将领域内最新的科研成果和前沿技术融入到教学过程中，以培养学生的创新思维和实践能力。通过引导学生参与科研项目和实践活动，中心致力于培养一批基础扎实、勇于创新的优秀人才，以满足行业对于高素质人才的需求。同时，中心将充分发挥与其他高校及行业内龙头企业建立的交流合作机制，拓宽学生的实习实训渠道，提供更多的实践机会和岗位培训，培养学生的实践能力和创新能力。同时，中心将健全到时制度，提供个性化的指导和培养方案，帮助学生全面发展。

4. 团队建设方面：中心将继续强化团队的凝聚力和协作能力，促进团队成员之间的交流和合作，营造良好的工作氛围。中心将定期开展团队会议和交流，以分享成果、交流进展，同时鼓励中心内部不同方向之间的横向交流，促进内部协同创新。中心将着重加强开放和对外交流工作，通过增加宣传力度，积极参与学术会议、展览和交流活动，以及发布优秀成果和项目进展，吸引更多优秀人才加入中心团队。此外，中心将强化技术委员会的作用，定期组织技术委员会活动，并要求所有委员必须参与，共同探讨中心的发展战略和科研方向。

5. 制度优化方面：中心将进一步完善和优化内部管理制度，提高工作效率和质量。加强对例如仪器设备管理、科研激励政策等各项规章制度的执行力度，确保制度落实到位。同时，将根据实际情况，及时对现有制度进行评估和调整，以适应科研工作的需要和团队发展的要求。通过不断完善和优化制度，提升中心管理水平，增强团队凝聚力和执行力，推动中心的长期稳健发展。

六、问题与建议

无

七、审核意见

（工程中心负责人、依托单位、主管单位审核并签章）

<p>工程中心负责人审核意见：</p> <p>确认以上填报内容真实有效。</p>	<p>工程研究中心主任：</p> <p>年 月 日</p>
<p>依托单位审核意见：</p> <p>情况属实，同意上报。</p>	<p>依托单位：</p> <p>（单位公章）</p> <p>年 月 日</p>

八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向1	高性能嵌入式计算		学术带头人		陈耀武
	研究方向2	嵌入式多媒体实时处理		学术带头人		陈文智
	研究方向3	嵌入式处理器和系统芯片设计		学术带头人		黄凯
	研究方向4			学术带头人		
工程中心面积	5961.5 m ²			当年新增面积		0.0 m ²
固定人员	56 人			流动人员		169 人
获奖情况	国家级科技奖励	一等奖	0项	二等奖	0项	
	省、部级科技奖励	一等奖	1项	二等奖	2项	
当年项目到账总经费	5310.0万元	纵向经费	951.38万元	横向经费	4358.62万元	
当年知识产权与成果转化	专利等知识产权持有情况	有效专利	26项	其他知识产权	0项	
	参与标准与规范制定情况	国际/国家标准	0项	行业/地方标准	4项	
	以转让方式转化科技成果	合同项数	0项	其中专利转让	0项	
		合同金额	0.0万元	其中专利转让	0万元	
		当年到账金额	0.0万元	其中专利转让	0.0万元	
	以许可方式转化科技成果	合同项数	0项	其中专利许可	0项	
		合同金额	0.0万元	其中专利许可	0.0万元	
		当年到账金额	0.0万元	其中专利许可	0.0万元	

		以作价投资方式 转化科技成果		合同项数	0项	其中专利作价	0项
				作价金额	0.0万元	其中专利作价	0.0万元
		产学研合作情况		技术开发、咨询、服务项目合同数	54项	技术开发、咨询、服务项目合同金额	4358.62万元
当年服务情况		技术咨询		10次		培训服务	0人次
学科发展与人才培养	依托学科 (据实增删)	学科1		学科2		学科3	
	研究生培养	在读博士		人	在读硕士		人
		当年毕业博士		人	当年毕业硕士		人
	学科建设 (当年情况)	承担本科课程	学时	承担研究生课程	学时	大专院校教材	部
研究队伍建设	科技人才	教授	26人	副教授	18人	讲师	9人
	访问学者	国内		0人	国外	0人	
	博士后	本年度进站博士后		0人	本年度出站博士后		0人